



EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN CASTILLA Y LEÓN Y SU CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA



Universidad de Valladolid

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

TRABAJO FIN DE GRADO

EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN CASTILLA Y LEÓN Y SU CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA.

Autor: Jesús Javier Zaera Martín

Tutor: Alberto José Meiss Rodríguez

Septiembre 2016

Debido a las recientes normativas europeas aprobadas en materia de eficiencia energética, se ha despertado un gran interés por los estándares de construcción de altas prestaciones en esta materia. Por su gran difusión internacional gracias a la fundación de plataformas para su aplicación específica en diferentes países, el estándar Passivhaus se ha abierto paso recientemente a la cabeza de la construcción de baja demanda energética. Su versatilidad en materia de ejecución constructiva ha favorecido enormemente su expansión internacional, garantizando edificaciones de muy altas prestaciones tanto desde el punto de vista de limitación de demandas de calefacción y refrigeración, como de confort y calidad de aire interior. Con todo esto, se sitúa en cabeza de ejecución de proyectos de nueva planta de altas prestaciones y, con su posibilidad de aplicación a rehabilitación bajo el nombre de EnerPHit, está considerado el estándar de construcción que mayor expansión tendrá en los próximos años como consecuencia del Objetivo 20-20-20 de la Unión Europea.

PALABRAS CLAVE

Passivhaus - EnerPHit - Eficiencia energética - Construcción - Arquitectura

KEY WORDS

Passivhaus - EnerPHit - Energy efficiency - Construction - Architecture

Introducción.	
Antecedentes y contexto histórico.....	5
<i>Evolución de la vivienda pasiva.</i>	
<i>El concepto ZEB (Zero Energy Buildings).</i>	
<i>La certificación medioambiental y el estándar de construcción.</i>	
¿Qué es el estándar Passivhaus?.....	19
<i>El confort y el estándar.</i>	
<i>Historia, estado actual y futuro del estándar Passivhaus.</i>	
Criterios de construcción pasiva.....	31
<i>El edificio y su entorno.</i>	
<i>El proyecto y su diseño.</i>	
Criterios y planificación Passivhaus.....	37
<i>Principios básicos.</i>	
<i>Valores característicos.</i>	
<i>El Código Técnico de la Edificación y el estándar Passivhaus.</i>	
Contexto geográfico: el estándar en Castilla y León.....	51
<i>El entorno.</i>	
<i>Climatología y condiciones ambientales.</i>	
<i>El CTE y el clima en Castilla y León.</i>	
La ejecución de obra y el estándar.....	57
<i>Aislamiento y puentes térmicos.</i>	
<i>Control de infiltraciones.</i>	
<i>Carpinterías.</i>	
<i>Ventilación mecánica con recuperación de calor.</i>	
El balance energético de la edificación.....	95
<i>El PHPP (Passive House Planning Package).</i>	
<i>Caso de estudio.</i>	
<i>Propuestas de intervención.</i>	
<i>Análisis de resultados.</i>	
Conclusiones.....	123
Bibliografía.....	126
Anexos: Certificaciones energéticas CE3X.....	129

INTRODUCCIÓN

Desde la crisis del petróleo de 1973, la preocupación por el crecimiento del consumo energético en las zonas urbanas y, en segundo plano, el aumento de la contaminación, hicieron plantearse la posibilidad del sostenimiento del modelo energético a largo plazo. Al mismo tiempo, la volatilidad del sistema económico, constantemente influido por las grandes compañías del sector y la competencia existente, cimentaron la duda sobre la viabilidad del sistema actual y el futuro del mismo.

Actualmente nos encontramos en una situación de inestabilidad que obliga a considerar seriamente un cambio de modelo energético a uno basado en el desarrollo sostenible, un cambio brusco que choca con el actual modelo que gira en torno al crecimiento continuo mediante el consumo de energía. Todo esto ha sido origen de debates y conflictos sobre la posibilidad de que las reservas de combustibles fósiles sean limitadas, una posibilidad que, a pesar de ponerse en entredicho en ocasiones pues constantemente se encuentran nuevas fuentes, obliga a considerar la búsqueda de alternativas para sustituirlos llegado el momento y, en el caso de la arquitectura, a limitar lo máximo posible el consumo.

Según unos recientes estudios de la Comunidad Económica Europea, el 40% de la energía consumida en territorio europeo (el 18% en España) tiene por objeto el acondicionamiento térmico de edificaciones. Sobre este 40%, un 67% es destinado al calor necesario para calefacción y un 15% para producción de agua caliente sanitaria¹. Todo esto genera una

¹ Consumo de vivienda en Europa por aspectos energéticos. IDAE (2009)



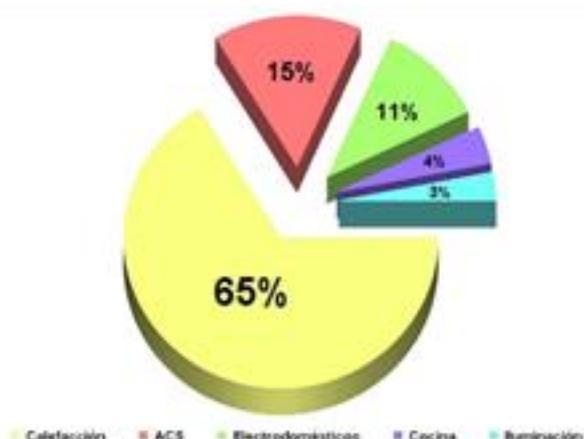
Identificación de Passivhaus Certificada
Fuente: plataforma-pep.com

inquietud sobre la manera de reducir las necesidades de los diferentes países y el modelo de consumo, arraigado en la mentalidad del usuario como la única forma de crecimiento a día de hoy.

En este contexto surge el "Passivhaus Institut" y sus estudios sobre el desarrollo e implementación de un modelo constructivo diferente como aproximación a un consumo energético eficiente que garantice la sostenibilidad y unos niveles satisfactorios de confort. Desarrollado inicialmente en Alemania, actualmente se ha estudiado su aplicación a otros emplazamientos radicalmente diferentes de forma bastante satisfactoria, surgiendo una expansión internacional abrumadora debido a la versatilidad de aplicación del mismo, lo que lo convierte en el estándar de construcción pasiva contemporáneo por excelencia. El Estándar Passivhaus surge como respuesta a esa búsqueda de un crecimiento responsable y sostenible, estudiando su posible aplicación a las diferentes condiciones ambientales presentes en las regiones europeas.

Como objetivo principal de esta investigación, se plantea documentar acerca de su evolución y concepto, parámetros característicos, procedimientos de verificación de cumplimiento y su aplicación a diferentes situaciones que garanticen la eficiencia energética en la edificación así como el confort en su interior.

Una de las principales razones que hacen considerarse la posible viabilidad del estándar en un país como España es la diferencia con los países del norte de Europa, ya que en los climas templados del sur la demanda energética destinada a calefacción es generalmente más baja, lo que no se debe únicamente al valor menor de los grados días de invierno, sino también a los valores de radiación solar. Este tema se ha tratado con mayor profundidad más adelante, haciendo hincapié en las enormes diferencias ambientales existentes en las diferentes regiones



Consumo de vivienda en Europa por aspectos energéticos. IDAE (2009)

en las que España puede ser dividida, con especial atención a las condiciones climáticas de Castilla y León.

También se comentarán las iniciativas tomadas por parte de la Unión Europea con motivo de esa preocupación creciente desde las primeras cumbres en materia de consumo y contaminación de finales de los 80, parándonos especialmente en la Directiva sobre Eficiencia Energética de los Edificios y Prestación de Servicios Energéticos y la Directiva sobre Productos que utilizan Energía, cuya razón de ser final será lograr el famoso objetivo 20/20/20 consistente en una reducción del 20% de CO₂ para el 2020 y, en base a este cumplimiento, regularización, endurecimiento y estandarización de normativas.

A pesar de la existencia de gran cantidad de ejemplos en diferentes países, cada proyecto es diferente al anterior, sus distintos emplazamientos, a pesar de estar dentro de un mismo clima, condicionan el desarrollo de las edificaciones y las convierten en únicas haciendo que no sean apropiadas para otras localizaciones en esos países ya que, al igual que en el nuestro, las condiciones de entorno y ambientales pueden variar de un punto a otro. La única diferencia entre los distintos países, no es sólo la climatología, sino considerar que los diferentes proyectos también tienen influencias en su diseño debidos a la naturaleza del mercado o el coste de la construcción en cada zona.



*Logotipo Plataforma PEP
Fuente: plataforma-pep.com*

ANTECEDENTES Y CONTEXTO HISTÓRICO

PSH

EVOLUCIÓN DE LA VIVIENDA PASIVA

El descubrimiento del fuego, para el hombre, fue un punto de inflexión radical en la evolución de su existencia. Desde las más sencillas tareas hasta el concepto de vida social, el hogar resultó ser el foco de atención útil que revolucionaría la manera de concebir la vida y proporcionaría ese confort que, aun hoy, con las más avanzadas tecnologías, se trata de lograr en la arquitectura en mayor o menor medida, pues resulta indiscutible que, a pesar de los avances tecnológicos desarrollados a lo largo del tiempo, el objetivo a lograr es esencialmente el mismo, el bienestar.

El concepto de "vivienda", tal y como lo entendemos hoy en día, no es más que una consecuencia a esa evolución lógica del desarrollo y mejora continua que el ser humano demuestra en su naturaleza. Inicialmente su objetivo no fue más que preservar esa herramienta, el fuego, fuente de calidez, protección y foco de origen de la vida en sociedad fuera de la protección de las cuevas. Gracias a ellas, el ser humano pudo satisfacer esa curiosidad de saber qué hay a su alrededor, ya que refugiarse en las cuevas resultaba ser un obstáculo a la hora de explorar en busca de nuevos recursos, suponiendo una limitación al movimiento importante el tener que estar constantemente desplazándose de unas a otras e imposibilitando la exploración de zonas llanas.

A lo largo de la historia, la evolución de la vivienda ha sido progresiva e irregular al encontrarse íntimamente vinculada al ambiente socioeconómico en el que se situase y a la evolución tecnológica de la que se dispusiese en el momento, de este modo, condicionado por su situación geográfica, el mundo a día de hoy se encuentra plagado de diferentes tipologías de vivienda en diferentes estados de desarrollo tecnológico, lo que nos sitúa en una posición privilegiada para realizar una reflexión sobre las distintas estrategias de diseño o proyecto que



*Recreación de la maqueta de cabaña primitiva del caribe que encuentra Semper en la Expo. Universal de 1951
Fuente: Fotografía propia*

se han utilizado en su construcción y, más concretamente, contemplar la evolución de la vivienda pasiva.

Gottfried Semper postuló en su estudio sobre el origen de la cabaña primitiva que, para lograr todo esto, se requería una serie de herramientas para proporcionar unas mínimas condiciones de comodidad (el muro, el techo y el suelo) que serían los cimientos del concepto básico de vivienda: el muro como elemento protector del azote del viento, formado primitivamente por un tejido trenzado que facilitaba la salubridad en su interior; el techo como elemento protector de las inclemencias del tiempo; el suelo ligeramente elevado de la cota 0, para protegerlo de la humedad y la acumulación de lluvias y, final y discutiblemente introducido en esta enumeración, el hogar como elemento central, herramienta y fuente de confort.

Pero pasando de una concepción temporalmente abstracta y teórica como es la cabaña primitiva, podemos observar un punto intermedio entre la edificación independiente y la vida en las cuevas, entre otros ejemplos, en las viviendas trogloditas en Matmata (Túnez), y es que el ser humano residió durante mucho tiempo en este tipo de edificaciones en estos países dado que, considerando la climatología del lugar, bajo tierra podían conservar en su interior una temperatura constante y, si estaban orientadas al sur, aprovechar el soleamiento o evitarlo utilizando taludes a modo de herramienta para control del mismo. Este tipo de condiciones de confort y estrategias de proyecto son las buscadas y elegidas como parte de la secuencia de condiciones necesarias a considerar durante el proceso de diseño Passivhaus.

Una arquitectura ampliamente influida por la posición relativa del sol fue la griega, en la cual, incluso en los ejemplos más antiguos datados, ya se observa la existencia de pórticos que evitaban el soleamiento del interior en verano pero permitía su entrada en las piezas vivideras en invierno, tipología observable incluso en parcelas urbanas, en las que, mediante patios,



Viviendas trogloditas en Matmata (Túnez)
Fuente: Google imágenes

conseguían ese soleamiento que dotaba de riqueza y complejidad al espacio interior. Incluso en las edificaciones más humildes se puede observar la experiencia de estar situados en un clima cálido en verano, pues las viviendas, sobre todo griegas, del entorno costero mediterráneo eran acabadas en blanco para obtener una gran reflectividad solar.

En el año 1990 Bo Adamson catalogó gran parte de las viviendas tradicionales chinas como "Passive Houses" al observar la sensibilidad con que estaban concebidas respecto a su respuesta al soleamiento y diseño priorizando la refrigeración de las mismas de forma natural. Con esta idea en mente, postuló la posibilidad de transferir estos sistemas proyectuales y constructivos a la arquitectura europea como un proyecto de desarrollo de "Passive Houses", siendo uno de los comienzos del estándar.

En climatologías frías y con escasez de recursos, como es el caso de Islandia con la madera en ciertas etapas de su historia, es donde la pericia constructiva ha desarrollado a lo largo del tiempo una tradición responsable con la explotación de materias primas y optimización de las mismas. Ya en la edad media, el pueblo islandés comenzó a utilizar cubiertas verdes como medio de regulación de la temperatura interior al comprobar el gran poder aislante del terreno vegetal, esto, combinado con gruesos muros de piedra, dotaba de un gran comportamiento energético a la vivienda.

Con la crisis de la madera que se sufrió en Europa en los siglos XVII y XVIII por culpa de una exagerada deforestación, se desarrolló una alternativa combustible a través de la minería de carbón en los países que podían realizarla; sin embargo, en países que no disponían del recurso, como Islandia, surgió la necesidad de optimizar aún más el rendimiento de la madera y del calor propio del uso de la vivienda, desarrollándose en muy poco tiempo viviendas con un gran aislamiento.



Arquitectura tradicional en Mykonos (Grecia)
Fuente: Google imágenes



Arquitectura tradicional al sur de China
Fuente: Google imágenes

Por último, se hace imprescindible mencionar al "Fram", un barco de investigación polar de Fridtjof Nansen que en 1883 presentaba unas condiciones de confort en su interior impresionantes a pesar de su utilización en climatologías extremas, gracias a un diseño de aprovechamiento máximo de la temperatura interior, ventilación y utilización del soleamiento, que lo convertía en una Passive House de pleno derecho.

Archer hizo tres modelos y cuatro dibujos antes de que comenzara la construcción; a pesar de esto, durante la ejecución del barco, se realizaron numerosos ajustes y modificaciones para adaptarlo a los materiales utilizados que serían trabajados artesanalmente: roble y acero principalmente, con ocote, pino de Noruega y bibirú como madera complementaria.

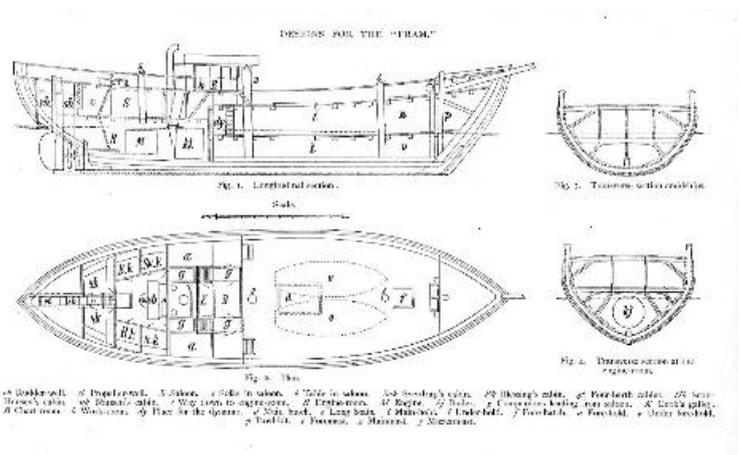
Construidas de manera separada, las piezas fueron instaladas con el doble de material que en un navío convencional, siendo reforzadas en los puntos conflictivos de diversas maneras. Las costillas eran de roble ensambladas con dobles pernos. El espacio entre ellas se rellenó con una mezcla de brea, alquitrán y serrín. La quilla, también doble, era de pino tea, que tiene un elevado contenido natural de resina que protege contra la pudrición, colocada bajo la sala de máquinas.

El revestimiento exterior del casco era de "greenheart", una madera tropical con una gran resistencia a la abrasión instalada de manera que pudiese ser limpiada de hielo sin dañar gravemente el casco.

Las costillas estaban cubiertas en el interior con tabloncillos de pino tea, mientras que por el exterior se situaban dos capas de madera de roble bajo el revestimiento. En los camarotes y zonas vivideras, el pino tea estaba cubierto con una capa de fieltro alquitranado seguido de tres capas de paneles con aislamiento intermedio.



Viviendas tradicionales en Islandia
Fuente: Passivpedia.org



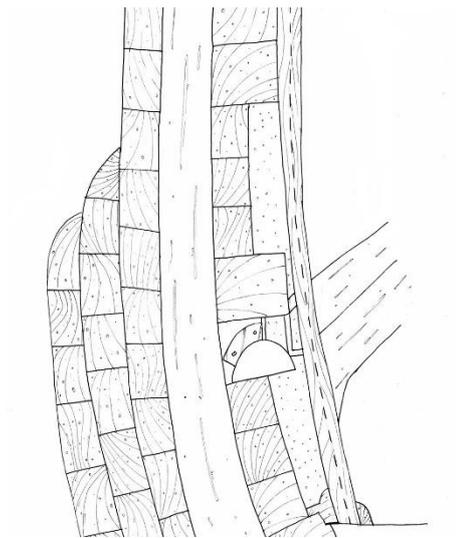
Secciones principales del "Fram"
Fuente: Wikipedia

Además de la elección de los materiales y el fortalecimiento adicional del casco, había otras características que harían al Fram resistente al daño del hielo. El timón se reforzó con tres marcos de hierro en forma de U pesados y tanto este como la hélice podían ser izados fuera del hielo.

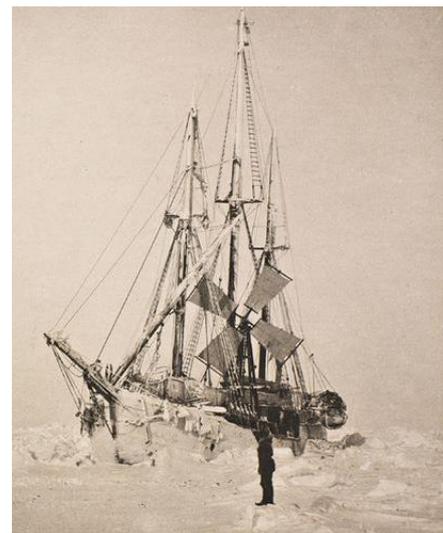
Para la iluminación, se incluyó a bordo un molino de viento con un generador que proporcionaría la energía eléctrica necesaria para el alumbrado con lámparas de arco eléctrico. Una máquina de vapor de triple expansión de 220 CV dio una velocidad de 6-7 millas náuticas por hora con el mar en calma.

El 26 de octubre 1892 Fram fue bautizado por la esposa de Nansen, Eva, y puso en marcha en el astillero de Colin Archer en Larvik.

A pesar de la amplia cantidad de ejemplos de los que podríamos hablar para continuar introduciendo conceptos o estrategias aisladas de proyecto, más útil resultará dar un ligero salto en el tiempo para empezar a hablar del estándar en sí y de cómo llegó a ser como es.



Sección constructiva casco-camarotes
Fuente:
societiesininsulation.blogspot.com



El "Fram" en expedición.
Fuente:
societiesininsulation.blogspot.com

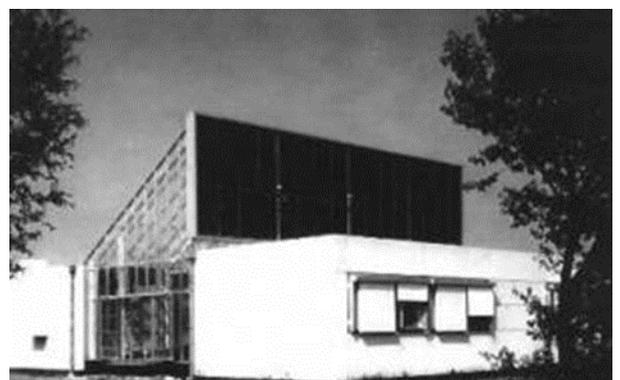
EL CONCEPTO ZEB (Zero Energy Buildings)

El concepto “edificios de energía nula”, a pesar de lo que parezca (dado que su utilización se está popularizando desde hace no más de 8 años) no es de relativa reciente invención, pues ya a principios de los años 70, coincidiendo con la crisis del petróleo, Vagn Korsgaard proyectaría y construiría un prototipo de vivienda pasiva llamada “Casa DTH” en Copenhague en cuya descripción ya se podía encontrar en algunos puntos el término “energía cero”. A pesar de que fue una casa que energéticamente nunca logró ser totalmente independiente, sentaría experiencias que servirían para incorporar al desarrollo Passive House, al igual que otros prototipos de vivienda similar, tales como la Casa Experimental de Philips o las experiencias en viviendas “superaisladas” de William A. Shurcliff y Wayne Shick en Estados Unidos.

Realmente, la utilización del término se disparó en el año 2010 cuando el Parlamento Europeo en su última directiva sobre construcción y edificación lo introdujo². En ella se podía leer: “La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”. También se contempla en ella la evolución necesaria de la implantación de edificios ZEB hasta que acabe de ser de obligatoria aplicación a partir del año 2020 en edificación residencial y del 2018 en edificación pública.

A pesar de la proliferación en su uso, el termino ZEB (edificios de energía nula) ha dado lugar a una serie de enfoques diferentes sobre las propiedades que debería tener la arquitectura

²Directiva 2010/31/UE del Parlamento y del Consejo Europeo (19 de mayo de 2010) relativa a eficiencia energética en los edificios.



*Casa DTH en Copenhague
Fuente: Passivpedia.org*

sostenible, de este modo y al no disponer de una definición de condiciones internacional, han surgido dos principales vertientes: la europea con los edificios de consumo energético casi nulo (Nearly-Zero Energy Buildings) y la estadounidense con los edificios de consumo energético neto nulo (Net-Zero Energy Buildings).

Aunque dispongan de una gran cantidad de similitudes, cabe destacar la constante discusión internacional fruto de la diferenciación entre normativas de las dos regiones, consistente sobre todo en la definición de limitaciones energéticas que se establecen para la consideración oficial de un edificio como energéticamente cero. Por lo general, en todas las definiciones se habla de la reducción del consumo de energía primaria, pero realmente la diferencia principal radica en la forma de enfocararlo.

Mientras en los NZEB (net-zero energy buildings) se considera como base que el balance energético final de consumo de energía primaria sea cero, entre consumo y producción a lo largo del año, en los nZEB (nearly-zero energy buildings), como es el caso del Passivhaus, se establecen unos límites de consumo lo más bajos posibles no solo en energía primaria sino también en demandas de calefacción y refrigeración; de este modo, una edificación puede no ser considerada energéticamente cero pero puede poseer unas características de consumo energético más bajas que una que sí que lo sea como, por ejemplo, sería el caso de un edificio con un gran consumo energético y una desmesurada producción energética a base de energías renovables, pudiendo tener un balance de energía primaria cero (en realidad hasta negativo al volcar a la red eléctrica el excedente de producción) pero un consumo desmesurado si no posee unas características constructivas adecuadas a la concienciación que debería conllevar el comprometerse con la construcción de edificaciones sostenibles.



Bullitt Centre

Fuente: www.greenbuildingadvisor.com

Con respecto al nZEB (Nearly-zero Energy Buildings), en nuestro caso el Passivhaus, su posible implantación ha sido estudiada en multitud de ambientes diferentes a pesar de que aún se esté contemplando su adecuada aplicación en climatologías cálidas. La idea situada detrás de él es común a todas las edificaciones y ambientes en las que se desarrolla, ya que se están realizando diferentes estrategias de aplicación del concepto según la región, adaptándolas a las condiciones ambientales y culturales de cada una.

A pesar de esta discusión sobre la forma de enfocar los ZEB, la idea dispone de una serie de subconceptos comunes a todas las interpretaciones que se le ha dado y que fueron estudiados por Shanti Pless y Paul Torcellini³ en el caso de los "Nearly-zero":

- Energía casi nula en parcela: se genera lo que se consume.
- Energía casi nula en fuente: se genera o compra tanta como primaria se gaste.
- Energía casi nula en costes energéticos: el usuario compra la misma cantidad de energía que la que vende generada por él y al mismo precio.
- Energía casi nula en emisiones: se produce lo suficiente para compensar la contaminación derivada del edificio.

³Véase: *Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options*, National Renewable Energy Laboratory, 2010



Logotipo nZEB
Fuente: structuralia.com

LA CERTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL Y EL ESTÁNDAR DE CONSTRUCCIÓN

A raíz de que a partir de principios de los 90 comenzaron a surgir multitud de normas ISO sobre sostenibilidad (muchas veces más completas que las diversas normativas) también aparecerían con el tiempo sistemas de cuantificación de la sostenibilidad de las edificaciones, más conocidos como "sistemas de calificación y certificación ambiental". Desde aquel momento empezaría a aparecer organismos encargados de desarrollar este proceso y también los tres organismos que lo controlan:

- World Green Building Council (WGBC)
La más conocida y relacionada con su filial United States Green Building Council (USGBC)
- International Initiative for Sustainable Building Environment (IISBE)
Sin ánimo de lucro y con una gran iniciativa académica. Desarrolla la herramienta SBTool para su aplicación en países en vías de desarrollo.
- Sustainable Building Alliance (SBA)
Organización internacional con el objetivo de desarrollar un método de aplicación universal.

Una certificación de sostenibilidad es un reconocimiento obtenido por el cumplimiento de un conjunto de requisitos establecidos para comparar la sostenibilidad de diversos sistemas. Debido a la popularidad que han ganado estas herramientas, ha sido necesario implementar nuevas con similares esquemas de funcionamiento para lograr estudiar los distintos ámbitos en los que se desarrolla un proyecto, desde el diseño y su construcción, hasta su uso y mantenimiento. También se estudia el uso de procesos altamente eficientes y responsables con el medio ambiente, tales como el emplazamiento del proyecto, los métodos constructivos, la renovación de elementos y su mantenimiento con el tiempo e, incluso, la demolición del mismo



Logotipo WGBC

Fuente: worldgbc.com

en ciertas ocasiones, y el análisis de los aspectos energéticos del edificio, el consumo de agua, la calidad de los materiales, generación de residuos, etc.

Prácticamente todos los países con un alto desarrollo técnico arquitectónico poseen su propia certificación de sostenibilidad. Actualmente el compendio de diferentes certificaciones que se pueden obtener en un mismo país es amplio, debido a la proliferación de certificaciones adaptables a las condiciones del país en el que se quiera aplicar, fruto de la demanda de un sistema universal para poder realizar certificaciones en países que no disponga de certificación propia. Estos son principalmente los certificados LEED (estadounidense), en su mayoría, y BREEAM (británico).

LEED

Acrónimo de "Leadership in Energy & Environmental Design", es un sistema de calificación y evaluación internacional de edificaciones desarrolladas con criterios de sostenibilidad y alta eficiencia. Con origen en Estados Unidos y sus directivas desarrolladas por el USGBC, nos encontramos con una certificación que estudia la construcción, materiales, técnicas utilizadas y el cumplimiento de las normativas vigentes.

BREEAM

Acrónimo de "Building Research Establishment Assessment Methodology", es el segundo sistema de evaluación más utilizado en el mundo, gestionado por el BRE ("Building Research Establishment") una organización independiente del Reino Unido. Dispone de dos tipos de certificación, la nacional del Reino Unido y la internacional. A pesar de no ser el sistema más utilizado, si es el más avanzado en cuanto a adaptabilidad, dado que en el año 2009 crearon un departamento de operaciones nacionales encargado únicamente de la adaptación de los requisitos del certificado a los diferentes países, llamado "National Scheme Operator".



Logotipo Certificación LEED
Fuente: USGBC.com



Logotipo Certificación BREEAM
Fuente: breeam.es

HQE

Acrónimo de "Haute Qualité Environnementale", se trata de nuestro sistema de certificación vecino, el francés. Estudia el proyecto en cuanto a su construcción, gestión, salubridad y confort, comenzando por el propio principio del proyecto, pasando por el diseño del mismo verificando su compatibilidad con lo acordado anteriormente y acabando con una auditoria una vez terminado el edificio.

DGNB

Acrónimo de "Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen", es el sistema de certificación alemán. Concienzudamente, abarca todos los ámbitos de la construcción sostenible, analizando hasta 50 puntos con los que estudiar la sostenibilidad del proyecto basándose en ir superando poco a poco una serie de metas impuestas. Hoy en día, aun en desarrollo, sirve para certificar hasta 13 tipologías urbanas y edificatorias distintas, estudiando su funcionamiento de manera global. Su principal peculiaridad es el análisis de los distritos urbanos, estudiando el clima en el distrito, su biodiversidad y otros valores relativamente ajenos al medio ambiente, tales como la interacción y diversidad social, la funcionalidad de los espacios públicos, etc.

VERDE

Se trata de la certificación española, de origen estadounidense desarrollado por el GBC ("Green Building Council" de EE.UU.) utilizando como base la herramienta SBTool Canadiense para aplicación específica a nuestro país. Esta aplicación, contempla el impacto completo de la edificación a lo largo de toda su vida, incluyendo la tradición constructiva y cultural y tecnologías utilizadas, pudiendo certificar edificaciones residenciales y comerciales (incluyendo oficinas). Se desarrolla la certificación en dos fases, de proyecto y de obra terminada, siguiendo un esquema similar a los anteriores, planteando una serie de objetivos y evaluando si se han conseguido.



Logotipo Certificación HQE
Fuente: www.behqe.com



Logotipo DGNB
Fuente: www.dgnb.de

Así como las certificaciones medioambientales controlan el impacto medioambiental de los edificios en su conjunto, los estándares de construcción se centran en contemplar ciertos criterios concretos referentes, en su mayoría, a limitación de demanda energética y consumo de las edificaciones, criterios que quedan inmediatamente reflejados en las facturas del usuario final a partir de la recepción de la obra.

Una de las principales características de los estándares es que son desarrollados por entidades privadas que llevan las exigencias mucho más allá de lo que las llevan los organismos oficiales, situándose siempre en vanguardia de la innovación constructiva de alto rendimiento energético. El reconocimiento oficial únicamente lo reciben cuando ya se ha levantado un cierto número de proyectos y se ha demostrado que el sistema funciona a la perfección y cumple con lo planteado desde un principio.

A pesar de la existencia de una cada vez mayor cantidad de estándares de construcción que incorporan impacto ecológico, como el suizo Minergie-ECO, el más famoso internacionalmente es el estándar alemán Passivhaus. Desarrollado hace más de 20 años, cuenta con una experiencia en cuanto a versatilidad en su aplicación como muy pocos.

Por lo general, la gran mayoría de estándares de construcción se basan en tres pilares fundamentales que articulan un funcionamiento realimentado ("feedback") entre ellos, desarrollando de este modo las soluciones óptimas a los problemas planteados en fase de proyecto:

- Requisitos energéticos mínimos.
Cálculo de las demandas energéticas totales de edificio y su limitación a unos márgenes concretos.



Logotipo de Certificación
VERDE Fuente: gbce.es



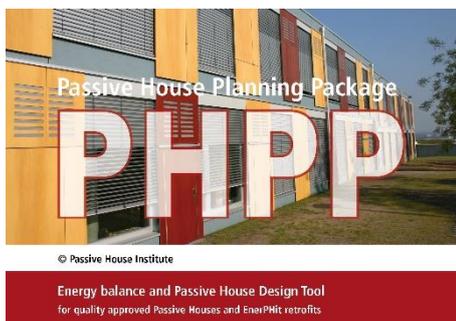
Logotipo Minergie-ECO
Fuente: siegeldb.de

- Soluciones.

Testados en laboratorio o viviendas prototipo de ambiente controlado, los estándares ofrecen una serie de soluciones aplicadas a solventar esos requisitos mínimos exigibles.

- Herramientas de cálculo.

Los estándares desarrollan bases de datos, hojas de cálculo y diversos sistemas con el objetivo de asistir en fase de proyecto a las soluciones aportadas y facilitar el logro de los objetivos planteados desde un principio. Con respecto al Passivhaus, la herramienta de cálculo es el PHPP (Passivhaus Projecting Package), una aplicación tipo Excel que considera las condiciones climáticas del ambiente en el que se implanta el proyecto y las características técnicas del mismo para calcular las demandas energéticas y las condiciones que deben cumplir los equipos técnicos, logrando con ello compensar esa aportación energética que requiere la edificación, utilizando unos valores máximos de demanda exigibles como herramienta para asegurar el funcionamiento adecuado del proyecto cuando sea ejecutado.



Software PHPP Fuente: passiv.de

¿QUÉ ES EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS?

PSH

EL CONFORT Y EL ESTÁNDAR

La principal característica de los edificios “pasivos” es la combinación de un elevado control de las condiciones constructivas y de aislamiento térmico, un alto control del comportamiento del aire interior y un consumo energético muy bajo, convirtiendo esto último en “leitmotiv” del proyecto mediante un diseño acorde a una responsabilidad sobre la posible eliminación de la “hipoteca energética” del edificio.

Se denomina “hipoteca energética” a los gastos económicos inherentes al consumo energético fruto del uso de un inmueble. Esto puede ser reducido de manera sustancial mediante un proyecto responsable con las sensibilidades que influyen directamente en el contenido energético del volumen construido, tales como la orientación, la exposición solar o las características de la envolvente térmica. Para todo ello es necesario un control absoluto de las condiciones de ejecución del proyecto y sus detalles constructivos, llegando al punto óptimo en el cual, en términos coloquiales, se llega a calentar una habitación de 20 m² con el calor corporal de cuatro personas en cualquier época del año.

La tendencia natural de las personas a temer lo desconocido suele arraigarse en el miedo a que un avance tecnológico prometedor, con el tiempo, no llegue a alcanzar las expectativas generadas, por ello, uno de los principales retos a los que se enfrenta el Passivhaus es esa lucha por darse a conocer y procurar que el público general comprenda que no se trata de algo extraño, sino que simplemente es una adaptación de la forma de construir para hacer posibles una serie de principios muy básicos, tratando de alcanzar con ello unas condiciones de confort óptimas sin complicar el uso del edificio.



Termografía de una cafetera y un termo
Fuente: Guía del Estándar Passivhaus

Para lograr el acercamiento al público general, se suele explicar el funcionamiento de un edificio pasivo mediante las similitudes en el comportamiento energético de los fluidos aire y café en el interior de una vivienda y de una cafetera-termo. En una cafetera se aporta de forma activa energía al café que posteriormente se pasará al termo para, de forma pasiva, reducir las pérdidas energéticas de dicho fluido al mínimo, eliminando o reduciendo en lo posible la necesidad de calentarlo repetidas veces para poder consumirlo a lo largo de mucho tiempo. De igual forma, una vivienda pasiva reduce las pérdidas de calor del aire con un buen aislamiento y un gran control sobre el comportamiento de este en su interior, minimizando en todo lo posible la necesidad de realizar constantes aportaciones energéticas.

Desde su invención hace algo más de veinte años, el estándar Passivhaus ha estado en continuo desarrollo avalado por la confianza y fe que los técnicos de la edificación han depositado en él, construyéndose desde entonces algo más de veinte mil ejemplos reconocidos, y convirtiéndose con ello en la principal base de trabajo para los edificios de "energía casi nula", iniciativa de la Unión Europea para finales de la presente década.

Su enfoque sobre la demanda de calefacción y refrigeración se ha convertido en referencia para otros estándares internacionales, como el francés Effinergie o el italiano CasaClima, pues su manera de realizar el control energético mediante componentes pasivos de arquitectura complementado con sistemas activos de alta eficiencia energética, colabora de manera directa con la labor proyectual que los arquitectos desarrollan independientemente del lugar del mundo en el que se encuentren.

La idea de la que partió el estándar en su totalidad fue fruto de una investigación de los fundadores del mismo, Wolfgang Feist y Bo Adamson, en la que se descubrió que si la demanda de calefacción no superaba los 10 W/m², era posible suministrar la energía necesaria para



Logotipo estándar Effinergie

Fuente: google imagenes

mantener el confort en invierno mediante un sistema de ventilación controlada con recuperación de calor con un caudal de 0.3 renovaciones/h, siendo este el mínimo exigible para garantizar las condiciones de calidad de aire⁴. De esta manera, se podría prescindir del sistema convencional de calefacción con su consiguiente ahorro energético y económico, no impidiendo que un edificio Passivhaus disponga de uno para serlo. Aun hoy en día esta definición sigue siendo válida, habiendo evolucionado, evidentemente, con el paso del tiempo haciendo posible su aplicación en climas cálidos e, incluso, subtropicales.

