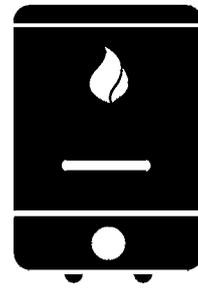
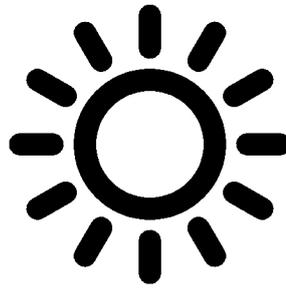
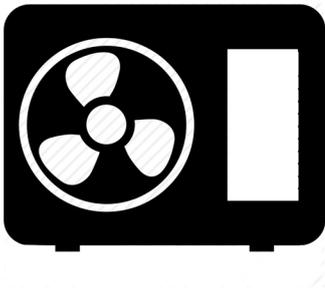


“Eficiencia energética de instalaciones térmicas con energías renovables:
el caso de una residencia de estudiantes”



Autora: Cristina Sendra Sempere
Tutor: Juan José Sendra Salas
Trabajo Fin de Grado
Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Escuela Técnica Superior de la Arquitectura de Sevilla
Curso 2019-2020

Resumen

Se está produciendo un cambio en el modelo energético a nivel global. El desarrollo de las energías renovables, y la integración de estas en la arquitectura, buscan minimizar el impacto negativo en la naturaleza, en búsqueda de la descarbonización del parque inmobiliario mediante edificios de consumo de energía casi nulo.

Dado que las instalaciones de climatización y agua caliente sanitaria en edificios residenciales públicos son de las que mayor peso tienen dentro del consumo total, se propone como principal objetivo de este trabajo hacer un análisis de eficiencia energética de instalaciones térmicas que incorporen, bien energías renovables como solar térmica o aerotermia, bien energía convencional resuelta por caldera.

Para ello se dispone de un caso de estudio, diseñado en la asignatura de Taller 2, como es una residencia de estudiantes ubicada en la calle Isaac Peral, en Sevilla, y se crean modelos virtuales de simulación energética en Clima y Herramienta Unificada Lider Calener, reconocida por el Código Técnico de la Edificación, para sacar conclusiones y resultados que ayuden a incidir en la cuestión de las energías renovables.

Los resultados del trabajo muestran lo competitiva que puede ser la aerotermia como fuente de energía renovable para el agua caliente sanitaria en edificios residenciales públicos localizados en zonas de elevada severidad climática en verano. Es una clara alternativa a la energía solar térmica, fundamentalmente por su capacidad de transferencia de calor con la instalación de climatización cuando trabaja en modo de refrigeración.

Palabras clave: *energías renovables, aerotermia, energía solar, eficiencia energética, instalaciones térmicas*

Abstract

A global shift in the energy model is taking place. Both the development of renewable energies and their integration in architecture aim to minimize the negative impact in nature, being able to achieve a sustainable development, in the search for the decarbonisation of the building stock by constructing almost zero-energy buildings.

Given that air-conditioning and hot water installations are among the largest in overall consumption, the main objective of this work is to carry out an analysis of the energy efficiency of thermal installations, incorporating either renewable energies such as solar thermal or aérothermal, or conventional energy solved by boiler.

In order to do this, we had a case study, designed in the subject of Taller 2, as it is a student residence located on Isaac Peral street, in Sevilla, and we created virtual models of energy simulation in Clima and Herramienta Unificada Lider Calener, recognized by the Technical Building Code, to draw conclusions and results that help to influence the issue of renewable energy.

The results of this work show how competitive aérothermia can be as a renewable energy source for hot water in public residential buildings located in areas of high climatic severity in summer. It is a clear alternative to solar thermal energy, mainly due to its heat transfer capacity with the installation of air conditioning when working in cooling mode.

Key words: *renewable energies, aérothermia, solar thermal, energy efficiency, thermal installation*

1.-Introducción	6
1.1.-Novedad e interés del tema	6
1.2.-Objetivos del estudio	7
2.- Estado del arte	8
2.1.-Marco normativo	8
2.2.-Proyectos de investigación	10
2.3.-Artículos y estudios científicos	11
3.- Metodología	13
4.-Descripción del caso de estudio	16
4.1.-Presentación del edificio	16
4.2.-Planimetría	18
4.3.- Definición de la envolvente térmica	19
4.4.-Valores de transmitancia de la envolvente	20
4.5.- Definición energética de los locales	23
4.6.-Cargas sensibles y latentes	25
4.7.-Caudales de ventilación por local	27
4.8.-Modelo energético (HULC)	28
5.-Definición de los sistemas térmicos	31
5.1.-Descripción general. Justificación de la elección	31
5.2.-Sistemas de climatización	31
5.3.-Sistema de abastecimiento de agua caliente sanitaria	35
6.-Desarrollo de sistemas de generación primaria	37
6.1.- Condiciones generales y adaptación de los sistemas térmicos a HULC	37
6.2.-Hipótesis de diseño A: generación solar térmica y caldera	38
6.3.-Hipótesis de diseño B: generación mediante aerotermia	41
6.4.-Hipótesis de diseño C: generación no renovable	44
7.-Discusión de resultados de cada una de las soluciones	46
7.1.- Resultados de hipótesis de diseño A	46
7.2.- Resultados de hipótesis de diseño B	47
7.3.- Resultados de hipótesis de diseño C	48

7.4.-Comparación de resultados	49
8.-Conclusiones	51
9.-Futura línea de investigación	52
10.-Bibliografía	53

Anejo I: Catálogos de selección de equipos de instalaciones térmicas

Anejo II: Informe CLIMA_V_2

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo final de energía por sector	6
Tabla 2: Inversión y apoyo previsto para energías renovables	8
Tabla 3: Energía renovable por sector: Comercio, Servicios y Administración Públicas	9
Tabla 4: Resumen de superficies	17
Tabla 5: Solución de puentes térmicos	23
Tabla 6: Condiciones operacionales interiores	25
Tabla 7: Caudales de ventilación total de locales	27
Tabla 8: Cargas térmicas totales del edificio en CLIMA	31
Tabla 9: Cargas térmicas por local en CLIMA	32
Tabla 10: Potencia de unidades interiores	33
Tabla 11: Denominación de espacios en HULC según uso	34
Tabla 12: Demanda térmica de agua caliente sanitaria mensual	36
Tabla 13: Comparación de resultados de ACS hipótesis B con y sin recuperación de calor	43
Tabla 14: Resultados finales de hipótesis A	46
Tabla 15: Comparación de resultados finales hipótesis B con valores de comparación de HULC	47
Tabla 16: Resultados finales de hipótesis B	47
Tabla 17: Comparación de resultados finales hipótesis B con valores de comparación de HULC	48
Tabla 18: Resultados finales de hipótesis C	48
Tabla 19: Comparación de resultados finales hipótesis C con valores de comparación de HULC	49
Tabla 20: Comparación de resultados finales de todas las hipótesis	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cuota acumulada de patentes en 2016	11
Figura 2: Localización Zona Sur y de parcela de caso de estudio	16
Figura 3: Situación del proyecto	16
Figura 4: Volumetría del caso de estudio	17
Figura 5: Planimetría del caso de estudio	18
Figura 6: Definición en perspectiva de la envolvente térmica	19

Figura 7: Definición en planta y sección de la envolvente térmica	19
Figura 8: Solución de fachada	20
Figura 9: Solución de cubierta no transitable	21
Figura 10: Solución de partición horizontal	21
Figura 11: Solución de partición interior vertical	21
Figura 12: Solución de partición interior horizontal	22
Figura 13: Perfil de uso en locales climatizados	25
Figura 14: Perfil de uso de iluminación en locales climatizados	26
Figura 15: Perfil de uso de luces en locales climatizados	26
Figura 16: Datos administrativos	28
Figura 17: Modelo energético	29
Figura 18: Resultados de cumplimiento de HE1	29
Figura 19: Resultado de HULC de demanda de climatización	30
Figura 20: Sistema de climatización	34
Figura 21: Resultados sistema de climatización	35
Figura 22: Demanda de abastecimiento de ACS	36
Figura 23: Esquema de principio de hipótesis de diseño A	38
Figura 24: Elección de placas térmicas solares	39
Figura 25: Resultados de sistema solar térmico para ACS	40
Figura 26: Resultados de referencia ACS de hipótesis A	40
Figura 27: Esquema de principio de sistema térmico resuelto mediante aerotermia	41
Figura 28: Introducción en HULC de agua caliente sanitaria abastecido por aerotermia	42
Figura 29: Resultados de ACS de hipótesis B	42
Figura 30: Cumplimiento HE4 de hipótesis B	42
Figura 31: Resultados de consumo de refrigeración y ACS de hipótesis B	43
Figura 32: Esquema de principio de hipótesis C	44
Figura 33: Introducción de caldera en HULC	45
Figura 34: Resultados de ACS de hipótesis C	45

ABREVIACIONES

<u>ACS</u>	Agua Caliente Sanitaria
<u>CEC</u>	Catálogo de Elementos Constructivos
<u>HULC</u>	Herramienta Unificada Lider Calener
<u>IT</u>	Instrucción Técnica
<u>IDAE</u>	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
<u>SPF</u>	Seasonal Performance Factor
<u>RITE</u>	Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios
<u>UTAE</u>	Unidad de Tratamiento de Aire Exterior
<u>VEEI</u>	Valor de eficiencia energética de una instalación
<u>VRF</u>	Flujo refrigerante variable

1.-Introducción

1.1.-Novedad e interés del tema

El presente documento es el resultado del trabajo propuesto como finalización al Grado en Fundamentos de la Arquitectura de la Universidad de Sevilla.

La finalidad de este ha sido analizar la eficiencia energética y emisiones de CO₂ de dos sistemas de generación térmica provenientes de energías renovables y uno convencional, con el fin de realizar una comparación mediante herramientas de simulación energética y poder sacar conclusiones respecto el funcionamiento de cada una, entre sí, y respecto a una solución tradicional.

Es obligación de la comunidad técnica y científica usar estos instrumentos para mejorar no solo nuestra vida, sino la del planeta. No solo hablamos del daño que se puede producir si no abandonamos el uso de la energía fósil, sino de la necesidad acuciante que provoca el agotamiento de los recursos naturales, que son finitos.

La eficiencia energética es considerada el factor clave para reducir las emisiones de gases de invernadero y alcanzar los objetivos de la política energética ⁽¹⁾. Es la solución para contener los altos costos energéticos y las amenazas del cambio climático.

El interés del trabajo reside en la realización de un estudio de eficiencia en este campo de energías renovables, en condiciones específicas, por parte de la aerotermia, con el calor extraído del aire exterior, y por parte de las placas solares térmicas, con los valores de radiación solar media anual en la ciudad de Sevilla, para la solución de los sistemas térmicos de los edificios de uso terciario, ya que forman una gran parte del consumo energético total.

En Sevilla, el sector servicios (*Tabla 1*) supone la mayor carga térmica según el consumo energético, solo por debajo del sector residencial.

2018						
Unidad: ktep	Industria	Transporte	Primario	Servicios	Residencial	Total
Almería	52,3	0,2	29,1	105,6	91,2	278,4
Cádiz	150,4	1,7	8,1	126,1	142,8	429,2
Córdoba	52,7	8	9,8	77,6	115,3	263,4
Granada	43,8	0,7	15,3	92,5	134,4	286,7
Huelva	149,8	0,3	10,1	59,2	64,1	283,5
Jaén	61,3	0,8	20,7	60,6	94,2	237,7
Málaga	43	1,3	7,1	214,9	270,5	536,8
Sevilla	148,1	7	21,2	202,4	287,4	666,1
Andalucía	701,5	20,1	121,4	938,9	1199,9	2981,7

Tabla 1: Consumo final de energía por sector. Elaboración propia. Datos extraídos de Junta de Andalucía. Datos Energéticos / Agencia Andaluza de la Energía.