Con todo esto llegamos a la definición oficial del estándar Passivhaus:

"Un edificio pasivo es aquel que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para la calefacción y/o refrigeración solo a través del aire de la ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo necesario para garantizar la higiene de las estancias interiores (30 m³/h (8.33 l/s) por persona en uso residencial)"

El estándar Passivhaus, cuando se trata de confort climático, no solamente se basa en la normativa europea anteriormente mencionada, sino también exige una calificación A de calidad en el confort de la misma normativa y un porcentaje previsto de usuarios insatisfechos menor al 6%, cuando actualmente está en torno al 13%.

⁴Datos referidos a la normativa internacional de confort interior EN ISO 7730.



Logotipo estándar Casaclima
Fuente: google imagenes

HISTORIA, ESTADO ACTUAL Y FUTURO DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

La crisis del petróleo en 1973 fue el desencadenante real del interés por la arquitectura de alta eficiencia energética, coincidiendo también con la aparición de las nuevas tecnologías de diseño por ordenador. Edward Mazria comenzaría a hablar de ello en su libro "*Passive Solar Energy Book*" investigando sobre el resultado obtenido en la construcción de edificios de viviendas de altas prestaciones energéticas, diseñados en base al máximo aprovechamiento de las condiciones ambientales y solares de cada diferente emplazamiento. Simultáneamente, el gobierno de Estados Unidos desarrolla una guía para la realización de viviendas pasivas considerando las diferentes condiciones climáticas de cada estado.

Esta guía despertó un gran interés alrededor del mundo, suscitando múltiples cuestiones sobre la posibilidad de su aplicación en ciertas regiones del globo, debido a la falta de consideración en la misma de la totalidad de climas existentes y las condiciones constructivas inherentes a la tradición arquitectónica de cada país.

A principios de los años 80, gracias a todo esto, despertó en Alemania una fiebre por el estudio de la arquitectura residencial pasiva. Bo Adamson, profesor de la Universidad de Lund en Suecia, y Wolfgang Feist, miembro del Instituto de Edificación y Medio ambiente alemán, mantuvieron una conversación, a mediados del año 1988, en la que postularon los principios que podrían ser la base de una edificación energéticamente de altas prestaciones.

Tras un minucioso estudio de las teorías que debatieron aquel día, las desarrollaron en el que se considera el primer proyecto bajo el estándar Passivhaus: cuatro casas pareadas en Darmstadt, Alemania, en 1990.



Fachada norte PSH en Darmstadt
Fuente: energiehaus.com

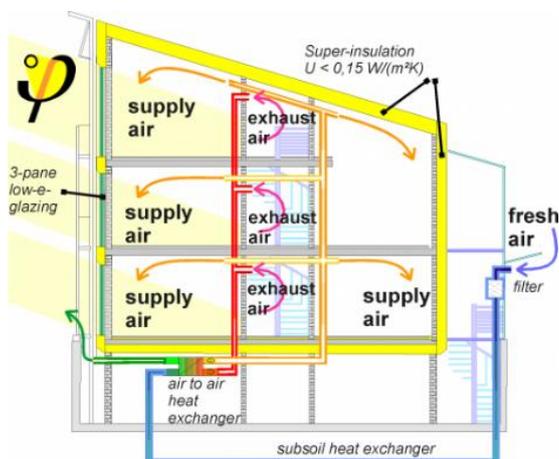


Fachada sur PSH en Darmstadt
Fuente: energiehaus.com

Con el primer proyecto se logró demostrar, no solo que era realmente posible desarrollar una edificación pasiva con un presupuesto razonable, sino que realmente los principios energéticos y de confort en los que se basaba eran funcionales a largo plazo, monitorizando su comportamiento desde el momento de su construcción hasta el día de hoy.

Cinco años después de la construcción de estas primeras viviendas, se fundó el Passivhaus Institut por el Dr. Feist, certificando hasta la actualidad unas sesenta mil edificaciones Passivhaus (hasta 2016) con diferentes tipologías de uso por todo el mundo, aunque se estima que existen sin certificar cerca de cuatro veces más edificaciones construidas bajo el estándar. En ciudades como Frankfurt y Hannover en Alemania, ya es de obligatoria aplicación el estándar en los edificios nuevos que se construyan o se rehabiliten, y en Vorarlberg, en Austria, todos los nuevos bloques de viviendas que se realicen serán Passivhaus.

Tal repercusión ha tenido el desarrollo y aceptación del estándar, que se han creado diferentes organismos de regulación de su aplicación en los diferentes países, llamados "plataformas". Su función es adaptarlo a las normativas y características climáticas de cada lugar. En España desde el año 2008 se dispone de la Plataforma PEP (Plataforma de Edificación Passivhaus).



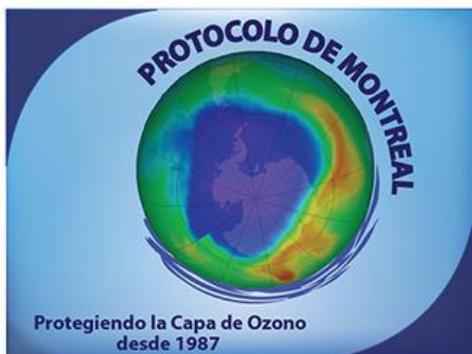
Ventilación de PSH en Darmstadt
Fuente: energiehaus.com

NORMATIVA

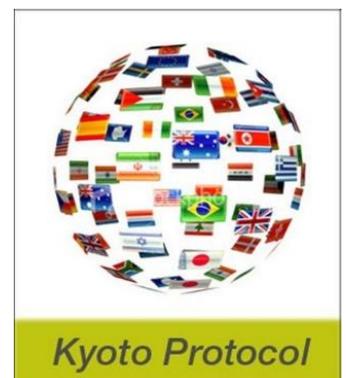
La mejor forma de tratar de acercarnos en lo posible al futuro que le espera a la edificación en Europa es conocer la normativa de aplicación, los acuerdos y los objetivos que se han marcado internacionalmente a cumplir con el paso de los años.

A pesar de las múltiples cumbres en las que los distintos países del mundo han acercado posturas sobre el comportamiento que se debía tener con respecto a la protección atmosférica, el punto clave de inflexión de la preocupación internacional se considera la Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono en la que se estudió el "Protocolo de Montreal", protocolo que consideró la reducción de la producción y consumo de numerosas sustancias que se ha estudiado que reaccionan con el ozono y se cree que son responsables del agotamiento de esta capa. El acuerdo se negoció en 1987, pero su entrada en vigor no fue hasta el día 1 de enero de 1989, siendo revisado en numerosas ocasiones en diferentes cumbres y llegando a la conclusión de que, si todos los países cumplieren los objetivos propuestos, la capa de ozono se podría recuperar para el año 2050. Debido a la gran aceptación y colaboración internacional, el agujero se ha ido cerrando progresivamente hasta un total de 4 millones de kilómetros cuadrados demostrando la posibilidad de su completa recuperación para las próximas décadas, si no suceden erupciones volcánicas que aportan grandes cantidades de contaminantes, como es el caso de la erupción del volcán chileno Calbuco que provocó un pico en las mediciones en el año 2015.

Tras el Protocolo de Montreal, la Comunidad Económica Europea desarrolló la "Directiva 93/76/CEE (SAVE)" en septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética, consistente en una lista de acciones que desarrollarían los Estados Miembros para la mejora de la eficiencia energética en edificios



Logotipo Protocolo de Montreal
Fuente: medioambiente.gov.co

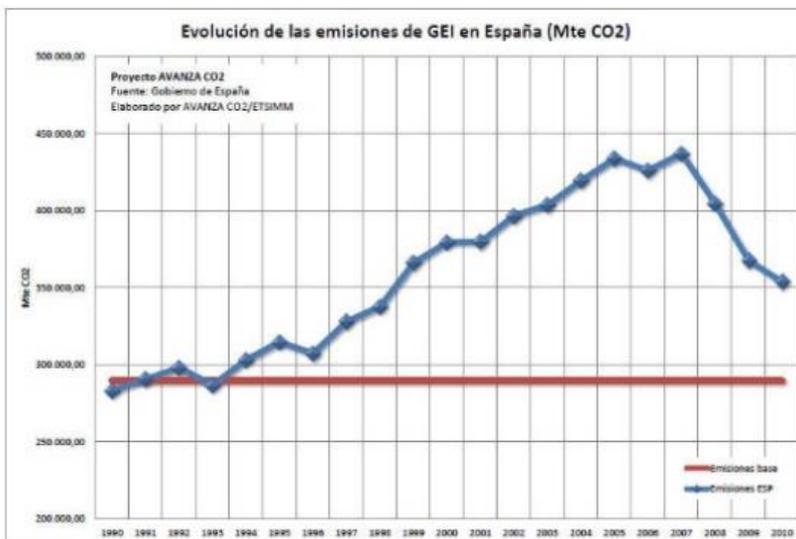


Logotipo Protocolo de Kyoto
Fuente: erenovable.com

y, con ello, reducir la contaminación por parte de los mismos y tratar de mejorar el estado general de emisiones de gases de efecto invernadero. El propio texto reconoce no conferir poderes para legislar en este campo con lo que, salvo el deber de dotar de información bianualmente a la Comisión, no establece verdaderas obligaciones, adelantando algunas iniciativas que se verían posteriormente en la Directiva de eficiencia energética de los edificios (EPBD).

El 11 de diciembre de 1997 los principales países industrializados se comprometieron en Kioto a ejecutar un conjunto de medidas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. De esta manera nacería el famoso "Protocolo de Kioto" sobre el cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que trataría de poner unas limitaciones a las emisiones de los principales gases culpables del calentamiento global (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre). Como objetivo se pusieron la reducción de un 5% a escala global en el periodo del 2008 al 2012.

El protocolo no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre del año siguiente hubo un total de 187 estados que lo ratificaron, pero Estados Unidos, el mayor emisor de gases a escala mundial, todavía no lo ha hecho. Con respecto a nuestro país, España se comprometió a limitar el aumento de sus emisiones un máximo de un 15% en relación al año base, 1990, sin embargo es uno de los países miembros que menos posibilidades tiene de cumplir lo pactado, pues sus emisiones han ido en constante aumento desde el año 1996 hasta el año 2007, punto de inflexión de la curva que ha ido desde entonces en descenso aunque, según algunos expertos, la reducción podría haberse acrecentado por el cierre de industrias y demás consecuencias de la crisis económica, al margen de la reducción de las emisiones por las medidas tomadas.



Evolución de las Emisiones de CO2 en España
Fuente: medioambiente.gov.co

Inspirada en el Protocolo de Kioto, en el año 2002 se desarrollaría la Directiva Europea 2002/91/CE, en la que se establecen tres herramientas concretas para reducir la emisión de CO₂ por parte del parque edificado: el establecimiento de requisitos de uso de la energía en edificios nuevos y existentes que lleven a cabo grandes obras de renovación; la introducción de certificados de eficiencia energética; y las inspecciones de sistemas de climatización de tamaño medio y grande. La Directiva entiende que la complementariedad entre las mismas subyace en los diferentes tiempos de aplicación de cada una por parte de los propietarios. Los dos primeros se basan en un cuarto elemento, que se cita junto a los otros en el Objetivo (artículo 1) de la norma: una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios.

Tras un largo proceso legislativo entre los años 2008 y 2010, la Directiva 2002/91/CE fue refundida en la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, en la que se introduce un nuevo concepto: el "marco metodológico comparativo para calcular los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y de sus elementos". Lo más importante de esta directiva es que ya contempla la definición del Edificio de Consumo Energético Casi Nulo.

En España, esta directiva se traspone a través del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE) del Código Técnico de Edificación, del Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE) y del "Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de los edificios de nueva construcción". Tras una vista en el Tribunal Europeo de Justicia sobre la regulación en nuestro país de la certificación de edificios existentes y las inspecciones de calderas, se publicó el "Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios".



Logotipo RITE

Fuente: google imagenes

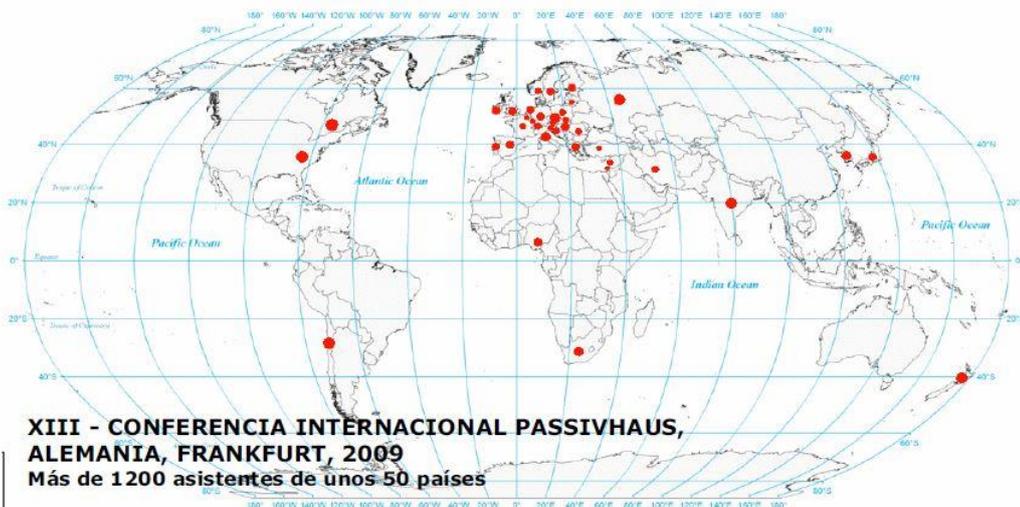
La transposición de la obligación de que todos los edificios construidos desde el 31 de diciembre de 2020 (2018 para los ocupados y de titularidad pública) sean edificios de consumo de energía casi nulo, y la determinación de que los requisitos a satisfacer serán los que en ese momento determine el Código Técnico de la Edificación, se realizó a través de la Disposición Adicional Segunda del Real Decreto 235/2013, (Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, ya mencionado) y más recientemente perfeccionado con el Real Decreto 56/2016 en el que se considera más pormenorizadamente las auditorías energéticas, la acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y la promoción de la eficiencia del suministro de energía.

OBJETIVO 20/20/20

Oficialmente llamada Directiva 2012/27/UE, se trata de la más conocida de las mencionadas a lo largo de este breve acercamiento al enfoque europeo de la eficiencia energética; su objetivo es crear un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética que permitan asegurar que los países de la Unión Europea conseguirán:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 20% (30% si se alcanza un acuerdo internacional).
- Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética, además, en cada país el 10% de las necesidades del transporte deberán cubrirse mediante biocombustibles.
- Promover las energías renovables hasta el 20%.

El objetivo del 20/20/20 para 2020 es llevar a Europa hacia el camino del futuro sostenible, con una economía que genere pocas emisiones y consuma menos energía. Para lograr todo esto, se ha considerado la tendencia de los diferentes países a embarcarse en proyectos prometedores y no lograr cumplirlos, incluyendo en todo esto una obligación de trasponer la



Distribución global de edificaciones Passivhaus
Fuente: erenovable.com

Directiva a su ordenamiento jurídico, naciendo, con todo esto, el Proyecto de Real Decreto de Auditorías Energéticas, el cual, entre otras cosas, promueve la eficiencia en la producción y uso de frío o calor mediante la regulación de la forma de evaluar el potencial de cogeneración de eficiencia alta y de los sistemas urbanos de refrigeración y calefacción, contribuyendo a un ambiente propicio para las inversiones. También regula las condiciones y requisitos que se deben observar para la contabilización individual de los consumos en las instalaciones térmicas de los edificios existentes.

Conociendo todo esto, se explica el gran desarrollo que estamos viviendo actualmente en España de edificios construidos bajo estándares de alta eficiencia energética, de los cuales, su gran mayoría están sujetos al estándar Passivhaus dada la gran experiencia de que dispone en climas fríos y, recientemente, en climas cálidos como el mediterráneo.



Distribución de Passivhaus certificadas en España.
Fuente: plataforma-pep.com

CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN PASIVA

PSH

Heredado de la planificación arquitectónica tradicional, existen una serie de conceptos de diseño que influyen directamente en el comportamiento energético de las edificaciones y que, con el desarrollo de las instalaciones contemporáneas, durante un tiempo fueron olvidadas, pero que recientemente se han vuelto a poner en valor. Estos conceptos, con el desarrollo actual de las investigaciones sobre comportamiento pasivo de las edificaciones y las herramientas de apoyo al diseño, han evolucionado al integrarse en ellas nuevas instalaciones de aprovechamiento energético.

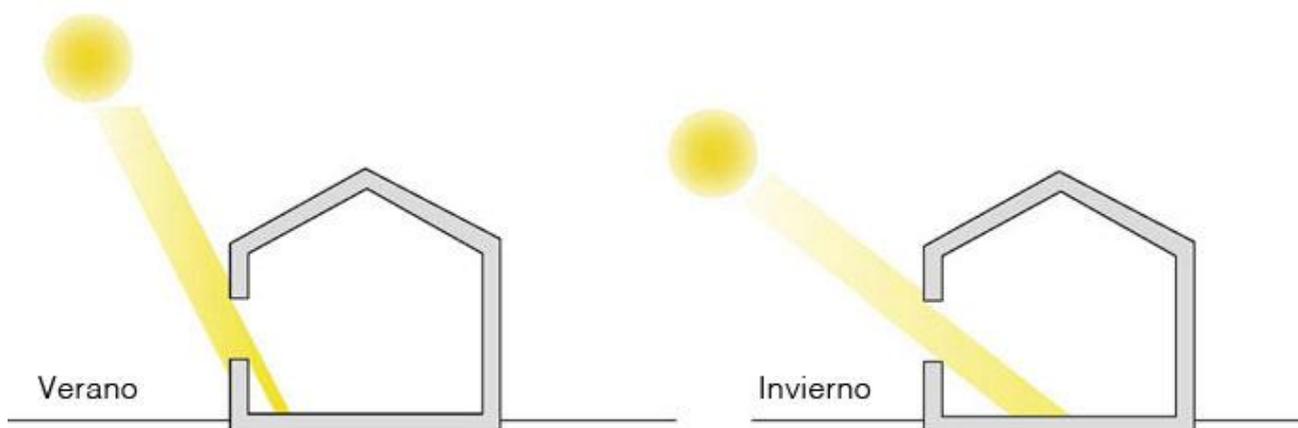
EL EDIFICIO Y SU ENTORNO

Los principales factores a tener en cuenta a la hora de situar un edificio pasivo en una parcela son aquellos que afectan a la manera de exponer el edificio a los factores ambientales, en concreto su orientación considerando la radiación solar que recibirá y su grado de exposición al viento.

LA RADIACIÓN SOLAR

La orientación no es el único factor que afecta a la forma que tienen los edificios de comportarse a la radiación solar. Las sombras fruto del diseño del mismo y la absorptividad y emisividad de los acabados de la envolvente son factores que influyen directamente en la forma que tiene el proyecto de dialogar energéticamente con el ambiente en el que está situado.

A pesar de todos estos diferentes factores, muy importantes a considerar sobre todo en climas cálidos, el principal que afecta al edificio es la orientación y la situación de los huecos en la envolvente, ya que por ahí es por donde se producirán la mayor parte de las ganancias solares.



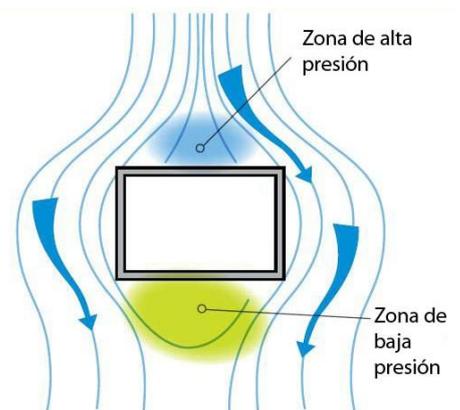
Soleamiento verano - invierno. Fuente: alicanteenergía.es

Una orientación principal sur facilita que el edificio reciba mayor cantidad de radiación solar en invierno y se proteja de la radiación en verano gracias a la gran diferencia en el ángulo de incidencia del sol en ambos momentos del año, que facilita la planificación del proyecto para poder aprovecharlo. Sin embargo, no por ello debemos negar al edificio abrirse a norte, pues los grandes avances recientes en la tecnología de las carpinterías han logrado conseguir transmitancias térmicas tan bajas que, en ocasiones y dependiendo de la situación del proyecto, un edificio podría abrirse únicamente a norte y cumplir con la exigencia de demanda límite de calefacción.

LA EXPOSICIÓN AL VIENTO

Poco se ha investigado sobre el cómo afecta a la arquitectura la exposición al viento más que a nivel constructivo, con respecto al empuje y succión de elementos. Tradicionalmente, sobre todo en climas tropicales, se buscaba la orientación de los edificios para tratar de favorecer la refrigeración de estos mediante el aprovechamiento de los vientos dominantes, orientación complicada de lograr pues la dirección de los vientos responde a fenómenos difíciles de prever incluso con la tecnología actual. Contrariamente, en los climas con inviernos fríos, la arquitectura tradicional trataba de protegerse de estas orientaciones para intentar evitar en lo posible las infiltraciones por las juntas del edificio.

A pesar de todas estas consideraciones heredadas de la experiencia popular, en cuanto a lo que afectase al estándar Passivhaus poco podría ser con respecto a su repercusión energética, ya que al tratarse de edificios con alto nivel de hermeticidad, la posibilidad de producirse infiltraciones a través de las diferentes capas que forman los cerramientos o las juntas entre elementos de la envolvente es extremadamente baja. Sin embargo, la posibilidad de utilizar todo esto como herramienta para tratar de lograr mayores eficiencias en ciertas instalaciones situadas fuera de la envolvente térmica podría ser una gran opción de estudio en



Efecto de la presión generada por el viento

Exposición al viento.
Fuente: gramaconsultores.com

caso de que se situase la edificación en un emplazamiento que dispusiese de un estudio de viento.

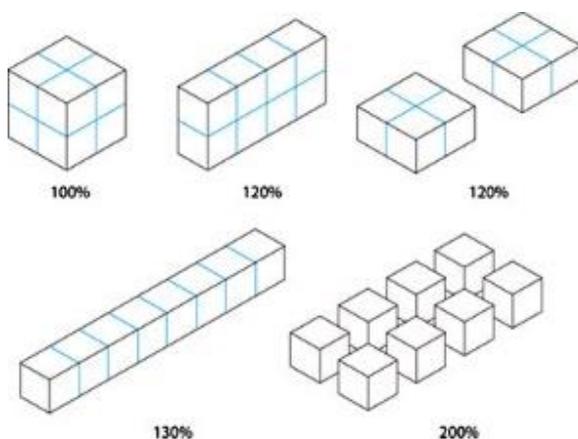
EL PROYECTO Y SU DISEÑO

Sin lugar a dudas, y algo en lo que están de acuerdo la inmensa mayoría de investigadores sobre eficiencia energética, es que el factor principal que condiciona el comportamiento energético de un edificio es un diseño responsable y concienciado del proyecto con respecto a su compacidad e interacción con la luz solar.

COMPACIDAD

Se llama compacidad a la relación entre la superficie de la envolvente y el volumen que encierra, siendo algo que afecta, evidentemente, al comportamiento energético de los edificios. En un clima frío, un edificio muy compacto tiene menor demanda energética que un edificio con una envolvente mayor, pues las pérdidas por transmisión son menores que en un edificio con una mayor superficie de cerramiento. De igual modo, en un clima cálido se podría considerar que, al tener mayor cerramiento, un edificio podría sufrir un mayor incremento de temperatura interna por carga solar, pero, si el diseño se realiza considerando la posibilidad de arrojamiento de sombra propia, este volumen podría tener una compacidad baja y un gran comportamiento ante esta circunstancia, favoreciendo incluso la disipación de exceso de calor en el edificio hacia el exterior por la noche.

Aunque depende del diseño, cuando se desarrolla un proyecto de gran tamaño se tiende a realizarlo más compacto, con índices en torno a $0.2-0.5 \text{ m}^{-1}$ en el caso de edificios institucionales (con menor necesidad de apertura de huecos), mientras que en los residenciales sería de $0.3-0.6 \text{ m}^{-1}$. En las viviendas unifamiliares, a priori y a pesar de la creencia general de



Compacidad. Fuente: google imagenes

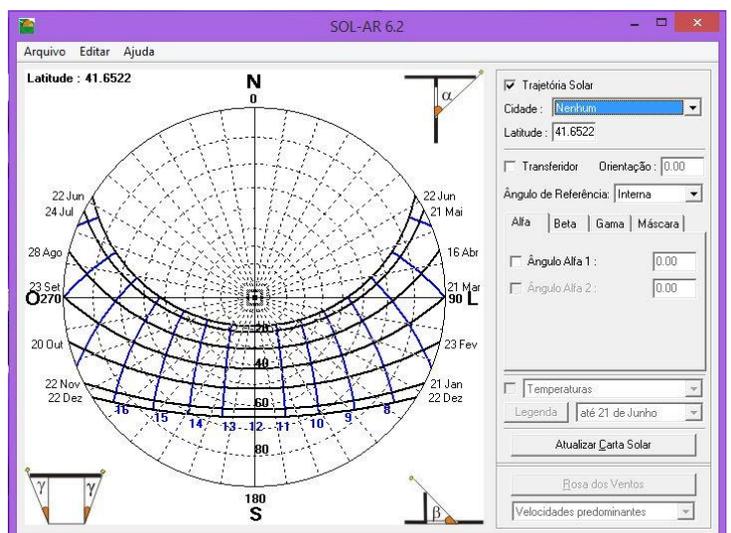
la tendencia de los arquitectos a realizar volúmenes simples, cabría esperar valores de compacidad alta, pero este índice como hemos dicho depende de la cantidad de cerramiento expuesto, por lo que en viviendas unifamiliares aisladas este valor es bastante bajo, de $0.6-1 \text{ m}^{-1}$.

No por todos estos motivos debemos buscar el desarrollo únicamente de proyectos de alta compacidad, pues el desarrollo de edificios con un gran comportamiento energético no debe ir en detrimento de la calidad arquitectónica. El desarrollo tecnológico nos facilita la posibilidad de realizar edificios que, aunque en principio no dispongan de unas características óptimas de comportamiento, mediante la utilización de ciertas instalaciones y cerramientos especiales, pueden llegar a disponer de una eficiencia altísima.

PROTECCIÓN SOLAR

A pesar del gran desarrollo que ha vivido la técnica constructiva en las últimas décadas en materia de aislamiento y cerramiento de huecos, la mayor parte de estos avances siempre han sido referentes al comportamiento del edificio en invierno y la acumulación de calor en su interior. Sin embargo, en ocasiones, un exceso de aislamiento y unas carpinterías con vidrios de alta eficiencia, en temporadas estivales pueden ser problemáticas pues evitan que el edificio disipe el calor por las noches, por lo tanto, la mejor manera de favorecer el comportamiento a lo largo del todo el tiempo es proporcionando la posibilidad de evitar que los huecos reciban soleamiento directo en verano mediante una previsión del arrojamiento de las sombras propias del edificio y la situación de protecciones solares tales como voladizos, persianas o sistemas de lamas fijas u orientables.

La protección solar, si es fija, se debe colocar en posición horizontal cuando el ángulo de incidencia es alto y en vertical cuando es bajo (orientaciones este y oeste). En climas tropicales



Carta solar de Valladolid. Elaboración propia.

en los que la temperatura más baja a lo largo del año ronda los 20º, se recomienda instalar voladizos fijos amplios para proporcionar esa protección a lo largo de todo el año.

El factor "Fc" es el que caracteriza la protección solar que proporciona el elemento protector (fracción de radiación incidente en un hueco no bloqueada por elementos de protección), una fuente fiable de estos valores es la norma DIN 4108-2.

REFLECTIVIDAD DE LOS MATERIALES

Otro factor a tener en cuenta a la hora de proyectar los acabados finales de un edificio, es la reflectividad de los materiales que van a sufrir radiación solar directa. La reflectividad es la capacidad que tienen los materiales para reflejar una fracción de radiación incidente en su superficie. Todos los materiales poseen ciertas capacidades de reflexión y absorción dependiendo de su color, temperatura y rugosidad. Los valores de absorción y reflectividad de los materiales son complementarios, su suma es 1, por lo que a mayor reflectividad, menor absorción y viceversa.

Donde mayor importancia tiene este valor es en los climas cálidos, ya que donde cobra más protagonismo es en la posibilidad de aprovecharlo para reducir la necesidad de refrigerar una edificación sobrecalentada por culpa de la radiación solar. Sin embargo, no hay que caer en apriorismos y considerar que un valor alto es lo mejor en este tipo de climas, ya que la estética de los materiales que gozan de él es llamativa y, si se aplicase de forma sistematizada por ejemplo en cubiertas, el conjunto de edificios terminaría siendo una especie de espejo de ciertos espectros de radiación solar, resultando incluso molesto el pasear entre estas edificaciones. Recientemente se han desarrollado nuevos materiales llamados de "superficie fría" que pueden absorber o emitir la radiación de onda larga con independencia del color de su superficie, esto podría servir para proporcionar las ventajas antes descritas sin impacto visual.

Absortancia solar y emisividad de algunas superficies constructivas

Material (superficie)	Absortancia	Emisividad
Hoja de aluminio brillante	0.05 - 0.10	0.05 - 0.10
Lámina de aluminio con pátina de oxidación	0.30 - 0.50	0.20 - 0.50
Pintura de aluminio	0.40 - 0.55	0.40 - 0.55
Hierro galvanizado con pátina normal	0.30 - 0.50	0.20 - 0.40
Encalado reciente	0.12	0.90
Madera	0.40	0.90
Ladrillo, teja, piedra	0.70	0.90
Concreto aparente	0.45 - 0.60	0.90
Pintura de aceite blanca	0.20	0.90
Pintura verde o gris, clara	0.40	0.90
Pintura verde o gris, oscura	0.70	0.90
Pintura negra, asfalto	0.85	0.90

Fuentes: M. Evans (1980) y B. Givoni (1976)

Reflectividad de algunos materiales frecuentes en construcción.

CRITERIOS Y PLANIFICACIÓN PASSIVHAUS

PSH

PRINCIPIOS BÁSICOS

Una de las ventajas que tiene este estándar y que ha sido desencadenante de su utilización como referente a nivel internacional, es su aplicación sistemática de un protocolo que permite llegar a valores de demanda energética muy reducidos. Esto, junto con las directrices que proporciona para lograr un confort climático excelente, dota al sistema de una serie de pautas a seguir para lograr un proyecto de gran de calidad.

Los edificios Passivhaus se caracterizan por un aislamiento térmico muy alto y un gran control del comportamiento del aire en el interior mediante un sistema de ventilación de confort y un gran control de las posibles infiltraciones que pueda haber. A diferencia de otros estándares de construcción, el estándar Passivhaus no impone la utilización de ciertos materiales para lograr los objetivos que se plantean, únicamente exigiendo que la construcción del edificio debe ser lo más económica posible, siendo un problema por ello la utilización de materiales ecológicos o sostenibles por su elevado coste.

Los siete principios en los que se podría categorizar la intervención especial a la hora de desarrollar un proyecto de Passivhaus son:

- Gran aislamiento térmico.
Una gran envolvente térmica parte de la base de una hoja principal sólida y un buen comportamiento térmico, con inclusión de aislamientos de una entidad cercana a tres veces los utilizados tradicionalmente en España.



Logotipo PHI. Fuente: plataforma-pep.com

- Eliminación de puentes térmicos.

Los puentes térmicos son aquellas zonas en las que la envolvente del edificio encuentra una diferencia en su método constructivo o un encuentro con algún otro elemento de la edificación que ha dificultado la continuidad en el sistema de aislamiento.

- Control de las infiltraciones.

Seguramente la parte más difícil de controlar de todos los puntos, pues requiere un minucioso control de puesta en obra de todos y cada uno de los materiales que conforman la envolvente de tal manera que, mediante un sistema de ventilación con recuperación de calor, se pueda regular la temperatura en el interior del edificio al no existir una gran cantidad de infiltraciones incontroladas.

- Ventilación mecánica con recuperación de calor.

El pulmón del edificio, el recuperador de calor, se encarga de transferir la energía interna del aire interior durante su expulsión a la calle, al aire fresco que se toma del exterior para garantizar la salubridad y la calidad del aire en el interior del edificio.

- Carpinterías de gran aislamiento y estanqueidad.

Debido a las características físicas de la envolvente de un edificio, es lógico considerar los puntos en los que se sitúan las carpinterías como los más débiles y, además, más propicios a la aparición de puentes térmicos por la confluencia en muy poco espacio de muchos materiales diferentes instalados de maneras muy distintas. Por todo esto, estas carpinterías son construidas con doble o triple vidrio bajoemisivo (en ocasiones con gases nobles en las cámaras) y dobles juntas de estanqueidad, al margen de las roturas de puente térmico incorporados en la sección.



Carpintería PSH certificada. Fuente: caloryfrio.com

- Optimización del comportamiento del proyecto respecto al sol y al calor interior.
En climas cálidos en verano como el Mediterráneo es importante considerar en el balance energético del edificio el soleamiento del mismo en verano y cómo se comporta respecto a la incidencia solar a lo largo del año. De igual forma, se cuidan las ganancias de calor por efecto Joule de los diferentes aparatos eléctricos que pueda albergar el inmueble.
- Modelización energética de ganancias y pérdidas.
Los edificios proyectados bajo el estándar Passivhaus disponen de un software específico para calcular este balance energético del edificio, basado en hojas Excel y de sencillo manejo, llamado PHPP (PassivHaus Planning Package).

VALORES CARACTERÍSTICOS

La manera más sencilla de definir una edificación Passivhaus, es decir que es aquella cuya demanda energética, tanto para calentar como para refrigerar, es tan baja que hace innecesario un sistema convencional de contribución energética al ambiente, ya que el escaso aporte que pueda necesitar en momentos puntuales se puede suministrar con un sistema auxiliar como, por ejemplo en el caso de calefactar, una resistencia eléctrica en el sistema de renovación higiénica de aire. Este estándar no solo es aplicable a obra nueva, sino que existe un criterio de aplicación en rehabilitación llamado EnerPHit con unas exigencias ligeramente más bajas.

Para asegurar la innecesaria presencia en la edificación del sistema de calefacción, existen unos valores objetivo de consumo energético a los que llegar para garantizar unas adecuadas condiciones de confort a lo largo del todo el año, en cualquier parte:

- **Demanda de calefacción 15 kWh/m²a**⁵

En rehabilitación $\geq 16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ y $\leq 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Se trata del valor del balance entre pérdidas y ganancias de calor.

Las pérdidas se podrían clasificar en dos tipos, de transmisión por la envolvente térmica y de infiltración de aire, que pueden llegar a suponer el 40% del total.

Las ganancias pueden ser producidas por fuentes de calor en el interior del edificio y por soleamiento. Para considerar adecuadamente las ganancias internas, se consideran 2.1 W/m^2 (en viviendas), asumiendo una relación ocupante/superficie de 35 m^2 por persona (por defecto en el PHPP aunque se puede ajustar a las características de nuestro proyecto).

Con respecto a las ganancias solares, el PHPP incorpora en su sistema de cálculo la consideración del entorno y soleamiento del edificio así como sombras, tanto propias como arrojadas.

- **Demanda de refrigeración 15 kWh/m²a o sobrecalentamiento $\leq 10\%$**

En rehabilitación $\geq 16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ y $\leq 25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Se trata de un valor característico "nuevo", fruto del desarrollo de la adaptación del estándar a climas cálidos del sur de Europa, entornos en los que la incidencia solar en los meses de verano es de tal índole que, en ciertos casos, la refrigeración podría llegar a superar a los requisitos de calefacción.

- **Valor característico de carga para frío y calor inferior a 10 W/m^2**

⁵ La demanda de calefacción y refrigeración se refiere a la cantidad energética necesaria para mantener una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ en invierno y $26 \text{ }^\circ\text{C}$ en verano.



Chimenea estanca típica en una PSH.
Fuente: chimeneas.agrupadasonix.com

Este valor característico es una alternativa equivalente a los dos anteriores, establecido para mayor facilidad de dimensionado de ciertos sistemas de climatización y refrigeración por aire, asegurando las condiciones de confort.

- **Hermeticidad: "Blowerdoor" $n_{50} \leq 0.6$ renovaciones/h**

En rehabilitación ≤ 1 renovación/h.

Para garantizar el correcto control del confort en el interior de la edificación Passivhaus, se requiere un absoluto conocimiento del comportamiento del aire en su interior, para ello, se requiere un minucioso control de la ejecución de la obra y correcta puesta en obra e instalación de los elementos que configuran la envolvente.

La forma de comprobar todo esto es mediante el ensayo a estanqueidad al aire "Test Blowerdoor", ejecutado por un técnico independiente según la norma UNE EN 13829, con un resultado inferior a 0.6 renovaciones por hora a 50 pascales de presión tanto en sobrepresión como en succión.

- **Energía primaria inferior a 120 kWh/m²a**

Este valor característico considera la eficiencia energética del edificio en su totalidad, no solo desde el punto de vista de acondicionamiento ambiental, sino contemplando también el consumo eléctrico por iluminación y diferentes electrodomésticos, la energía necesaria para la producción de agua caliente sanitaria, y las pérdidas energéticas fruto de obtención y distribución de cada tipo de energía utilizado en edificación.

El valor que se presenta es considerado poco exigente por la mayor parte de países, dado que es un valor que se dio en su momento considerando los gastos que acarrea la distribución energética, gastos diferentes según el emplazamiento del edificio, con lo que se espera que dentro de no mucho tiempo se actualice y adapte a las vicisitudes de cada país.



Test Blowerdoor.

Fuente: wahomeinspection.com

Existen otra serie de criterios a considerar a la hora de realizar un proyecto de edificación Passivhaus relacionados con el confort en el interior a lo largo del año:

- **Frecuencia de sobrecalentamiento**

Se trata de un criterio exclusivo de las edificaciones en clima mediterráneo y demás climatologías que en temporada estival puedan sufrir una gran aportación energética por soleamiento.

El PHPP establece el límite en un 10% la posibilidad de sobrecalentamiento aceptable para conservar unas adecuadas condiciones de confort, siendo modificable a criterio del proyectista. Esto significa, por ejemplo, que la temperatura en verano en una estancia no debería superar en un 10% los 26 °C, recomendándose simultáneamente que la diferencia en temperatura entre interior y exterior no exceda los 6 °C cuando la temperatura exterior sea más alta de 32 °C.

Sin embargo, todo esto está pendiente de desarrollo a una serie de valores obtenidos por experimentación, dado que se trata de condiciones muy concretas que afectan a la forma de habitar o utilizar los diferentes espacios, y son dependientes de lo que le pueda resultar tolerable a cada usuario.

- **Higiene**

Con respecto a este criterio, lo único que se exige cuidar es la aparición de moho en los acabados superficiales. La aparición de moho se produce, principalmente, por la producción de condensación superficial fruto de un fuerte contraste térmico y una presencia de humedad relativa ambiente del 100%, aunque a partir de un 80% ya podría surgir. Gracias a los criterios de planificación y proyecto Passivhaus, las edificaciones se

desarrollan siempre libres de condensaciones, por lo que únicamente podrían aparecer en casos puntuales extremos en situaciones de rehabilitación.

La forma de estudiar su posible aparición consiste en contemplar la temperatura media del mes más frío en los paños opacos, y del día más frío en los vidrios, y 20 °C como temperatura interior.

Si se utilizan carpinterías con transmitancias conforme a las que exige el estándar ($U_w \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ o $U_w\text{-inst.} \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$) la aparición de moho queda descartada y no hace falta realizar la justificación del cumplimiento del criterio de higiene.

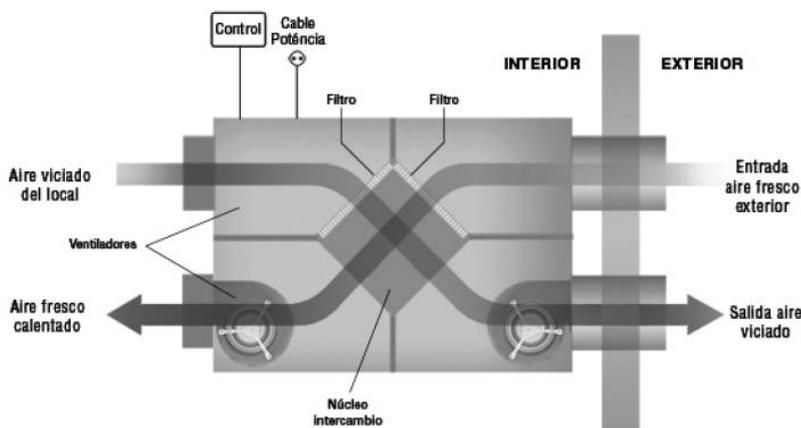
- **Criterio de confort**

Utiliza la temperatura del vidrio en su superficie interior como referencia. Posee gran importancia pues condiciona el tipo de carpinterías y vidrios a instalar y no obliga a ejecutar huecos con ventanas certificadas Passivhaus con transmitancias de $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$, sino que lo deja abierto permitiendo instalar carpinterías con exigencias de aislamiento menores según las condiciones climáticas, tomando como temperatura de referencia exterior la media de las 12 horas más frías seguidas del año.

Todo esto viene condicionado por la norma EN ISO 7730, en la que se especifica que la diferencia entre temperatura operativa interior y la superficial del vidrio interior no puede superar los 4.2 K, con un límite aproximado de 17 °C de media en la superficie, exigencias automáticamente dadas por cumplidas en el caso de utilizar carpinterías Passivhaus.

- **Velocidad del aire**

En verano, una velocidad elevada de aire ayuda a conseguir un mayor confort con excepción de los casos en los que haya una elevada humedad relativa en el exterior. Se regula mediante un mayor caudal de ventilación en torno a los $42.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.81 l/s) y persona.



Funcionamiento de un recuperador de calor. Fuente: ovacen.com

En invierno la velocidad del aire no puede superar los 0.1 m/s en zonas de estar pues resultaría desagradable, pudiendo cumplirse esta velocidad con un caudal de 30 m³/h (8.33 l/s).

Para poder desarrollar un edificio Passivhaus, es necesario tener un absoluto control sobre las condiciones del entorno, ya que si hay algo que caracteriza a las edificaciones construidas bajo este estándar, es que son construcciones en constante diálogo con lo que las rodea. Desde la relación del edificio con el terreno, hasta la especie de los árboles que puedan rodearlo, hay gran cantidad de factores imprescindibles a tener en cuenta, que deberá valorar el arquitecto, para lograr controlar todo lo que puedan influir en las cargas energéticas internas del edificio.

Para poder mantener el control absoluto sobre estos factores existe un programa desarrollado específicamente para las fases iniciales de proyecto, una versión simplificada del PHPP llamado PHVP que permite realizar un cálculo aproximado del consumo energético del edificio. Su utilización no excluye el uso del PHPP, al ser una herramienta complementaria, nos ayuda en el desarrollo inicial de proyecto pero no tiene en cuenta todo lo que pueda afectar a las demandas energéticas, pudiendo darse el caso de edificios que, cumpliendo todos los requisitos del PHVP, no tengan suficiente soleamiento para lograr un calentamiento pasivo, algo que sin embargo el PHPP si considera.

EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN Y EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

A pesar de la creencia popular en el sector respecto a la gran diferencia entre el desarrollo de un proyecto acorde al Código Técnico y acorde a las condiciones Passivhaus, los únicos puntos en los que realmente se diferencian (al margen de la forma de construir) son en cuanto a exigencia energética y condiciones de ventilación para garantizar la calidad del aire en el interior del edificio.

Para realizar una comparación sencilla entre CTE y Passivhaus, hablaremos de edificación residencial, ya que la gran mayoría de tablas del CTE se refieren a esta categoría de edificación.

Con las recientes modificaciones y adaptaciones del CTE en materia de consumo energético para reducir la demanda del edificio, los valores límite de energía primaria consumida se han reducido sustancialmente, situándolos en niveles realmente bajos en comparación con lo que la arquitectura española estaba acostumbrada a manejar. A pesar de esta enorme reducción, en comparación al nivel de exigencia del estándar Passivhaus, se encuentran aún unas 5 veces más altos independientemente de la zona climática, como se muestra a continuación.

Con respecto a la demanda energética de calefacción, el principal causante de los elevados valores de consumo energético de la edificación, la reducción de los valores límite ha sido más grande si cabe, situándolo en valores equivalentes a los del estándar en las zonas climáticas de menor exigencia, la A y la B. A pesar de ello, en las zonas con inviernos más severos, los valores, a pesar de haber sido reducidos sustancialmente, se encuentran aún en puntos en los que duplican o triplican el valor límite de calefacción Passivhaus.

Severidad climática de invierno	Energía primaria límite [kW·h/m ² ·año]					
	α	A	B	C	D	E
Superficie útil = 100m ²	50	50	55	65	90	110
Superficie útil = 500m ²	42	42	47	53	66	78
Superficie útil = 1000m ²	41	41	46	52	63	74
Superficie útil = 5000m ²	40	40	45	50	60	71

Valores límite de energía primaria según CTE HE 0

Severidad climática de invierno	Demanda límite de calefacción [kW·h/m ² ·año]					
	α	A	B	C	D	E
Superficie útil = 100m ²	15	15	15	30	50	70
Superficie útil = 500m ²	15	15	15	22	34	46
Superficie útil = 1000m ²	15	15	15	21	32	43
Superficie útil = 5000m ²	15	15	15	20	30	41

Valores límite de demanda de calefacción según CTE HE 1.2.1

Para tratar de realizar una comparación más exhaustiva, podemos comparar los valores de transmitancia límite de elementos constructivos de la envolvente térmica del edificio, pero cabe destacar el hecho de que el estándar Passivhaus no exige un grosor de aislamiento, sino que lo que establece es una limitación de consumo energético dedicado a conseguir unas condiciones de confort en el interior adecuadas, considerando el clima en la ubicación del edificio. Sin embargo, para conseguir de forma sencilla realizar esta comparativa, presentaremos los valores límite de los elementos en la zona climática D3 del Código Técnico (Madrid) y el valor del estudio Passive-On en España, que recomienda un valor aproximado de $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ para lograr la relación óptima de eficiencia.

En cuanto a control energético, como cabía esperar, se observa que el Código Técnico, a pesar de su reciente actualización, se encuentra por debajo respecto a exigencia en comparación con el estándar Passivhaus, un punto intermedio entre los estándares nZEB y la construcción convencional que servirá para amortiguar las próximas actualizaciones que sufrirá el CTE fruto de las iniciativas europeas como la 20-20-20. Sin embargo, el punto característico que hace que el estándar sea lo que es y garantice las altísimas condiciones de confort interiores que promete, es la ventilación.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el Passivhaus establece unas condiciones muy sencillas para garantizar la salubridad y el confort en el interior del edificio:

- Un caudal mínimo para garantizar la higiene en las estancias interiores de $30 \text{ m}^3/\text{h}$ (8.33 l/s) por persona que es equivalente aproximadamente a 0.3 renov/h .
- Una velocidad máxima de aire en invierno de 0.1 m/s (más velocidad resultaría molesto).

D.2.15 ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{\text{lim}}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{\text{slim}}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{\text{clim}}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{\text{lim}}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{\text{Hlim}} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

Transmitancias límite para zona D3 según CTE.

- Un caudal mayor para verano para proporcionar un mayor confort de 42.5 m³/h (11.81 l/s) por persona.

Todos estos caudales son, por regla general, superiores a los mínimos exigidos por parte de las normativas específicas de los países, los cuales establecen caudales que proporcionan tasas de renovación en torno a 0.8 o 1 renovaciones por hora, cuando los que establece el Passivhaus rondan en torno a las 0.5 renov/h para garantizar un intercambio de calor altamente eficiente, tal es el caso de la normativa española. Un mayor caudal de aire lleva asociada una menor eficiencia energética y una mayor salubridad. La solución a todo esto consiste en la utilización de sistemas de control de caudal, basados en las condiciones del aire interior. En el CTE DB-HS3, se establecen unos caudales mínimos exigidos que se sitúan por debajo de los que establece el estándar (8.33 l/s).

Como ya se ha mencionado anteriormente, una de las bases del buen funcionamiento del sistema de ventilación de un edificio Passivhaus es el control de infiltraciones. Este control se establece en su base mediante la dotación al proyecto arquitectónico de una buena previsión de estanqueidad en la envolvente del edificio, dotándolo de unas características de hermeticidad que garantizan su buen funcionamiento térmico. Es innegable que los materiales con el paso del tiempo sufren una degradación y, en el caso que nos atañe, unas bandas de estanqueidad de gran calidad podrían ser la base de una conservación adecuada del funcionamiento de la instalación en el futuro. Una forma de garantizar el buen estado a la larga de estas bandas y un correcto funcionamiento del sistema de recuperación de calor es evitar que las estancias del edificio sufran sobrepresiones o depresiones por culpa del sistema de ventilación, realizando un equilibrado de los caudales de extracción y admisión en fase de dimensionado de la instalación. Esto es algo que el HS3 prevé al igual que el estándar Passivhaus, por lo que la forma de cálculo

		CAUDAL DE VENTILACIÓN MÍNIMO EXIGIDO q _v (l/s)		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ¹	50 por local ²
	Trasteros y sus zonas comunes		0.7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Caudales mínimos de ventilación según CTE HS3.

propuesta por el CTE es un método más que aceptado para su aplicación en el caso que nos atañe.

El procedimiento consiste en calcular los caudales de extracción de las zonas de servicio por metro cuadrado o por local, por una parte, y los de admisión de dormitorios y zonas de día por ocupante por otra y, posteriormente, equilibrarlos haciendo que prevalezca el mayor caudal de los dos resultantes, siempre considerando un mínimo número de dos ocupantes por estancia y un caudal mínimo equivalente a 0.3 renovaciones por hora.

A pesar de la mayor exigencia en materia de ventilación por parte del CTE, este no exige en ningún momento para uso doméstico la utilización de un sistema de recuperación de calor, cosa que para una edificación Passivhaus dotada de ventilación híbrida o mecánica sí es obligatoria.

Todos estos datos del CTE son referentes a edificación residencial (HS3), pero el Código Técnico también considera los edificios de otros usos en la exigencia básica HE 2 sobre rendimiento de las instalaciones térmicas (RITE) en el que se establecen caudales como mínimo equivalentes a los del Passivhaus, excepto en el caso de ambientes con calidad de aire baja (IDA 4) que exige 5 l/s, pero puntualizando que "nunca se empleará, salvo casos especiales que deberán ser justificados".

Un último conflicto a mencionar en materia de ventilación es la utilización de campanas extractoras de humos en una vivienda con instalación de ventilación de confort. En caso de instalarse, no se puede tratar de campanas convencionales, deben disponer de un sistema automático de cierre estanco cuando dejen de funcionar para evitar infiltraciones indeseadas, y el tubo de extracción debe incluir aislamiento para evitar que sea fuente de puentes térmicos.



Logotipo CTE.

Fuente: codigotecnico.com

Su utilización no es compatible con un sistema de ventilación de confort, por lo que requiere de una entrada de aire auxiliar conectado directamente a la campana. Debido a su elevado coste y riesgos a la integridad de la hermeticidad que acarrearán, en viviendas pasivas lo que se suele instalar son campanas de recirculación de aire interior con filtros de carbón activo que retienen las grasas y olores, y se suele disponer un par de retornos del aire de extracción de la instalación de la vivienda en las proximidades de los fuegos para evitar la acumulación de vapor de agua.

CONTEXTO GEOGRÁFICO: EL ESTÁNDAR EN CASTILLA Y LEÓN.

PSH

EL ENTORNO

Castilla y León se sitúa en la parte norte de la meseta de la península ibérica y se corresponde mayoritariamente con la parte española de la cuenca hidrográfica del Duero. Está compuesta por las provincias de Ávila, Burgos, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Soria, Valladolid y Zamora. Es la comunidad autónoma más grande de España, con una superficie de 94 226 km², y la sexta más poblada, con más de dos millones y medio de habitantes.

La morfología de Castilla y León está compuesta, en su mayor parte, por la meseta y un cinturón de relieves montañosos que la rodean. La meseta tiene altitud media cercana a los 800 msnm y geológicamente está compuesta por materiales arcillosos depositados que han dado lugar a un paisaje seco y árido en su zona central.

El cinturón montañoso está compuesto al norte por las montañas de las provincias de Palencia y de León con cumbres altas y espigadas y las montañas de la provincia de Burgos, divididas en dos partes por el desfiladero de Pancorbo, principal vía de conexión entre el País Vasco y Castilla a través de Burgos. La zona sureste pertenece al sistema Ibérico. En la parte noroeste se extienden las montañas de Zamora, con picos amesetados por la erosión. Al este, en la provincia de Soria también hay parte del sistema Ibérico, presidido por el Moncayo. Separando la Meseta septentrional de la meridional, al sur, se levanta el sistema Central, donde se encuentran las sierras de Gata, Francia, Béjar y Gredos en la mitad oeste y las de Ávila, Guadarrama, Somosierra y Ayllón en la mitad este.

En Castilla y León el frío se extiende de forma casi continuada durante gran parte del año, siendo un elemento bien característico de su clima. Los períodos más fríos del invierno se asocian a invasiones de un frente polar continental y a coladas de aire ártico marino,



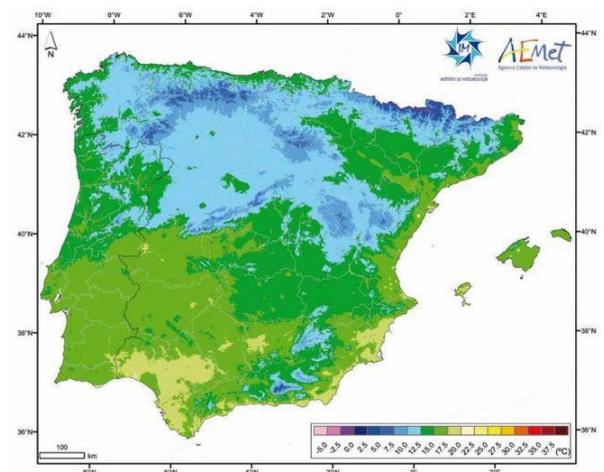
Situación climática de CyL.

Fuente: google imagenes

alcanzándose temperaturas de en torno a -7°C . Asimismo, en situaciones de anticiclón, en el interior de la región motivan las persistentes nieblas, creando situaciones de frío prolongadas. Durante los meses de diciembre y enero, se producen "olas de frío" que producen temperaturas mínimas extremas, cuyos valores varían entre los -10° y -13° C en el sector más occidental y los -15° y -20° C de las llanuras centrales y altos páramos. Los registros de temperaturas más bajas contabilizados alcanzan los -22° C de Burgos, $-21,9^{\circ}$ C en Coca (Segovia), $-20,4^{\circ}$ C en Ávila, -20° C en Salamanca y $-19,2^{\circ}$ C en Soria. La elevada altitud de la Meseta y sus montañas acentúa el contraste entre las temperaturas del invierno y el verano, así como las del día y la noche.

Debido a las barreras montañosas que rodean Castilla y León, los vientos marítimos quedan frenados casi en su totalidad, deteniendo de ese modo las precipitaciones y provocando lluvias desiguales en el territorio castellanoleonés. Mientras que en el centro de la cuenca del Duero se registra una media anual de 450 mm, en las comarcas occidentales de los montes de León, la cordillera Cantábrica y la zona sur de las provincias de Ávila y Salamanca, las precipitaciones llegan a los 1500 mm al año.

En cuanto a espacios naturales, Castilla y León colabora activamente con el programa de la Unión Europea Red Natura 2000. También existen algunas zonas de especial protección para las aves o ZEPA. Las encinas (*Quercus ilex*) y sabinas (*Juniperus secc. Sabina*) solitarias que ahora dibujan la llanura castellanoleonesa son restos de los bosques que cubrieron hace tiempo estas mismas tierras. Las explotaciones agropecuarias, de cultivos y pastos para la Mesta, supusieron la deforestación de estas tierras durante la Edad Media. Los últimos bosques castellanos y leoneses de sabinas se encuentran en las provincias de León, Soria y Burgos. Son bosques poco frondosos que pueden formar comunidades mixtas con encinas, quejigos (*Quercus faginea*) o pinos (*Pinus*).

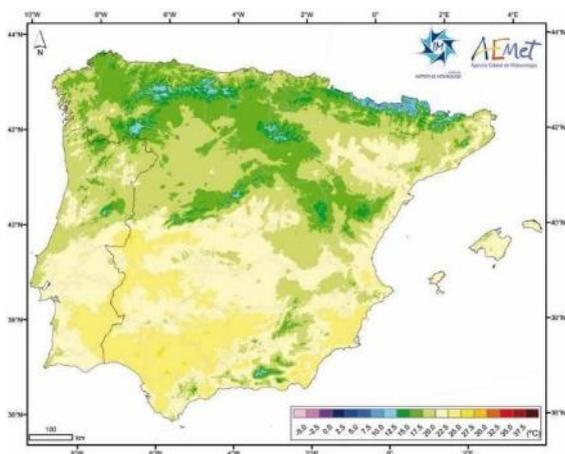


Temperatura media anual.
Fuente: Atlas Agroclimático

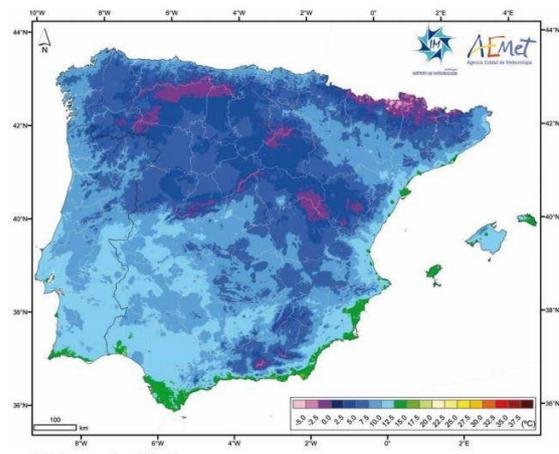
La vertiente castellano y leonesa de las montañas cantábricas y las estribaciones del norte del sistema Ibérico cuentan con una rica vegetación. Las laderas más húmedas y frescas están pobladas por grandes hayedos, cuyas áreas de extensión pueden alcanzar los 1.500 m de altitud. A su vez, el haya (*Fagus*) forma bosques mixtos con el tejo (*Taxus baccata*), el serbal (*Sorbus*), el mostajo (*Sorbus aria*), el acebo (*Ilex aquifolium*) y el abedul (*Betula*). En las laderas de solana proliferan el roble albar (*Quercus petraea*), el carballo (*Quercus robur*), el fresno (*Fraxinus*), el tilo (*Tilia*), el castaño (*Castanea sativa*), el abedul y el pinar de Lillo (*Pinus sylvestris*), una especie típica del norte de la provincia de León.

En las laderas inferiores del sistema Central perviven amplias extensiones de encinar. A un nivel superior, entre los 1000 y 1100 msnm, abundan los castaños. Por encima de ellos predomina el melojo (*Quercus pyrenaica*), muy resistente a los fríos, cuyo estrato se prolonga hasta los 1700 msnm. Sin embargo, muchos robledales han desaparecido, talados por el hombre y sustituidos por pinos de repoblación. Los principales pinares nativos se encuentran en la sierra de Guadarrama. Las zonas subalpinas situadas entre los 1700 y los 2200 msnm acogen matorrales de piornos y enebros (*Juniperus*).

Buena parte de la provincia de Salamanca, sobre todo en las comarcas del Campo Charro y Ciudad Rodrigo, está ocupada por dehesas, un tipo de bosque parecido al de las sabanas africanas, con encinas, alcornoques (*Quercus suber*), quejigos y rebollos (*Quercus pyrenaica*). La provincia de Salamanca y la de Valladolid en la región de Rueda cuenta también con los únicos olivares castellanoleonés, ya que estos árboles no crecen en ninguna de las otras regiones de la comunidad.



Temperatura media anual máximas.
Fuente: Atlas Agroclimático



Temperatura media anual mínimas.
Fuente: Atlas Agroclimático

CLIMATOLOGÍA Y CONDICIONES AMBIENTALES

El Atlas Agroclimático de Castilla y León explica que, salvo las montañas más altas, sobre todo al norte de la Comunidad, y alguna pequeña zona, lo que predominan son climas templados. La temperatura media en el mes más frío se sitúa entre los 0 y los 18 grados en este ambiente, según los datos analizados en este atlas elaborado entre la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y la Junta Castilla y León.

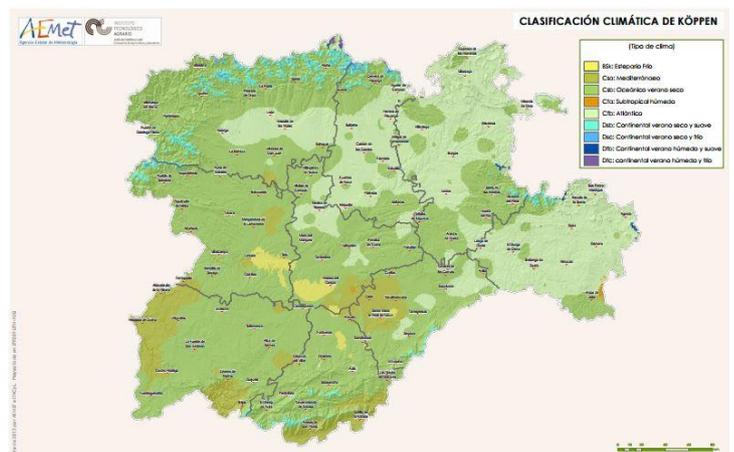
Por regla general, Castilla y León tiene un clima mediterráneo continentalizado, con inviernos largos y fríos, con temperaturas medias de entre 3 y 6 °C en enero y veranos cortos y calurosos (medias de 19 a 22 °C), pero con los tres o cuatro meses de aridez estival característicos del clima mediterráneo. La pluviosidad, con una media de 450-500 mm anuales, es escasa, acentuándose en las tierras más bajas.

REGIONES CLIMÁTICAS

Estación de esquí de La Covatilla. La Sierra de Béjar es una de las zonas más húmedas de Castilla y León junto a la cordillera Cantábrica.

Aunque Castilla y León está encuadrada dentro del clima continental, en sus tierras se distinguen distintos dominios climáticos:

- Según la clasificación climática de Köppen, una gran parte de la comunidad autónoma se encuadra en las variantes Csb o Cfb, con la media del mes más cálido por debajo de los 22 °C pero superior a los 10 °C durante cinco o más meses.
- En varias zonas de la meseta central el clima se clasifica como Csa (mediterráneo cálido), por sobrepasarse los 22 °C durante el verano.



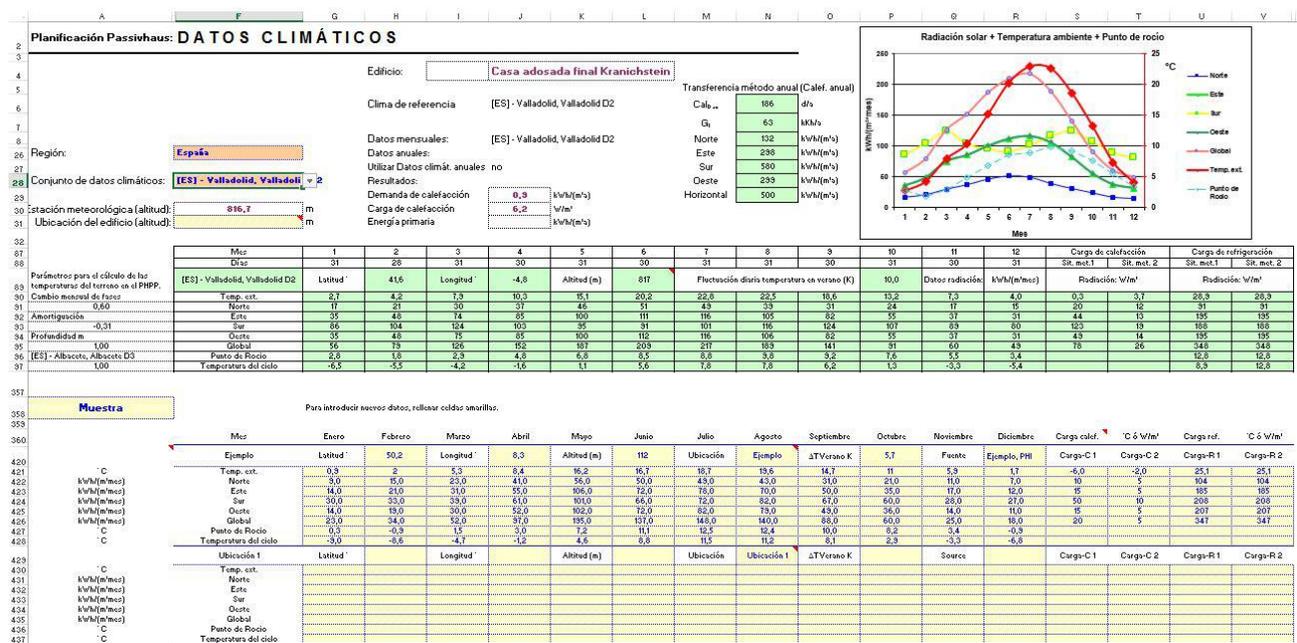
Clasificación climática Köppen. Fuente: Atlas agroclimático

- En cotas elevadas de la cordillera Cantábrica y zonas de montaña, se da un clima templado frío con temperaturas medias menores de -3 C en los meses más fríos y veranos secos (Dsb o Dsc).

EL CTE Y EL CLIMA EN CASTILLA Y LEÓN

Para el cálculo de las características necesarias de la envolvente del edificio, el CTE categoriza el emplazamiento del mismo según una letra (de "A" a "E") y un número (de 1 a 4) que indican la severidad climática en invierno y en verano, respectivamente. Con estos datos, los de radiación solar de la zona y las características de la envolvente, tales como orientación e inclinación de los cerramientos, se puede proceder a consultar los valores límite de transmitancias y factores solares ya que se han elaborado unas tablas de datos característicos para agilizar el procedimiento.

En este sentido, respecto a la agilización del procedimiento, el estándar Passivhaus ha dado un paso más allá mediante la incorporación en el Paquete de Planeamiento Passivhaus (PHPP) de un sistema semiautomático de aplicación de datos específicos del emplazamiento. Este paquete, como ya se ha mencionado, consiste en un programa hoja de cálculo tipo Excel, en el que se ha incorporado una pestaña de clima en la que se estudian todos los valores climáticos que pueden afectar al rendimiento energético del edificio, a lo largo de todo el año, de forma más pormenorizada que mediante el procedimiento del CTE.



Datos climáticos en el PHPP. Fuente: google imágenes

LA EJECUCIÓN DE OBRA Y EL ESTÁNDAR

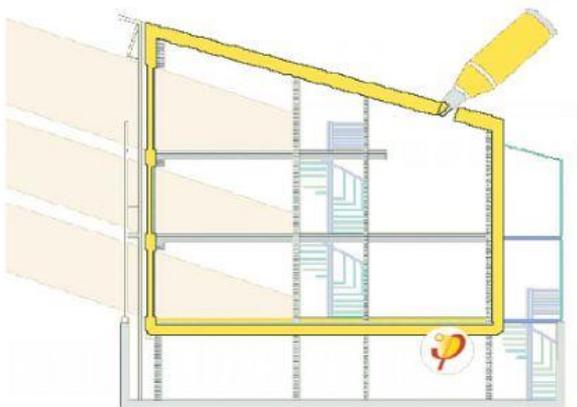
PSH

AISLAMIENTO Y PUENTES TÉRMICOS

Uno de los principios básicos del correcto funcionamiento de una edificación Passivhaus es la conservación de energía en el interior de la envolvente, a diferencia de una edificación convencional que requiere de un sistema activo de calefacción o refrigeración para conservar esas condiciones de confort.

La principal pérdida de calor en la edificación se corresponde con las producidas a través de cerramientos y cubiertas, responsables de algo más del 70%. Dada esta gran importancia del aislamiento y su correcta puesta en obra, es necesario una definición precisa de la envolvente térmica y un cuidado especial en conservar su continuidad a lo largo de ella. Lograr una correcta ejecución de esta capa en estas edificaciones dota al cerramiento de una temperatura superficial interior muy próxima a la de confort con lo que ello acarrea, un excelente funcionamiento del sistema de recuperación de calor del que hablaremos más adelante.

La sensación térmica en el interior de una estancia no depende únicamente de la temperatura del aire, sino también de la temperatura de los paramentos interiores, pues si un paño posee una temperatura superficial muy diferente a la del aire de la estancia, situarse a mayor o menor distancia de ella variará nuestra comodidad. Como regla general, la diferencia de temperatura entre la superficie del suelo y la temperatura operativa del ambiente interior (temperatura media del aire y temperatura de las superficies interiores) no debería superar los 3°C.



Regla del rotulador. Fuente: Guía del estándar Passivhaus

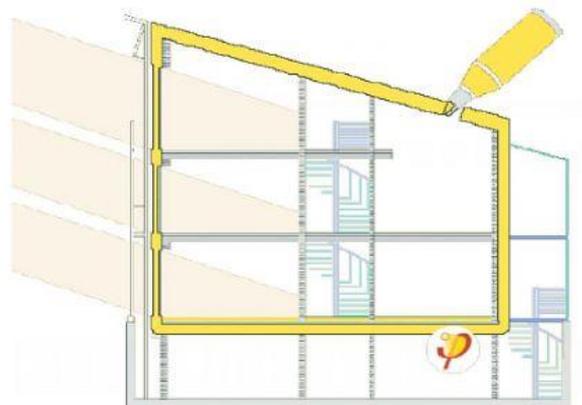
Por todo esto es por lo que se establece una herramienta a la hora de proyectar un edificio llamada "Regla del Rotulador", consistente en poder trazar con facilidad en cualquier sección del proyecto una continuidad del aislamiento sin saltos.

Una falta de continuidad en un edificio convencional supondría una pérdida energética de un cierto valor pero sin excesivas repercusiones si está cuidado el salto, pero en una edificación construida mediante el estándar que nos atañe, supondría un puente térmico con unas pérdidas energéticas de enorme importancia que no se podrían permitir, por ello cuidar un aislamiento térmico que envuelva en su totalidad el edificio es de suma importancia.

Los puentes térmicos son puntos del cerramiento exterior donde el flujo energético es más grande comparado con el resto. Estos puntos suelen ser geoméricamente lineales (esquinas) o puntuales (juntas) y perjudican enormemente la eficiencia energética del elemento en el que estén situados. Estos puntos son los únicos en los que el estándar Passivhaus exige un valor máximo de transmitancia térmica de 0.01 W/mK , ya que recordemos que el estándar no proporciona datos de valores límite de transmitancias de los elementos constructivos pues son consecuencia de los límites exigidos de demanda de calefacción y refrigeración.

Uno de los principales puentes térmicos debidos a juntas se produce en las ventanas. Para evitarlos en lo posible, de forma general estas suelen estar situadas en continuidad con el aislamiento, evitando los posible problemas fruto de un aislamiento más débil de las jambas, alfeizar y capialzado de los huecos.

Las viviendas pasivas se benefician de una alta eficiencia del cerramiento dotado de un aislamiento perfecto, mediante el seguimiento de una serie de directrices sencillas tales como evitar la interrupción de la capa de aislamiento, unir y rellenar las juntas de los elementos



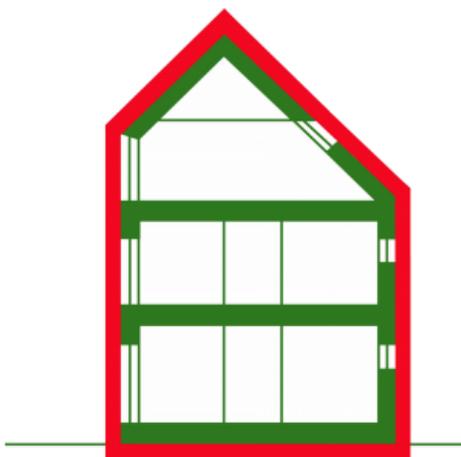
Regla del rotulador. Fuente: Guía del estándar Passivhaus

constructivos con él, si es inevitable la aparición de algún puente, utilizar materiales con una resistencia térmica lo más alta posible y tratar en lo posible de conectar los diferentes elementos constructivos sin interrumpirlo.

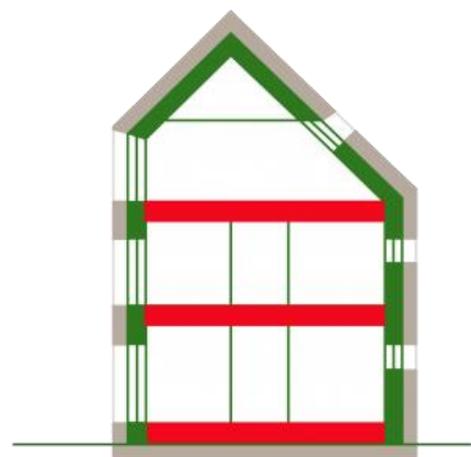
Todos estos factores implican un inmejorable aislamiento de la edificación y, por consiguiente, un elevado grado de eficiencia energética requiriendo muy poco aporte para lograr las condiciones de confort que exige el estándar. Sin embargo, por regla general suele aportarse un extra a las condiciones de aislamiento de la edificación mediante la realización de un trasdosado de placa de yeso laminado como acabado interior de las estancias. Este trasdosado, al estar relleno de aislamiento, independiza el comportamiento acumulativo de energía de los materiales de los que esté compuesto el cerramiento, de la temperatura del aire interior de la edificación prácticamente en su totalidad, resultando de todo esto que, en el momento en que el aire interior alcance la temperatura objetivo, los efectos fruto de pérdidas que podrían aparecer por la inercia térmica de los materiales de cerramiento prácticamente desaparecen, alcanzando en muy poco tiempo las condiciones de confort interior características del estándar.