También se tiene en cuenta la inclinación de la sociedad, y en este caso, del sector de la construcción, hacia la eficiencia y la sostenibilidad de los edificios, que deja implícito el uso de

estos sistemas de aquí a un futuro cercano, la implementación de las energías renovables y, como consecuencia, el uso de herramientas y metodologías que se disponen para una correcta elección.

Nos encontramos ante un tsunami tecnológico, donde día a día las técnicas avanzan afectando a la calidad de vida del usuario. La aplicación de sistemas de aporte de origen renovable en las instalaciones térmicas mejora la eficiencia de la instalación, por el coste nulo de la energía no consumida por combustible, conllevando un ahorro en la factura de consumo.

Respecto a la demanda energética renovable, no existen registros oficiales completos de carácter general de las instalaciones en edificios de uso residencial público, y no todas las Comunidades Autónomas realizan inspecciones de estas ⁽²⁾. Por ello, con este trabajo se pretende aportar datos de balance térmico para este uso, y que sirvan de precedente.

Ante la pregunta de investigación de si podemos llegar a dar valores de eficiencia energética en edificios de uso residencial público, de los 2 sistemas térmicos de origen renovable, se desarrolla una solución mediante aerotermia, y una mediante solar térmica, además de uno no renovable por caldera de condensación, pretendiendo responder generando datos y conclusiones que permita llegar a priorizar uno frente a otro.

Las dos soluciones renovables han sido escogidas por su factor de viabilidad económica, ya que hoy en día los promotores de los edificios las plantean como preferentes frente a otras soluciones alternativas posibles.

1.2.-Objetivos del estudio

El objetivo general (OG) de este trabajo es analizar distintos sistemas térmicos, de origen renovable y no renovable, para conocer si podemos dar valores de eficiencia energética en un edificio de uso residencial terciario que nos permita priorizar uno respecto a otro.

Para poder alcanzarlo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- OE1: Realizar una revisión bibliográfica de cada una de las soluciones adoptadas, beneficios y estudios del funcionamiento de los sistemas escogidos.
- OE2: Caracterizar energéticamente el edificio, con una limitación de su demanda energética conforme a las actuales exigencias de edificios de consumo de energía casi nulo a través de soluciones específicas de la envolvente.
- OE3: Obtener las cargas térmicas del edificio acorde a las condiciones interiores y exteriores de cálculo, así como a patrones de uso y ocupación.
- OE4: Definir los esquemas de principio de cada una de las soluciones con energías renovables y, particularizado para el caso de estudio su desarrollo.
- OE5: Definir equipos y componentes de las instalaciones térmicas que cumplan las prescripciones establecidas para el edificio, además del RITE.
- OE6: Realizar una valoración energética del edificio e instalaciones, con las soluciones propuestas y realizar una comparación con un sistema convencional, que puedan concluir resultados que permitan su análisis individual, por separado y entre sí.

2.-Estado del arte

2.1 Marco normativo

Históricamente las energías convencionales como los combustibles fósiles han dominado el sector de la energía, haciendo de este campo uno de los principales contribuidores de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Europa, desde 2015, adoptó un conjunto de objetivos que alcanzar con vistas a 2030. Entre ellos, los referentes a energías asequibles y no contaminantes, o a acciones por el clima. Esa fecha que hace 5 años se veía como muy lejana, se acerca, y el acceso universal a las energías renovables sigue estando muy alejado de hacerse realidad.

Para alcanzar esos objetivos según la ONU: “el mundo debe triplicar su inversión anual en infraestructuras de energía sostenible y pasar de los 400.000 millones de dólares actuales a 1,25 billones de dólares en 2030”⁽³⁾. Una gran inversión que conlleva un cambio en el modelo de sociedad, y un planteo de un nuevo modelo energético.

Sin la existencia y desarrollo de las energías renovables, la situación se volverá insostenible; en 2017 algunos estudios afirmaron que el consumo energético mundial creció el 1,91 %, valor mayor que la media de los últimos 10 años (1,7 %)⁽⁴⁾ y estos valores aumentan anualmente.

Las energías renovables son el futuro. En los últimos 8 años se han abierto multitud de centros de estudio y empresas que se dedican a ello. Uno de los principales investigadores a nivel mundial sobre energías renovables es el International Renewable Energy Agency, IRENA, una organización intergubernamental que publica estadísticas anuales sobre la capacidad y aprovechamiento de las energías renovables por país.

Con los objetivos que se plantean de sostenibilidad, la legislación tanto europea como española se actualiza. Fue en 2011 cuando en nuestro país fue aprobado durante el acuerdo del Consejo de Ministros la aplicación del Plan de Energías Renovables (PER), una gran inversión prevista para energías renovables que ha ido aumentando hasta 2020 (*Tabla 2*).

PER 2011-2020: inversión y apoyo previsto (millones de euros)											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total 2011-2020
Áreas eléctricas	6993	7117	4734	4043	4320	4663	4938	5559	6377	6998	55742
áreas térmicas	353	362	420	451	676	746	724	794	843	911	6280
Biocarburantes	0	0	0	0	45	300	0	30	300	100	775
Total	7346	7479	5154	4494	5041	5709	5662	6383	7520	8009	62797

Tabla 2: Inversión y apoyo previsto para energías renovables. Elaboración propia. Datos extraídos de Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan de Energías Renovables 2011-2020.

La impulsión de este medio mediante inversiones por parte tanto del Estado como de las empresas privadas son uno de los vehículos de ampliación del sector, y por ello, de la estandarización de métodos, que al final repercutirán en una bajada de precios que favorece al usuario, y a la vez, a la normalización en el parque urbano de las energías limpias.

En 2017, en cuanto al consumo de energías renovables, España con un 17% se situó a tan solo 0.4 puntos por debajo de la media europea, pero muy lejos de las cifras de Islandia, país que se sitúa a la cabeza con un 72.7%⁽⁵⁾. En 2019 estos valores subieron un 8.2% más⁽⁶⁾, cumpliendo así los

valores y expectativas del 20% de consumo de origen renovable ⁽⁷⁾ que fijó la Unión Europea para 2020.

A nivel nacional, desde el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) se publican actualizaciones del marco legislativo, estudios de propuestas a objetivos energéticos, y de apoyo a la elaboración del plan de energías renovables desde 2011. Es una de las principales fuentes de información y estudio del marco español.

Desde 1990 el panorama de la generación ha cambiado radicalmente, el IDAE nos proporciona, anualmente, un balance según el tipo y el sector que la consume, observando que desde la década de los 2000, en el sector terciario, ha habido un ascenso de casi un 900% del uso en solar térmica, mientras que otras como aerotermia han sido consideradas como renovables recientemente (*Tabla 3*).

Como consecuencia a la aprobación del PER, a partir de 2011 comienzan a desarrollarse otros sistemas de generación que en la década anterior eran casi inexistentes, como es el caso del biogás.

La energía que consumen las instalaciones térmicas son un gran porcentaje del peso total del consumo energético final, tanto en viviendas como en edificios terciarios, ya que el uso de equipos de climatización es algo usual debido a las temperaturas, con tendencias cada vez a ser más altas, en busca del confort en los espacios de trabajo y uso diario.

Tabla 3: *Energía renovable por sector: Comercio, Servicios y Administración Públicas. Elaboración propia. Datos extraídos de IDAE. 2019. Balance del Consumo de Energía Final».* Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.

(KTEP)	ENERGÍAS RENOVABLES							TOTAL
	Solar térmica	Geotermia	Biomasa	Biogás	Biocarburantes	RSU renovable	Carbón vegetal	
1990	1	0	/	/	/	/	/	1
1991	1	0	/	/	/	/	/	1
1992	2	1	/	/	/	/	/	3
1993	2	1	/	/	/	/	/	3
1994	2	1	/	/	/	/	/	3
1995	3	1	/	/	/	/	/	4
1996	3	1	/	/	/	/	/	4
1997	4	1	/	/	/	/	/	5
1998	4	1	/	/	/	/	/	5
1999	5	1	/	/	/	/	/	6
2000	6	1	43	10	/	/	/	60
2001	8	1	43	10	/	/	/	62
2002	10	1	43	13	/	/	/	67
2003	13	1	43	13	/	/	/	70
2004	15	1	44	13	/	/	/	73
2005	18	1	44	14	/	/	/	77
2006	21	1	68	41	/	/	/	131
2007	23	1	70	42	/	/	/	136
2008	28	1	80	9	/	/	/	118
2009	33	2	58	/	/	/	/	93
2010	36	3	60	/	/	/	/	99
2011	39	3	64	/	/	/	/	106
2012	42	3	69	3	1	1	/	119
2013	43	3	73	9	2	2	/	132
2014	47	4	74	11	2	2	/	140
2015	50	4	80	11	3	3	2	153
2016	50	4	102	11	4	4	6	181
2017	51	4	109	11	4	4	7	190
2018	52	4	113	12	5	5	4	195

Respecto a las energías térmicas que se van a analizar en este ejercicio, son dos casos muy diferentes, mientras que las placas solares térmicas son fáciles de encontrar en el parque urbano, la aerotermia es menos conocida, y, por lo tanto, hay menos demanda por parte de los ciudadanos. Como se comentaba antes, su consideración como renovable es reciente.

En 2017, según Eurostat la energía térmica ambiente (capturada por bombas de calor) y la energía geotérmica representaron el 5,0 % y el 3,0 %, respectivamente, del total, mientras que los residuos renovables aumentaron hasta el 4,4 % ⁽⁷⁾.

Mientras tanto, la energía de origen solar ha tenido mucha más aceptación y desarrollo, apoyada por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, pero sobre todo por el CTE-DB-HE, abriéndose un campo extenso de opciones y estudio, que la legislación favoreció.

Esta comparación de situaciones tiene un claro ejemplo en el Código Técnico de la Edificación. Con la actualización del 27 de diciembre de 2019 del Documento Básico, Ahorro de Energía, en el Real Decreto 732/2019 de 20 de diciembre, nos encontramos ante un nuevo panorama normativo, que tiene como objetivo aumentar las exigencias de la eficiencia energética; por ejemplo, con una definición más clara de sistemas de generación y almacenamiento, cómo otras energías renovables pueden sustituir a la energía solar en la producción de agua caliente sanitaria, no contemplándola cómo única opción, además de los edificios de consumo energético casi nulo.

2.2 Proyectos de investigación

Debido a la cantidad de normativa y exigencias que se dan desde la Unión Europea, como se comentaba anteriormente, se han generado muchos proyectos de investigación asociados a las energías renovables, con el fin de homogeneizar dentro de la Comunidad el uso de esta, para la lucha contra el cambio climático.

La alianza Stage – STE de European Energy Research Alliance ⁽⁸⁾ es un programa de investigación integrada que reúne a los principales institutos de investigación europeos, en una alianza científica y tecnológica para garantizar la excelencia europea en energía solar térmica, con el fin de sincronizar los diferentes programas de cada país, y lograr resultados mejores para fortalecer el liderazgo industrial europeo de este campo. Entre ellos, como representación española se encuentra el Centro Nacional de Energías Renovables, CENER.

A nivel nacional, los proyectos de este tipo los lidera CENER, centro tecnológico participante en multitud de proyectos destinados a la eficiencia energética, en colaboración con otros países de Europa. Desarrolla investigaciones de aplicaciones de energías renovables, y presta soporte tecnológico a empresas e instituciones en generación energética de edificios ⁽⁹⁾.

Los proyectos de investigación más relevantes del centro y de interés para este trabajo son:

-ENTRANZE ⁽¹⁰⁾: proyecto europeo cuyo objetivo es apoyar a los estados miembros en la implantación de la legislación que desarrolla las prescripciones de edificios de consumo de energía casi nulo, además de la integración de fuentes de energía renovables en los edificios.