Sin embargo, en este tipo de edificaciones no se da la espalda a este fenómeno, se contempla en la utilización de los forjados para el cometido de amortiguar las oscilaciones de temperatura a lo largo del día, pues son los elementos que reciben más directamente la radiación solar a través de los huecos y los que más fácilmente se calientan o enfrían gracias a la convección del aire.

La inercia térmica de los materiales es una gran aliada de las condiciones de confort del estándar. Esta se describe como la energía necesaria para elevar un kelvin la temperatura de un metro cúbico de masa material. Esta masa tiene una capacidad determinada de almacenamiento de energía y se relaciona con lo que la rodea transmitiendo la energía mediante



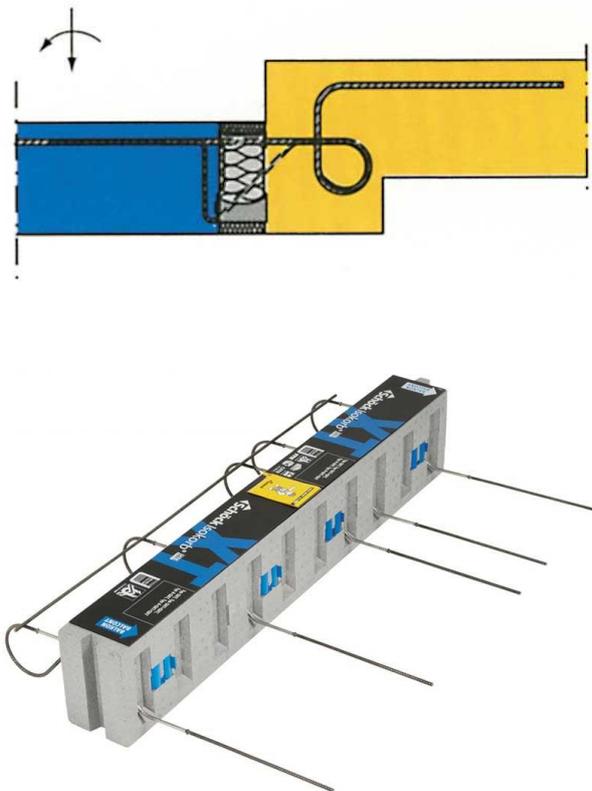
Continuidad del aislamiento.
Fuente: energiehous.com



Elementos de inercia térmica
Fuente: energiehous.com

cesión o absorción. La principal ventaja que presenta es el efecto amortiguador de exceso de energía en los espacios interiores producido principalmente por la actividad humana y la radiación solar. Para poder aprovechar los efectos de la inercia térmica, es necesario que se produzca una descarga de energía por la noche de forma natural mediante ventilación cruzada, o de forma artificial. Esta amortiguación genera un desfase en las ondas térmicas interior y exterior durante las 24 horas del día, produciendo una oscilación de las temperaturas interiores respecto al exterior. Este desfase es el tiempo que necesita para entrar al interior de la vivienda el pico de temperatura máxima del día en el exterior, proporcionando grandes ventajas en climas cálidos a lo largo de todo el año, disipando calor por la noche en el interior del edificio en invierno y refrescando el edificio gracias a la disipación nocturna en verano.

Mediante un cuidado proyecto se puede lograr la situación de elementos fuera de la envolvente térmica y conectados al edificio para no perjudicar su uso pero, para casos especiales, existen en el mercado multitud de sistemas para lograr esta continuidad del aislamiento en el encuentro con elementos constructivos fuera de ella, tales como balcones o terrazas, consistentes en elementos intermedios de conexión de los hormigonados de los forjados del edificio y los balcones para lograr una correcta transmisión de los esfuerzos a la estructura.



Conectores Cantilever. Fuente: www.tectonica-online.com

AISLAMIENTO DE CIMENTACIÓN (EDIF. SIN SÓTANO)

Uno de los puntos en los que la conservación de la línea de la envolvente térmica suscita más dudas, es el contacto del edificio con el terreno. Si bien es cierto que con la construcción de las primeras edificaciones pasivas era algo altamente preocupante, actualmente se dispone de multitud de materiales con las características adecuadas para resistir la humedad del terreno, los agentes biológicos y el esfuerzo a compresión que sufre.

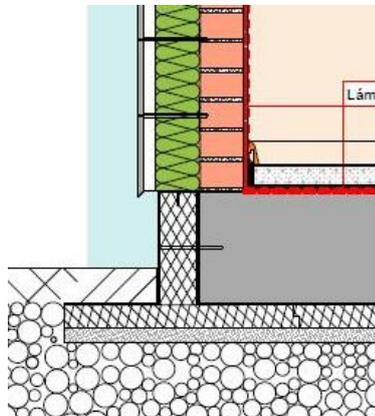
Uno de los materiales más extendidos en su utilización en proyectos de edificación de estas características, es el vidrio celular en placas tipo "Foamglas" o similar, debido a ser un producto proveniente del reciclado de vidrio. Importante es mencionar que su extensa utilización en edificación pasiva probablemente se deba a que en otros estándares se exige la utilización de materiales sostenibles, cosa que en el Passivhaus no es exigido, por lo que existen materiales de características similares y económicamente más asequibles con un uso más extendido en el estándar que nos atañe.

El aislamiento mediante vidrio celular posee unas características excelentes en su comportamiento en contacto con el terreno, ya que se trata de un material impermeable, resistente a parásitos, roedores y ácidos, es incombustible, es cómodo de montar pues se corta con gran facilidad y posee una elevada resistencia a compresión (hasta 16 kg/cm²).

El material con un uso más extendido en materia de aislamiento de cimentaciones Passivhaus es el poliestireno extruido (XPS) de alta densidad. El Instituto Alemán para la Construcción en Berlín (DIBT) certificó las planchas de aislamiento Styrodur 3035 CS, 4000 CS y 5000 CS para la colocación en varias capas bajo losas de cimentación. Con ello es posible colocar Styrodur C tanto en dos como en tres capas de aislamiento sometido a cargas de losas



Aislamiento de cimentación FOAMGLAS.
Fuente: 3.bp.blogspot.com



Aislamiento Cimentación.
Fuente: Detalles MCH ISOVER



Aislamiento cimentación Styrodur.
Fuente: Guía Styrodur

de cimentación. Cada capa individual puede tener hasta 12cm de espesor, pudiendo alcanzarse 30cm de aislamiento.

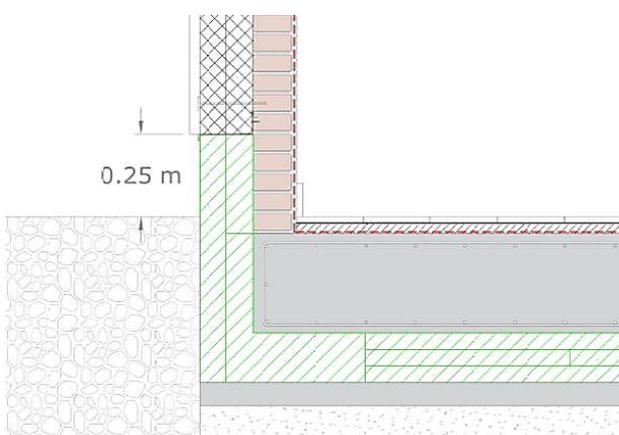
Según la normativa europea, para cargas prolongadas en el tiempo sólo se pueden colocar espumas que estén certificadas para tal fin y así esté expresado en su marcado CE. Por tanto, un material aislante que reúna estas exigencias de protección térmica en el tiempo, no puede variar su espesor de una manera significativa durante su vida útil prevista en dicha aplicación.

Para el dimensionado de aislamientos térmicos sometidos a cargas durante un largo periodo de tiempo no se debe utilizar la resistencia a compresión a corto plazo, sino la resistencia a compresión a largo plazo o fluencia. Para un tiempo de vida de los edificios útil estimado en 50 años, se ha determinado que respecto a las exigencias de resistencia a compresión a largo plazo, la máxima deformación del material aislante no puede superar en más de un 2 % el espesor inicial.

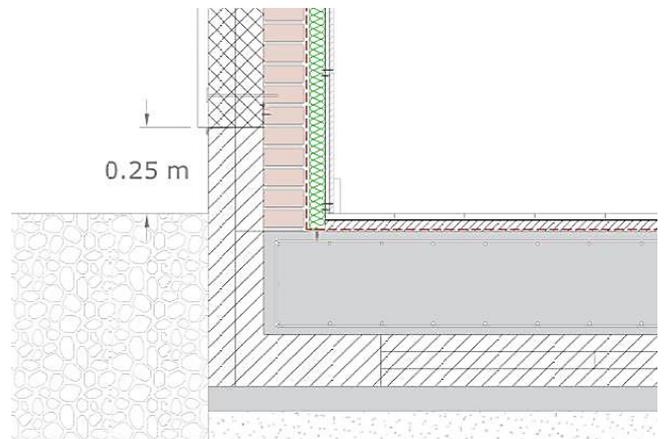
Con la certificación para Styrodur C en el caso de una colocación de hasta tres capas se garantiza que es un aislamiento seguro y duradero bajo losas de cimentación en la ejecución de casas pasivas.

Se comercializa tanto en planchas como en sistemas de encofrado perdido con piezas machihembradas para conservar la continuidad en el quiebro entre cimentación y cerramiento, lo que lo hace mucho más fácil de montar utilizando una cantidad mínima de herramientas y hace que colabore mucho mejor con el cerramiento de la envolvente vertical de la edificación.

Este tipo de aislamiento se coloca siguiendo las siguientes fases:

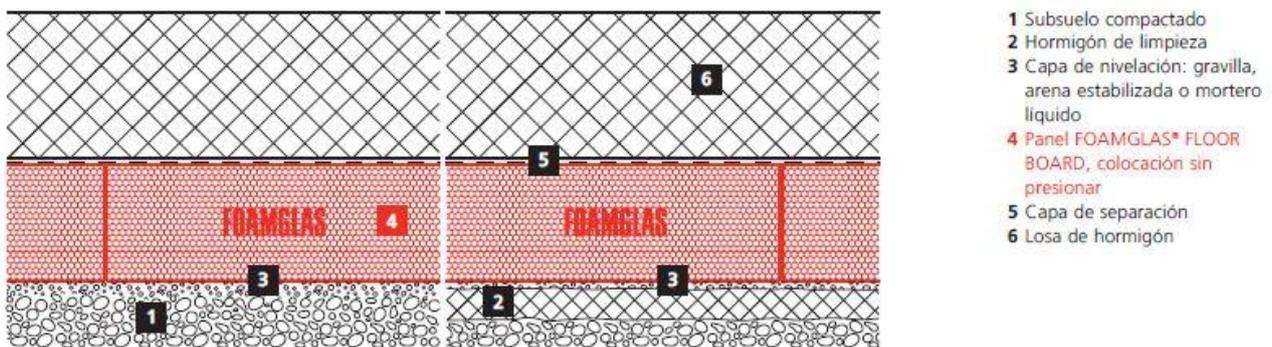


Aislamiento de cimentación y continuidad con SATE.
Elaboración propia.



Posible instalación de trasdosado de placa de yeso lam.
Elaboración propia.

- Regularización del terreno mediante la ejecución de una capa de nivelación a base de gravilla.
- Realización de una capa de hormigón de limpieza sobre la capa anterior para lograr una superficie lisa y uniforme.
- Colocación del perímetro del aislamiento que servirá como encofrado perdido.
- Formación de esquinas mediante las piezas específicas para tal uso o mediante un cuidado montaje de elementos machihembrados que aguanten el empuje del hormigón durante su vertido.
- Colocación de las tres capas de aislamiento a matajunta cuidando las medias maderas y la instalación de las capas sucesivas en sentidos perpendiculares respecto a las anteriores.
- Las aberturas y huecos para el paso de instalaciones deberán ser previstas y rellenas posteriormente mediante espuma de poliuretano para dejar únicamente el hueco para el paso de la conducción.
- Finalmente, se fijan las diferentes capas entre sí para lograr una base estable y que trabaja en conjunto.



Detalle instalación FOAMGLAS. Fuente: Guía FOAMGLAS



Paso de instalaciones por Styrodur.
Fuente: Guía Styrodur



Cimentación aislada y lista para hormigonar.
Fuente: Guía Styrodur

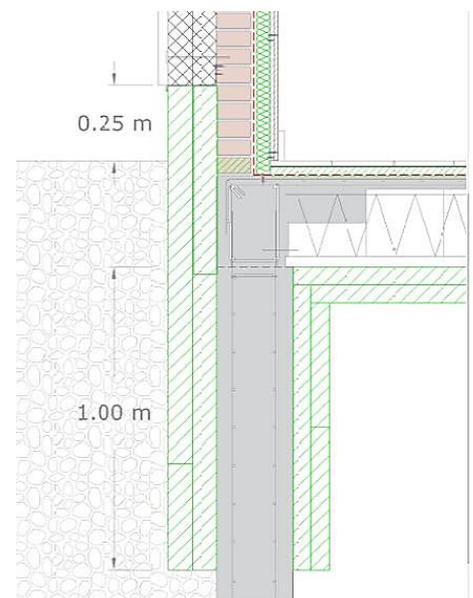
AISLAMIENTO DEL PRIMER FORJADO (EDIF. CON SÓTANO)

Todos estos sistemas de aislamiento son los ideales para edificaciones sin espacios bajo rasante. En el caso de edificaciones con sótano, resulta inevitable la aparición de puentes térmicos por el contacto de los muros de cerramiento de este en contacto con el terreno y el primer forjado del volumen calefactado. Estos puentes se manifiestan en el contacto entre el arranque de la hoja principal del cerramiento y el forjado, pues el aislamiento de la envolvente térmica se realiza por el techo del sótano.

En estos casos, el estándar Passivhaus exige que el grosor de aislamiento fruto de cálculo para fachadas, penetre en el terreno hasta 1m por debajo de rasante, dificultando la aparición de los puentes anteriormente mencionados mediante un aislamiento hasta la misma altura por el interior y por todo el techo del sótano.

Este aislamiento por el interior del sótano tiene una gran importancia, porque el puente térmico anteriormente mencionado no solamente afecta a la hoja principal del cerramiento, sino también a la estructura aérea del edificio, formada por elementos ininterrumpibles.

Tal y como ya se ha explicado, uno de los principios básicos del aislamiento en Passivhaus es que, en caso de que no se pueda eliminar un puente térmico, se debe proceder a ejecutar el detalle constructivo con un elemento intermedio de baja conductividad térmica. Por ello, a pesar de un minucioso aislamiento del techo del sótano, la interrupción del puente se exige que se realice con un elemento intermedio tanto en el suelo de la planta baja, mediante la colocación de una capa de aislamiento (generalmente un XPS de 3/4 cm), como en el arranque del cerramiento, con la colocación de una pieza de arranque de la fábrica.



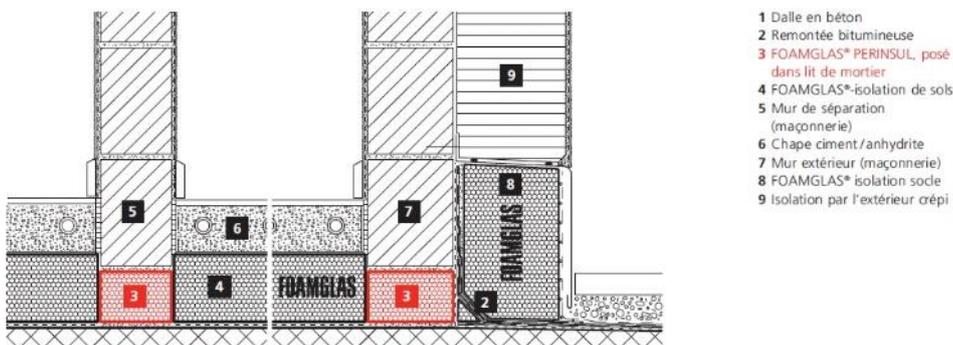
Aislamiento forjado con sótano no calefactado. Elaboración propia.

AISLAMIENTO BAJO MURO (EDIF. CON SOTANO)

En el marco de dar solución a este encuentro conflictivo, existen multitud de sistemas que han surgido a lo largo de los años de experiencia en ejecución de edificaciones Passivhaus. El más cómodo, por ser comercializado específicamente para esto, con gran variedad de dimensiones, son las bandas de vidrio celular tipo Foamglas Perinsul o similar. Con la misma composición que las placas mencionadas anteriormente en materia de aislamiento de cimentaciones, este elemento lineal resiste grandes cargas a compresión (en torno a 30 kg/cm²) y es impermeable tanto al agua como al vapor, sirviendo también como solución a problemas de capilaridad.

La principal ventaja que presenta este material respecto al poliestireno extruido (XPS), es que el vidrio celular permite ser fijado a los elementos constructivos mediante mortero, haciendo que la hoja de fábrica trabaje conjuntamente a pesar de estar formada por diferentes materiales y evitando correr riesgos respecto a la fijación de la hoja al forjado en el arranque de la misma. Por esto es por lo que el XPS no se puede aplicar en este punto.

Sin embargo, la experiencia a lo largo de estos años de desarrollo del estándar ha dado lugar a diferentes modos de solventar este problema evitando utilizar un material caro en proyectos de presupuesto ajustado. En este marco ha surgido la utilización en este punto de bloques de hormigón celular tipo Ytong o similar, también 100% naturales y de estructura interna alveolar formada por microporos, lo que le confiere ligereza, alta resistencia a compresión y una muy baja conductividad térmica.



- 1 Dalle en béton
- 2 Remontée bitumineuse
- 3 FOAMGLAS® PERINSUL, posé dans lit de mortier
- 4 FOAMGLAS®-isolation de sols
- 5 Mur de séparation (maçonnerie)
- 6 Chape ciment / anhydrite
- 7 Mur extérieur (maçonnerie)
- 8 FOAMGLAS® isolation socle
- 9 Isolation par l'extérieur crépi



Vidrio celular Perinsul.
Fuente: Guía FOAMGLAS



Bloque de hormigón celular Ytong.
Fuente: Ytong.com

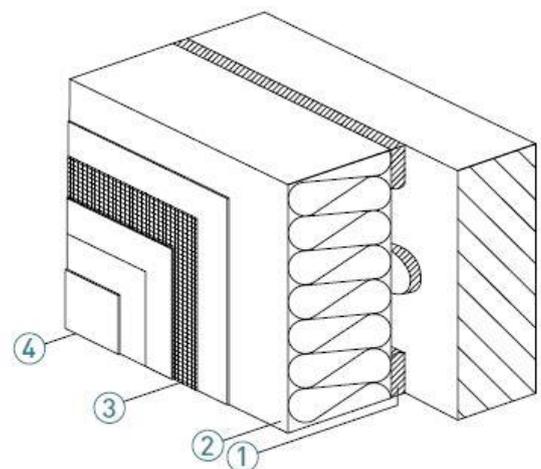
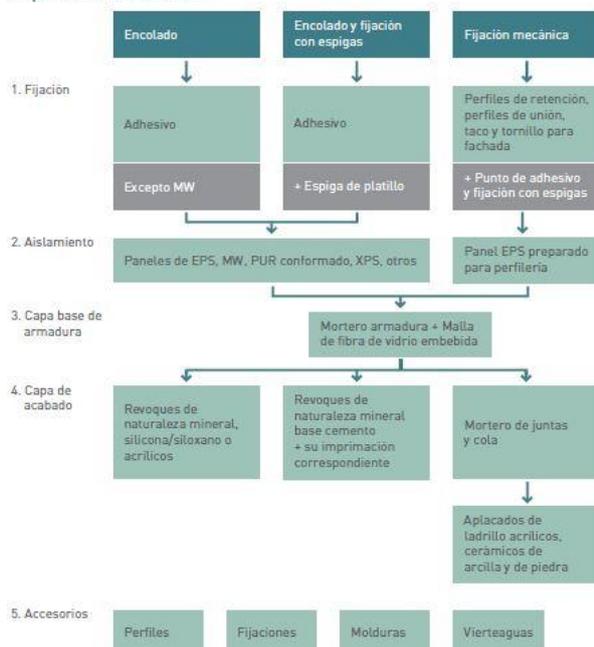
AISLAMIENTO DE FACHADA

El aislamiento térmico de los cerramientos de un edificio es la parte más importante y con mayores repercusiones en materia de ahorro de energía de la edificación, pues se trata de la parte de la envolvente que mayor superficie posee en comparación con las demás partes de esta. Como ya se ha mencionado anteriormente, se estima que el cerca del 40% de la energía consumida en nuestro país es utilizada para conservar las condiciones de confort en la edificación, y de esta, el 50% se pierde a través de los cerramientos opacos del edificio, de la cual un 30% es a través de las fachadas. Con todo esto, se podría estimar que aproximadamente un 12% de la energía consumida en España se desaprovecha a través de las fachadas de los edificios.

A pesar de la existencia de una gran cantidad de sistemas de aislamiento, en el estándar Passivhaus se han establecido por encima de todos, aquellos que sitúan el aislamiento en la cara exterior del cerramiento. Situar el aislamiento a exteriores, además de minimizar las pérdidas de calor hacia el exterior a través de la fachada en invierno, minimiza las ganancias hacia el interior en verano y es una solución 100% efectiva para la resolución de los puentes térmicos.

El sistema aplicado por excelencia gracias a su facilidad de instalación, economía y eficacia en la resolución de puentes térmicos, es el SATE-ETICS (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) consistente en fijación mediante cemento-cola y espigas de platillo de planchas de poliestireno expandido (EPS) u otros materiales aislantes, solidarización de las mismas entre sí mediante un mortero y una malla de fibra de vidrio y acabado final en revocos de naturaleza mineral a base de cemento con su imprimación correspondiente.

Esquema del sistema SATE



Esquema instalación SATE. Fuente: Guía SATE IDAE

Debido a su facilidad de instalación y economía, a la par que por su posible ejecución evitando molestias a los propietarios del inmueble, también es el sistema más utilizado para su aplicación en rehabilitaciones.

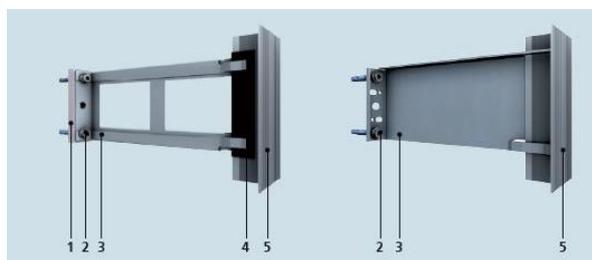
A pesar de larga vida útil de un sistema SATE, el grado de exposición a la degradación del sistema debido a la vulnerabilidad del aislamiento lo relega a no ser uno de los mejores métodos de aplicación. Existen sistemas de fachada ventilada con certificado Passivhaus, tales como Stoventec, que poseen separadores térmicos y subestructuras de acero inoxidable (conductividad 15 W/mK) que proporcionan a la envolvente las características de rotura de puente térmico necesarias, ya que los sistemas convencionales de anclajes puntuales soportan elementos de sustentación metálicos con anclajes directos a la hoja principal del cerramiento que no cumplen con los requisitos de independencia respecto a la hoja portante, apareciendo pequeños puentes térmicos que, aunque sean puntuales, son excesivos.

En este marco, recientemente están apareciendo cada vez más sistemas de sujeción de montantes para fachada ventilada realizados con materiales plásticos. Debido a su durabilidad y resistencia a la intemperie, el plástico más usado es el ABS, sus características de resistencia al impacto, al ataque químico y a las altas temperaturas lo convierten en uno de los mejores materiales plásticos para utilizar en construcción.

Como ya se ha mencionado anteriormente, colocar el aislamiento a exteriores simplifica sustancialmente la construcción de la envolvente, gracias a que facilita enormemente la continuidad del aislamiento térmico alrededor de todo el edificio, y proporciona un plus económico, en el caso del SATE, pues repercute favorablemente gracias a su rápida instalación. Por todo esto, es por lo que la gran mayoría de soluciones constructivas en cerramientos de edificaciones pasivas se realizan de este modo, existiendo multitud de piezas especiales



SATE instalado antes del revoque.
Fuente: Guía SATE IDAE



Anclajes STOVENTEC. Fuente: Sto.com

Anclaje de ABS. Fuente: Hilti.com



específicas para estándares de alta eficiencia energética y gran cantidad de acabados posibles, incluidos acabados de plaqueta cerámica muy utilizados en rehabilitación.

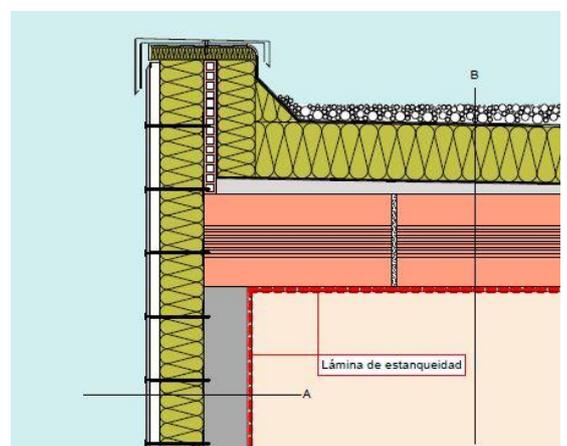
Aunque no es convencional en nuestro país, recientemente se están construyendo edificaciones (normalmente viviendas) con sistemas de estructura y cerramiento de madera. La gran ventaja que presentan es que, al no utilizarse materiales con conductividades térmicas altas, la presencia de puentes térmicos es prácticamente nula en la hoja principal. La única parte de la edificación en la que aparece hormigón armado es la cimentación, formada por una losa continua que puede ir aislada por su lado inferior, como es convencional en el estándar Passivhaus, o por su cara superior, ya que al estar formado el edificio por hojas principales de materiales con una baja conductividad, puede plantearse en continuidad con la misma, como una envolvente térmica posada sobre una losa de hormigón.

En este formato, aparecen edificaciones formadas por estructura y cerramiento de entramado de madera o de madera maciza, formada por paneles de madera laminada o contralaminada. Ambos formatos se caracterizan por sus cortos tiempos de montaje y sus detalles constructivos controlados desde fábrica, constituyendo una alternativa económica a la construcción tradicional, aunque presenta ciertas desventajas con respecto a su aplicación en el estándar que nos atañe, tales como la falta de estanqueidad al paso del aire, haciendo necesaria la colocación de una lámina estanca en los cerramientos para poder garantizarla.

Con respecto al aislamiento de cubiertas, lo único a tener en cuenta es la conservación de esa línea continua que envuelve el volumen calefactado, apareciendo problemas relacionados con los puentes térmicos únicamente en el arranque de la construcción de petos en las cubiertas planas, problemas fácilmente solventables con los mismos sistemas de arranque de fábrica de los que hemos hablado anteriormente.



Sate acabado en plaqueta cerámica.
Fuente: Guía SATE IDAE



Encuentro fachada - cubierta.
Fuente: Guía MCH ISOVER

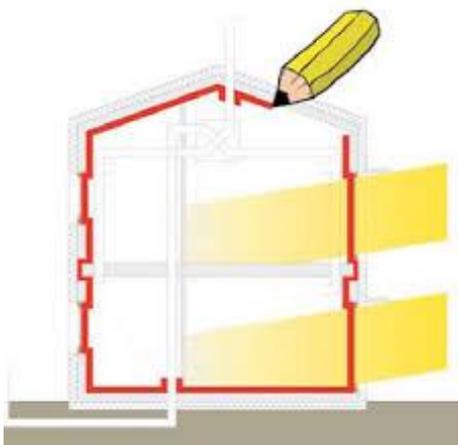
CONTROL DE INFILTRACIONES

La envolvente del edificio debe evitar el paso incontrolado del aire, tanto en la edificación convencional como en la pasiva. En el caso concreto que nos atañe con más motivo aún, ya que una de las bases en las que se fundamenta el Passivhaus es el control del confort en la edificación mediante sistemas de ventilación, por lo que la presencia de infiltraciones no controladas podría descompensar el equilibrio entre impulsión y retorno de aire y generar unas pérdidas energéticas que no se pueden permitir.

Al igual que con el aislamiento y su "Regla del rotulador", la hermeticidad debe presentar una continuidad en toda la envolvente del edificio. La piel de este debe poder ser dibujada sin interrupciones en cada sección del mismo, identificándose de forma sencilla la presencia de puntos conflictivos (Regla del lápiz). Todo esto ayuda a controlar el proyecto en su totalidad, permitiendo reaccionar a tiempo y dar solución a todos y cada uno de los posibles problemas que puedan surgir en obra.

A la hora de realizar este control, es necesario únicamente concebir una capa de estanqueidad bien ejecutada, porque si se realizan varias con un control menor, esto no garantiza la estanqueidad del inmueble, pudiéndose producir infiltraciones por dos puntos diferentes en ambas líneas que generarían una circulación de aire entre ambas, conectando el exterior con el interior.

Además de todo esto, la estanqueidad debe tener carácter permanente, no pudiéndose utilizar materiales que presenten una degradación a lo largo del tiempo ya que esta línea debe permanecer funcional toda la vida útil del edificio.



Regla del lápiz.

Fuente: Guía del estándar Passivhaus

Para conseguir una buena estanqueidad en la construcción de un edificio, es necesario realizar un constante control de la misma durante todas las fases del desarrollo de este. Durante el Proyecto Básico es crucial definir perfectamente la posición de la capa de hermeticidad, evitar romperla en todo momento y minimizar la longitud de sus juntas. Cuando se da el salto al Proyecto de Ejecución, comprobar que se mantiene su continuidad, definir los materiales de la capa hermética y sus juntas, concretar su ejecución perfectamente mediante unos cuidados detalles y notas, y asegurar la durabilidad del sistema en su totalidad. Si bien es cierto que muchas veces no se considera un documento de gran importancia en la ejecución, un presupuesto bien desarrollado en el que las mediciones sean cuidadas y se haga constar que la hermeticidad al paso del aire es parte del contrato de obra (incluyendo el valor del test de estanqueidad), es vital a la hora de evitar problemas económicos durante la ejecución. Finalmente, durante la Dirección de Obra, es de suma importancia una correcta planificación de los test Blower-Door durante el proceso y un control absoluto sobre los materiales utilizados.

MATERIALES Y SISTEMAS DE HERMETICIDAD

En la norma DIN 4108-7 se presentan los diferentes tipos de materiales que aseguran la estanqueidad de estancias en edificación:

- Las construcciones de fábrica y hormigón son herméticas. En concreto, las de fábrica requieren de una capa adicional de enlucido ya que las juntas entre piezas no lo son. Esta capa, por norma general, será de un mínimo de 1.5 cm de guarnecido de yeso para poder garantizarla, siendo recomendable aplicar siempre 2 cm para evitar riesgos de grosor de la capa en ciertos puntos por defectos en la ejecución de la fábrica.
- Siempre que se mantenga su continuidad y no sean perforadas, las láminas herméticas plásticas, de papel, de elastómeros o bituminosas, proporcionan unos valores de



Cinta hermética. Fuente: google imágenes

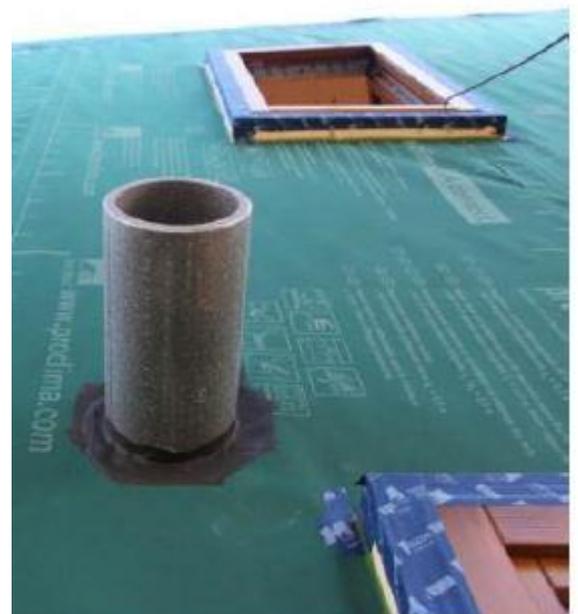


Lámina hermética. Fuente: Casa Entreencinas

hermeticidad excelentes sobre todo para su aplicación en rehabilitación o edificaciones de estructura de madera.

- Si se les aplica un tratamiento especial hermético a las juntas y encuentros, los tableros de fibra de yeso, cartón yeso, fibra de cemento y los chapados o tableros de madera, presentan una gran estanqueidad al paso del aire.

Independientemente del sistema utilizado, la presencia de juntas es inevitable, ya que la aparición de cambios de material y encuentros entre diferentes elementos en la envolvente del edificio tales como carpinterías, requieren una atención especial a la hora de ejecutarlos.

Existen gran cantidad de materiales para asegurar las juntas durante la construcción, siendo los más utilizados por su facilidad de instalación las cintas adhesivas y cordones herméticos, sin olvidar la existencia de ciertos tipos de perfilera especial que, instaladas con suficiente presión, pueden garantizar el sellado de las mismas.

Existe cierta tendencia al sellado de juntas mediante espumas expansivas tipo poliuretano, ya que ha sido el método empleado habitualmente en la construcción de los últimos años, sin embargo, estos sellados no garantizan la estanqueidad debido a la naturaleza del propio material y, aunque lograsen garantizarla, no sería con carácter permanente ya que se degradan con el paso del tiempo.

La instalación de la lámina hermética a interiores de la edificación simplifica sustancialmente la calidad en la ejecución de la misma. Las juntas entre materiales revocados y láminas, como sería el caso en la instalación de una carpintería, se resuelven con relativa facilidad mediante la superposición de una franja de revoque como remate final entre el



Proyectado de yeso. Fuente: abadcampos.com



Juntas selladas en tableros OSB. Fuente: duqueyamora.com

enfoscado base y la lámina, o mediante una combinación de rastrel y silicona colocado mecánicamente o a presión (menos convencional).

A pesar de simplificar su ejecución, la instalación de la lámina en la cara interior del cerramiento presenta conflictos en materia de paso de instalaciones, ya que perforarla para su colocación supone romper la hermeticidad. Esto presenta una dificultad adicional a la hora de ejecutarla a pesar de la existencia en el mercado de collarines para el paso de conducciones o cables, pero el auténtico problema reside en las instalaciones eléctrica y de abastecimiento de agua, principalmente.

Como se ha mencionado, la lámina hermética no debería perforarse salvo que sea absolutamente necesario para garantizar su longevidad. Por ello es por lo que, en los paños de cerramiento de la edificación, se recomienda no situar ningún elemento perteneciente a ninguna instalación. Esto condiciona altamente el diseño proyectual de las instalaciones en el interior del edificio, teniendo que plantearse todas en tabiquería interior, falsos techos y suelos.

Sin embargo, existe un método que se está aplicando actualmente de manera generalizada para colocar las instalaciones en este emplazamiento, consistente en trasdosar el cerramiento con un sistema autoportante de placa de yeso laminado. Este sistema, además de proteger y garantizar la integridad de la lámina estanca permitiendo la distribución de las instalaciones por su interior, colabora con la limitación de demanda energética de la edificación al aportar aislamiento adicional y, además, reduce el tiempo que tarda la edificación en alcanzar las condiciones de confort mediante el acondicionamiento con el sistema de ventilación, ya que al disponer de relleno, las pérdidas de energía que sufrirá el aire al entrar en contacto con la doble placa de yeso se verán sustancialmente reducidas, contribuyendo muy favorablemente a una agradable sensación térmica en toda la estancia.



Collarines. Fuente: Guía del estándar Passivhaus

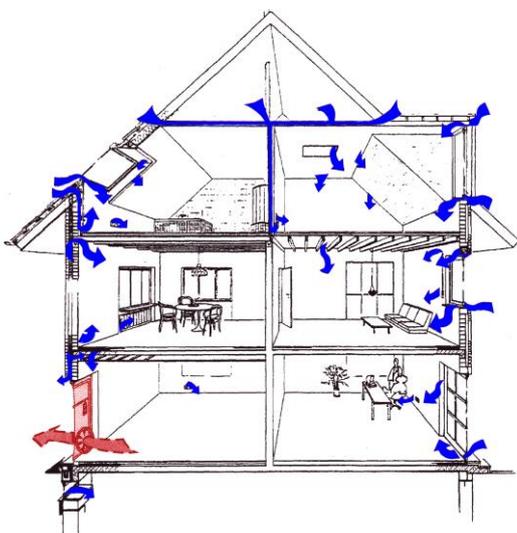
TEST DE PRESURIZACIÓN BLOWER-DOOR

Entre las medidas tomadas en materia de eficiencia energética a nivel europeo y de los diferentes países, se señala la necesidad de garantizar un cierto nivel de estanqueidad en los edificios de nueva construcción. La medición del grado de la misma permite cuantificar las infiltraciones no controladas y calcular su repercusión en materia de costes energéticos en la edificación. Pero estas infiltraciones no solamente afectan a la demanda de calefacción o refrigeración, en edificios con un alto nivel de aislamiento pueden causar daños constructivos por la producción de condensaciones intersticiales y, por otra parte, afectar gravemente a las condiciones de confort y salubridad dependiendo del ambiente en el que se sitúe el edificio.