-STARDUST ⁽¹¹⁾: proyecto europeo de colaboración entre empresas, centros universitarios e industria, de soluciones de generación en la edificación encaminadas a aumentar la eficiencia energética, y mejorar la calidad de vida en las ciudades en las que se desarrolla.

Sobre la aerotermia, hay pocos proyectos de investigación a nivel europeo que se apliquen a edificios de uso distinto al residencial privado, ya que sobre éstos existe un mayor campo de desarrollo en la actualidad.

2.3 Artículos y estudios científicos

A nivel internacional, China, Europa y Estados Unidos son los principales generadores de artículos científicos, estudios y patentes (*Figura 1*) sobre la integración de energías renovables en la sociedad.

Cuota acumulada de patentes en 2016

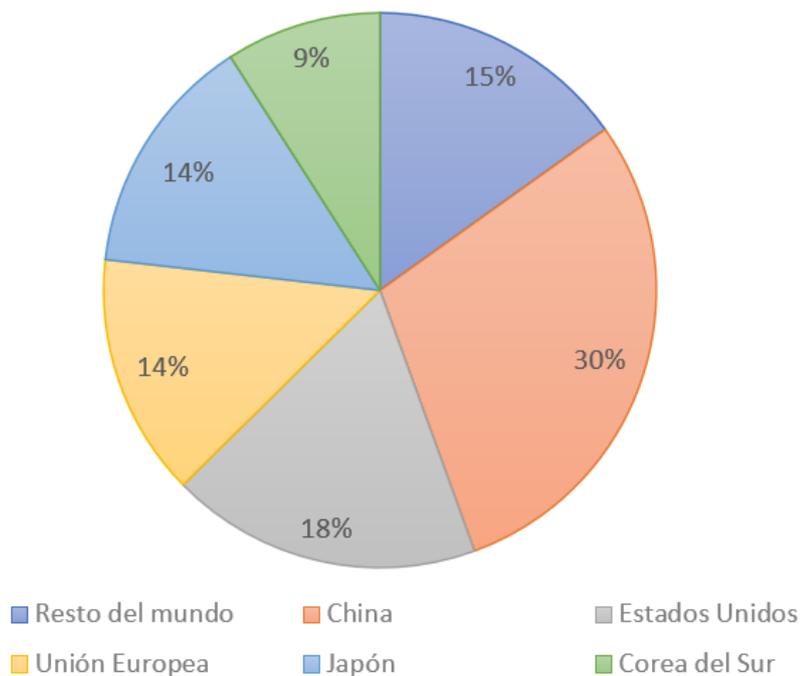


Figura 1: Cuota acumulada de patentes en 2016. Elaboración propia. Datos extraídos de Adnan, Amin, Z. 2019. *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation Presentation of A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation*

Respecto a estudios de evaluaciones comparativas de eficiencia energética en edificios públicos, en Corea del Sur se realizó uno titulado «*Desarrollo de una base de datos de evaluación comparativa energética basada en indicadores de rendimiento energético rentables: estudio de caso sobre edificios públicos en Corea del Sur*»⁽¹²⁾. En él se evalúa el rendimiento energético de los edificios públicos, mediante indicadores mensuales, de cargas de refrigeración y calefacción.

Con estos valores mensuales se hicieron evaluaciones comparativas de rendimiento energético según el consumo, es decir, desde un edificio ya construido, se llega a definir qué características son las que conllevan la mejor eficiencia energética.

Desde China, el artículo «*Análisis energético y ejercicio de un sistema de bomba de calor de fuente subterránea para un edificio público en Wuhan, China*»⁽¹³⁾, presenta estrategias de control de bombas de calor para mejorar la eficiencia energética en edificios públicos, haciendo hincapié en la variación climática que hay en esta ciudad, con temperaturas altas en verano (máxima 36°C), y bajas en invierno (aproximadamente 5°C), para trabajar con una variación climática muy diversa.

Aunque para el objeto de este trabajo no se pueda aplicar la variación de temperatura que se aplica en Wuhan, es interesante conocer las conclusiones de eficiencias de bombas de calor que resultan, ya que con la generación mediante aerotermia habrá que escoger un COP tomando en cuenta su eficiencia en valores de verano e invierno.

También en China, se fomenta el uso y estudio de la energía solar térmica, una de las más ampliamente desarrolladas en el sector de la construcción, con artículos como «*Experiencias en energía solar en calefacción y refrigeración en China*»⁽¹⁴⁾ donde, desde un ámbito más proyectual del que se lleva a cabo en este TFG, se desarrollan varios sistemas de colectores solares, en fachadas y cubiertas, tanto en residencias como en edificios públicos, con el fin de mejorar la eficiencia energética del parque inmobiliario.

En Europa, y como consecuencia directa de la legislación, se presenta el artículo «*El uso de certificados energéticos de edificios para reducir en consumo de energía en edificios públicos europeos*»⁽¹⁵⁾, que expone la importancia de los certificados energéticos en la lucha contra las emisiones de CO₂, que surge como respuesta a la tendencia general, ya mencionada, de la Unión Europea a los edificios de consumo energético casi nulo.

Este estudio, con una base de datos de 10000 edificios, concluye que en 2012 ya había una tendencia en los edificios públicos europeos de querer mejorar su eficiencia energética, a pesar de que aún no era obligatorio, y de cumplir con los estándares del certificado energético.

Aunque no tenga una relación directa con los sistemas de generación, es importante tener en cuenta que, si las edificaciones no cumplen una serie de prescripciones, tanto activas como pasivas, y por tanto no cumpla con este etiquetado energético, la eficiencia disminuirá notablemente, haciendo que los efectos de los sistemas de generación renovables sean prácticamente imperceptibles.

En «*Un sistema de energía térmica solar para un edificio no residencial del área mediterránea*»⁽¹⁶⁾ se resuelve la climatización de un colegio en Palermo mediante fancoils y suelo radiante, dando conclusiones de viabilidad económica y rendimiento energético. Este artículo comparte objetivos con este trabajo, haciendo un análisis energético del consumo en refrigeración y calefacción en el sur de Italia, y solucionándolo de dos formas distintas, primero mediante caldera de gas, y después mediante sistemas solares de energía renovable, asistido por una bomba de calor.

3.- Metodología y plan de tareas

Para alcanzar los objetivos se propone una metodología que comprende las siguientes fases:

1: En busca de dar una solución a la pregunta de la eficiencia energética en usos terciarios, se selecciona un caso de estudio diseñado en la asignatura de Taller 2, un edificio residencial público de 10 habitaciones. Este se representa y levanta mediante programas de diseño 2D y 3D.

2: Tras un primer acercamiento al problema, se hace un estudio de la normativa, tanto europea como española y regional, que da un contexto legislativo sobre el que poder trabajar; esto cobra especial interés con la actualización del CTE HE de diciembre de 2019 y la relación con el concepto “edificio de consumo energético casi nulo”.

Toda la normativa explicita en este documento es aplicable exclusivamente a edificios no residenciales, de nueva planta, y conforme la metodología establecida en HE0 “4. Procedimiento y datos para la determinación del consumo energético”, “5. Justificación de la exigencia”, HE1 “4. Justificación de la exigencia” y Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios de 2013.

Se cumple y se justifica todo lo descrito en el Documento Básico de Ahorro de Energía de 2019, en sus capítulos:

-HE0 – Limitación del consumo energético.

-HE1- Condiciones para el control de la demanda energética.

-HE2- Condiciones de las instalaciones térmicas.

-HE4- Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

Además, se buscan proyectos nacionales e internacionales, artículos, estudios científicos relacionados con el tema del trabajo, y se realiza una recapitulación bibliográfica que apoye las premisas del caso de estudio.

3: Se reajustan los parámetros correspondientes al cumplimiento de la normativa, para generar una valoración energética y una justificación del cumplimiento de la envolvente, especificando condiciones operacionales, usos, solicitudes, materialidades y la transmitancia de los elementos constructivos, así como de la limitación de la demanda energética mediante Herramienta Unificada Lider Calener. Se verifica que cumpla HE1.

Es decir, para el cálculo de demanda energética del edificio y de las emisiones de CO₂ de las instalaciones nos apoyaremos en programas de simulación para generar un modelo energético donde comprobar y evaluar cada propuesta.

4: Se describen y justifican cada una de las hipótesis de las distintas instalaciones térmicas que resolverán el edificio, creando tres situaciones con condiciones de generación diferentes. Para ello, se estudia el funcionamiento de cada tipo instalación térmica conforme las necesidades de uso del edificio.

Para la generación de resultados se usará la herramienta incluida en HULC Calener VyP ya que está destinado al diseño de las instalaciones para viviendas y pequeño terciario, con el fin de calcular el cumplimiento del HE0. Este programa tiene ciertas limitaciones en lo que respecta a las instalaciones a elegir, por lo que se han tenido que hacer adaptaciones a los sistemas elegidos,

además de requerir del programa CHEQ4 para el cálculo y dimensionado de las placas solares térmicas.

El uso de Calener VyP genera restricciones no solo de adaptación de los sistemas, sino de la elección de estos. El programa no permite la introducción de sistemas hidrónicos, por lo que se tiene que trabajar con unidades VRF cuyo funcionamiento es a través de refrigerante.

Todas tendrán un sistema de climatización de expansión directa VRF común que será abastecido por una unidad exterior igual para las tres. Para la comparación, se parte de que la unidad exterior de las tres es la misma, es decir, tiene el mismo rendimiento y misma potencia.

El agua caliente será resuelta con las tres generaciones distintas, las cuales podrán modificar y afectar (según como esté resuelto) a la eficiencia de la generación de la unidad exterior. Esto hará que cada instalación de resultados de eficiencia y CO₂ característicos.

-Hipótesis de diseño A: agua caliente resuelto mediante energía solar con apoyo de caldera de condensación, y climatización VRF por bomba de calor.

Los paneles solares térmicos aprovechan el calor del Sol, energía abundante y gratuita, para el calentamiento del fluido refrigerante, en este caso, agua. Cada hora, el Sol lanza a la Tierra más energía de la necesaria para satisfacer las necesidades de la población mundial durante un año⁽¹⁷⁾.

Se calcula el porcentaje de fracción solar necesario para el abastecimiento de ACS del edificio, con un apoyo de caldera de condensación de gas natural. Para ello, se introduce la demanda y diseño de la instalación en CHEQ4.

La herramienta CHEQ4 sirve para validar el cumplimiento de la normativa energética respecto contribución mínima de agua caliente sanitaria, además de generar valores de eficiencia y emisiones de esta instalación. Así obtenemos los valores con los que se comparará posteriormente este sistema con las demás hipótesis.

En este diseño no se produce un intercambio de calor entre los dos sistemas térmicos, por lo que los resultados del total de la hipótesis se hallarán con la suma de ambos por separado.

-Hipótesis de diseño B: agua caliente resuelto mediante aerotermia y climatización VRF por bomba de calor.

Para el agua caliente se dispone una bomba de calor de alta eficiencia Hidrokit, una unidad interior del VRF servida por la misma unidad exterior que abastece la climatización.

La energía aerotérmica, o energía ambiente, se basa en un sistema de expansión directa o hidrónicos que absorbe el calor ambiental, y lo convierte a una producción de energía térmica. Los equipos de aerotermia son de funcionamiento a baja temperatura, no necesitan de temperaturas extremas para generar calor, por lo que tiene un buen funcionamiento con terminaciones en climatización tipo fancoil, que son las unidades interiores que están dispuestas en el edificio.

El funcionamiento de la generación es conjunto entre las dos instalaciones térmicas, es decir, aprovechan el calor entre ellas, esto producirá el ahorro energético.

Para la cuantificación de este ahorro, se valorará el funcionamiento a lo largo de todos los meses del año, especialmente en verano e invierno, y la disminución de emisiones que produce respecto la hipótesis A. En el caso que la hipótesis A sea mucho más eficiente que la B, porque el intercambio entre sistemas sea insuficiente, se determinará una nueva bomba de calor, con un rendimiento mayor, hasta alcanzar e igualar a la hipótesis A.