El test BlowerDoor se utiliza desde 1989 en Alemania para cuantificar la hermeticidad de la edificación y, desde entonces, se ha convertido en el sistema más utilizado para realizar este tipo de mediciones. Este test consiste en la colocación de un sistema de extracción de aire, formado por un ventilador y una membrana, en una puerta o una ventana exterior del inmueble, manteniendo todas las demás cerradas a excepción de las puertas interiores para favorecer la circulación de aire.

Mediante un software especializado, se controla digitalmente el funcionamiento del sistema, pudiéndose realizar la medición tanto de forma automática, como de forma manual dependiendo de la situación. El sistema extrae el aire del interior del inmueble generando una presión negativa de 50 Pa, facilitando la localización de infiltraciones dado que, con la entrada forzada de aire por las mismas, se simplifica notablemente la localización de puntos mal ejecutados en la construcción.

Ensayo Blowerdoor. Fotografía propia.



Esquema Blowerdoor. Fuente: aislayahorra.es

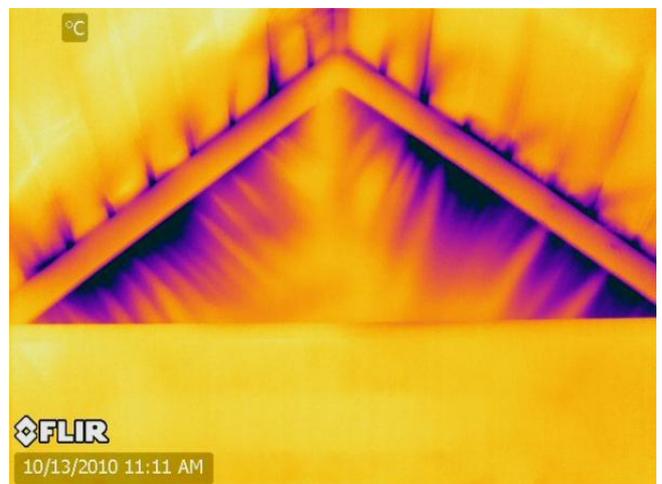


La detección de infiltraciones se puede realizar de diferentes maneras, mediante anemómetros, generadores de humo o termografía infrarroja. La utilización simultánea del test BlowerDoor y una cámara termográfica permite la detección de infiltraciones complejas de manera rápida y sencilla, pudiéndose realizar tanto desde el interior del edificio, despresurizando el interior para que entre aire frío de la calle, como desde el exterior, presurizándolo para localizar por donde escapa el aire por el exterior de la envolvente.

Para la medición correcta del grado de estanqueidad es necesario desarrollar ambos test, tanto el de presurización como el de despresurización. El software específico para la realización de los mismos establecerá el valor de la Tasa de Intercambio de Aire (n_{50}), que deberá cotejarse con los valores exigibles dentro del marco en el que se englobe la edificación, tanto de normativa estatal, como de normativa específica de cumplimiento del estándar de construcción del edificio. En el caso del estándar Passivhaus, a lo largo de la ejecución del edificio se deben realizar tres test para asegurar la integridad de la lámina estanca:

1. Al colocar la lámina estanca o terminar de ejecutar la barrera al paso de aire.
2. Al colocar las instalaciones, ya que por los componentes que las integran y la ejecución de las mismas (tornillería) podrían producirse perforaciones.
3. Antes de la entrega de la edificación, para asegurar que con el edificio terminado los sistemas de ventilación de confort van a poder garantizar el funcionamiento y las condiciones interiores esperadas.

Cuando el test se realiza en edificios de grandes dimensiones será necesaria la utilización de varios ventiladores en diferentes huecos que trabajen de forma simultánea mediante un sistema de conmutación.



Termografía durante un Blowerdoor.
Fuente: infraredimaging.com

Como valor de referencia, las nuevas construcciones en España obtienen, por regla general, valores de test de presión en torno a $n_{50} > 3 \text{ h}^{-1}$, llegando incluso hasta $5-6 \text{ h}^{-1}$ en ciertos casos.

Una vivienda pasiva contemporánea no debería tener infiltraciones incontroladas pero, como es prácticamente imposible la realización de un edificio totalmente hermético, el estándar Passivhaus establece un valor máximo de 0.6 h^{-1} en el test de presurización (permitiéndose hasta un valor de 1 h^{-1} en el caso de rehabilitaciones EnerPHit), obteniéndose por regla general valores situados entre 0.2 h^{-1} y 0.6 h^{-1} .

Este límite de 0.6 renovaciones por hora, se puede traducir en una estimación de abertura equivalente en viviendas mediante la aplicación de una sencilla fórmula:

$$\text{Volumen interior} \cdot \text{Resultado del test de presurización } n_{50} / 2$$

Ejemplo:

$$500 \text{ m}^3 \cdot 0.6 / 2 = 150 \text{ cm}^2 = 12.3 \text{ cm} \cdot 12.3 \text{ cm}$$

Es decir, que el volumen de aire que penetra de forma incontrolada en la edificación por los diferentes fallos puntuales de ejecución en una vivienda de 500 m^3 de volumen interior, es equivalente al que entraría por una abertura cuadrada de 12.3 cm de lado.

CARPINTERÍAS

Gran parte de la contribución a la eficiencia energética de los proyectos pasivos gira en torno al control absoluto del comportamiento del edificio ante la radiación solar a lo largo de todo el año, mediante un aprovechamiento máximo de la misma para reducir la demanda de calefacción en invierno, o mediante una protección de la incidencia de esta para favorecer la refrigeración en verano.

La gran mayoría de estrategias de arquitectura bioclimática consisten en el aprovechamiento de la incidencia solar como fuente de energía, en su acumulación o utilización inmediata como herramienta. La idea, en realidad, surge de la iniciativa de unificar en un mismo objeto una extrapolación del concepto de colector y reflector solar. Un objeto que se comporte como una batería, que recibe una carga de energía para posteriormente ir descargándose poco a poco durante su uso, y una burbuja isotérmica que refleja hacia el interior de lo que envuelve la misma temperatura que incide sobre ella, impidiendo que lo envuelto sufra bruscas variaciones de temperatura dependientes de las condiciones exteriores.

Debido a las propiedades intrínsecas del vidrio, que permiten el paso de la radiación solar visible de longitud de onda menor a 4 micras y evita el paso de la radiación de onda larga (infrarroja) que se genera en el interior del edificio, se trata de un material vital en la labor de reducción de demanda energética de calefacción gracias al aumento de la temperatura interior aprovechando la aportación solar mediante el efecto invernadero.

A pesar de estas propiedades que lo convierten en un material idóneo para su uso con propósitos de acumulación de calor, su elevada conductividad térmica provoca que en las carpinterías se produzca normalmente el mayor puente térmico de cualquier edificación,



Ventana Passivhaus certificada.
Fuente: google imagenes

haciendo que lograr un equilibrio entre ganancias y pérdidas sea el mayor reto a la hora de dimensionar el cerramiento de los huecos.

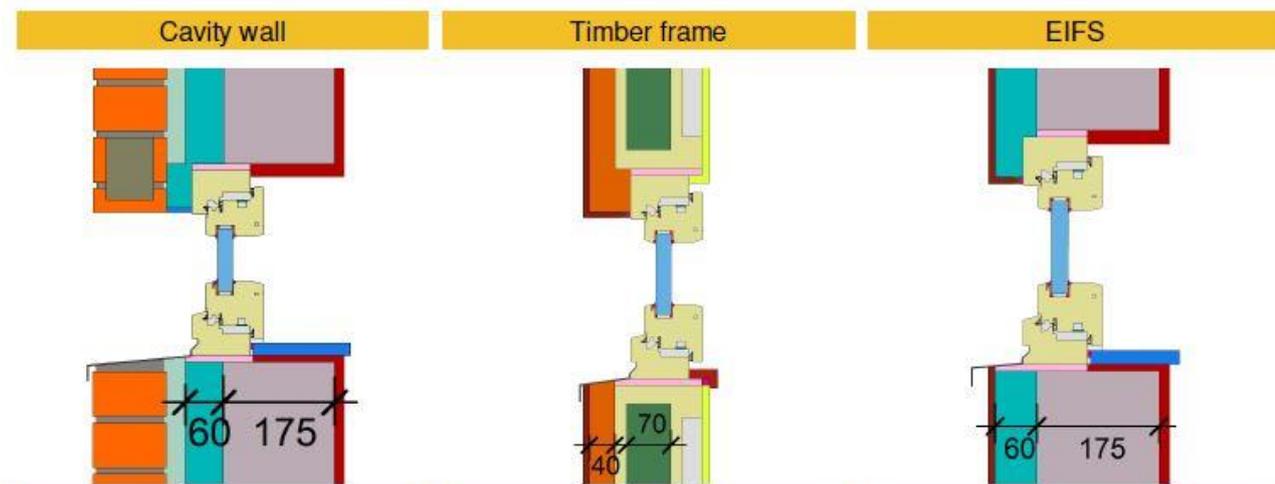
VENTANAS

En zonas climáticas como las predominantes en Castilla y León, en las que en los meses de verano la radiación solar, junto con la elevada temperatura exterior, puede provocar sobrecalentamientos en la edificación, y en los meses de invierno las bajas temperaturas suponer una grave amenaza a la demanda energética de calefacción, se hace imprescindible considerar el funcionamiento de las carpinterías conjuntamente con el aislamiento de los cerramientos opacos, dificultando las fases de proyecto en cuanto a la forma de reaccionar que tendrá el edificio a las condiciones ambientales.

Un edificio Passivhaus se rige por la norma EN ISO 7730, en la que se establece, entre otros muchos criterios, que la máxima diferencia de temperatura entre la superficie interior de los paramentos y la temperatura ambiente es de 4.2 °C. Esto favorece la sensación de confort en toda la superficie de la estancia y evita que se produzcan movimientos descendentes de aire frío en la proximidad de las ventanas, que producirían una grave sensación de disconfort en el desarrollo de actividades sedentarias en su proximidad.

Para cumplir con los requerimientos de la normativa internacional, el Instituto Passivhaus elaboró entre todos sus criterios de proyecto de edificación, uno para proteger el confort en la proximidad de los huecos que establece que la transmitancia térmica máxima de una ventana montada debe ser 0.8 W/m²K. Este requisito engloba tanto vidrio (incluidos sus espaciadores) como marco. Del mismo modo, para garantizar el máximo aporte energético al edificio en

Validated installations



Formas de montaje de carpintería. Fuente: corinto.com

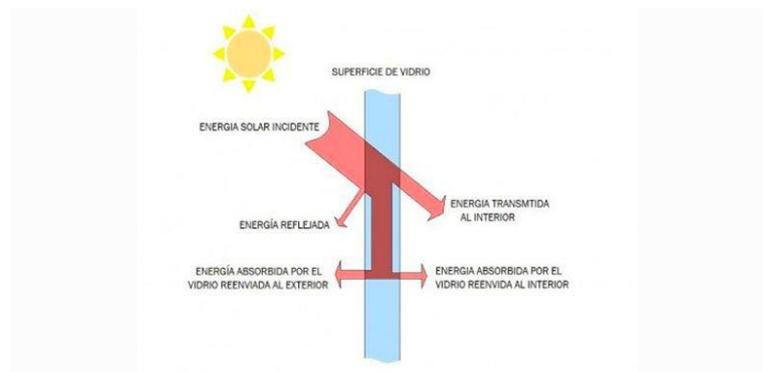
invierno, también establece que el factor solar⁶ del vidrio debe ser lo más alto posible, recomendando valores por encima del 50%.

Debido a estos requerimientos que establece el estándar enfocados a la reducción de la demanda de calefacción en los meses de invierno, se convierte en requisito indispensable de la fase de proyecto la consideración de proporcionar una posible protección solar para los huecos en la temporada estival, ya que si no se instalase siendo necesaria, se podría llevar al edificio a estados de sobrecalentamiento que dificultarían gravemente el mantenimiento de unas condiciones de confort adecuadas en su interior.

El manejo del comportamiento de los diferentes tipos de vidrio en la edificación, conforme a las condiciones ambientales en las que se emplace el proyecto, puede proporcionar una ventaja proyectual de suma importancia a la hora de dimensionar todos los sistemas que conforman una edificación Passivhaus. En regiones climáticas en las que predominen las temperaturas cálidas, el factor solar debería tener diferentes valores conforme a la orientación del hueco. En regiones como Andalucía, es preferible instalar vidrios orientados a norte con factores solares altos para favorecer la entrada de luz natural y muy bajos a este y oeste, para dificultar el sobrecalentamiento con los reducidos ángulos de incidencia solar de las mañanas y las tardes. Un factor solar alto combinado con un adecuado sistema de sombreado a sur puede proporcionar unas ganancias solares muy interesantes en invierno y una protección total al soleamiento en verano.

En cuanto al comportamiento térmico de los vidrios es importante mencionar una serie de factores de diseño que afectan enormemente al comportamiento de los mismos. El

⁶Factor solar: cociente entre la radiación solar que incide en un vidrio y penetra en el edificio, y la que entraría si el vidrio se sustituyese por un hueco transparente.



Comportamiento del vidrio. Fuente: jm3estudio.com

incremento en el número de láminas de vidrio afecta directamente a la transmisión térmica a través de las mismas, aprovechando el efecto aislante de los gases en reposo situados entre ellas. Al atrapar el gas en un espacio muy reducido, la propia viscosidad del fluido al entrar en fricción con las paredes de la cámara evita que se produzca una transmisión de calor por convección, pudiendo desarrollar su función de aislante al estar en reposo. Por ello, es importante acabar con la creencia general de que cuanto mayor sea la cámara mejor aísla, dado que llegado a un punto, la mejora de aislamiento se compensa con la transmisión por convección resultando contraproducente ampliarla más.

Por todo esto es por lo que se han desarrollado sistemas con cámaras al vacío (muy poco duraderas) o rellenas de gases nobles, con una conductividad térmica muy baja dada su naturaleza molecular (mayor peso molecular que el aire). Recientemente están surgiendo sistemas que integran Aerogel, un material aislante a base de silicatos y prácticamente transparente cuya utilización hasta hace muy poco se limitaba a la industria aeroespacial con una conductividad en torno a 0.012 W/mK.

A pesar de la creencia generalizada de que en edificación Passivhaus solamente se pueden utilizar sistemas certificados por el Instituto que lo desarrolla, lo cierto es que en ningún momento se exige la utilización de estos productos, si bien es cierto que su instalación facilita la obtención del certificado de vivienda construida mediante el estándar y simplifica enormemente las tareas de dimensionado de la envolvente térmica. En materia de carpinterías, si la transmitancia del vidrio (punto más débil de la ventana) permite, en condiciones de máxima severidad climática, cumplir con el condicionante de la diferencia de temperaturas con el ambiente interior de 4.2 °C, la ventana completa debería cumplir con las exigencias del estándar siempre y cuando cumplierse también con las condiciones de hermeticidad. De este modo, las

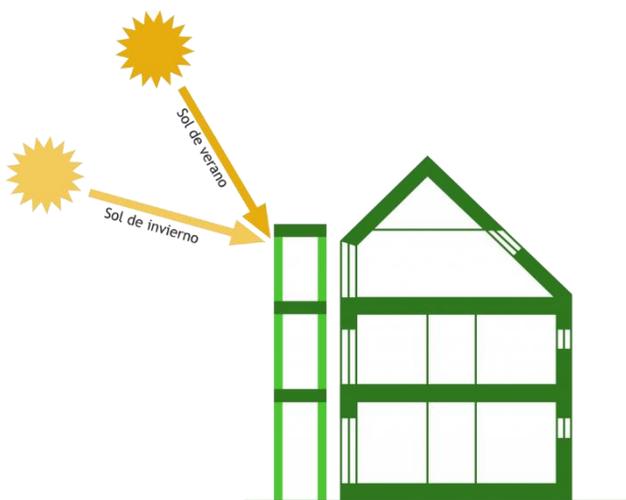


Instalación de carpintería en línea con el aislamiento. Elaboración propia.

Castilla y León es una región que se caracteriza por sufrir inviernos largos y fríos y veranos calurosos. Por lo tanto, las funciones que tendría una hipotética protección solar en una vivienda pasiva en este emplazamiento sería tratar de reducir lo máximo posible las cargas solares que recibe la edificación a través de las ventanas, para tratar de minimizar la necesidad de prever un sistema de refrigeración y, por otra parte, mejorar las condiciones de confort y descanso personal, dotando al proyecto de un sistema que pudiese proporcionar un amortiguamiento lumínico, llegando incluso a oscurecer totalmente la estancia y, si se desease, que dotase al espacio al que sirve de una cierta privacidad adicional.

Teniendo en cuenta la enorme importancia que tiene para el Passivhaus la consideración detallada de las ganancias solares a lo largo del día, es necesario un estudio de la incidencia solar teniendo en cuenta el entorno. La sombra arrojada por los diferentes elementos que puedan rodear al edificio, principalmente en ambientes urbanos, afectan gravemente al balance energético del edificio, teniéndose que estudiar la protección que proporcionan mediante la consideración de sus dimensiones, proximidad a la envolvente térmica de nuestro proyecto y su posible evolución, cambio o, incluso, desaparición.

Con respecto al entorno inmediato del edificio sobre el que verse nuestro estudio, debería ser considerada también la protección proporcionada por la posible existencia de árboles. Sin embargo, existen dos opiniones contrarias e igualmente bien justificadas en esta materia. Por un lado existe la opinión de que la consideración de la protección solar proporcionada de esta manera es de suma importancia y, sobre todo en árboles de hoja caduca, es muy interesante de estudiar. Pero por otro lado, hay una gran cantidad de profesionales que considera mejor no realizar el estudio y diseñar el proyecto completo como si esas sombras no existiesen, dotando al edificio de protección propia ya que, en caso de que por cualquier circunstancia el árbol en



Protección solar fija. Fuente: energiehaus.com

cuestión desapareciese, sería necesaria la realización a posteriori de obras para poder conservar el comportamiento energético adecuado del inmueble y, es más, en el caso de presencia de vegetación de hoja caduca, si el edificio es dimensionado en su totalidad ignorando su presencia, el funcionamiento del sistema completo está garantizado, convirtiéndose la sombra vegetal en un añadido que colabora favoreciendo un comportamiento aún mejor del edificio, pero si se considerase desde el principio, podría darse el caso de que, si esta sombra desapareciese, el balance energético se descompensase y pudiesen aparecer en verano frecuencias de sobrecalentamiento inasumibles.

A la hora de hablar de la protección solar proporcionada por elementos del propio edificio, cabe destacar la existencia de dos tipos claramente diferenciados: las protecciones solares fijas y las móviles.

Dentro de la familia de las protecciones fijas existen dos tipos, las sombras autoarrojadas y las sombras producidas por elementos constructivos específicos para tal fin. Las sombras autoarrojadas en los huecos de carpinterías no deben ser menospreciadas a pesar de su reducido tamaño, en ciertas latitudes (tal es nuestro caso) en dimensiones de hueco convencionales, proporcionan muchas veces la protección suficiente, junto con una adecuada ventilación natural para refrigeración nocturna, para evitar un exceso de calor en el interior de la envolvente térmica. Un proyecto adecuadamente realizado, con elementos de proyecto que arrojen sombra sobre paños con gran presencia de hueco acristalado, solventa el problema del exceso de soleamiento y favorece un balance final muy positivo.

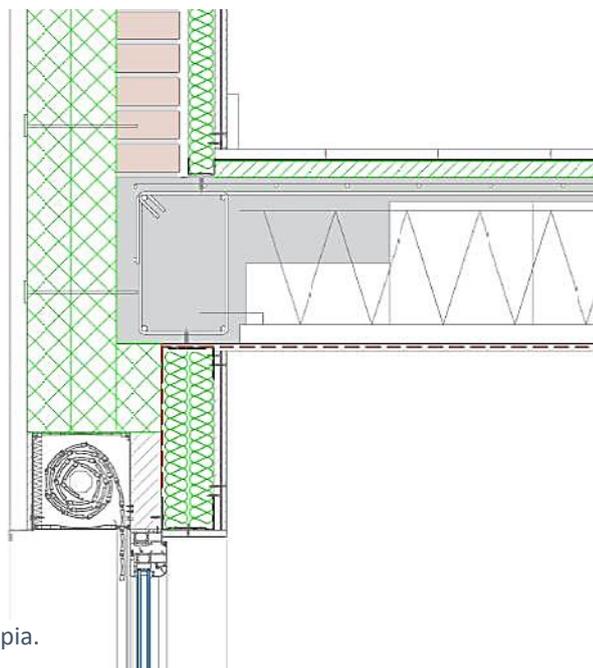
En climas cálidos, en los que el exceso de soleamiento puede ser un grave problema para el confort interior, o en presencia de grandes paños de vidrio expuestos en climas templados como el nuestro, no es extraño observar cómo se han incorporado a las edificaciones elementos



Celosías móviles. Fuente: lumenhaus.es

constructivos específicamente para solventar este problema. Las celosías de obra, como la que protege la fachada de vidrio de la consulta del Doctor en la casa Curutchet, las viseras en fachada, como las que puso Oíza en la torre del Banco Bilbao, o los voladizos, son los tres tipos principales de elementos que se pueden incorporar a un proyecto para limitar la incidencia solar, cuidando siempre la utilización de materiales y sistemas compatibles con el estándar que nos atañe en materia de prevención de aparición de puentes térmicos.

En cuanto a protecciones móviles, muchos son los tipos pero solamente dos son los predominantemente instalados en nuestro país: la celosía móvil y la persiana. En realidad no hay mucho en lo que detenerse en materia de celosías, pudiéndose clasificar en celosías fijas y celosías orientables. Generalmente son correderas, se sitúan a exteriores de la envolvente térmica y cuidando no perjudicarla durante su instalación, y están formadas por una serie de lamas (orientables o no) que se arrojan sombra unas encima de otras y reducen o eliminan la incidencia solar en los huecos. Pero donde más merece la pena detenerse es en estudiar la instalación de las persianas en los huecos. Se trata de un elemento muy poco estudiado en el estándar ya que su presencia se limita a ciertos países del sur de Europa, entre ellos el nuestro. Pero la mayor dificultad en su instalación radica en su accionamiento y su integración fuera de la envolvente térmica para evitar que se convierta en un puente térmico de grandes dimensiones. La instalación en Passivhaus de una persiana obliga a que esta sea eléctrica, ya que la banda de estanqueidad no puede ser perforada para el paso de la cuerda ni para la instalación empotrada de un recogedor de esta. Así mismo, para solventar el problema del puente térmico que producen conservando su integración en la fachada, es necesario sujetarlas al dintel encargado de abrir el hueco (este tendrá la mínima conductividad térmica, siendo generalmente de madera) y doblar el aislamiento de fachada hacia el interior por encima de este elemento, para obligarlo a estar situado a exteriores de la envolvente térmica pero integrado en ella.



Instalación de persiana. Elaboración propia.

PUERTAS

Según las directrices del estándar Passivhaus, las puertas en climas como el predominante en Castilla y León y Centroeuropa deben presentar las mismas condiciones que las ventanas, con transmitancias menores a $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ y muy alta hermeticidad.

Esta última condición ha sido la exigencia más difícil de cumplir durante mucho tiempo, pues lograr la hermeticidad completa en una puerta cumpliendo la exigencia en la edificación de 0.6 h^{-1} teniendo en cuenta el desgaste por uso, el peso de la misma y sus posibles descuelgues con el paso del tiempo dificultaba lograr conservar la hermeticidad de la misma. Para tratar de solventar esto, durante mucho tiempo se instalaron sistemáticamente vestíbulos intermedios para tratar de dotar, con la doble puerta estanca, de la hermeticidad necesaria para lograr alcanzar los valores requeridos.

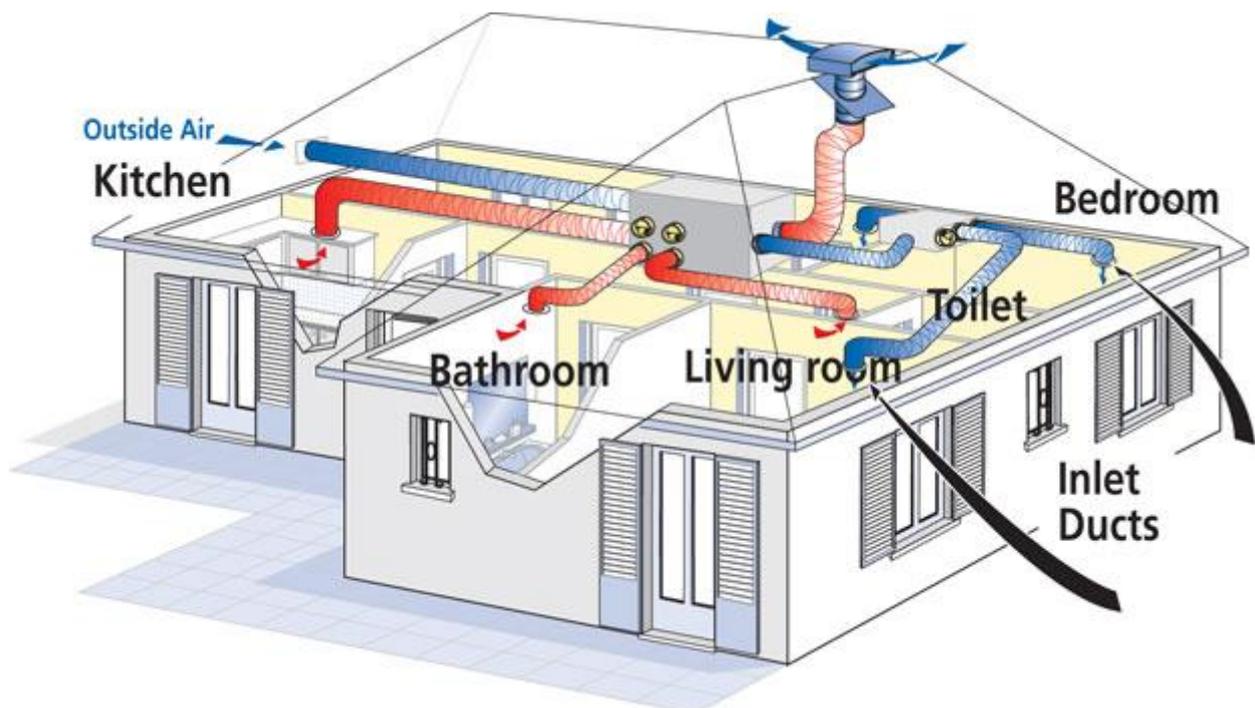
Actualmente existen en el mercado multitud de sistemas de puertas con certificado de hermeticidad Passivhaus, que basan su estanqueidad en la presencia de un perfil extraplano contra el que cierra la puerta por su parte baja. En regiones en las que se quiera desarrollar un proyecto de este tipo y no se disponga de proveedores de puertas certificadas, se deberá proporcionar al carpintero de la obra una serie de instrucciones detalladas para lograr obtener en la medida de lo posible una hermeticidad óptima.

VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR

Una de las bases en las que se fundamenta el estándar de construcción del que estamos hablando es la garantía de salubridad y calidad del aire interior en la edificación, por lo que la ventilación en este tipo de edificaciones cobra una especial importancia. La extracción al exterior de gases o agentes que pudiesen ser nocivos para el ser humano y su sustitución por aire limpio con unas condiciones higrotérmicas adecuadas, son la base de los sistemas de ventilación de confort los cuales, además, se encargan de mantener, por regla general, una temperatura adecuada en el interior.

El control de las condiciones higrotérmicas del aire interior tiene una gran importancia, pues una gran presencia de humedad ambiente (en torno al 80%) puede provocar la aparición de hongos o mohos tras varias semanas. Esto puede producirse simplemente por no realizar una ventilación adecuada, ya que un ser humano medio genera alrededor de 1.5 litros de vapor de agua al día, lo que significa que una familia de cinco miembros estaría produciendo en torno a 12 litros al día, si incluimos en la cuenta el vapor producido por baños, duchas, cocina, etc.

Una incorrecta ventilación junto con una relativamente alta presencia de actividad produce una sensación desagradable en el ambiente interior. Esta sensación normalmente va acompañada de olores fruto de la utilización de un espacio por seres vivos. Estos olores se cuantifican mediante la unidad "olf" como sistema para evaluar el efecto directo del aire viciado. Un "olf" es el olor que emite un ser humano medio con una superficie de piel de 1.8 m² y una actividad sedentaria y un ritmo de 0.7 duchas diarias.



Sistema de ventilación de confort. Fuente: atlantis.com

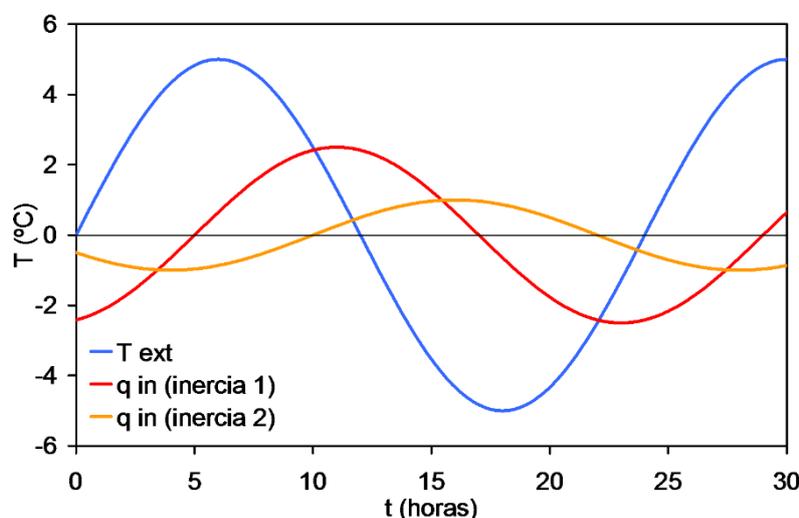
Pero el ser humano no solamente genera olor por el hecho de utilizar un espacio, también exhala CO_2 en una concentración del 4.5% del aire, lo cual está demostrado que afecta a la capacidad intelectual en el desarrollo de actividades. Al ser un gas fácilmente medible, se utiliza para cuantificar la calidad higiénica de los espacios interiores pues es un indicador, por regla general, de presencia de otros gases que podrían perjudicar la salud de los usuarios de un espacio. Pero este no es el único gas presente en la actividad del día a día, existen algunos otros nocivos como el formaldehído que pertenecen a la familia de los Componentes orgánicos volátiles (COV), que pueden surgir de barnizados de muebles, pinturas, etc.

Todos estos factores pueden dar lugar a lo que se llama "Síndrome del edificio enfermo", patología que a principios de los años ochenta afectaba al 20% del parque urbano edificado⁸. En esa época, estadísticamente, los habitantes de zonas urbanas desarrollaban en espacios interiores el 85% de sus actividades diarias, motivo que disparó el interés por la búsqueda de esa óptima calidad del aire interior.

VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural es la respuesta inmediata que se da a la mejora de las condiciones de calidad del aire de un espacio. Pero no solo consiste en abrir la ventana de una habitación, pues existen dos maneras de optimizar el proceso obteniendo resultados mucho mejores y en menos tiempo, que cobran una gran importancia en la utilización de una vivienda pasiva sin sistema de refrigeración:

⁸Datos según la Organización Mundial de la Salud.



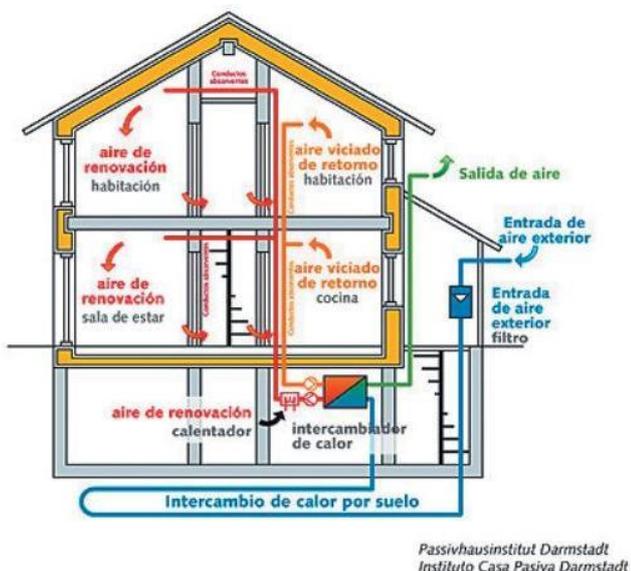
Desfase térmico fruto de la ventilación nocturna en verano. Fuente: aulagreencities.coamalaga.es

- Ventilación cruzada: consistente en abrir ventanas situadas en lados opuestos del inmueble que, por diferencia de presiones causadas por acción del viento en las fachadas del edificio, generan una corriente que renueva el aire viciado interior en mucho menos tiempo. Es especialmente útil en verano en vivienda, como herramienta para refrigerar nocturnamente durante varias horas y evitar la necesidad de instalar un sistema de refrigeración activa para paliar el sobrecalentamiento.
- Ventilación por estratificación: en edificios con varias plantas comunicadas, si se abre un hueco en la parte más alta y otro en la parte más baja, la diferencia de temperaturas en el aire interior genera un empuje ascendente fruto de la diferencia de densidades que renueva el aire interior en muy poco tiempo. Es especialmente útil en zonas climáticas en las que la temperatura nocturna desciende rápidamente.

Las únicas desventajas de la ventilación natural radican en la realización de la misma en zonas urbanas por culpa del ruido y los posibles agentes contaminantes.

VENTILACIÓN HÍBRIDA

Se trata de un sistema a medio camino entre la ventilación natural y la de doble flujo controlado. Consiste en la instalación de un sistema de extracción forzada de aire en las zonas húmedas del edificio y la presencia de pequeñas aberturas (microventilación) en las carpinterías del resto del inmueble. Funcionando de manera constante, el aire interior está continuamente renovándose y siendo expulsado al exterior del edificio. Al no disponer de sistema de recuperación de calor, puede generar problemas de inestabilidad térmica en el espacio interior tanto en verano como en invierno, lo que genera sensación de disconfort y provoca que, en muchas ocasiones, los usuarios terminen taponando las aberturas de microventilación.



Ventilación de confort. Fuente: PHI

VENTILACIÓN CONTROLADA DE DOBLE FLUJO

Comúnmente llamada "Ventilación de Confort", se trata de un sistema controlado tanto de admisión de aire como de extracción del mismo. Generalmente va provisto de un sistema de recuperación de calor y, al igual que en el anterior caso, las impulsiones se producen por las estancias vivideras y los retornos por las zonas húmedas. La energía que porta el aire de extracción, a través del recuperador de calor, pasa casi en su totalidad al aire limpio de admisión y se produce una ventilación continuada de alta calidad para las condiciones de confort interiores.

Su funcionamiento es ideal en zonas climáticas en las que se produzcan grandes contrastes de temperatura a lo largo del día, sin embargo, en climas suaves, la presencia de un recuperador de calor, dependiendo de la situación concreta, es cuestionable, pudiéndose realizar ventilación natural con la consecuente mejora sustancial a la sensación térmica que aporta una ligera corriente de aire, ya que estos sistemas de ventilación trabajan con caudales de aire tan pequeños que son casi imperceptibles (en torno a 0.5 h^{-1}).

El sistema consiste en una red de tubos de impulsión de aire limpio y otra de retornos de aire viciado que se encuentran en el recuperador de calor. Las dos corrientes de aire se cruzan sin mezclarse produciéndose un traspaso de energía de una a otra. El recuperador está provisto de dos ventiladores (uno de impulsión y otro de extracción), una serie de filtros para garantizar las condiciones del aire de impulsión y un sistema bypass que "desconecta" la función de recuperación de calor y realiza expulsión y admisión directa de aire, cuando las condiciones del aire de admisión al utilizar el recuperador, empeorasen la confortabilidad del espacio interior como, por ejemplo, al realizar la ventilación nocturna en verano para refrigerar.

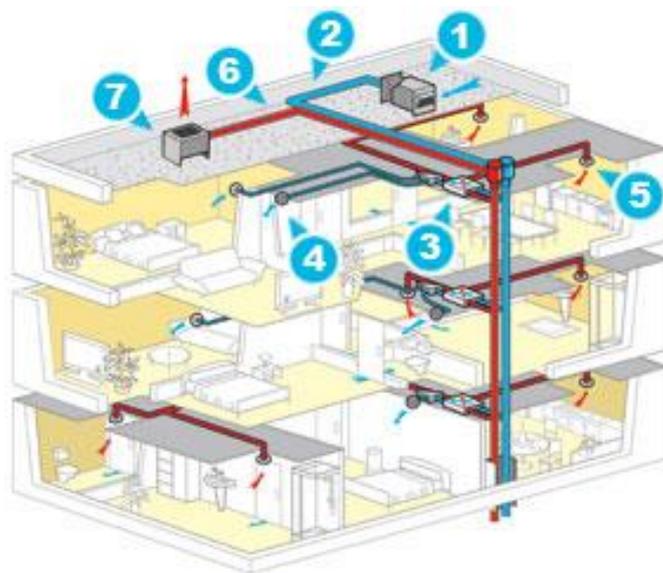


Sistema de ventilación de doble flujo. Fuente: pxsl.es

El recuperador de calor es una caja hermética provista de un sistema de conducciones por las que se hace pasar los dos flujos de aire sin mezclarse, formado por paredes muy delgadas de aluminio (normalmente) que sirven de puente para la transmisión de energía del aire de extracción al de admisión y viceversa. Existen dos tipos diferentes de recuperador, el entálpico y el estático. El entálpico no solamente realiza una transmisión de calor, sino que también traspassa parte de la humedad de un aire al otro, utilizándose sobre todo en ambientes muy secos o muy húmedos para garantizar las condiciones de humedad del aire en el interior. El estático es el más común en edificaciones construidas bajo el estándar que nos atañe, ya que tiene unos consumos eléctricos mucho más bajos y es más fácil de manejar.