En HULC se introducen los dos sistemas independientes, para poder estudiar las emisiones de cada una de las partes individualmente. Esto es debido a una limitación que tiene el programa, ya que no puede generar un modelo en el que mediante un mismo sistema de generación abastezca a unidades interiores en modo frío y agua caliente.

-Hipótesis de diseño C: agua caliente resuelto mediante caldera de condensación y climatización VRF por bomba de calor.

Este sistema no cumple con la normativa. Se calcula con el fin de hacer comparaciones con las anteriores hipótesis, y conocer el porcentaje de ahorro y la disminución de emisiones que se produce, respecto a las que si cumplen la normativa vigente.

En este diseño, al igual que en la hipótesis A, no se produce un intercambio de calor entre los dos sistemas térmicos, por lo que los resultados de eficiencia y CO₂ del total de la hipótesis se hallarán con la suma de ambos por separado.

5: Se realizan los esquemas de principio de cada una de las tres hipótesis, identificando elementos y componentes para todos los locales.

6: A continuación, con la herramienta CLIMA, se determinan las cargas térmicas de cada uno de los locales, y se calcula, como consecuencia de los resultados, la potencia de las instalaciones térmicas del edificio.

Se dimensiona cada una de las unidades definidas en el esquema de principio, tanto exteriores como interiores, hallando la potencia de cálculo de cada una. Después, a través de catálogos, se selecciona las unidades, con potencias reales, que compondrán cada uno de los sistemas.

7: Después, se crea el modelo de cada uno de los sistemas de las tres hipótesis. En Calener Vyp se realiza un fichero con la climatización, y otros dos para las hipótesis B y C de ACS. Para la hipótesis A, la instalación de ACS es calculada con CHEQ4 como se mencionó en pasos anteriores.

Así, se verifica el cumplimiento del HE0 de cada fichero de las hipótesis A y B, pero no se busca este resultado en el tercero, ya que la C no cumple la normativa, al no tener incorporado energía renovable.

8: Se realizan los balances térmicos de las tres hipótesis. En A y C, los valores finales serán la suma de las dos instalaciones térmicas individuales, mientras que en la B habrá que hacer un estudio por meses de los consumos de climatización y ACS.

Como se produce un intercambio térmico entre las dos, en verano, el fluido caloportador del flujo de la refrigeración expedirá calor al abastecimiento de agua caliente, produciendo un ahorro a la unidad interior que se encarga de esta.

Si una vez hecho el balance de la hipótesis A y B, ambos con la misma unidad exterior de igual SPF, si el consumo de energía primaria de A es mayor al de B, el siguiente paso será redimensionar la bomba de calor que abastece a B, con una unidad de mayor eficiencia, hasta que se consiga dar, si se puede, con valores de rendimiento que consigan que se igualen los dos sistemas.

9: Se sintetizan y elaboran, con los datos exportados de PostCalener, las gráficas y los resultados expedidos por el programa, para el análisis y discusión, así como la comparación entre ellos.

4.-Descripción de caso de estudio

4.1.-Presentación del edificio

La edificación es un diseño desarrollado por la autora de este trabajo, Cristina Sendra, durante la asignatura de Taller 2 durante 2017. Este ha sido modificado, reduciendo sus usos, que en un origen compartía con pública concurrencia, con el fin de simplificar el modelo de cálculo a un solo uso, residencial terciario, y poder aportar valores claros sobre este.



Figura 2: Localización Zona Sur y de parcela de caso de estudio. Google Earth

Nos encontramos en la ciudad de Sevilla, zona Sur, en una parcela de 3279 m² localizada entre calle Isaac Peral y Avenida la Palmera, frente al albergue Inturjovent y junto al Instituto Doctor Sacristán (Figura 2 y 3).

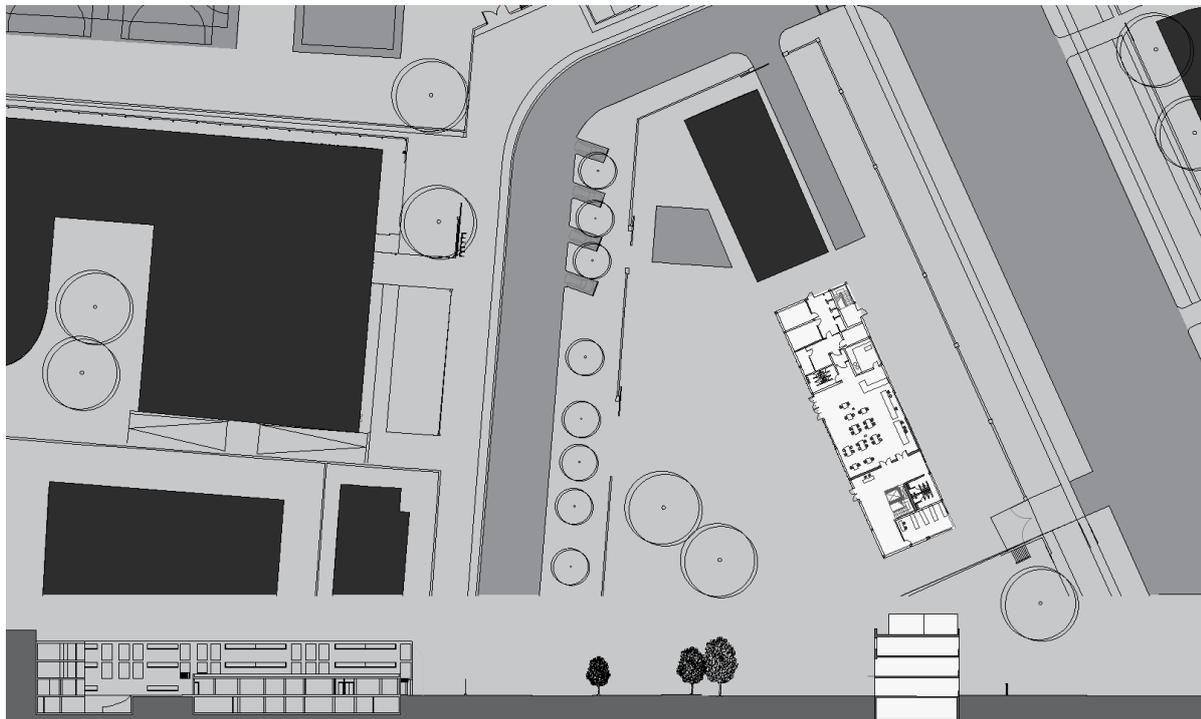
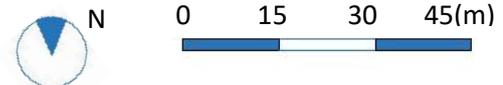


Figura 3: Situación del proyecto. Elaboración propia



En Sevilla, según el Anejo B del código técnico de la edificación, Documento Básico Ahorro de Energía, en adelante HE, se corresponde a una zona climática B4, estando la parcela a una altura de 4 s.n.m.

Las características de nivel de percentil estacional a elegir son: Verano 1%; Invierno 97.5%

El edificio, exento, es una residencia de estudiantes, que consta de un sótano para instalaciones y servicios, una planta baja donde se encuentra una sala de estudio y una sala informática climatizadas (*Tabla 4*), además de dos plantas superiores con 5 habitaciones de alojamientos cada una de ellas, prevista para 2 personas.

Espacio	Superficie construida	Superficie climatizada
Planta sótano	308.00 m ²	-
Planta baja	591.15 m ²	255.48
Planta primera	591.15 m ²	190.79
Planta segunda	591.15 m ²	190.79
Cubierta	67.37 m ²	-
Total	1557.67 m²	637.06

Tabla 4: Resumen de superficies. Elaboración propia

La superficie total de intercambio térmico con el aire exterior y el terreno es de $S=2903.3 \text{ m}^2$ y el volumen encerrado en esta es $V=612.09 \text{ m}^3$ (*Figura 4*).

Por lo que la compacidad, según HE, anejo A:

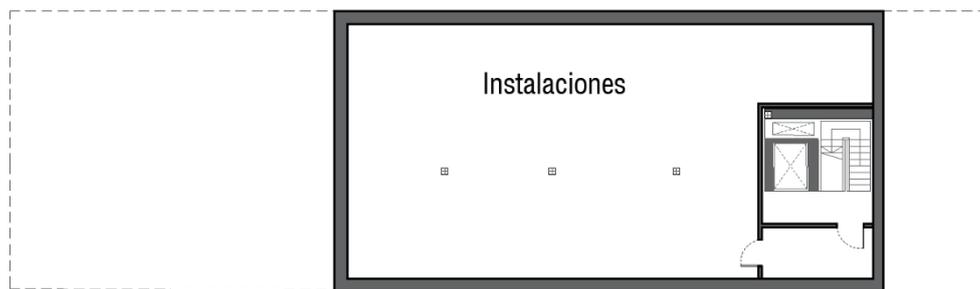
$$V/A = 612.09 \text{ m}^3 / 2903.3 \text{ m}^2$$

$$V/A = 2.11 \text{ m}^3/\text{m}^2$$



Figura 4: Volumetría del caso de estudio. Elaboración propia

4.2.-Planimetría del edificio



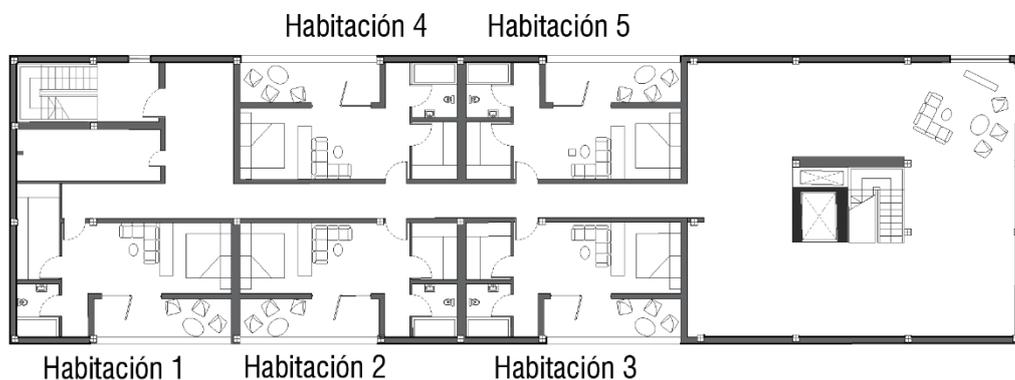
Planta sótano

(-3.50 m)



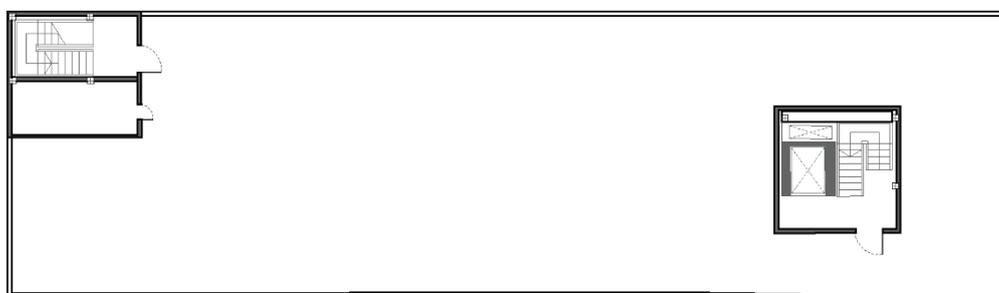
Planta baja

(+0.00 m)



Planta "tipo"

(+3.00 m y +6.00m)



Planta cubierta

(+9.00 m)

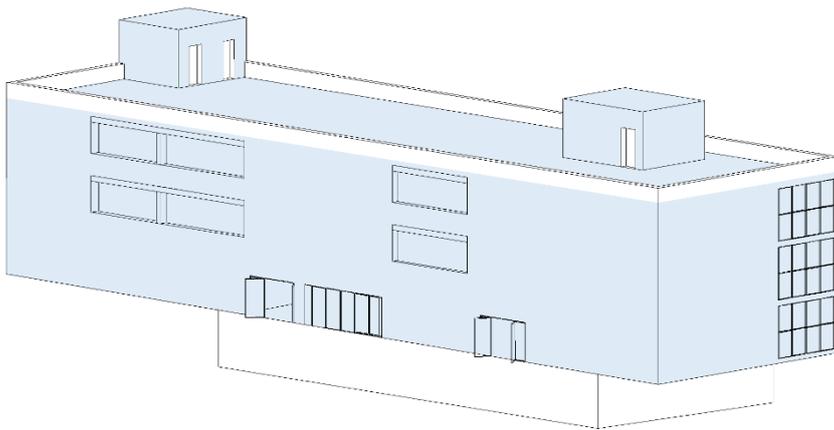


0 5 10 15(m)



Figura 5: Planimetría del caso de estudio. Elaboración propia

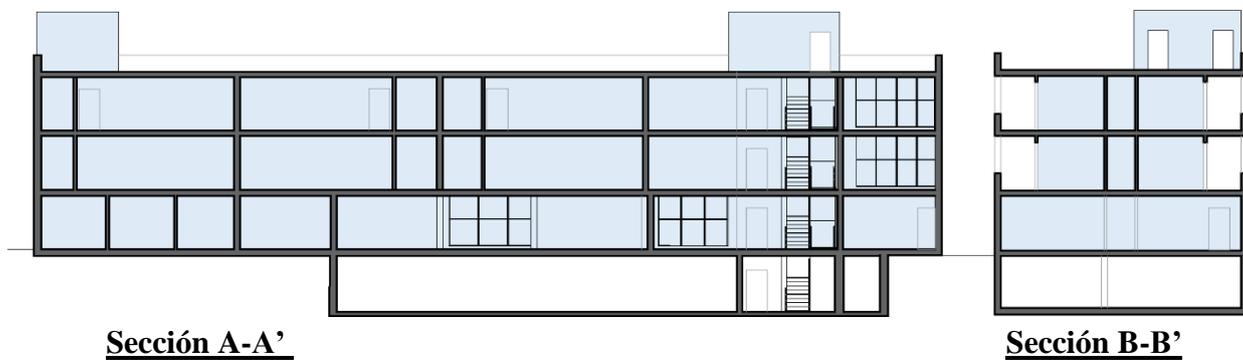
4.3 Definición de la envolvente térmica



El espacio interior delimitado por la envolvente térmica (*Figura 6* y *Figura 7*) está delimitada por los elementos descritos en 4.4 *Valores de transmitancia límite de la envolvente*.

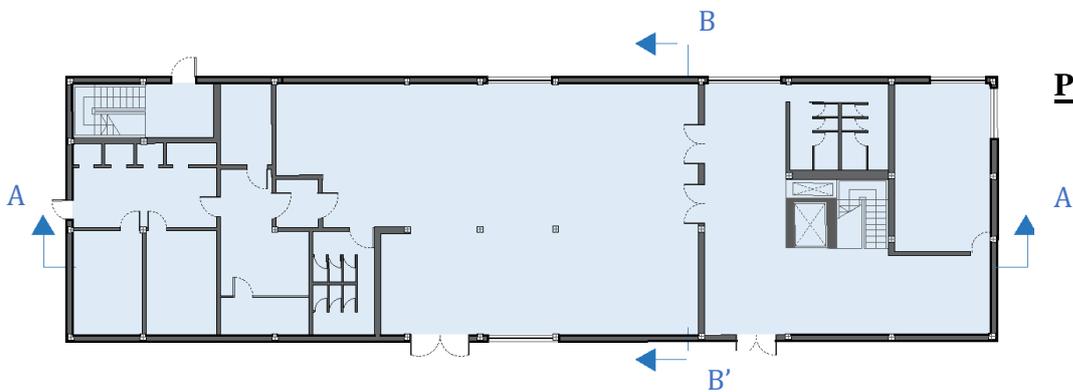
El sótano está excluido al ser clasificado como espacio no habitable.

Figura 6: Definición en perspectiva de la envolvente térmica. Elaboración propia

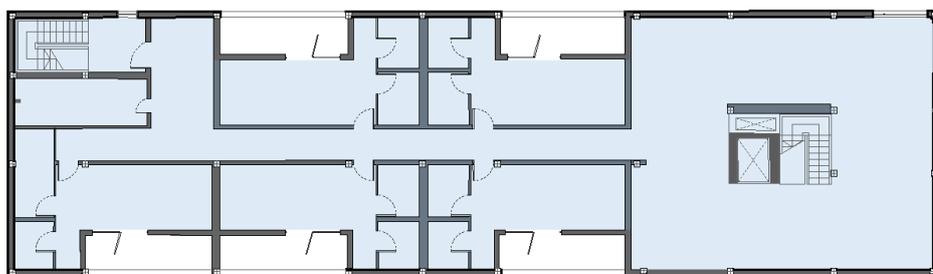


Sección A-A'

Sección B-B'



Planta baja (+0.00 m)



Planta "tipo"

(+3.00 m y +6.00m)



Figura 7: Definición en planta y sección de la envolvente térmica. Elaboración propia

4.4.-Valores de transmitancia de la envolvente

En primera instancia, y al ser una solución general lo que estamos buscando, vamos a aproximar los valores de transmitancia de la envolvente térmica usando los datos proporcionados por el HE Anejo E y el Catálogo de Elementos Constructivos (CEC).

Para los valores proporcionados por el anejo, vamos a acercarnos al valor correspondiente a residencial público, comparando el coeficiente global de transmisión de calor de residencial privado, con el ya calculado para nuestro uso, para hallar un valor que nos acerque los datos de transmitancia de este anejo (que es exclusivo a residencial privado) a unos datos que nos sirva para otros usos.

-Para conocer el **coeficiente global** de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio, nos remitimos a la Tabla 3.1.1c: HE1 “valor límite K_{lim} para uso distinto del residencial privado”.

Edificio nuevo, zona climática B, interpolación entre 0.76 y 0.92.

$$K_{lim} = 0.76 + (0.92 - 0.76)/(4 - 1) \times (2.11 - 1) = 0.82$$

-Coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio, nos remitimos a la Tabla 3.1.1b: HE1 “valor límite K_{lim} para uso residencial privado”.

Edificio nuevo, zona climática B, interpolación entre 0.58 y 0.77.

$$K_{lim} = 0.58 + (0.77 - 0.58)/(4 - 1) \times (2.11 - 1) = 0.65$$

Se aproxima que hay un 20% de diferencia entre uso terciario y uso residencial privado, por lo que la transmitancia de cada una de las soluciones a continuación descritas estará mayorada en este porcentaje límite.

En el caso en que esta mayoración suponga el incumplimiento de lo expuesto en la Tabla 3.1.1a: HE1 “valores límites de transmitancia térmica” y Tabla 3.2: HE “Transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} ”, se tomará el valor límite como el escogido.

Estos valores y son las que nos marcarán la solución de las “secciones tipo” para cada elemento en Herramienta Unificada Lider Calener y posteriormente en CLIMA:

- **Solución de fachada:** $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$

Solución correspondiente a muro en contacto con el aire exterior (*Figura 8*), del Catálogo de Elementos Constructivos F 3.2.

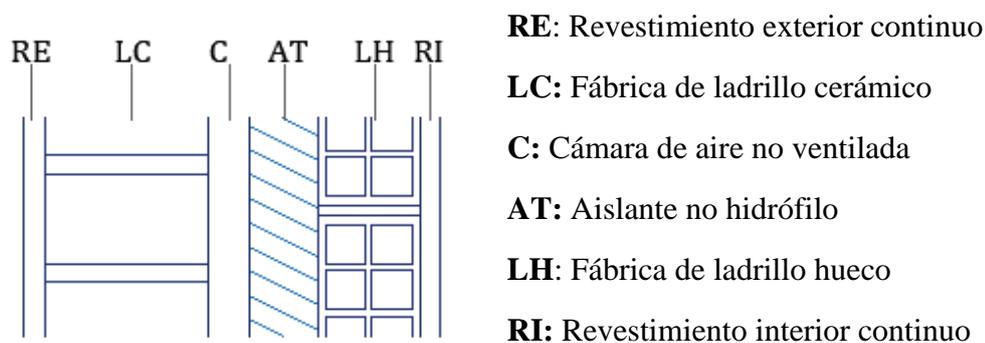


Figura 8: Solución de fachada. Elaboración propia

- **Solución de cubierta no transitable:** $U = 0.39 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$

Solución correspondiente a cubierta no transitable, en contacto con el aire exterior (Figura 9), del Catálogo de Elementos Constructivos C 5.5.

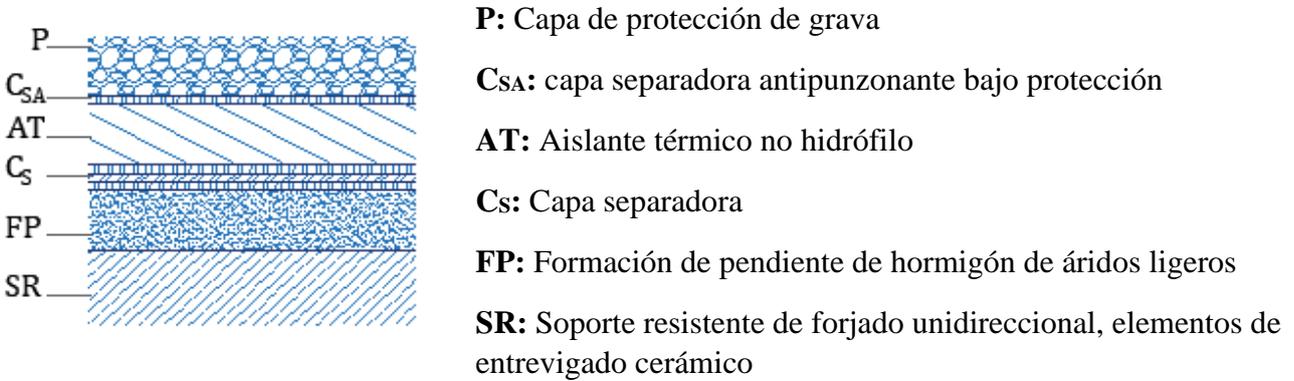


Figura 9: Solución de cubierta no transitable. Elaboración propia

- **Solución de partición horizontal:** $U = 0.75 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$

Solución correspondiente a forjado en contacto con espacio no habitable y/o terreno (Figura 10), del Catálogo de Elementos Constructivos S01.

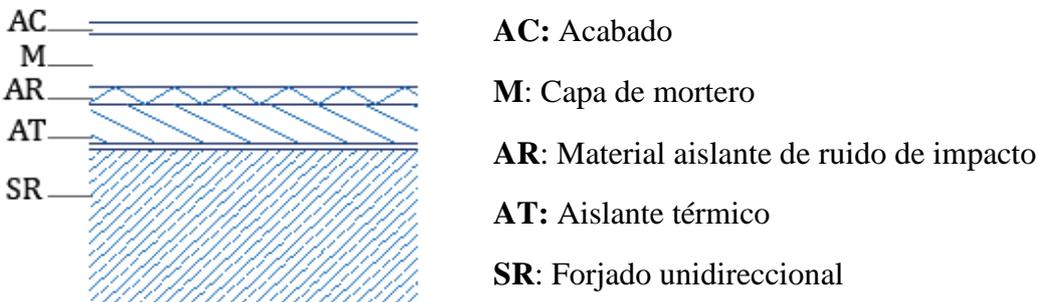


Figura 10: Solución de partición horizontal. Elaboración propia

- **Solución de partición interior vertical:** $U_t = 0.99 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$

Solución correspondiente a partición interior vertical entre espacios climatizados o acondicionados (Figura 11), del Catálogo de Elementos Constructivos P1.3.