A parte de por la forma de trabajar, también se pueden diferenciar otros dos tipos de recuperador de calor según la forma de cruzarse las corrientes de aire. Los recuperadores de flujo cruzado (lo más convencionales), en los que los flujos se cruzan perpendicularmente, y los recuperadores de flujo a contracorriente, mucho más grandes pero mucho más eficientes, en los que los flujos de aire circulan en sentidos opuestos en paralelo aumentando considerablemente la superficie de contacto entre las dos corrientes de aire, y requiriendo menos consumo eléctrico para obtener la recuperación.

El sistema de ventilación de confort debe asegurar en todo momento un caudal de 30 m³ de aire por persona y hora (edificación residencial) lo que es equivalente a una tasa de unas 0.3 renovaciones/h, dato que suele chocar con las normativas de los diferentes países, ya que se suele establecer en torno a 0.8 renovaciones/h. Estas tasas más altas de renovación generan más pérdidas energéticas, mayores consumos eléctricos y más ruido, lo que hace que la utilización de un sistema de este tipo pueda llegar a resultar molesto.



Sistema semicentralizado de ventilación de confort en bloque. Fuente: pxsl.es

A la hora de regular y dimensionar el sistema, es importante lograr que el sistema de ventilación equilibre los caudales de impulsión de aire nuevo y extracción de aire viciado. Este equilibrio garantiza el funcionamiento adecuado del sistema de recuperación de calor y minimiza el riesgo de infiltraciones. Todo esto se controla una vez instalado el sistema para la obtención de un certificado que asegura que hay un máximo de un 10% de desequilibrio, pues es un documento importante a la hora de realizar la certificación oficial Passivhaus.

Cuando en un mismo edificio existen varias viviendas diferentes, se pueden dar tres tipos distintos de ventilación de confort:

- Sistema descentralizado: se considera cada vivienda como un edificio independiente contando con sus propias instalaciones, componentes, y recuperador. Es muy frecuente en casos de rehabilitación EnerPHit en edificios que no disponen del espacio necesario para realizar una instalación centralizada, presentándose el problema de que cada vivienda necesita su propio sistema de ventilación, con sus consecuentes ruidos, y un rendimiento de recuperación peor.
- Sistema centralizado: se provee al edificio de un sistema de recuperación para varias viviendas (generalmente todas) con filtro y demás componentes. Se trata de la opción más económica pero requiere de una importante previsión de espacio para la instalación y su circulación por el edificio, además de que es menos cómoda para el usuario debido al control centralizado.
- Sistema híbrido o semicentralizado: se trata de un sistema a medio camino entre los dos anteriores. El recuperador de calor y los filtros se encuentran en un cuarto centralizado, y los ventiladores y regulación en las viviendas individuales (normalmente acompañado de baterías de frío o calor para el aire de admisión).



Sistema de ventilación en cadena. Fuente: 1.bo.blogspot.com

Este tipo de sistemas poseen un control de funcionamiento que suele constar de cuatro programas: apagado, caudal de consigna, caudal básico y caudal intensivo. El caudal básico suele ser un caudal en torno al 30% menor respecto al caudal de consigna, estando ideado para temporadas en las que los usuarios no se encuentra en el inmueble. El intensivo, en cambio, abastece alrededor de un 30% más aunque depende de la capacidad del aparato, utilizándose en situaciones en las que se prevé la utilización del espacio por gran cantidad de personas, cuando se está utilizando la cocina o cuando se quiere refrigerar el espacio por la noche con la función bypass.

Todos estos sistemas de ventilación disfrutan de una calidad en su funcionamiento extraordinaria, no habiéndose detectado hasta el día de hoy casos de legionela en ninguna instalación de este tipo.

La distribución por el edificio se realiza en tubos de acero galvanizado, de sección circular, o tubos de polietileno o polipropileno, de secciones tanto cuadradas como circulares, realizándose de dos modos diferentes:

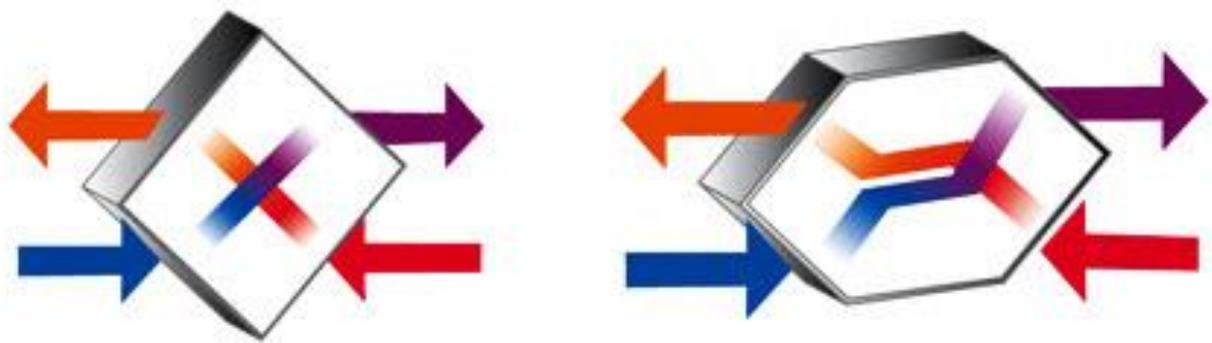
- **Sistemas lineales:** suministran el aire a varias estancias con el mismo tubo, por lo que requieren de un dimensionado más concienzudo y una puesta en obra más detallada, previendo la situación de amortiguadores acústicos entre diferentes estancias para evitar los puentes fónicos. Requiere muchos metros lineales menos y se suele realizar en tubo galvanizado de 100-160mm distribuido cerca del techo, por lo que es más eficiente en los edificios que requieren refrigeración en verano llegando hasta los puntos más alejados de las estancias mediante difusores de gran alcance y un aprovechamiento del efecto Coanda.



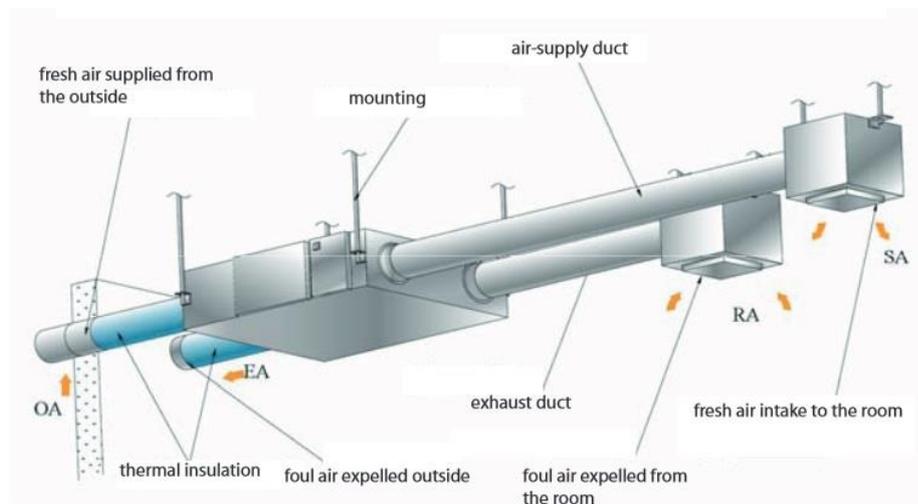
Sistema de ventilación lineal. Fuente: 1.bo.blogspot.com

- Sistemas en cadena: mediante la instalación de un tubo para cada estancia, este sistema suele impulsar el aire a una velocidad muy baja a un extremo de la sala para ser extraído por el otro, garantizando una buena mezcla de aire en los espacios interiores. Se suelen hacer con conductos flexibles de polietileno de alta densidad de diámetros 50-65mm que pueden suministrar hasta 30 m³/h. Existen sistemas en el mercado para integrar las conducciones en el interior de forjados de hormigón ya que se limpian con mucha facilidad.

A pesar de que no es obligatorio en Passivhaus el suministro de aportes de calor y frío a través del sistema de ventilación, dadas las características intrínsecas de la instalación, resulta ideal para aportar una pequeña cantidad de energía adicional y evitar la convencional instalación de radiadores.



Sistemas de recuperación de calor. Fuente: teoriaconstruccion.net



Esquema ventilación de confort. Fuente: ventilatio-alnor.co.uk

EL BALANCE ENERGÉTICO DE LA EDIFICACIÓN

PSH

EL PHPP (Passive House Planning Package)

El PHPP (Programa de Planificación Passivhaus) es una herramienta de medición creada por el Passive House Institute en formato Excel para facilitar el conjunto de cálculos necesarios para valorar el balance energético de la edificación.

En esta aplicación se cuantifican, entre otras cosas, las demandas de calefacción y refrigeración anual y la demanda de energía primaria total del edificio, valores que, para lograr el funcionamiento adecuado de la edificación, se deben ajustar a un límite máximo diferente según se trate de una obra nueva o una rehabilitación EnerPHit.

Este programa de balance energético se basa en un funcionamiento retroalimentado de diferentes fórmulas y hojas de cálculo que, junto con una rica base de datos de sistemas constructivos, materiales, carpinterías, vidrios, aparatos de ventilación mecánica y demás componentes, facilita el proceso de ajuste de los diferentes parámetros que configuran el proyecto para lograr una limitación extremadamente concienzuda del consumo del edificio.

Cuando se abre el PHPP por primera vez, abruma la cantidad de datos a introducir necesarios para realizar la comprobación de cumplimiento del estándar. Formado por 34 hojas de cálculo relacionadas entre sí, el programa considera todos y cada uno de los factores que influyen en la edificación para tenerlos en cuenta en cada situación en la que tengan lo más mínimo que ver.

Por todo esto es por lo que, en un programa de estas características, la secuencia de introducción de datos no puede ser desorganizada, sino que debe ser progresiva y concienzuda para asegurar que la siguiente hoja a la que se vaya a pasar ya disponga de los datos necesarios para poder trabajar.

Como no es motivo de este trabajo la realización de una certificación Passivhaus completa de un edificio, limitaremos la secuencia de introducción de datos hasta la obtención de las demandas de refrigeración y calefacción, aunque la secuencia recomendada llegaría hasta la obtención de la demanda de energía primaria, por lo que, el proceso de introducción de datos a seguir será: Datos climáticos – Superficies – Lista de valores U de la envolvente – Ventanas, tipo de ventanas y sombras autoarrojadas – Ventilación estimada – Consulta de hoja resumen y Carga de calor – Condiciones de verano y sombras temporales – Instalaciones y Valores de energía primaria.

Esta progresiva introducción de datos de la que estamos hablando comienza, nada más abrir el programa, con la introducción de los datos característicos del edificio objeto de estudio.

Esta hoja tiene doble función, de descripción del proyecto y de resumen de cumplimiento de los requerimientos del estándar por lo que, una vez completadas todas las hojas de cálculo, al volver a esta se observa en la parte baja de la misma un cuadro resumen de los valores obtenidos y su cumplimiento.

Passive House Verification - FREE DEMO VERSION



Building:	End-of-Terrace Passive House Kranichstein	
Location and Climate:	Darmstadt Kranichstein	Standard Germany
Street:		
Postcode/City:	D-64289 Darmstadt	
Country:	Germany/Hesse	
Building Type:	Terraced House/Dwelling	
Home Owner(s) / Client(s):	Bauherrngemeinschaft Passivhaus	
Street:		
Postcode/City:	D-64289 Darmstadt	
Architect:	Prof. Bott/Ridder/Westermeyer	
Street:	Jahnstr. 8	
Postcode/City:	D-64285 Darmstadt	
Mechanical System:	öeb Dipl.-Ing. Norbert Stärz	
Street:	Bahnhofstr. 49	
Postcode/City:	D-64319 Pfungstadt	
Year of Construction:	1991	
Number of Dwelling Units:	1	
Enclosed Volume V_e :	665,0	m ³
Number of Occupants:	4,0	
Interior Temperature:	20,0	°C
Internal Heat Gains:	2,1	W/m ²

Como el consumo de un inmueble va íntimamente relacionado con el emplazamiento del mismo, la base de datos cuenta con una hoja de condiciones climáticas muy detallada de las principales ciudades de Europa permitiendo, al mismo tiempo, incluir en paralelo los datos concretos del ambiente en el que se vaya a emplazar el edificio fruto de estudio para trabajar con el mayor control posible sobre la climatología que sufrirá.

free DEMO Version Passive House Planning

CLIMATE DATA

Demo version can only be operated with "standard" climate data. More detailed data are not available for all climates even in the licensed version.

Standard/Regional Climate: Select here.

Transfered:

Standard:

No further selection for Standard climate

Building: End-of-Terrace Passive House Kranichstein

Use Regional Data? No

Climate (Building): Standard Germany

Chosen Method for Annual Heat Demand: Monthly Method

Monthly Data: Deutschland

Annual Date: Standard

Use Annual Climate Data Set: Yes

Heating: 15,2 W/m²

Annual Heat Demand: 9,9 W/m²

Heat Load: Winter

Transfer to Annual Method

H1	255	W
G1	154	W/m ²
North	140	W/m ²
East	220	W/m ²
South	370	W/m ²
West	220	W/m ²
Horizontal	360	W/m ²

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Heating Load	Cooling Load	
Temp	36	38	35	31	24	18	13	10	8	7	6	5	W/m ²	W/m ²	
Latitude	51,3												Longitude	8,4	
Altitude	13,0														
Transfer	15,2														
Density	1,2														
Depth	0,05														
Shift of Average Temperature K	0,0														
U _{ext}	0,2														
U _{int}	0,2														
Ground Temp	10,0														

A pesar de que el proceso de introducción de datos recomendado por el programa establece que el siguiente paso es realizar la hoja de Superficies, por practicidad a la hora de

realizar esta, es conveniente tener ya el valor de las transmitancias de los elementos constructivos que la componen por lo que, para facilitar el trabajo, volveremos a ella una vez rellenada la hoja de "Valores U" y comprobada su correcta realización mediante la hoja "Lista U".

Compilation of the building elements calculated in the U-Values worksheet and other construction types from databases.

Asse mby No.	Type Assembly Description	Total Thickness	U-Value
		m	W/(m²K)
1	Exterior wall	0,485	0,14
2	Roof	0,463	0,09
3	Ground Floor	0,520	0,13
4	Partition wall	0,460	0,38
5			

1 Exterior wall
 Assembly No. Building Assembly Description

Heat Transfer Resistance [m²KW] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Area Section 1	λ [W/(mK)]	Area Section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area Section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Total Width Thickness [mm]
1. Interior plaster	0,350					15
2. Calcium Silicate Block	1,100					175
3. Polystyrene Foam	0,040					275
4. Exterior Render	0,800					20
5.						
6.						
7.						
8.						

Percentage of Sec. 2: Percentage of Sec. 3:

Total **48,5** cm

U-Value: 0,138 W/(m²K)

A continuación se procede a la introducción de los datos superficiales de la envolvente térmica del edificio. Este paso está compuesto por dos partes, la primera consiste en la definición de todas y cada una de las superficies que conforman la envolvente térmica, obteniendo los valores característicos de estas mediante la indicación de su composición constructiva gracias a la hoja "Valores U" (en este mismo paso se puede observar un apartado reservado a ventanas que será automáticamente completado por el programa posteriormente), y la segunda parte, ligeramente más complicada que la anterior para la cual la propia hoja de cálculo dispone de herramientas complementarias, consiste en la definición de todos y cada uno de los puentes térmicos que incluye la edificación y el cálculo de las pérdidas que acarrear.

Summary						Building Element Overview	Average U-Value [W/(m²K)]
Group Nr.	Area Group	Temp. Zone	Area	Unit	Comments		
1	Treated Floor Area		156,00	m²	Living area or useful area within the thermal envelope		
2	North Windows	A	11,04	m²	Results are from the Windows worksheet.	North Windows	0,771
3	East Windows	A	0,90	m²		East Windows	0,779
4	South Windows	A	30,42	m²		South Windows	0,795
5	West Windows	A	2,00	m²		West Windows	0,795
6	Horizontal Windows	A	0,00	m²		Horizontal Windows	
7	Exterior Door	A	0,00	m²	Please subtract area of door from respective building element	Exterior Door	
8	Exterior Wall - Ambient	A	194,28	m²	Window areas are subtracted from the individual areas specified in the "Windows" worksheet.	Exterior Wall - Ambient	0,138
9	Exterior Wall - Ground	B	0,00	m²	Temperature Zone "A" is ambient air.	Exterior Wall - Ground	
10	Roof/Ceiling - Ambient	A	83,41	m²	Temperature zone "B" is the ground.	Roof/Ceiling - Ambient	0,095
11	Floor Slab	B	80,93	m²		Floor Slab	0,131
12			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NCI "1"		
13			0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "P" and "X" may be used. NCI "1"		
14		X	0,00	m²	Temperature zone "X". Please provide user-defined reduction factor (0 < f < 1). Factor for X: 75%		
						Thermal Bridge Overview	W/(m²K)
15	Thermal Bridges Ambient	A	115,85	m	Units in m	Thermal Bridges Ambient	-0,030
16	Perimeter Thermal Bridges	P	0,00	m	Units in m; temperature zone "P" is perimeter (see Ground worksheet).	Perimeter Thermal Bridges	
17	Thermal Bridges Floor Slab	B	11,35	m	Units in m	Thermal Bridges Floor Slab	0,061
18	Partition Wall to Neighbour	I	84,84	m²	No heat losses, only considered for the heat load calculation.	Partition Wall to Neighbour	0,375
Total Thermal Envelope						Average Therm. Envelope	0,191

Area Input											Selection of the Corresponding Building Element Assembly		Nr.	U-Value [W/(m ² K)]				
Area Nr.	Building Element Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	x	a [m]	x	b [m]	+	User-Determined [m ²]	-	User Subtraction [m ²]	-	Subtraction Window Areas [m ²]	=	Area [m ²]		
	Treated Floor Area	1	Treated Floor Area	1	x		x		+	156,00					=	156,0		
	North Windows	2	North Windows													11,0		0,771
	East Windows	3	East Windows													0,0		0,000
	South Windows	4	South Windows													30,4		0,779
	West Windows	5	West Windows													2,0		0,795
	Horizontal Windows	6	Horizontal Windows													0,0		0,000
	Exterior Door	7	Exterior Door		x		x		+									U-Value Exterior Door
1	Exterior wall south	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	7,13	x	10,31	+							30,4		0,138
2	Exterior wall north	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	7,13	x	7,48	+							11,0		0,138
3	Exterior wall west	8	Exterior Wall - Ambient	1	x	11,35	x	8,89	+							2,0		0,138
4	Roof	10	Roof/Ceiling - Ambient	1	x	7,13	x	11,70	+							0,0		0,095
5	Basement floor	11	Floor Slab	1	x	7,13	x	11,35	+							0,0		0,131
6					x		x		+							0,0		
7	Partition wall	18	Partition Wall to Neighbour	1	x	11,35	x	7,48	+							0,0		0,375
8					x		x		+							0,0		
9					x		x		+							0,0		

Thermal Bridge Inputs											Input of Thermal Bridge Heat Loss Coefficient W/(mK)	W/(mK)
Nr. of Thermal Bridge	Thermal Bridge Description	Group Nr.	Assigned to Group	Quantity	x	User Determined Length [m]	-	Subtraction User-Determined Length [m]	=	Length [m]		
1	Ext. wall-basement	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	25	-		=	24,85	Ext. wall-basement	-0,04
2	Int. wall-basement	17	Thermal Bridges Floor Slab	1	x	11	-		=	11,35	Int. wall-basement	0,06
3	Partition walls	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	17	-		=	17,36	Partition walls	0,00
4	Interior ceilings	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	20	-		=	20,25	Interior ceilings	0,00
5	Partition wall-roof	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	12	-		=	11,77	Partition wall-roof	0,00
6	Ext. wall-roof	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	25	-		=	25,27	Ext. wall-roof	-0,06
7	Ext. wall edge	15	Thermal Bridges Ambient	1	x	17	-		=	17,36	Ext. wall edge	-0,06
8					x		-		=			
9					x		-		=			

Evidentemente, el paso siguiente es la definición de las carpinterías. Este proceso, aun siendo sencillo de seguir, debe ser detallado y concienzudo ya que en él también se obtienen los datos de sobras autoarrojadas por los huecos, circunstancia que puede condicionar enormemente los valores de refrigeración y sobrecalentamiento en verano de la edificación.

free DEMO Version Passive House Planning

REDUCTION FACTOR SOLAR RADIATION, WINDOW U-VALUE

Building: *Edificio de Pasadizo Pasivo Rouse Kramschäfer* Annual Heat Demand: 13 kWh/m² Heating Degree Hours:

Climate	Standard	Solar Radiation (Cardinal Points)	Shading	Dir.	Non-Residential Incident Radiation	Glazing Fraction	g-Value	Reduction Factor for Solar Radiation	Window Area	Window U-Value	Glazing Area	Average Global Radiation
North	140	0,99	0,85	0,85	0,644	0,50	0,46	11,04	0,77	7,1	140	
East	220	0,75	0,85	0,85	0,000	0,50	0,00	0,00	0,00	0,0	220	
South	270	0,34	0,85	0,85	0,555	0,50	0,44	35,42	0,75	19,9	370	
West	230	0,82	0,85	0,85	0,524	0,50	0,40	2,00	0,80	1,2	230	
Horizontal	360	0,75	0,85	0,85	0,000	0,50	0,00	0,00	0,00	0,0	360	
Total or Average Value for All Windows:							0,50	0,45	43,46	0,76	29,2	

Window	Transmission Losses	Heat Gains Solar Radiation
Window	715	356
0	0	0
1000	2459	
134	92	
0	0	
768	299	

Quantity	Description	Deviation from North	Angle of Incidence from the Horizontal	Orientation	Window Rough Openings		Installed	Glazing	Frame	g-Value	U-Value	Window Frame Dimensions				Insulation		U-Value	Results		Glazing Fraction per Window			
					Width	Height						Width-Left	Width-Right	Width-Below	Width-Above	Left	Right		SB	Head		U-Value	U-Value	
4	S Ground Fl.	180	90	South	1,120	2,120	1	0,50	0,70	0,59	0,14	0,14	0,10	0,14	1	0	1	1	0,049	0,005	9,5	5,01	0,76	0,64
4	S First Fl.	180	90	South	1,140	2,120	1	0,50	0,70	0,59	0,14	0,14	0,10	0,14	1	0	1	1	0,049	0,005	9,7	6,30	0,76	0,65
4	S Second Fl.	180	90	South	1,120	2,550	1	0,50	0,70	0,59	0,14	0,14	0,10	0,14	1	0	1	1	0,049	0,005	11,4	7,62	0,76	0,67
2	N Ground Fl.	0	90	North	1,200	2,300	1	0,50	0,70	0,59	0,15	0,15	0,10	0,15	1	0	1	1	0,049	0,005	5,5	3,56	0,77	0,64
1	West	270	90	West	0,910	2,200	1	0,50	0,70	0,59	0,14	0,14	0,10	0,14	1	1	1	1	0,049	0,005	2,0	1,21	0,80	0,60
2	N First Fl.	0	90	North	1,200	2,300	1	0,50	0,70	0,59	0,15	0,15	0,10	0,15	1	0	1	1	0,049	0,005	5,5	3,56	0,77	0,64

A pesar de que no se incluye en el proceso de introducción de datos, existe una hoja de gran importancia a la hora de que el programa termine de comprender las circunstancias de implantación del edificio, la denominada "Sombras", en la que podemos describir tanto las sombras autoarrojadas por los volúmenes que conforman el edificio, como las que recibirá este por su situación respecto a objetos en su proximidad.

Una vez llegado a este punto, la introducción de datos referentes al comportamiento de la envolvente ha terminado, por lo que, a partir de ahora, la secuencia de pasos a seguir servirá para estipular el comportamiento de las instalaciones de la edificación y el uso de las mismas,

circunstancias que condicionaran la demanda de refrigeración en verano y el consumo de energía primaria.

El primer paso, en la hoja "Ventilación", consiste en la introducción de datos del comportamiento de este sistema. El proceso, a pesar de parecer a primera vista complicado, se encuentra organizado de forma sencilla incluyendo comentarios en las casillas que puedan dar lugar a dudas. Este es el único punto del proceso en el que se requiere el dato del test de hermeticidad Blowerdoor que condicionará enormemente el comportamiento del sistema elegido. Una vez realizado todo esto, al final del todo, se permite rematar el proceso mediante la selección del recuperador de calor, circunstancia que afectará también a la demanda de calefacción.

VENTILATION DATA

Building:

Treated Floor Area A_{TFA} m² (Area worksheet)

Room Height h m (Annual/Heat Demand worksheet)

Room Ventilation Volume $(A_{TFA} \cdot h) V_v$ m³ (Annual/Heat Demand worksheet)

Ventilation System Design - Standard Operation

Occupancy m²/P

Number of Occupants P

Supply Air per Person m³/P/h

Supply Air Requirement m³/h

Extract Air Rooms	Kitchen	Bathroom	Shower	WC	
Quantity	1	1	1	1	
Extract Air Requirement per Room	60	40	20	20	
Total Extract Air Requirement	<input type="text" value="140"/>				

Design Air Flow Rate (Maximum) m³/h

Average Air Change Rate Calculation

Type of Operation	Daily Operation Duration h/d	Factors Referenced to Maximum	Air Flow Rate m ³ /h	Air Change Rate 1/h
Maximum		1,00	152	0,39
Standard	24,0	0,77	117	0,30
Basic		0,54	82	0,21
Minimum		0,40	61	0,16
<input checked="" type="checkbox"/> Residential Building		Average value	<input type="text" value="117"/>	<input type="text" value="0,30"/>

Average Air Flow Rate (m³/h)

Average Air Change Rate (1/h)

De nuevo fuera de la secuencia recomendada de introducción de datos, en este punto surge la pregunta: ¿y no se tiene en cuenta la ventilación natural? La respuesta es afirmativa, pero es necesario dar un salto a la hoja "Ventilación en verano". Importante es matizar que el programa únicamente considera la ventilación natural en época estival con motivos de refrigeración nocturna de la edificación ya que, durante el resto del año, las renovaciones de aire para garantizar la salubridad del interior se realizan a través del sistema de ventilación de confort de forma continuada durante todo el día, por lo que, si se evita la utilización de las ventanas, las pérdidas de calor por ventilación son mínimas. En este paso del proceso es necesario describir cómo son las carpinterías y cómo se van a utilizar de forma detallada, incluyendo también la posibilidad de utilización de marcos oscilobatientes.

SUMMER VENTILATION

Building: **End-of-Terrace Passive House Kranichstein** Building Type/Use: **Terraced House/Dwelling**
 Location: **Darmstadt Kranichstein** Building Volume: **390** m³

Description	Day GF	Day UF	Night			
Fraction of Opening Duration	13%	50%	100%			
Climate Boundary Conditions						
Temperature Diff Interior - Exterior	4	4	1			K
Wind Velocity	1	1	0			m/s
Window Group 1						
Quantity	4	4	1			
Clear Width	0,84	0,84	0,84			m
Clear Height	1,92	1,92	1,92			m
Tilting Windows?	x	x	x			
Opening Width (for tilting windows)	0,050	0,050	0,050			m
Window Group 2 (Cross Ventilation)						
Quantity			1			
Clear Width			0,84			m
Clear Height			1,92			m
Tilting Windows?			x			
Opening Width (for Tilting Windows)			0,050			m
Difference in Height to Window 1			0,00			m

Llegado a este punto y a pesar de que la secuencia de datos a introducir continuaría con un par de pasos más, no haría falta realizar ninguno adicional para la obtención de los datos de demanda de calefacción anual y refrigeración, por lo que se podría regresar a la hoja inicial "Comprobación" para observar si estos dos valores entran dentro de los márgenes establecidos por el Passivhaus Institute.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:	156,0 m ²		
	Applied:	Monthly Method	PH Certificate:
			Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	13	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a) Yes
Pressurization Test Result:	0,2	h⁻¹	0,6 h⁻¹ Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	65	kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a) Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	37	kWh/(m ² a)	
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m ² a)	
Heating Load:	10	W/m ²	
Frequency of Overheating:	3	%	over 25 °C
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Cooling Load:	9	W/m ²	

CASO DE ESTUDIO

Tras la aprobación de la ley del suelo de 1957 se creó el Ministerio de Vivienda en España, dirigido inicialmente por José Luis de Arrese, se encargó de llevar a cabo la acción administrativa en materia de vivienda, arquitectura y urbanismo. El objetivo primero del mismo fue favorecer el acceso de todos los ciudadanos a una vivienda adecuada dentro de una ciudad cohesionada socialmente. Para ello, se ejecutaron gran número de polígonos públicos de vivienda en todo el país con carácter de viviendas de protección oficial.

Valladolid es una ciudad en la que se desarrollaron un gran número de estas intervenciones, ejecutándose polígonos de vivienda de calidades muy básicas durante varias décadas que, con el paso de los años, se han ido quedando obsoletas y no garantizan las condiciones de confort y, en ocasiones, de salubridad que se exigen actualmente.

En este marco y con la mentalidad que, recientemente, se ha extendido a nivel internacional en cuanto a eficiencia energética, en los últimos años se han desarrollado planes de mejora de vivienda social en formato de Áreas de Rehabilitación Integral (ARI) a los que las comunidades de propietarios pueden acogerse para realizar reformas en materia de mejora de las condiciones de confort de la edificación.

En el año 2006 se desarrolló en ARI del Barrio de la Rondilla de Valladolid en el que se contempló la mejora del comportamiento energético de los bloques de viviendas, mediante la realización de fachadas ventiladas o SATE y posibles sustituciones de carpinterías, la mejora estética de los edificios y su accesibilidad mediante la instalación de ascensores.

En este contexto se sitúa el polígono de vivienda "18 de julio", desarrollado en 1955, formado por 550 viviendas y un colegio. Situado en la zona sur del barrio, está compuesto por diferentes tipos de bloque de viviendas, uno de los cuales, situado en el encuentro entre las calles Rondilla de Santa Teresa y Portillo de Balboa, será el modelo de estudio con el que trabajaremos.

El método de trabajo a seguir consta de una evaluación del comportamiento energético de los sistemas constructivos utilizados en el edificio original, en las mejoras en materia de aislamiento ejecutadas por el ARI Rondilla y una propuesta alternativa de intervención Passivhaus bajo el marco de las rehabilitaciones EnerPHit.

Dada la naturaleza de las posibles intervenciones Passivhaus que se pueden realizar en un bloque de viviendas, en las que se puede concebir el bloque completo como una intervención pasiva única o como apilamiento de viviendas pasivas individuales, todas las evaluaciones se

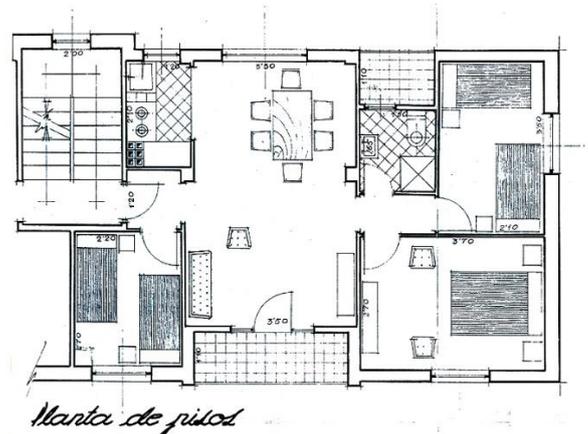
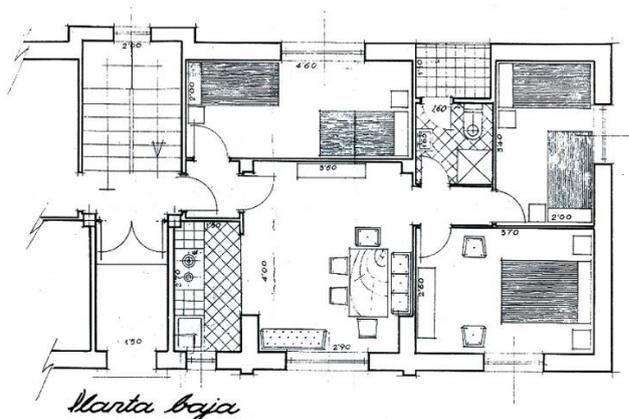
realizarán desde el punto de vista del edificio en su totalidad y desde el enfoque individualizado de tres tipos de vivienda diferentes, una a nivel de calle, una vivienda tipo entre forjados y otra en la última planta.

Dada la amplia variedad de herramientas informáticas en el mercado disponibles para la realización de estas demandas, la obtención de los resultados ha sido desarrollada manualmente del mismo modo que lo habría calculado el PHPP (ante la imposibilidad de conseguir una versión de prueba de este) y ha sido cotejada con el programa CE3X de certificación mediante método simplificado. Tras analizar los resultados totales y parciales de ambos procedimientos se ha comprobado que los valores obtenidos mediante este programa son ligeramente más altos, diferencia producida por la falta de consideración en profundidad de las ganancias solares a través de las ventanas, que repercuten notablemente en la demanda de calefacción y refrigeración pero, tras un análisis de las diferencias obtenidas, se ha comprobado con total seguridad que la diferencia en todos los casos es proporcional, lo que significa que son resultados fiables.

BLOQUE DE 12 VIVIENDAS EN EL POLÍGONO "18 DE JULIO"

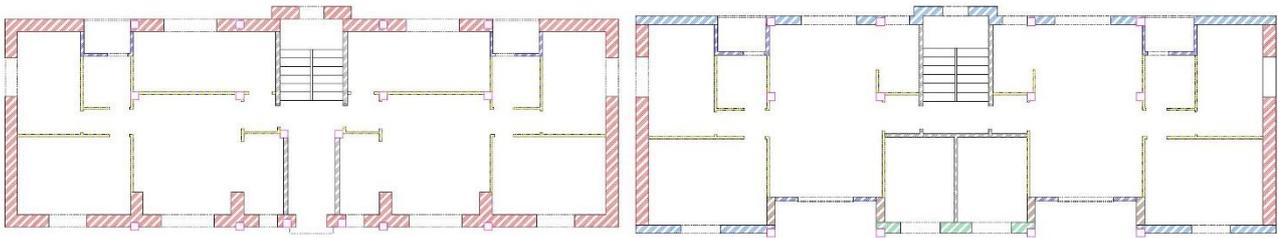


Nos encontramos ante un bloque de 12 viviendas distribuidas en dos por planta, entre planta baja y 5 alturas adicionales, con un único hueco de escalera. Tras un análisis concienzudo de los sistemas constructivos del edificio, especialmente en materia de cerramientos de los que hay gran variedad, se ha optado por simplificar los cálculos considerando únicamente los sistemas constructivos más desfavorables para la obtención de las demandas de calefacción y refrigeración, ya que estos son los dos datos en los que centraremos el análisis.



ESTADO ORIGINAL

- Estructura mixta de muros de carga y elementos de hormigón.
- Forjados de hormigón armado aligerado con piezas cerámicas y ejecución "in situ".
- Forjado sanitario de viguetas de hormigón tipo "Castilla" con piezas cerámicas y ejecución "in situ".
- Cubierta inclinada sobre tabiques palomeros y espacio interior ventilado.
- Carpinterías formadas por marcos de 45mm de madera y vidrio sencillo.
- Muro tipo 1 (rojo): Asta y media de ladrillo macizo tipo Piña a cara vista sentado con mortero de cemento.
- Muro tipo 2 (azul): Media asta de ladrillo macizo cara vista tipo Piña sentado con mortero de cemento y trasdosado con tabique de ladrillo hueco doble formando cámara de aire de 50mm.
- Muro tipo 3 (verde): Un asta de ladrillo macizo cara vista tipo Piña sentado con mortero de cemento y trasdosado con tabique sencillo formando cámara de aire.
- Muro tipo 4 (marrón): Un asta de ladrillo macizo caravista sentado con mortero de cemento.
- Muro tipo 5 (azul oscuro): Media asta de ladrillo hueco doble.



Planta baja y planta tipo

Dada la época en la que se construyó este bloque, la ausencia de aislamiento en sus cerramientos está justificada dado que en los años cincuenta no se exigía su presencia en edificación, sin embargo, la ausencia de aislamiento en la envolvente causa unas graves repercusiones en materia económica y de confort por lo que, en este contexto, es lógica la necesidad de intervención en las edificaciones construidas de este modo.