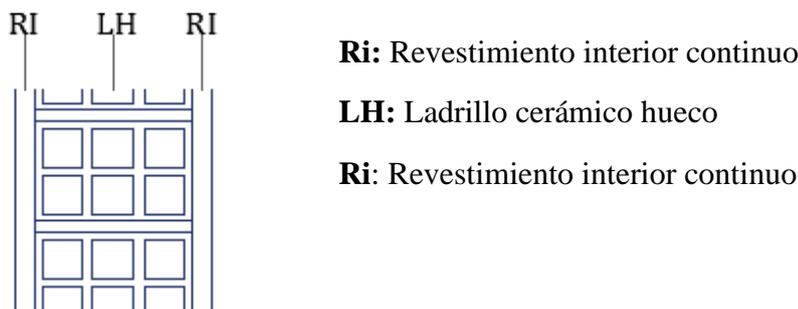


Figura 11: Solución de partición interior vertical. Elaboración propia

- **Solución partición interior horizontal:** $U_t = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$

Solución de partición interior horizontal entre espacios climatizados o acondicionados (ver *Figura 12*), del Catálogo de Elementos Constructivos S01.

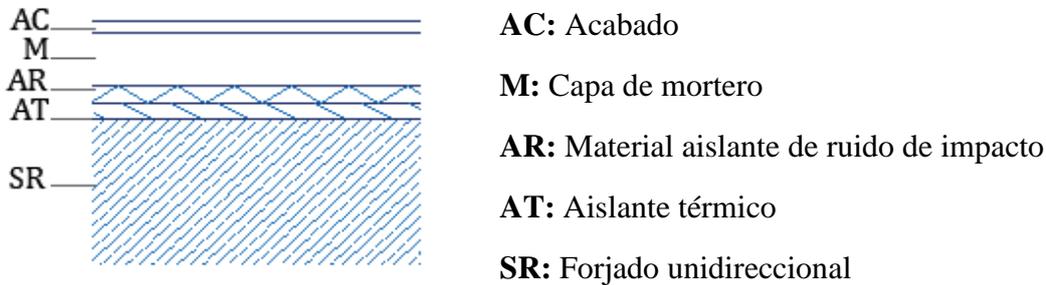


Figura 12: Solución de partición interior horizontal. Elaboración propia

- **Puertas hacia el exterior:** $U_p = 4.56 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$

Superficie semitransparente inferior al 50%.

- **Huecos:**

Todos los huecos estarán compuestos por un acristalamiento incoloro de unidades de vidrio aislante con doble vidrio de baja emisividad de factor solar 0.75 y espesor 4-15 (3+3). Los marcos serán metálicos de $e=0.05m$ con rotura de puente térmico de 15 mm.

$$U_H = 2.3 \left(\frac{W}{m^2K}\right)$$

Se supone un incremento del 10% de la transmitancia por intercalarios y persianas.

Según el tipo de vidrio se conoce la transmitancia total de energía solar, según DA DB-HE/1:

$$G_{gl;n}=0.67 \quad G_{gl;wi}=0.60$$

Se generaliza que el porcentaje de hueco cubierto por el marco es del 7%, ya que todos tienen dimensiones similares, siendo este el valor más desfavorable. Con los datos conocidos, se halla que **el factor solar de los huecos:** $F_{solar}=0.705$

Respecto el factor de sombra, analizamos por cada orientación los obstáculos que tienen los huecos. En la fachada este y oeste, hay retranqueos de 2 metros, debido a los patios, en la norte y sur no existen obstáculos fijos, pero tomaremos un retranqueo de 10cm: **$F_{sombra\ este/oeste}=0.39$**

Por lo que **el factor solar modificado** debido al retranqueo, en los huecos de fachadas este y oeste será **$F_{hm}=0.27$**

Los sistemas de protección solar en los huecos son persianas metálicas integradas enrollables de lama troquelada intercalada de color gris oscuro.

La permeabilidad al aire de los huecos se tomará de $25\ m^3/hm^2$, cumpliendo la Tabla 3.1.3a HE1 “Valor límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica”, indicada para una sobrepresión de 100 Pa.

Las soluciones constructivas han sido tomadas del CEC, aunque fueron modificadas (añadiendo aislante térmico en las particiones horizontales) con el fin de que cumpla con las limitaciones energéticas para cada una de ellas.

- **Puentes térmicos:**

Se han tenido en cuenta la existencia de puentes térmicos (*Tabla 5*), tanto verticales como horizontales, de la envolvente, estimando valores aproximados para las soluciones constructivas adoptadas, y definiendo para cada uno de los locales las longitudes equivalentes de estos puentes, para poder asimilar lo máximo posible el funcionamiento de los modelos energéticos al real.

Dirección	Solución constructiva	Coefficiente térmico (W/m ² C)
Horizontal	Encuentro forjado y fachada	0,04
	Encuentro cubierta y fachada	0,46
	Encuentro suelo exterior y fachada	0,43
Vertical	Esquina saliente	0,16
	Pilar	0,87
	Hueco ventana	0,27

Tabla 5: Solución de puentes térmicos. Elaboración propia

4.5.-Definición de los locales:

-Pasillo de entrada: situado en planta baja, es un local de 123.5 m². Es un espacio habitable no climatizado por sí mismo, ya que solo contará con el aporte térmico de la unidad de tratamiento de aire exterior pasiva.

Está limitado por tres elementos de fachada hacia las orientaciones oeste, sur y este, de $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, con un único hueco de dimensiones (3.6x2.7) m², y particiones interiores que delimita hacia espacios climatizados: la sala de reuniones y la sala de estudios, además de un baño.

Este local se encuentra inferiormente en contacto con el sótano, no habitable, mediante un elemento horizontal de $U = 0.75 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$ a excepción de 20m² que están en contacto con el terreno; delimitado superiormente por un forjado interior, con un espacio de iguales características mediante un elemento $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

-Sala de reuniones: con una superficie de 38.7 m², es un local climatizado que delimita con el exterior hacia el sur y hacia el este, mediante elementos $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, el resto de su perímetro se encuentra en contacto con espacios interiores no climatizados, separados por particiones verticales de $U = 0.99 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$. Contiene dos ventanales de (4.05x2.7) m² en orientaciones sur y este, dividido en dos paños, perpendiculares entre sí.

Inferiormente contacta con el terreno, mediante un forjado $U = 0.75 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, y superiormente, en planta primera, con el pasillo de planta 1, de mismas características térmicas que la entrada, mediante una $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

-Sala de estudio: local climatizado de superficie 219.5 m² en contacto con el exterior en las fachadas este y oeste, con fachada $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, el resto de su perímetro se encuentra en

contacto con espacios interiores no climatizados, separados por particiones verticales de $U = 0.99 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

Bajo este local, separado con un forjado $U = 0.75 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, se encuentra el sótano, espacio no habitable; y superiormente, las habitaciones, espacios climatizados, mediante particiones horizontales de $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

-Pasillo planta 1: con una superficie de 256.3 m^2 , es un espacio acondicionado habitable, pero no climatizado mediante máquinas, sino pasivamente mediante el recuperador de calor situado en la unidad de tratamiento de aire exterior en cubierta.

Las fachadas de $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$ contienen dos ventanales de $(4.05 \times 2.7) \text{ m}^2$ en orientaciones sur y este, dividido en dos años, perpendiculares entre sí. Igualmente, tiene otro hueco superficie 1.87 m^2 en fachada este.

Superiormente delimita con espacios de mismas características que este; inferiormente se encuentra el vestíbulo, habitable no climatizado, las salas de estudio, climatizados, y las instalaciones, no habitables. Todo homogeneizado con un elemento constructivo de características $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

-Habitaciones planta 1: todos los alojamientos comparten un diseño común de superficie 37.5 m^2 , a excepción de la “habitación 1” la cual tiene 3 m^2 más de superficie útil. Todas las habitaciones, climatizadas, contactan con la envolvente exterior de transmitancia $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$ en una o más fachadas, y se encuentran separadas por tabiques $U = 0.99 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$ hacia ambientes climatizados (otras habitaciones) y no climatizados habitables (hacia el pasillo).

Las habitaciones 3,4 y 5 tienen bajo ellas espacios interiores climatizados, mientras que la 1 y 2, delimita con las instalaciones, clasificada como no habitable. Todas las unidades habitacionales contactan superiormente con espacios interiores climatizados. Ambos son elementos de $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

-Pasillo planta 2: con una superficie de 258.2 m^2 , de mismas características de fachada y huecos que el pasillo planta 1.

Superiormente delimita con la cubierta no transitable de $U = 0.39 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$; inferiormente se encuentra el pasillo de planta 1, de características ya mencionadas.

-Habitaciones planta 2: todos los alojamientos comparten un diseño común de superficie 37.5 m^2 , a excepción de la “habitación 6” la cual tiene 3 m^2 más de superficie útil. Todas las habitaciones, climatizadas, contactan con fachadas en contacto con el exterior de transmitancia $U = 0.46 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, y se encuentran separadas por particiones interiores verticales $U = 0.99 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$ hacia ambientes climatizados (otras habitaciones) y no climatizados (hacia los pasillos).

Estas tienen bajo ellas espacios interiores climatizados, separados por un elemento horizontal de $U = 0.80 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$; y sobre ellas se encuentra la cubierta no transitable de $U = 0.39 \left(\frac{W}{m^2K} \right)$.

4.6.-Solicitaciones interiores y condiciones operacionales

Las condiciones operacionales han sido diseñadas según el uso del edificio y para cada uno de los locales, según se especifica en el Anejo D, del DB HE. Se han definido dos horarios de uso para las zonas climatizadas, uno para las habitaciones, y otro para la sala de estudio y de reuniones ya que comparten patrones de uso común.

En todos los locales interiores climatizados vamos a trabajar con solicitaciones interiores específicas (*Tabla 6*).

	Verano	Invierno
Temperatura seca (°C)	25	21
Humedad relativa (%)	50	40

Tabla 6: Condiciones operacionales interiores. Elaboración propia

- **Ocupación:**

La ocupación se ha contado en cada local según su uso, cumpliendo la normativa de evacuación de incendios, con un doble criterio de superficie y mobiliario.

Se considera la alternancia de usos respecto la ocupación para el cálculo de ella, suponiendo que todas las salas estén llenas, realizando una hipótesis de aforos. O sea, se calculan los coeficientes de simultaneidad según los usos.

Las personas aportan calor sensible y latente, esto generará ganancias de uso.

Tanto en invierno, como en verano, para todo el edificio, se toma una actividad metabólica sedentaria ($1.2\text{met}=70\text{ W/m}^2$) según prescribe la UNE-EN ISO 7730. Se asume un 10% de insatisfechos del total de ocupantes, debido a que la sensación térmica es algo relativamente subjetivo.

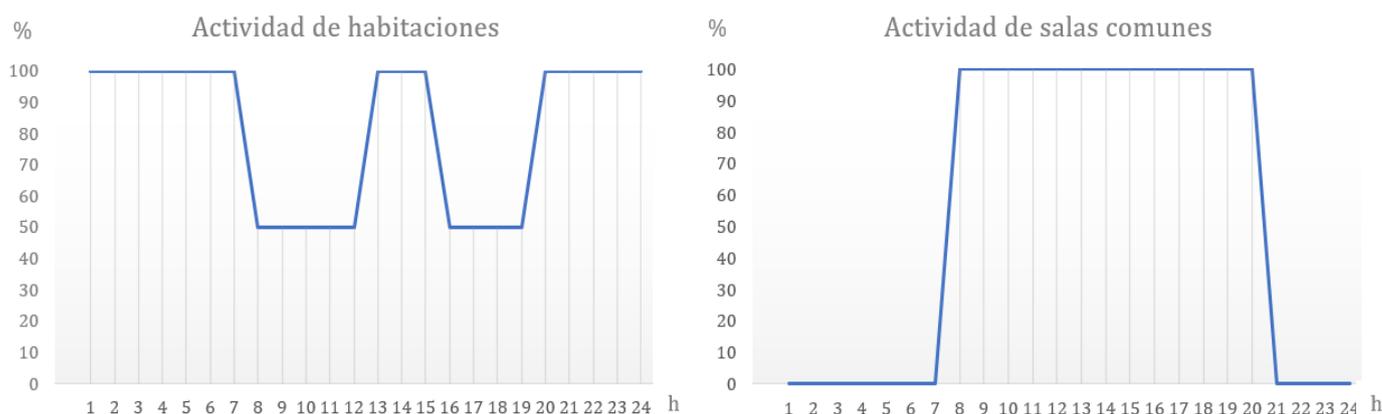


Figura 13: Perfil de uso en locales climatizados. Elaboración propia

Los horarios de ocupación y actividad metabólica han sido insertados en CLIMA, mientras que en HULC solo se puede especificar si es baja, media o alta ocupación, y las horas de uso.

Las habitaciones se han clasificado como baja ocupación, y las salas comunes como media ocupación, ambas con los horarios según su perfil de uso (*Figura 13*).

- **Iluminación:**

Se dispone luces tipo LED en los locales, con una ratio de 4.4 W/m² y VEEI límite de 6, estas solo harán aporte de carga sensible, conforme CTE-HE-3. En zonas comunes desciende a 4 W/m².

Este horario se mantendrá de lunes a domingo (*Figura 14*).

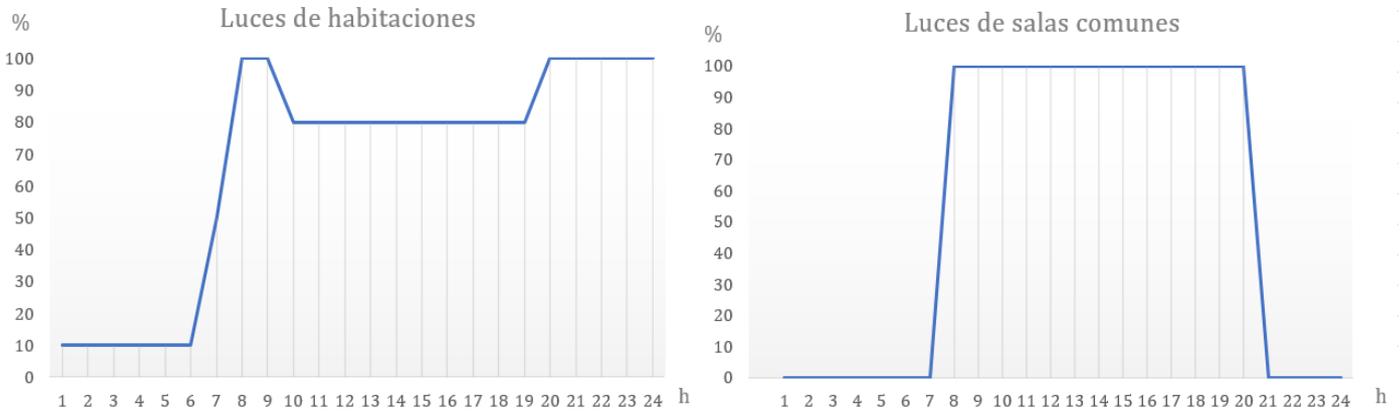


Figura 14: Perfil de uso de iluminación en locales climatizados. Elaboración propia

- **Equipos:**

Los equipos presentes en los locales únicamente aportan calor sensible, son valores correspondientes a maquinaria del tipo proyector, ordenadores portátiles y un equipo HIFI.

En las habitaciones habrá una ratio sensible de 10 W/m². En las salas comunes estos equipos estarán más presentes que en las habitaciones, por lo que asciende a 15 W/m².

Este horario se mantendrá de lunes a domingo (*Figura 15*).

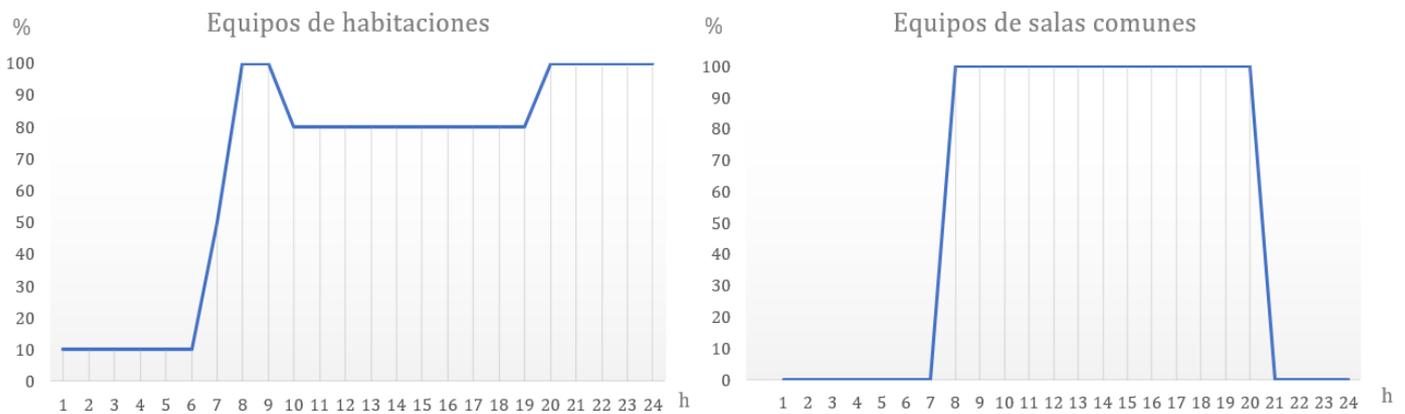


Figura 15: Perfil de uso de luces en locales climatizados. Elaboración propia

Los horarios de uso y ocupación serán válidos únicamente para el cálculo de las cargas térmicas necesarias de calefacción y refrigeración en CLIMA, ya que HULC no da la opción de disponer horarios tan detalladamente, sino solo si los espacios son de baja, media o alta ocupación, y el número de horas que estará en uso. A partir de estos datos, el programa hace una simulación de uso de cada uno de los apartados anteriormente expuestos.

En HULC, estos datos se han sintetizado en:

- Habitaciones: densidad de ocupación baja, flujo de uso durante 12 horas diarias.

- Salones comunes: densidad de ocupación media, flujo de uso durante 8 horas diarias.

Por ello, es más exacto calcular las cargas térmicas en CLIMA, ya que se puede especificar y aclarar detalladamente cada uno de estos aspectos.

4.7.-Caudal de ventilación por local

Los caudales de ventilación (*Tabla 7*) han sido calculados por dos metodologías, caudal mínimo de ventilación, mediante el método indirecto de caudal exterior por persona, y cálculo de caudales por superficie.

Sin embargo, los baños, previstos para un uso aproximadamente más del 50% del tiempo, se establecen según la UNE EN 13779:2007 a un caudal de 15l/s por inodoro.

Igualmente, los baños de las habitaciones al ser tan pequeños y menospreciados respecto la superficie total, no se contabilizan como baños públicos sino como parte del alojamiento. La ventilación se solucionará creando un sistema de sobrepresión y extracción aparte.

El caudal total de ventilación del edificio es de $Q_t = 2.07 \text{ m}^3/\text{s}$.

Local	Planta	Climatización	Superficie útil	A. interior	Caudal mínimo	Ocupación	Qt ventilación	Método de cálculo	A.ext	Filtración	AE	Sobrepresión	Máquina
Instalaciones	Sótano	No	251,7m ²	IDA 4	0,28 dm ³ /(s·m ²)		0,07 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F6	AE4	No	THMC0
Escaleras	Sótano	No	38,3m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,02 m ³ /s	Ocupación	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Σ			290,0m ²										

Sala de reuniones	Baja	Si	38,7m ²	IDA 2	45m ³ /h por pers.	10p	0,12 m ³ /s	Ocupación	ODA 2	F6+F8	AE1	Si	THMC3
Baño público 1	Baja	No	20,3m ²		15 l/s por inodoro	6 inodoros	0,09 m ³ /s	UNE EN 13779:2007	ODA 2	F5+F7	AE2	No	THMC0
Sala de estudio	Baja	Si	219,2m ²	IDA 2	45m ³ /h por pers.	55p	0,68 m ³ /s	Ocupación	ODA 2	F6+F8	AE1	Si	THMC3
Baño público 2	Baja	No	16,23m ²		15 l/s por inodoro	6 inodoros	0,09 m ³ /s	UNE EN 13779:2007	ODA 2	F5+F7	AE2	No	THMC0
Escaleras	Baja	No	16,9m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,01 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Instalaciones	Baja	No	112,8m ²	IDA 4	0,28dm ³ /(s·m ²)		0,31 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F6	AE4	No	THMC0
Escaleras 1 (emerg.)	Baja	No	14,6m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,01 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Pasillo	Baja	No	123,5m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,07 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Σ			562,23m ²			65p							

Habitación 1	Primera	Si	40,4m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 2	Primera	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 3	Primera	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 4	Primera	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 5	Primera	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Escaleras	Primera	No	16,9m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,010 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Pasillo	Primera	No	256,3m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,140 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Escaleras 2 (emerg.)	Primera	No	14,6m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,01 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Σ			478,2m ²			10p							

Habitación 6	Segunda	Si	40,4m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 7	Segunda	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 8	Segunda	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 9	Segunda	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Habitación 10	Segunda	Si	37,5m ²	IDA 2	0,83 dm ³ /(s·m ²)	2p	0,04 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F6+F8	AE2	Si	THMC3
Escaleras	Segunda	No	16,9m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,01 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Pasillo	Segunda	No	258,2m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,14 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Escaleras 2	Segunda	No	14,6m ²	IDA 3	0,55 dm ³ /(s·m ²)		0,01 m ³ /s	Superficie	ODA 2	F5+F7	AE1	No	THMC0
Σ			478,2m ²			10p							

Tabla 7: Caudales de ventilación total de locales. Elaboración propia

Los espacios clasificados con máquinas THMC0 contarán únicamente con ventilación, mientras que la clasificada como THMC3 cuenta con variación de temperatura del fluido portador en función de la temperatura del ambiente por zona térmica, con incremento de temperatura del fluido caloportador según la temperatura exterior, y deshumificación indirecta según especifica el documento regulativo Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios.

4.8.-Modelo energético

Para la realización del modelo energético se usará Herramienta Unificada Lider Calener v.2.0.1960.1156 del 29 de enero de 2020, que verificará los siguientes apartados de la normativa CTE DB-HE 2019:

- 3.1 y 3.2 de la sección HE0
- 3.1.1.3, 3.1.1.4, 3.1.2 y 3.1.3.3 de la sección HE1
- 3.1 de la sección HE4
- 3.1 de la sección HE5 ⁽¹⁸⁾

Se hará tratando el caso de estudio como un edificio de nueva planta, en Sevilla (*Figura 16*), que cumplirá con la normativa energética del 20 de diciembre de 2019.

La parcela en la que se encuentra el caso de estudio está a 4 m s.n.m., cumpliendo con lo expuesto en “1. Zonas climáticas” del Anejo B en el HE.