ESTADO REFORMADO

Como ya se ha mencionado anteriormente, las intervenciones propuestas por el ARI consistieron en realizar aislamientos por el exterior de los cerramientos para evitar en todo lo posible generar molestias a los vecinos, de este modo, en el caso que vamos a estudiar, se realizó una intervención de mejora mediante la colocación de un Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior (SATE) dotado de 8cm de poliestireno expandido y un tendido de otros 8cm de manta de lana de roca entre los tabiques palomeros de formación de pendiente de la cubierta.



El edificio en concreto con el que trabajamos no cambió las carpinterías de las viviendas al realizar la obra, sin embargo, hace años, todos y cada uno de los vecinos sustituyó las originales de madera por diferentes tipos de correderas de marco metálico sin rotura de puente térmico y vidrios dobles sencillos (se estima que montan vidrio 4-12-4).

CASO 1: INTERVENCIÓN CENTRALIZADA

Se propone, como primer paso, estudiar la posible viabilidad de una intervención Passivhaus centralizada en el edificio, como posible alternativa a las reformas realizadas por el ARI Rondilla. Este tipo de proyectos se basan en considerar el edificio completo como un único volumen Passivhaus, pero acarrear la necesidad de dotar de un importante espacio para la centralización de los sistemas de ventilación y recuperación de calor.

Para comenzar a realizar el estudio, analizaremos la composición de los cerramientos y carpinterías de la edificación con sus correspondientes valores característicos, comenzando por el bloque en su estado original.

EDIFICIO ORIGINAL

Al tratarse del bloque construido inicialmente, no nos volveremos atrás para describir los sistemas constructivos del edificio.

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	111,20	Oeste	0,39	1,65
Muro tipo 1-2	111,20	Este	0,39	1,65
Muro tipo 2-1	136,10	Sur	0,38	1,28
Muro tipo 2-2	90,00	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 2-3	168,80	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 3	67,70	Sur	0,26	1,75
Muro tipo 4-1	26,30	Este	0,38	1,46
Muro tipo 4-2	26,30	Oeste	0,38	1,46
Muro tipo 5-1	73,60	Norte	0,15	1,08
Muro tipo 5-2	67,30	Sur	0,15	1,08
Forjado san.	130,70	Horizontal	0,32	1,70
Forjado cor.	130,70	Horizontal	0,28	1,92

PUNTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-sanit.	1	54,61	0,039
Ceram-forj.	5	105,00	0,061
Ceram-coron.	1	54,61	0,061

CARPINTERÍAS

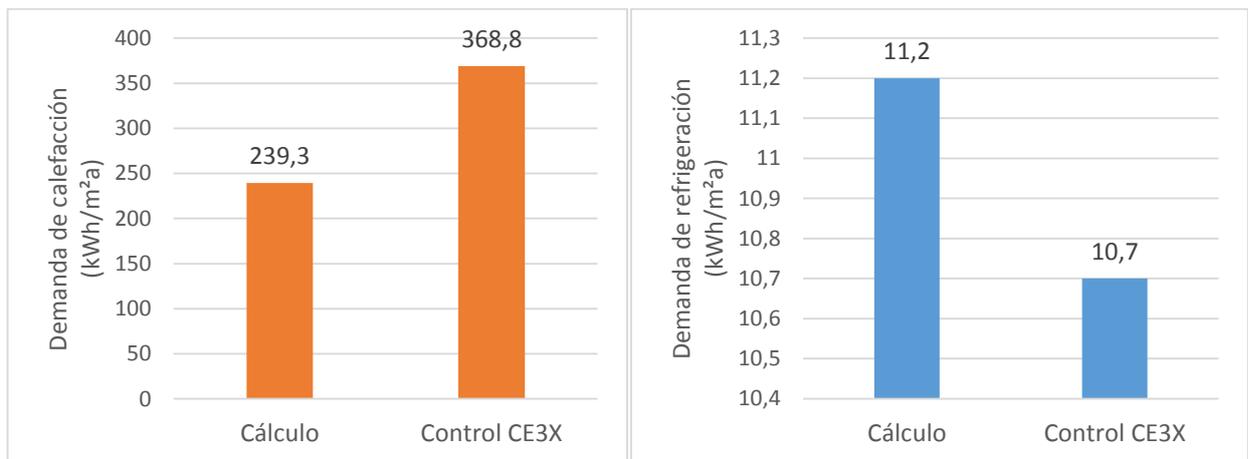
	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	12	Sur	18,70	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-2	12	Sur	42,80	5,80	2,50	5,06
Vent. M. 3	12	Sur	18,70	5,80	2,50	4,74
Vent. M. 1-1	6	Oeste	9,40	5,80	2,50	4,74
Vent. M. 1-2	6	Este	9,40	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-1	12	Norte	16,40	5,80	2,50	4,45
Vent. 1 M. 2-3	12	Norte	26,50	5,80	2,50	4,88
Vent. 2 M. 2-3	12	Norte	11,70	5,80	2,50	4,44

Una vez realizados los cálculos pertinentes y tras considerar las condiciones de entorno y uso del edificio (entre las que se encuentra soleamiento, exposición al viento, sombras

arrojadas por el entorno, ocupación media de las viviendas, utilización de las mismas, etc.), los valores obtenidos son:

- Demanda de calefacción: 293.3 kWh/m²a
- Demanda de refrigeración: 11.2 kWh/m²a

Comparados con las demandas obtenidas de la certificación CE3X (recordamos lo mencionado anteriormente sobre la diferencia a mayores que existe en los resultados de este programa, fruto de la falta de consideración en profundidad de las carpinterías, debido a que se trata de un método simplificado), el resultado es el siguiente:



En este caso concreto cabe matizar un par de cosas con respecto a los valores del CE3X. En el caso de la demanda de calefacción, el valor sale mayor dado que no considera la totalidad de las ganancias térmicas producidas a través de los huecos de la envolvente, por lo que estima que hace falta mayor carga por parte de la instalación de gas de las viviendas. El mismo es el caso de la refrigeración, en el que la demanda calculada sale ligeramente más baja debido a no obtener esas cargas adicionales de calor producidas por el sol. Cabe mencionar la menor diferencia en la comparación de los resultados de la demanda de refrigeración, esto es producido por el ángulo de incidencia del sol ya que la cantidad de sombra autoarrojada por los huecos en verano produce una diferencia en los resultados más pequeña.

EDIFICIO REFORMADO (ARI)

Las obras de reacondicionamiento térmico de los bloques de viviendas impulsadas por el ARI Rondilla son muchas y muy variadas, ya que dependían del presupuesto de las comunidades de propietarios y del interés que tuviesen en realizarlas. En el caso que nos ocupa, se realizó unas obras de aislamiento térmico muy sencillas sin acompañamiento de mejora de las carpinterías, debido a que la gran mayoría de los propietarios sustituyeron las antiguas de madera por diferentes versiones de carpinterías. Para estar del lado de la seguridad a la hora de

realizar el cálculo, hemos considerado que la totalidad de carpinterías del edificio son correderas (situación muy cercana a la realidad). Por tanto, las mejoras realizadas son las siguientes:

- Aislamiento de fachadas mediante un sistema SATE de 8 cm en poliestireno expandido de 22 kg/m³.
- Tendido de manta de lana de roca de 8cm entre tabiques palomeros en espacio bajo cubierta.
- Carpinterías correderas de acero lacado de 45 mm con vidrio 4-12-4.

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	111,20	Oeste	0,47	0,35
Muro tipo 1-2	111,20	Este	0,47	0,35
Muro tipo 2-1	136,10	Sur	0,46	0,33
Muro tipo 2-2	90,00	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 2-3	168,80	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 3	67,70	Sur	0,34	0,35
Muro tipo 4-1	26,30	Este	0,46	0,34
Muro tipo 4-2	26,30	Oeste	0,46	0,34
Muro tipo 5-1	73,60	Norte	0,23	0,31
Muro tipo 5-2	67,30	Sur	0,23	0,31
Forjado san.	130,70	Horizontal	0,32	1,70
Forjado cor.	130,70	Horizontal	0,36	0,40

PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-sanit.	1	54,61	0,039
Ceram-coron.	1	54,61	0,061

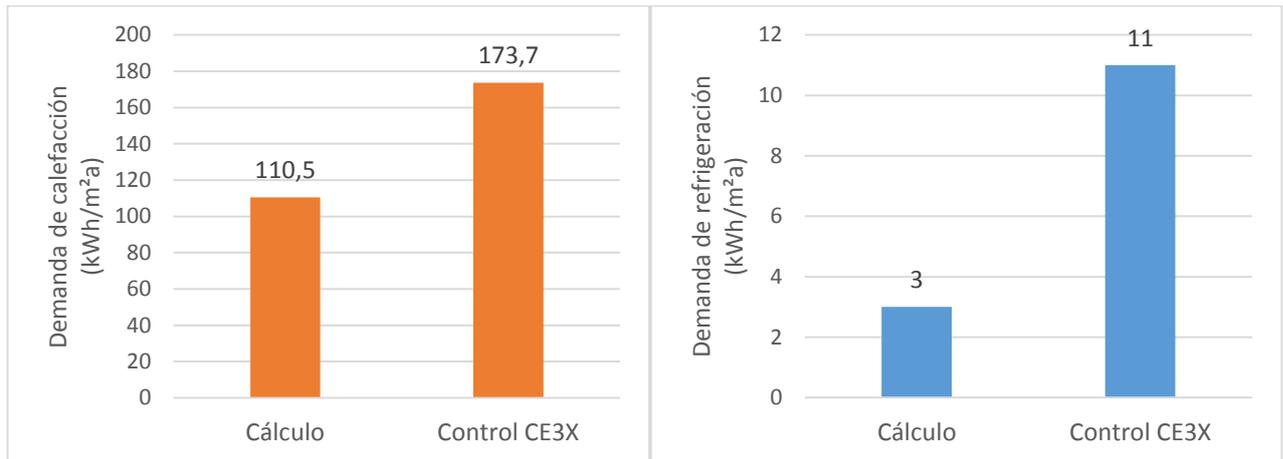
CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	12	Sur	18,70	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-2	12	Sur	42,80	2,90	4,50	3,48
Vent. M. 3	12	Sur	18,70	2,90	4,50	3,74
Vent. M. 1-1	6	Oeste	9,40	2,90	4,50	3,74
Vent. M. 1-2	6	Este	9,40	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-1	12	Norte	16,40	2,90	4,50	3,97
Vent. 1 M. 2-3	12	Norte	26,50	2,90	4,50	3,63
Vent. 2 M. 2-3	12	Norte	11,70	2,90	4,50	3,97

De nuevo, tras la obtención de los parámetros necesarios y la consideración del uso que se le dará al edificio, los valores característicos son:

- Demanda de calefacción: 110.5 kWh/m²a
- Demanda de refrigeración: 3 kWh/m²a

Al igual que antes, pondremos en paralelo los resultados obtenidos mediante el programa CE3X a modo de control:



PROPUESTA CENTRALIZADA PASSIVHAUS

El primer caso que vamos a estudiar es la posibilidad de aplicación del estándar Passivhaus a la edificación mediante la rehabilitación bajo el marco EnerPHit, basado en los mismos principios que el estándar que nos atañe pero con unos valores máximos de las demandas sustancialmente más laxos (dentro de la dureza en la exigencia que acompaña a este tipo de estándares).

- Valor límite de demanda de calefacción EnerPHit: 25 kWh/m²a.
- Valor límite de demanda de refrigeración EnerPHit: 25 kWh/m²a.
- Hermeticidad mínima (ensayo Blowerdoor): 1 renovación/h.
- Valor límite de energía primaria: 120 kWh/m²a.

Con respecto a estos datos, los únicos que realmente nos interesa lograr cumplir son los dos primeros, ya que en edificaciones de esta época, mediante unas sencillas reformas muy pautadas, es fácil lograr alcanzar un Blowerdoor por debajo de 1 h⁻¹. Del mismo modo, alcanzar un nivel de ese calibre en cuanto a energía primaria se refiere, no depende prácticamente de los factores que convierten un edificio en Passivhaus, sino que está condicionado por las instalaciones del interior de las viviendas, reforma que habría que realizar en paralelo para lograr alcanzar esa meta.

Dada la gran importancia que tiene la ventilación en la edificación de este tipo, a continuación se enumera un ligero resumen de los datos más importantes en materia, tanto de ventilación mecánica de doble flujo, como de ventilación auxiliar de refrigeración por las ventanas en las noches de verano:

- Blowerdoor: 0.6 renovaciones/h.
- Ventilación estándar equilibrada de doble flujo.
- Caudal de aire por persona: 30 m³/ph.
- Funcionamiento las 24 horas del día.
- Sistema de ventilación con recuperación de calor en el interior de la envolvente térmica.
- Recuperador de calor certificado con una rendimiento de recuperación del 89%.
- Ventilación auxiliar de refrigeración en verano mediante ventilación cruzada de 3 ventanas a fachada norte y otras 3 a fachada sur con aperturas medias de 0.5 m x 1.20 m durante 4 horas al día.

Después de numerosas pruebas, las obras de reforma en la envolvente térmica serían las siguientes:

- Aislamiento de fachadas mediante un sistema SATE con 16 cm de poliestireno expandido de alta densidad (30 kg/m³).
- Tendido de 16 cm de lana de roca entre tabiques palomeros del espacio bajo cubierta.
- Colocación de 8cm de poliestireno extruido bajo el pavimento de la planta baja para aislar el forjado sanitario.
- Instalación de carpinterías certificadas Passivhaus tipo "Hilzinger" o similar de 70 mm.
- Vidrios en 4-16-4-4-16-4, bajoemisivos y rellenos de argón con separadores plásticos.

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	111,20	Oeste	0,58	0,14
Muro tipo 1-2	111,20	Este	0,58	0,14
Muro tipo 2-1	136,10	Sur	0,57	0,13
Muro tipo 2-2	90,00	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 2-3	168,80	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 3	67,70	Sur	0,45	0,14
Muro tipo 4-1	26,30	Este	0,57	0,14
Muro tipo 4-2	26,30	Oeste	0,57	0,14
Muro tipo 5-1	73,60	Norte	0,34	0,13
Muro tipo 5-2	67,30	Sur	0,34	0,13
Forjado san.	130,70	Horizontal	0,40	0,26
Forjado cor.	130,70	Horizontal	0,44	0,17

PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-sanit.	1	54,61	0,01
Cerram-coron.	1	54,61	0,01

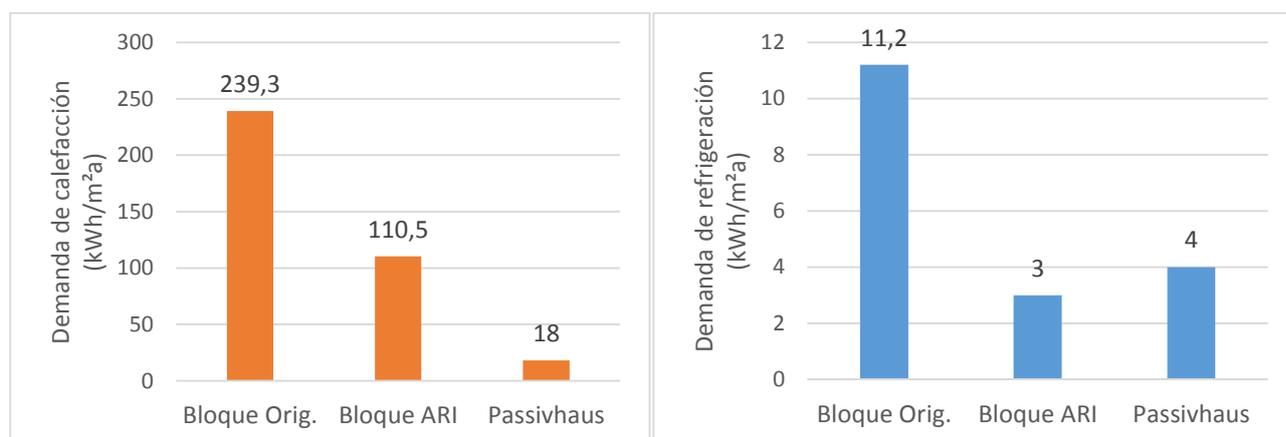
CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	12	Sur	18,70	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-2	12	Sur	42,80	0,58	0,60	0,72
Vent. M. 3	12	Sur	18,70	0,58	0,60	0,78
Vent. M. 1-1	6	Oeste	9,40	0,58	0,60	0,78
Vent. M. 1-2	6	Este	9,40	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-1	12	Norte	16,40	0,58	0,60	0,84
Vent. 1 M. 2-3	12	Norte	26,50	0,58	0,60	0,75
Vent. 2 M. 2-3	12	Norte	11,70	0,58	0,60	0,84

Tras el estudio minucioso de los valores obtenidos podemos celebrar que el edificio como bloque Passivhaus centralizado es viable:

- Demanda de calefacción: 18 kWh/m²a.
- Demanda de refrigeración: 4 kWh/m²a.

En este caso, y dado que el CE3X no permite realizar una certificación considerando los parámetros de ventilación necesarios, pondremos en paralelo los resultados obtenidos anteriormente:



Como se puede observar, la propuesta de convertir el bloque completo en una envolvente Passivhaus es perfectamente viable. A continuación estudiaremos la posibilidad de convertirlo en un bloque formado por 3 tipos diferentes de vivienda pasiva: en planta baja, en planta tipo intermedia y en última planta del bloque.

CASO 2: VIVIENDAS INDIVIDUALES

VIVIENDA EN PLANTA BAJA ORIGINAL

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,39	1,65
Muro tipo 2	7,50	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 1-2	23,50	Sur	0,39	1,65
Muro tipo 1-3	19,20	Norte	0,39	1,65
Forj. Sanitario	57,40	Horizontal	0,32	1,70

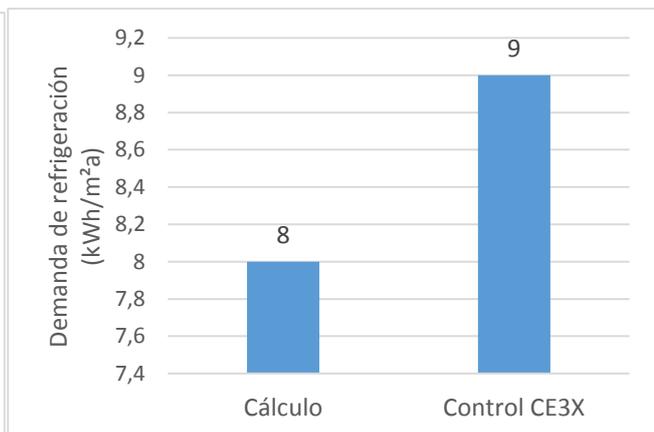
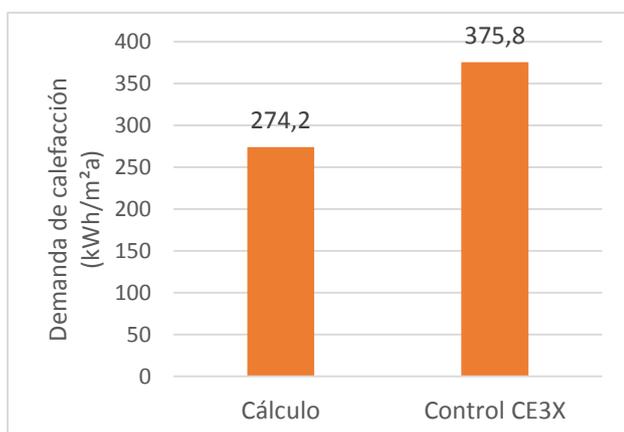
PUNTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-sanit.	1	24,65	0,039
Ceram-forj.	1	24,65	0,061

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	2,10	5,80	2,50	4,86
Puerta M. 5-2	1	Sur	1,60	5,80	2,50	4,74
Vent. M. 3	1	Sur	0,70	5,80	2,50	4,05
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	5,80	2,50	4,45
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	5,80	2,50	4,86

- Demanda de calefacción: 274.2 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 8 kWh/m²K.



VIVIENDA EN PLANTA BAJA ARI RONDILLA

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,47	0,35
Muro tipo 2	7,50	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 1-2	23,50	Sur	0,47	0,35
Muro tipo 1-3	19,20	Norte	0,47	0,35
Forj. Sanitario	57,40	Horizontal	0,32	1,70

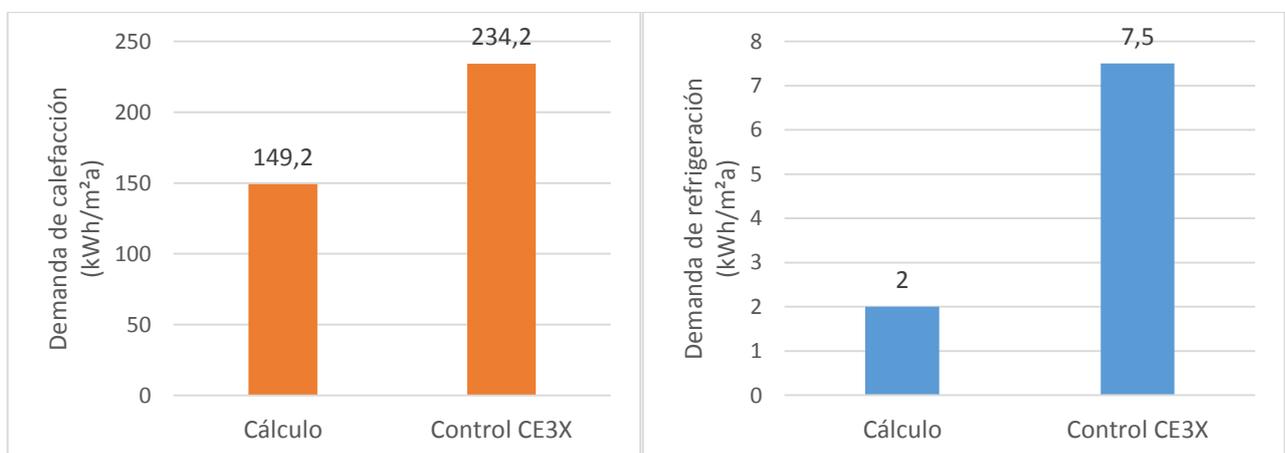
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-sanit.	1	24,65	0,039

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	2,10	2,90	4,50	3,64
Puerta M. 5-2	1	Sur	1,60	2,90	4,50	3,74
Vent. M. 3	1	Sur	0,70	2,90	4,50	4,28
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	2,90	4,50	3,64
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	2,90	4,50	3,97

- Demanda de calefacción: 149.2 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 2 kWh/m²K.



VIVIENDA EN PLANTA BAJA PASSIVHAUS

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,58	1,65
Muro tipo 2	7,50	Norte	0,61	1,28
Muro tipo 1-2	23,50	Sur	0,58	1,65
Muro tipo 1-3	19,20	Norte	0,58	1,65
Forj. Sanitario	57,40	Horizontal	0,39	0,20

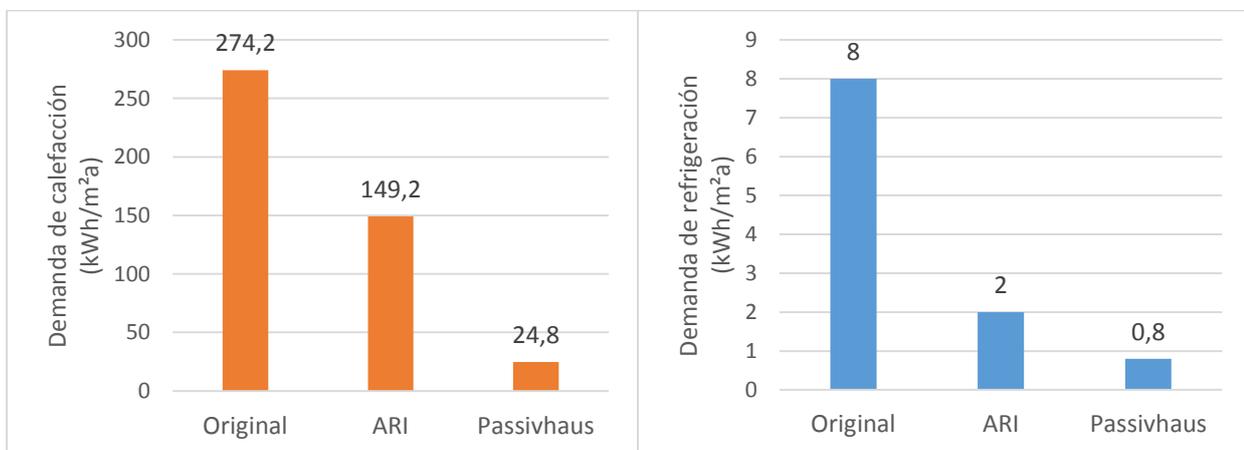
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-sanit.	1	24,65	0,01

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	2,10	0,58	0,60	0,76
Puerta M. 5-2	1	Sur	1,60	0,58	0,60	0,78
Vent. M. 3	1	Sur	0,70	0,58	0,60	0,92
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	0,58	0,60	0,76
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	0,58	0,60	0,84

COMPARATIVA DE RESULTADOS DE LA EVOLUCIÓN



Se observa claramente que las demandas están dentro de los límites marcados por el estándar para las rehabilitaciones EnerPHit.

VIVIENDA TIPO ORIGINAL

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,39	1,65
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,38	1,28
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,26	1,75
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,38	1,46
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,38	1,46
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,15	1,08
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,15	1,08

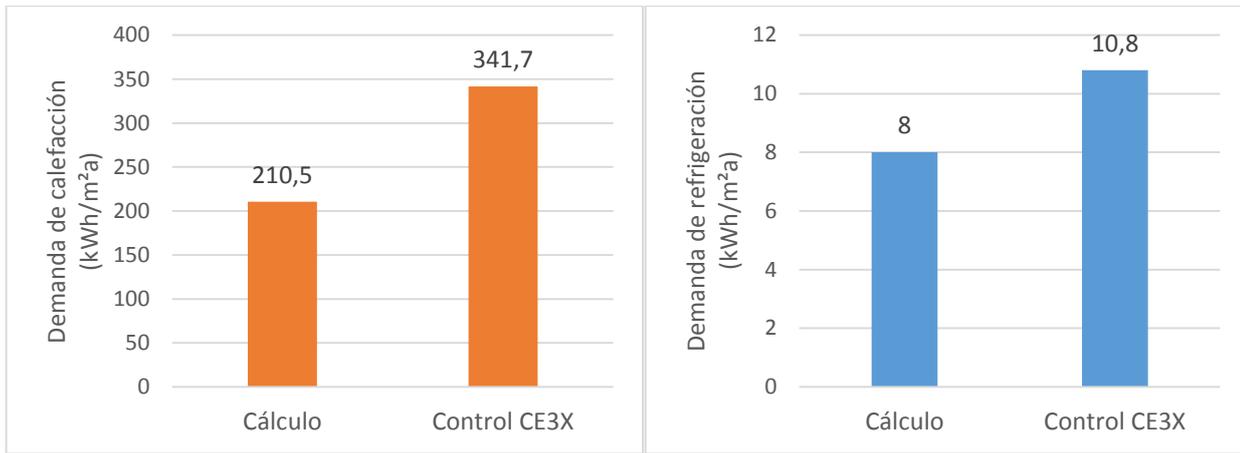
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-forj.	2	25,38	0,061

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	U _v (W/(m ² K))	U _m (W/(m ² K))	U _t (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	5,80	2,50	5,06
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	5,80	2,50	4,74
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	5,80	2,50	4,45
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	5,80	2,50	4,88

- Demanda de calefacción: 210.5 kWh/m²k.
- Demanda de refrigeración: 8 kWh/m²K.



VIVIENDA TIPO SEGÚN ARI

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,47	0,35
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,46	0,33
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,34	0,35
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,46	0,34
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,46	0,34
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,23	0,31
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,23	0,31

PUENTES TÉRMICOS

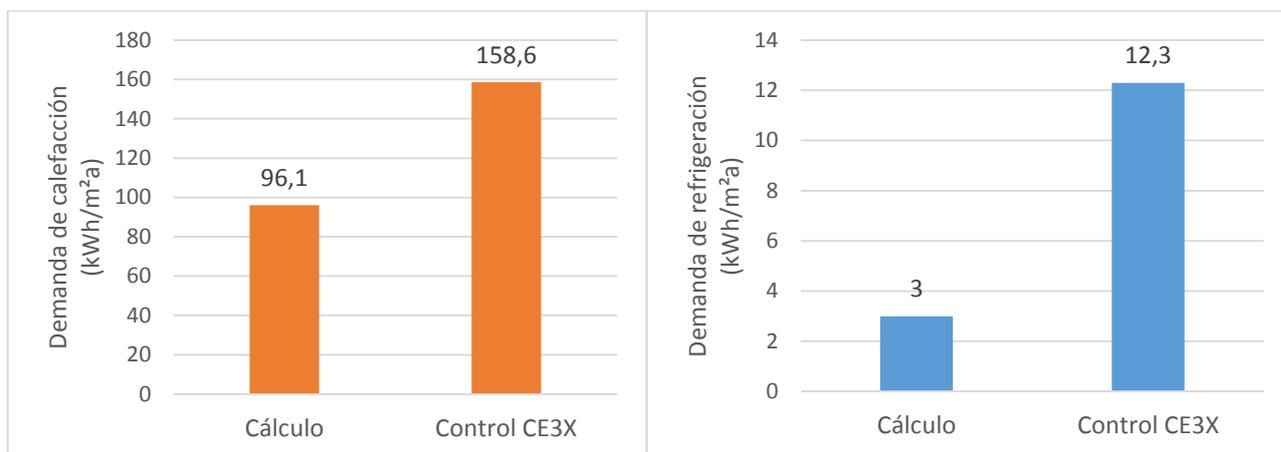
	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-forj.	2	25,38	0,061

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	2,90	4,50	3,48
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	2,90	4,50	3,74
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	2,90	4,50	3,97
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	2,90	4,50	3,63

- Demanda de calefacción: 96.1 kWh/m²K.

- Demanda de refrigeración: 3 kWh/m²K.



VIVIENDA TIPO PASSIVHAUS

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,58	0,14
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,57	0,13
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,45	0,14
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,57	0,14
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,57	0,14
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,34	0,13
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,34	0,13

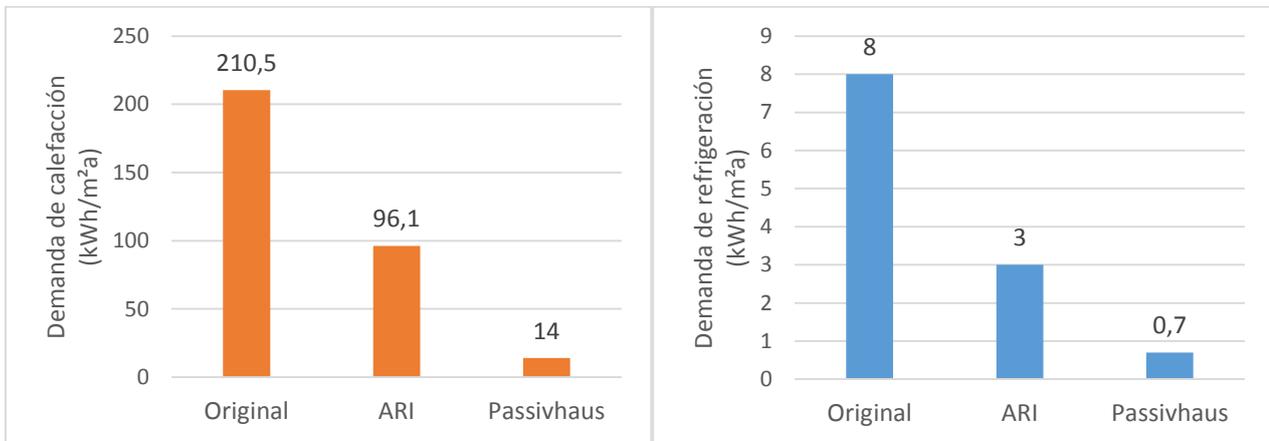
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-forj.	2	25,38	0,01

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	0,58	0,60	0,72
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	0,58	0,60	0,78
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	0,58	0,60	0,84
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	0,58	0,60	0,75

- Demanda de calefacción: 14 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 0.7 kWh/m²K.



VIVIENDA BAJO CUBIERTA ORIGINAL

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,39	1,65
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,38	1,28
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,38	1,28
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,26	1,75
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,38	1,46
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,38	1,46
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,15	1,08
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,15	1,08
Forjado san.	65,00	Horizontal	0,32	1,70
Forjado cor.	65,00	Horizontal	0,28	1,92

PUENTES TÉRMICOS

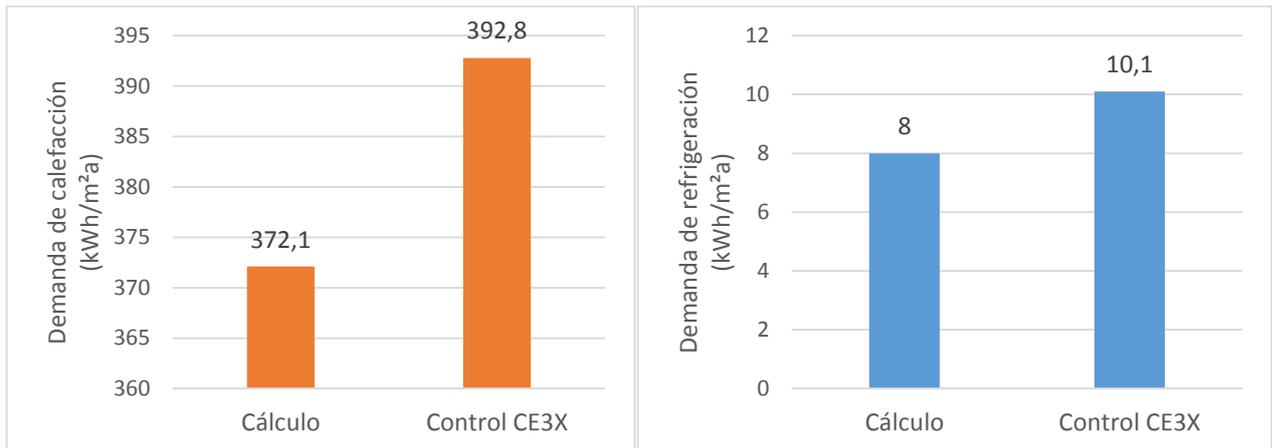
	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Ceram-forj.	1	25,38	0,061
Ceram-coron.	1	25,38	0,061

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	5,80	2,50	4,74

Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	5,80	2,50	5,06
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	5,80	2,50	4,74
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	5,80	2,50	4,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	5,80	2,50	4,45
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	5,80	2,50	4,88

- Demanda de calefacción: 372.1 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 8 kWh/m²K.



VIVIENDA BAJO CUBIERTA SEGÚN ARI

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,47	0,35
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,46	0,33
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,46	0,33
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,34	0,35
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,46	0,34
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,46	0,34
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,23	0,31
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,23	0,31
Forjado san.	65,00	Horizontal	0,32	1,70
Forjado cor.	65,00	Horizontal	0,36	0,40

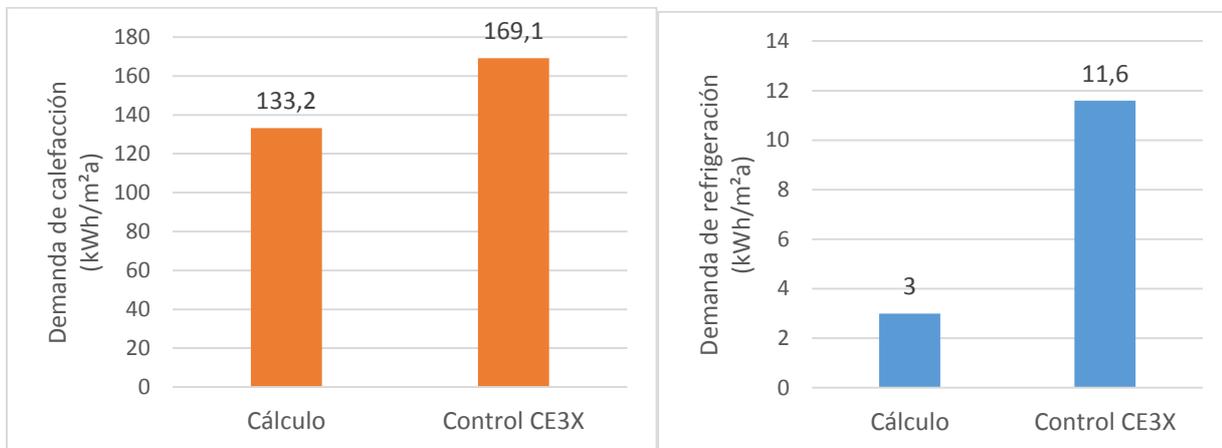
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-forj.	1	25,38	0,061
Cerram-coron.	1	25,38	0,061

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	2,90	4,50	3,48
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	2,90	4,50	3,74
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	2,90	4,50	3,74
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	2,90	4,50	3,97
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	2,90	4,50	3,63

- Demanda de calefacción: 133.2 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 3 kWh/m²K.



VIVIENDA BAJO CUBIERTA PASSIVHAUS

CERRAMIENTOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

	Superficie (m ²)	Orientación	Espesor (m)	U (W/m ² K)
Muro tipo 1-1	18,53	Oeste	0,58	0,14
Muro tipo 2-1	11,34	Sur	0,57	0,13
Muro tipo 2-2	7,50	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 2-3	15,00	Norte	0,57	0,13
Muro tipo 3	5,60	Sur	0,45	0,14
Muro tipo 4-1	2,20	Este	0,57	0,14
Muro tipo 4-2	2,20	Oeste	0,57	0,14
Muro tipo 5-1	6,10	Norte	0,34	0,13
Muro tipo 5-2	5,60	Sur	0,34	0,13
Forjado san.	65,00	Horizontal	0,40	0,26
Forjado cor.	65,00	Horizontal	0,44	0,17

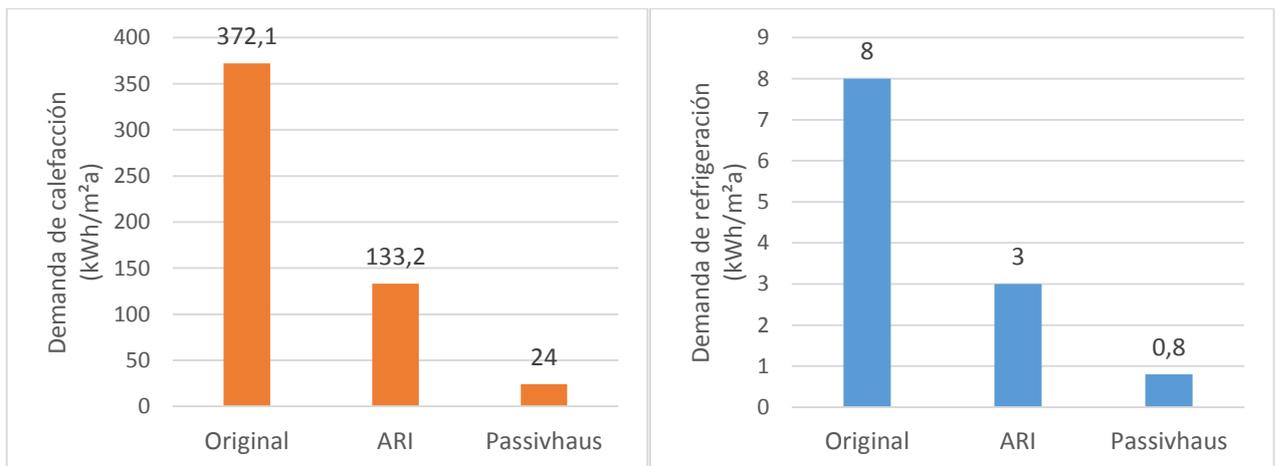
PUENTES TÉRMICOS

	Cantidad	Longitud (m)	Ψ (W/(mK))
Cerram-forj.	1	25,38	0,01
Cerram-coron.	1	25,38	0,01

CARPINTERÍAS

	Cantidad	Orientación	Superficie (m ²)	Uv (W/(m ² K))	Um (W/(m ² K))	Ut (W/(m ² K))
Vent. M. 2-1	1	Sur	1,60	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-2	1	Sur	3,60	0,58	0,60	0,72
Vent. M. 3	1	Sur	1,60	0,58	0,60	0,78
Vent. M. 1-1	1	Oeste	1,60	0,58	0,60	0,78
Puerta M. 5-1	1	Norte	1,40	0,58	0,60	0,84
Vent. 1 M. 2-3	1	Norte	2,20	0,58	0,60	0,75

- Demanda de calefacción: 24 kWh/m²K.
- Demanda de refrigeración: 0.8 kWh/m²K.



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Después de poner en paralelo los resultados de todas y cada una de las posibles soluciones a los diferentes casos que se han planteado, es fácil llegar a la conclusión de que realizar una rehabilitación de un bloque de vivienda para ajustarlo a los parámetros necesarios para un consumo energético mínimo, es más que posible incluso contando con unas condiciones constructivas tan variopintas y precarias, en cierto modo, como son las de los edificios de vivienda social de la época del que hemos analizado.

Mediante un sistema de aislamiento térmico a exteriores (SATE) de 16 cm, un aislamiento del mismo grosor pero en lana de roca entre tabiques palomeros, un recubrimiento en XPS del forjado sanitario y unas carpinterías certificadas, podemos lograr convertir un edificio de estas características en uno que pueda acondicionarse completamente mediante el sistema de ventilación de confort, ayudado con una correcta ventilación nocturna en verano.

CONCLUSIONES

PSH

A pesar de que la eficiencia energética, a nivel internacional, lleva siendo motivo de preocupación desde mediados de los años ochenta y sabiéndose que gran parte de responsabilidad en los altos índices de consumo es responsabilidad del parque edificado, la preocupación sobre el consumo a nivel europeo surge a partir de las normativas aprobadas recientemente. Por este motivo es por lo que el interés internacional por nuevos enfoques en materia de construcción, ha dado pie a investigar la aplicación de estándares ya existentes en otros países. Uno de los que ha suscitado más interés debido a su gran expansión es el estándar Passivhaus, consistente en el cumplimiento de unos valores límite dejando total libertad para la utilización de diferentes sistemas constructivos.

La gran expansión de este estándar y su posterior afianzamiento en los diferentes países que han decidido apostar por él, ha sido gracias a la fundación de plataformas de aplicación como es el caso de la Plataforma PEP en España. Esto ha reafirmado su versatilidad gracias a la colaboración internacional y el intercambio de datos, dejando constancia de la existencia de edificios certificados en climatologías diversas.

El desarrollo de normativas europeas en materia de eficiencia energética en la edificación para tratar de impulsar la búsqueda del Objetivo 20-20-20, ha sido el impulso que han necesitado las instituciones públicas para endurecer los requisitos de aislamiento térmico en la edificación. Tal es el caso del Código Técnico de la Edificación en el que, recientemente, se ha observado un claro endurecimiento en materia de limitación de demanda energética, un paso intermedio, seguramente, para tratar de llegar a esa meta.

Actualmente nos encontramos en un punto de inflexión importante en el mundo de la construcción. Las normativas que terminarán obligando, a partir del año 2020, a que toda la edificación de nueva planta sea construida mediante estándares de alta eficiencia energética (y toda la edificación pública a partir del 2018), invitan a reflexionar y a plantear la viabilidad en nuestro país de una construcción diferente y de una manera distinta de concebir la edificación. Esta concienciación no solamente debe estar enfocada hacia los técnicos del sector, sino que debe estar orientada principalmente hacia el público general, ya que es este el que va a promoverlo y utilizarlo.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se hace necesario contemplar la aplicación de esta manera de construir como una solución a largo plazo para el desarrollo sostenible. Una forma distinta a todos los diferentes enfoques que se han dado hasta la actualidad que versaban en maneras de contemplar el crecimiento de las ciudades de manera diametralmente opuesta a la forma a la que estamos acostumbrados. Sin embargo, no se trata de desechar estas teorías y plantearlas de nuevo desde cero, sino de complementarlas y tratar no solamente de lograr un desarrollo equilibrado, sino de "reparar" la forma de crecer que han

tenido las ciudades durante décadas para, finalmente, lograr que la totalidad del conjunto de edificaciones construidas colaboren entre sí y fomenten un tejido colaborativo de edificación energéticamente eficiente.

En este marco, el estándar Passivhaus de edificación y sus rehabilitaciones EnerPHit se presentan como una posible solución a largo plazo para lograr un futuro eficiente energéticamente y responsable con el medio ambiente, un futuro de edificios con una gran calidad de aire interior y un alto grado de confort a lo largo de todo el año.

- Wassouf, Micheel. "De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos". 2014. Gustavo Gili. Barcelona.
- VV. AA. "Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo". 2014. 3ª Edición. Consejería de Economía y Hacienda. Madrid.
- Martínez, J. "Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X". 2012. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Código Técnico de la Edificación (CTE). (2016). Ministerio de Fomento. Madrid.
- Waltjen, Tobias. "Passivhaus-Bauteilkatalog: ökologisch bewertete Konstruktionen, Details for passive houses: a catalogue of ecologically rated constructions". (2008). Wien Springer.
- Linz, Bárbara. "Casas Ecológicas. ECO – HOUSES". 2010. Edit. Ullmann. Barcelona.
- CANO PINA, S. L. "Conocimientos técnicos de climatización". 2004. Ediciones CEYSA. A.G. Eduardo, S.L.
- Blune, Hermann. "La Casa Pasiva. Clima y ahorro energético". (1984). The American Institute of Architects.
- Barambio, Amarante. "Importancia y Evolución del Estándar Passivhaus en Europa". (2009). Universidad de Lleida.
- Guía IDAE: "Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios". 2012. IDEA. Madrid.
- Asociación Internacional Casa Pasiva - The Passive House Brochure. (Noviembre 2015) <http://www.passivehouse-international.org/>
- Barambio, Amarante. Berger, Wolfgang. Comparación energética VPO con PHPP. (2010). 2ª Conferencia en Española Passivhaus (Noviembre 2015): <http://www.plataforma-pep.org/>
- International Passive House Association (IPHA). Passive House Guidelines. (Diciembre 2015): http://www.passivehouseinternational.org/index.php?page_id=80
- Passipedia. The world's first Passive House, Darmstadt-Kranichstein, Germany. (Enero 2016) http://www.passipedia.org/examples/residential_buildings/single_family_houses/central_europe/the_world_s_first_passive_house_darmstadtkranichstein_germany

- Passive House Database (Enero 2016)
<http://www.passivhausprojekte.de>
- Conferencias Passivhaus (Febrero 2016)
<http://www.passivhaustagung.de>
- Energiehaus. Passivhaus el futuro Estándar de construcción europeo. (Febrero 2016)
http://www.ahk.es/fileadmin/ahk_spanien/beigefuegte_Dateien/Energiehaus_01.pdf
- Estudio Passivhaus en climas cálidos de Europa. (Marzo 2016)
<http://www.passive-on.org/>
- ISOVER – SAINT GOBAIN. (Marzo 2016)
<http://www.isover.net>
- Materiales y técnicas ambientales sostenibles para arquitectura, edificación y construcción. (Abril 2016)
<http://www.construction.tyvek.com>
- Passipedia. (Abril 2016)
http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/
- Plataforma Edificación Passivhaus España. (Abril 2016)
<http://www.plataforma-pep.org/>
- Promoción Passivhaus en Europa. (Mayo 2016)
<http://www.europeanpassivehouses.org/>
- Proyecto europeo de construcción Passivhaus accesible. (Mayo 2016)
<http://www.cepheus.de/eng/index.html>
- Proyecto Passivhaus certificados. (Junio 2016)
<http://www.passivhausprojekte.de/projekte.php>
- BASF. Sistemas de Aislamiento de Cimentación. (Julio 2016)
<http://www.basf.com>
- STO. Sistemas de Aislamiento de Fachadas Passivhaus. (Julio 2016)
<http://www.sto.es>

ANEXO 1: BLOQUE DE VIVIENDAS ORIGINAL

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000000000		

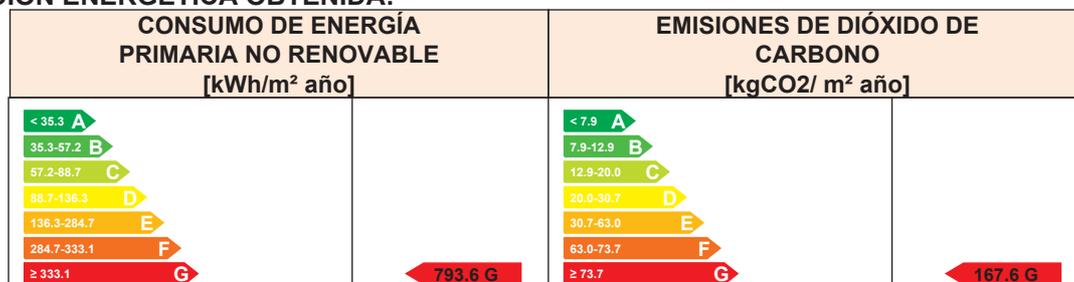
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

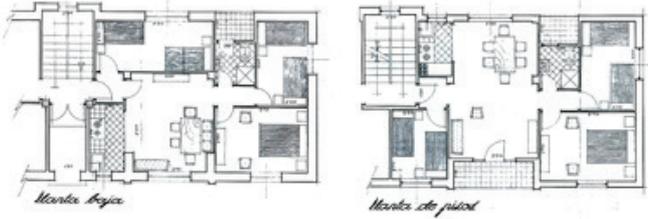
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	641.67
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 1	Fachada	55.32	1.65	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	60.75	1.28	Conocidas
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	113.85	1.49	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	65.2	2.06	Conocidas
Fachada Norte Tipo 1	Fachada	51.74	1.65	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	219.65	1.49	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	35.84	2.06	Conocidas
Fachada Este Tipo 1	Fachada	116.75	1.65	Conocidas
Fachada Este Tipo 3	Fachada	7.57	1.49	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	30.56	2.06	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	30.45	2.21	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	116.75	1.65	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 3	Fachada	7.57	1.49	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	30.56	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	30.45	2.21	Conocidas
Forjado Sanitario	Partición Interior	134.0	1.71	Estimadas
Cubierta Palomeros	Partición Interior	127.7	1.47	Estimadas
Terrazas	Cubierta	6.38	1.47	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST1	Hueco	3.12	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V2 FST1	Hueco	4.16	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V3 FST1	Hueco	1.3	5.00	0.67	Estimado	Estimado
P1 FST1	Hueco	2.1	4.30	0.52	Estimado	Estimado
V1 FST2	Hueco	15.6	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V1 FST3	Hueco	15.6	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V4 FST8	Hueco	14.3	5.00	0.43	Estimado	Estimado
P2 FST8	Hueco	14.7	4.30	0.45	Estimado	Estimado
V2 FNT1	Hueco	4.16	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V5 FNT3	Hueco	22.1	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V3 FNT3	Hueco	6.5	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V6 FNT3	Hueco	5.85	5.00	0.67	Estimado	Estimado
P3 FNT8	Hueco	20.16	4.30	0.52	Estimado	Estimado
V1 FET1	Hueco	9.36	5.00	0.67	Estimado	Estimado
V1 FOT1	Hueco	9.36	5.00	0.67	Estimado	Estimado

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
VPB1	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPB2	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT3	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT4	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT5	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT6	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT7	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT8	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT9	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT10	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT11	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT12	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	1200.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
VPB1	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPB2	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT3	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT4	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT5	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT6	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT7	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT8	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT9	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT10	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT11	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT12	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		150.43		15.40	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.77		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.77	1136.38
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	165.83	106411.06

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		710.38		72.73	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		10.45		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]		<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 2: BLOQUE DE VIVIENDAS TRAS EL ARI

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000000000		

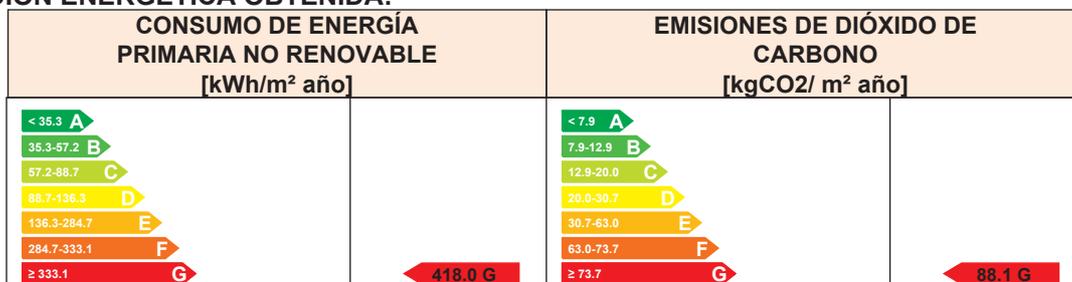
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 03/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

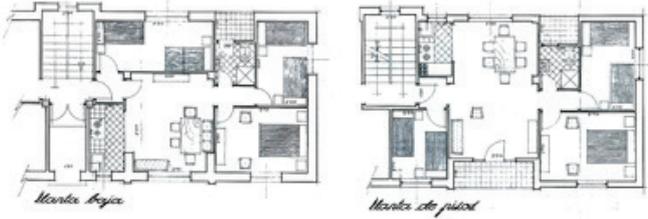
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	641.67
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 1	Fachada	55.32	0.30	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	60.75	0.28	Conocidas
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	113.85	0.29	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	65.2	0.31	Conocidas
Fachada Norte Tipo 1	Fachada	51.74	0.30	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	219.65	0.29	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	35.84	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 1	Fachada	116.75	0.30	Conocidas
Fachada Este Tipo 3	Fachada	7.57	0.29	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	30.56	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	30.45	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	116.75	0.30	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 3	Fachada	7.57	0.29	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	30.56	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	30.45	0.31	Conocidas
Forjado Sanitario	Partición Interior	134.0	1.71	Estimadas
Cubierta Palomeros	Partición Interior	127.7	0.23	Estimadas
Terrazas	Cubierta	6.38	0.49	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST1	Hueco	3.12	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V2 FST1	Hueco	4.16	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V3 FST1	Hueco	1.3	3.38	0.64	Conocido	Conocido
P1 FST1	Hueco	2.1	3.96	0.52	Conocido	Conocido
V1 FST2	Hueco	15.6	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V1 FST3	Hueco	15.6	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V4 FST8	Hueco	14.3	3.38	0.41	Conocido	Conocido
P2 FST8	Hueco	14.7	3.96	0.45	Conocido	Conocido
V2 FNT1	Hueco	4.16	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V5 FNT3	Hueco	22.1	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V3 FNT3	Hueco	6.5	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V6 FNT3	Hueco	5.85	3.38	0.64	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	20.16	3.96	0.52	Conocido	Conocido
V1 FET1	Hueco	9.36	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	9.36	3.38	0.64	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
VPB1	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPB2	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT3	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT4	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT5	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT6	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT7	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT8	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT9	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT10	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT11	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT12	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

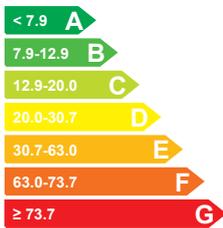
Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	1200.0
---	--------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
VPB1	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPB2	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT3	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT4	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT5	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT6	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT7	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT8	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT9	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT10	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT11	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
VPT12	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

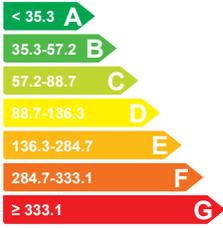
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		70.84		15.40	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.82		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.82	1168.11
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	86.24	55338.10

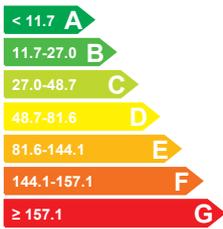
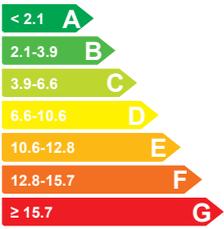
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		334.52		72.73	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		10.75		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN			
					
				<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 3: VIVIENDA EN PLANTA BAJA ORIGINAL

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

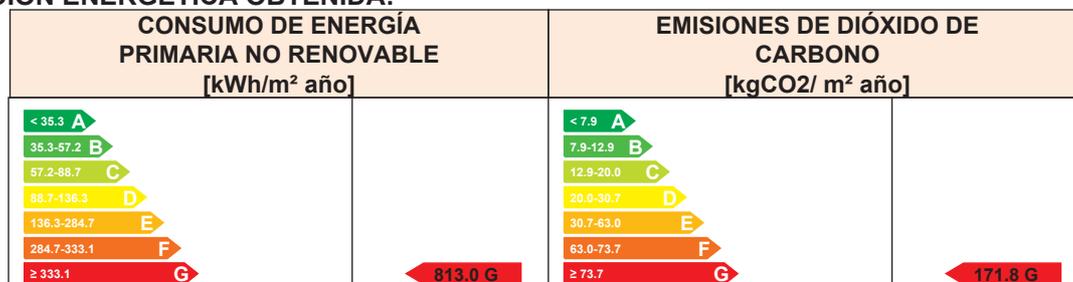
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

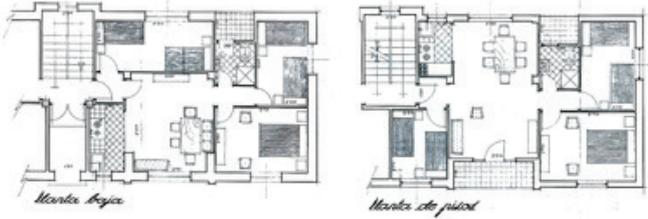
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	48.27
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 1	Fachada	19.31	1.65	Conocidas
Fachada Norte Tipo 1	Fachada	15.9	1.65	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	14.83	1.65	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.0	2.06	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.0	2.06	Conocidas
Separación Portal	Partición Interior	16.47	1.01	Estimadas
Forjado Sanitario	Partición Interior	48.27	1.71	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST1	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V2 FST1	Hueco	2.08	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V3 FST1	Hueco	0.65	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V2 FNT1	Hueco	2.08	5.00	0.68	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	4.30	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

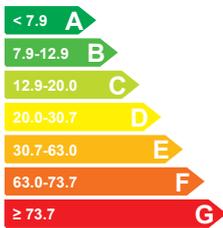
Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

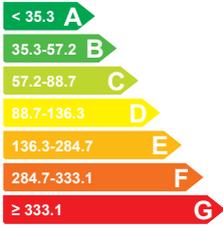
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block;">171.8 G</div>	CALEFACCIÓN	ACS		
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		153.23		17.06	
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.50		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.50	72.29
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	170.29	8219.68

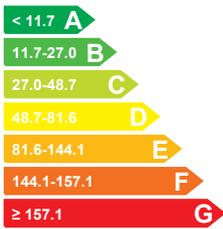
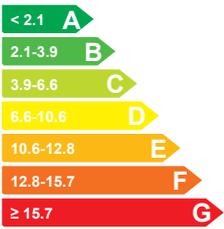
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block;">813.0 G</div>	CALEFACCIÓN	ACS		
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		723.59		80.54	
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN		
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		8.84		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN			
	<div style="background-color: red; color: white; padding: 5px; display: inline-block;">375.8 G</div>		<div style="background-color: yellow; color: black; padding: 5px; display: inline-block;">9.0 D</div>		
		<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]		<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 4: VIVIENDA EN PLANTA BAJA TRAS EL ARI

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

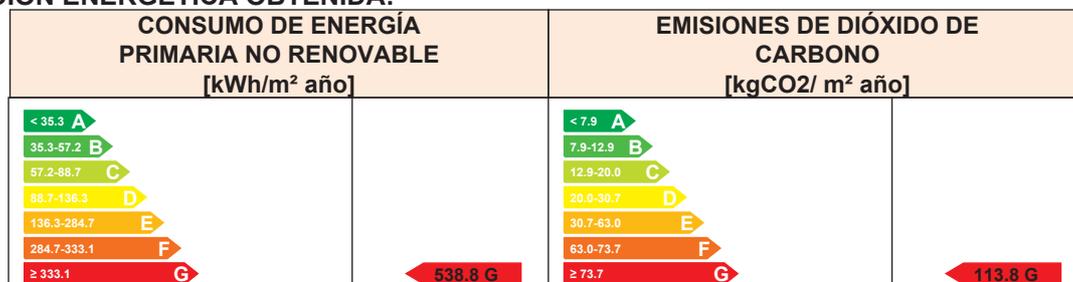
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

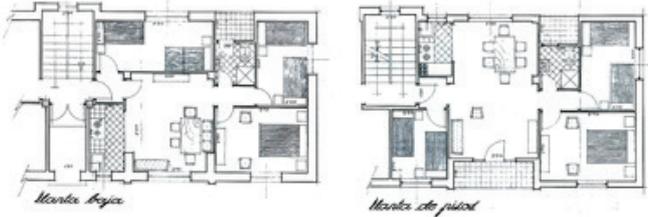
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	48.27
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 1	Fachada	19.31	0.30	Conocidas
Fachada Norte Tipo 1	Fachada	15.9	0.30	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	14.83	0.30	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.0	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.0	0.31	Conocidas
Separación Portal	Partición Interior	16.47	0.79	Estimadas
Forjado Sanitario	Partición Interior	48.27	1.71	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST1	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V2 FST1	Hueco	2.08	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V3 FST1	Hueco	0.65	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V2 FNT1	Hueco	2.08	3.38	0.64	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	3.96	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	113.8 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		95.49		17.06	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.24		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.24	59.88
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	112.54	5432.33

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	538.8 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		450.90		80.54	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		7.32		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	234.2 G		7.5 D
			<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 5: VIVIENDA TIPO ORIGINAL

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

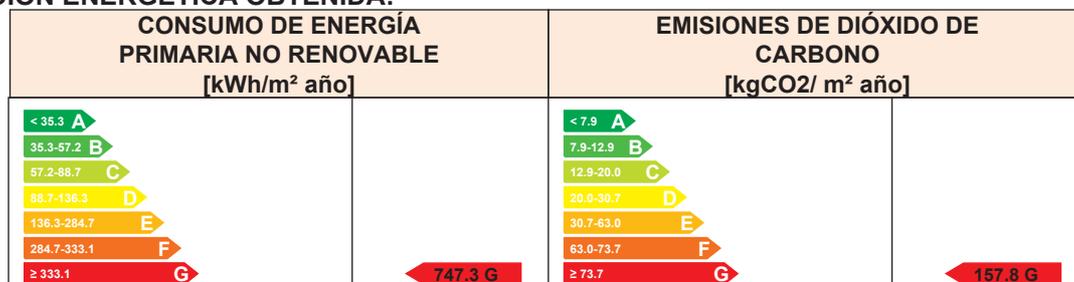
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

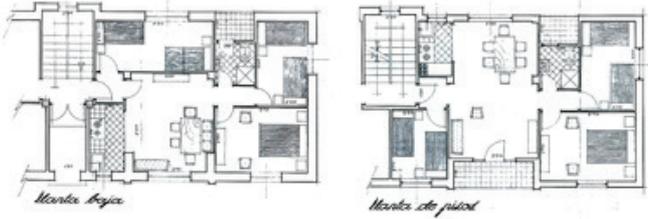
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	49.33
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	8.43	1.49	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	6.55	2.06	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	4.43	1.28	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	15.12	1.49	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	15.37	1.65	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.27	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	2.03	2.21	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.27	2.06	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	2.03	2.21	Conocidas
Separación Viviendas	Fachada	7.29	0.00	
Separación Escalera 1	Partición Interior	11.85	0.86	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST3	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V1 FST2	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V4 FST8	Hueco	1.43	5.00	0.43	Conocido	Conocido
P2 FST8	Hueco	1.47	4.30	0.45	Conocido	Conocido
V5 FNT3	Hueco	2.21	5.00	0.68	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3 FNT3	Hueco	0.65	5.00	0.68	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	4.30	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		139.32		16.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.79		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.79	88.18
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	156.01	7695.83

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		657.89		78.81	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		10.55		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN			
				<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]
				11.7	2.1
				27.0	3.9
				48.7	6.6
				81.6	10.6
				144.1	12.8
157.1	15.7				
≥157.1	≥15.7				

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 6: VIVIENDA TIPO TRAS EL ARI

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

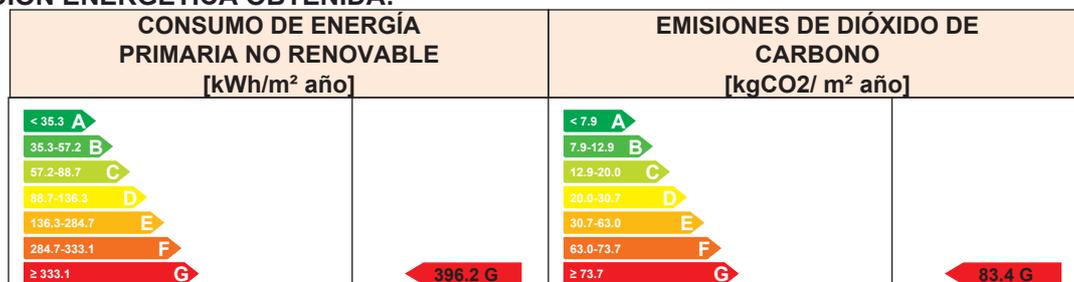
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

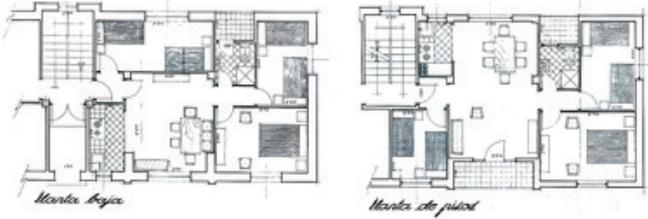
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	49.33
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	8.43	0.29	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	6.55	0.31	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	4.43	0.28	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	15.12	0.29	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	15.37	0.30	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.27	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	2.03	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.27	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	2.03	0.31	Conocidas
Separación Viviendas	Fachada	7.29	0.00	
Separación Escalera 1	Partición Interior	11.85	0.65	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST3	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V1 FST2	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V4 FST8	Hueco	1.43	3.38	0.41	Conocido	Conocido
P2 FST8	Hueco	1.47	3.96	0.45	Conocido	Conocido
V5 FNT3	Hueco	2.21	3.38	0.64	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V3 FNT3	Hueco	0.65	3.38	0.64	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	3.96	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	83.4 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		64.66		16.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		2.03		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	2.03	100.32
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	81.35	4013.15

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	396.2 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		305.36		78.81	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	E	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		12.01		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	158.6 G		12.3 E

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 7: VIVIENDA ULT. PLANTA ORIGINAL

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

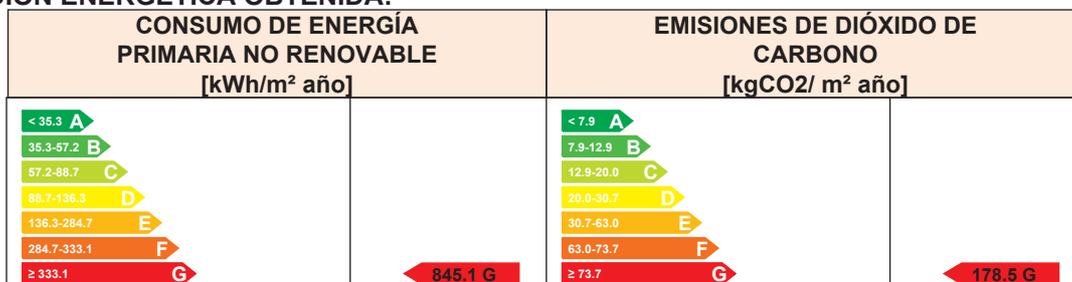
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

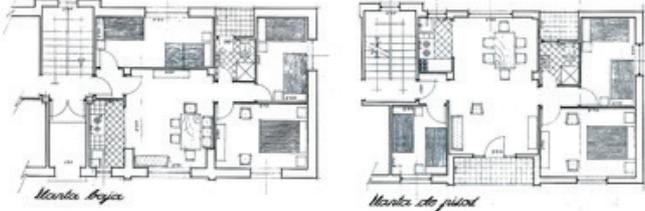
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	49.33
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	8.43	1.49	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	6.55	2.06	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	4.43	1.28	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	15.12	1.49	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	15.37	1.65	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.27	2.06	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	2.03	2.21	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.27	2.06	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	2.03	2.21	Conocidas
Separación Viviendas	Fachada	7.29	0.00	
Separación Escalera 1	Partición Interior	11.85	0.86	Estimadas
Cubierta	Partición Interior	49.33	1.47	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST3	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V1 FST2	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V4 FST8	Hueco	1.43	5.00	0.43	Conocido	Conocido
P2 FST8	Hueco	1.47	4.30	0.45	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V5 FNT3	Hueco	2.21	5.00	0.68	Conocido	Conocido
V3 FNT3	Hueco	0.65	5.00	0.68	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	4.30	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	5.00	0.68	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	178.5 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		160.19		16.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	C	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.67		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.67	82.44
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	176.88	8725.41

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	845.1 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		756.45		78.81	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	D	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		9.87		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	392.8 G		10.1 D

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO 8: VIVIENDA ULT. PLANTA TRAS EL ARI

PSH

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Dirección	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	Valladolid	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
Zona climática	D2	Año construcción	1958
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	0000000000		

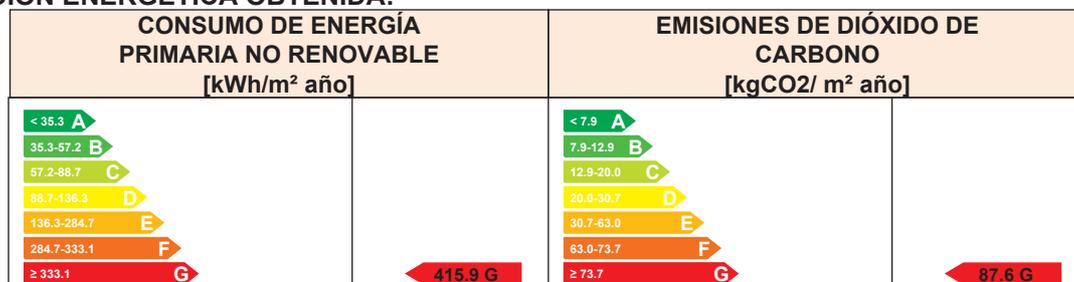
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Bloque completo <input checked="" type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF(NIE)	00000000x
Razón social	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	NIF	0000000000
Domicilio	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Municipio	XXXXXXXXXXXXXXX	Código Postal	00000
Provincia	Valladolid	Comunidad Autónoma	Castilla y León
e-mail:	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Teléfono	000000000
Titulación habilitante según normativa vigente	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 04/09/2016

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

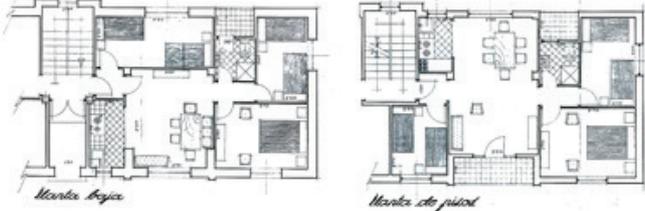
Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m²]	49.33
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada Sur Tipo 3	Fachada	8.43	0.29	Conocidas
Fachada Sur Tipo 8	Fachada	6.55	0.31	Conocidas
Fachada Sur Tipo 2	Fachada	4.43	0.28	Conocidas
Fachada Norte Tipo 3	Fachada	15.12	0.29	Conocidas
Fachada Norte Tipo 8	Fachada	2.64	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 1	Fachada	15.37	0.30	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 8	Fachada	2.27	0.31	Conocidas
Fachada Oeste Tipo 4	Fachada	2.03	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 8	Fachada	2.27	0.31	Conocidas
Fachada Este Tipo 4	Fachada	2.03	0.31	Conocidas
Separación Viviendas	Fachada	7.29	0.00	
Separación Escalera 1	Partición Interior	11.85	0.65	Estimadas
Cubierta	Partición Interior	49.33	0.23	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V1 FST3	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V1 FST2	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V4 FST8	Hueco	1.43	3.38	0.41	Conocido	Conocido
P2 FST8	Hueco	1.47	3.96	0.45	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V5 FNT3	Hueco	2.21	3.38	0.64	Conocido	Conocido
V3 FNT3	Hueco	0.65	3.38	0.64	Conocido	Conocido
P3 FNT8	Hueco	1.68	3.96	0.52	Conocido	Conocido
V1 FOT1	Hueco	1.56	3.38	0.64	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

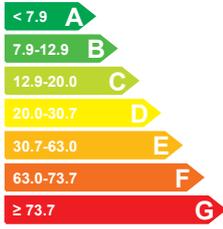
Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	100.0
--	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D2	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

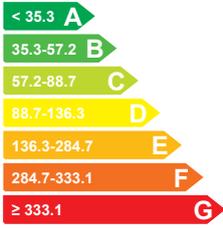
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² año]	G
		68.97		16.69	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² año]		<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² año]	D	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² año]	-
		1.92		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.92	94.93
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	85.66	4225.53

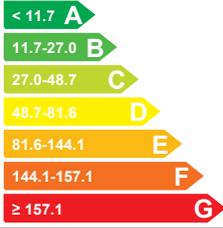
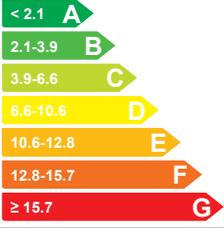
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción</i> [kWh/m ² año]	G	<i>Energía primaria ACS</i> [kWh/m ² año]	G
		325.69		78.81	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable</i> [kWh/m ² año]		<i>Energía primaria refrigeración</i> [kWh/m ² año]	E	<i>Energía primaria iluminación</i> [kWh/m ² año]	-
		11.36		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN			
					
				<i>Demanda de calefacción</i> [kWh/m ² año]	<i>Demanda de refrigeración</i> [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