Datos del proyecto

Nombre del proyecto: Residencia de estudiantes en Sevilla

Uso del edificio: otros tipos de edificios que consuman energía | Residencial terciario

Superficie construida: 1557,67 | Sup. construida cubierta: 67,37 | Altura total: 12,00 | Plantas sobre rasante: 3 | Plantas bajo rasante: 1

Comunidad autónoma: Andalucía | Provincia: Sevilla | Localidad: Sevilla | Código postal: 41012

Tipo vía: Calle | Nombre de la vía: C/Isaac Peral

Tipo numeración: Num | Número: 4 | Bloque: - | Portal: - | Escalera: - | Piso: - | Puerta: - | Datos adicionales: -

Normativa vigente (construcción/rehabilitación)

Normativa vigente edificación: CTE HE 2019

Normativa vigente instalaciones térmicas: RITE (2013)

Otras normativas: Otra

Año construcción: Período: Posterior a 2013

Figura 16: Datos administrativos. HULC

En la definición de la envolvente del caso de estudio se ha tomado en cuenta todo lo prescrito en el Anejo C del DB HE “Consideraciones para la definición de la envolvente térmica”. Todos los elementos constructivos y los huecos (*Figura 17*) han sido introducidos con los valores expuestos en “4.3.-Valores de transmitancia límite de la envolvente” de este trabajo.

Respecto las ventanas correspondientes a las habitaciones, se han dispuesto elementos de protección al sol fijos conformado por los balcones que constituyen elementos de protección horizontal rígidos durante todo el año. Paralelamente, todas las ventanas tendrán un retranqueo de 10 centímetros respecto el paño de muro en el que se encuentran, y dispositivos de persianas móviles regulables según las necesidades estacionales.

La clasificación de espacios, entre habitable acondicionado, habitable no acondicionado y no habitable se ha introducido con los criterios descritos en “4.5.-Definición de los locales”.

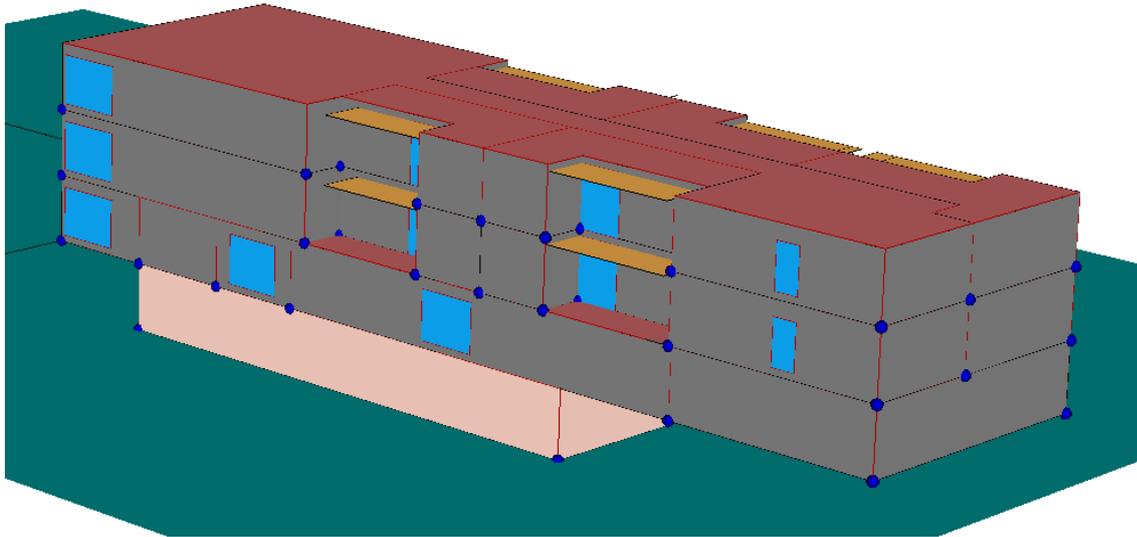


Figura 17: Modelo energético. HULC

Tras el cálculo, se observa que los parámetros correspondientes al HE1 cumplen la normativa (Figura 18).

La transmitancia térmica global es dependiente de la elección de resistencia de los elementos de la envolvente y su superficie, conforme se ha desarrollado antes, se escoge la resistencia de la envolvente que marca la normativa, que son valores cercanos al límite. Por ello, como consecuencia, el valor global es muy cercano al límite también.

		Valores límite	
Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	0,78	0,80	CUMPLE
Control solar, q_sol;jul [kWh/m².mes]	3,91	4,00	CUMPLE
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	4,13	-	NO APLICA
Compacidad [m³/m²]	1,82		
Superficie útil de cálculo, Aútil [m²]	1528,75		
Superficie de cerramientos opacos, Aopacos [m²]	2890,07		
Superficie de huecos, Ahuecos [m²]	126,14		
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	884,66		

Figura 18: Resultados de cumplimiento de HE1. HULC

El control solar corresponde a la elección de ventanas y características desarrolladas en “4.3.- Valores de transmitancia límite de la envolvente”. Este cumple el límite según 3.1.2 HE1 “Control solar de la envolvente térmica”, $q_{sol;jul} = 4 \text{ kWh/m}^2\text{mes}$, al igual que con el coeficiente anterior, al haber cogido valores cercanos al límite, el control solar cumple con poco margen de diferencia.

Estos valores han sido asociados al límite que permite la normativa porque la finalidad del trabajo es conocer la eficiencia energética de los sistemas activos, y que pueda ser aplicado a edificios que, pese al cumplimiento legislativo, tengan mayor necesidad de climatización debido a la ineficiencia de la envolvente.

Respecto la compacidad, la calculada por el programa es ligeramente menor a la real del edificio, ya que en el modelo energético se ha modificado la relación de volumen y superficie, por omitirse los castilletes situados en cubierta.

En el caso de la demanda anual (*Figura 19*) los datos reflejados en el programa son coherentes con la caracterización climática realizada para el caso de estudio. En Sevilla las condiciones exteriores en verano son mucho más extremas que en invierno, como consecuencia, la demanda de refrigeración es mucho mayor que la de calefacción. Este hecho se extrema al haber dispuesto valores límite, ya que la situación desfavorable, verano, se acentúa, dando casi 3 veces mayor que la de invierno.

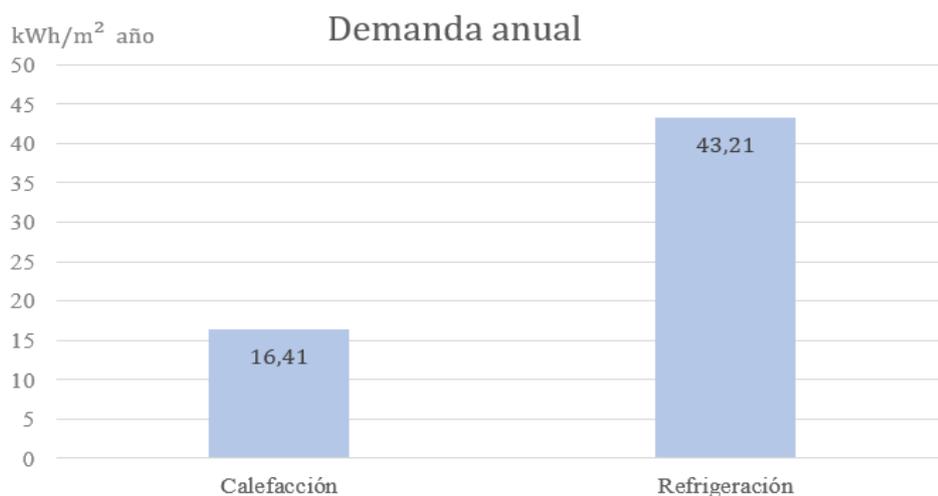


Figura 19: Resultado de HULC de demanda de climatización.
Elaboración propia

5.-Definición de los sistemas térmicos

5.1.-Descripción general. Justificación de la elección

Como se ha mencionado anteriormente, las instalaciones térmicas son las que mayor peso tienen dentro del consumo energético total. A continuación, se van a desarrollar en un edificio que cumple la normativa de la limitación de las condiciones para el control de la demanda energética, la climatización y el abastecimiento de agua caliente, según el tipo de sistema de generación, incluyan energía renovable o no.

-Para resolver la climatización y la ventilación, se escoge un sistema de caudal de refrigerante variable, tipo mixto, en el que el tratamiento térmico es independiente del tratamiento del aire. El sistema es más complejo que si se resolviese todo desde una única unidad, pero durante los periodos en los que no se necesita tratamiento térmico asegura la ventilación del edificio.

La climatización es aplicada a los alojamientos y los locales de uso común, es decir, la sala de estudio y la de reuniones, localizadas en planta baja. Cada uno de estos locales tendrá una unidad interior en la que se pueda controlar individualmente la temperatura del flujo caloportador.

La ventilación es común para todos los locales habitables, resuelta mediante una unidad de tratamiento de aire exterior de tipo pasivo con un recuperador de calor del aire de extracción.

Igualmente, la extracción es común para todo el edificio, pero incluyendo locales no habitables, ya que estos caudales aportarán carga al recuperador de calor, sin que se produzca mezcla de aire.

-El abastecimiento de agua caliente será exclusivo de los alojamientos, ya que el resto de usos del edificio no lo requieren. Será un sistema abierto, independiente del circuito primario cerrado.

5.2.-Climatización

La climatización ha sido resuelta mediante un sistema VRF mixto, es decir desde cubierta bajan las tuberías de refrigerante, y los conductos de aire primario tratado de manera pasiva, hasta los locales.

Desde el sistema de generación parten las tuberías de refrigerante (frío o caliente a demanda) hasta las máquinas de climatización, a las cuáles llega también conductos con aire primario pasivo desde la unidad de tratamiento de aire exterior (a continuación, UTAE) de cubierta.

Se dispone en el circuito primario de un depósito de inercia centralizado, que permita un funcionamiento continuado de la instalación de volumen 30 litros por kW de climatización instalado. Mediante el programa CLIMA v2.2.2 se ha realizado la simulación energética del edificio, con el que se han concluido las cargas de refrigeración y calefacción (*Tabla 8*) totales para la edificación.

Edificio	invierno	verano
Qtotal		40,90 kW
Qsensible	11,84 kW	35,66 kW
Qlatente		5,24 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	23,18 W/m ²	
Ratio total		64,03W/m ²

Tabla 8: Cargas térmicas totales del edificio en CLIMA. Elaboración propia

Para cada uno de los espacios climatizados se ha definido las condiciones operaciones, exteriores e interiores, usos, ocupación, y envolvente, descrita anteriormente en “4.-Descripción del caso de estudio”.

Igualmente, con el mismo procedimiento y programa, se ha realizado por cada local (*Tabla 9*), con la finalidad de dimensionar posteriormente los equipos de climatización del caso de estudio.

La diferencia entre locales de igual superficie y características térmicas interiores, como son las habitaciones, principalmente se deben a la pérdida por la diferencia de envolvente, ya que las situadas en planta 2 (habitaciones 6 a 10) limitan superiormente con la cubierta.

Local	invierno	verano
Sala de reuniones		
Qttotal		4,69 kW
Qsensible	1,57 kW	4,26 kW
Qlatente		0,43 kW
Periodo punta	Febrero, 5.00h	Septiembre, 14.00h
Ratio sensible	34,4 W/m ²	
Ratio total		121,19 W/m ²
Sala de estudios		
Qttotal		17,15 kW
Qsensible	4,09 kW	14,39 kW
Qlatente		15,76 kW
Periodo punta	Febrero, 5.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	12,46 W/m ²	
Ratio total		78,22 W/m ²
Habitación 1		
Qttotal		2,08 kW
Qsensible	0,63 kW	1,88 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	13,14 W/m ²	
Ratio total		51,51 W/m ²
Habitación 2		
Qttotal		1,88 kW
Qsensible	0,46 kW	1,68 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	9,54 W/m ²	
Ratio total		50,05 W/m ²
Habitación 3		
Qttotal		1,79 kW
Qsensible	0,46 kW	1,60 kW
Qlatente		0,19 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	9,11 W/m ²	
Ratio total		47,78 W/m ²
Habitación 4		
Qttotal		1,61 kW
Qsensible	0,46 kW	1,41 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 8.00h
Ratio sensible	9,54 W/m ²	
Ratio total		42,91 W/m ²
Habitación 5		
Qttotal		1,61 kW
Qsensible	0,46 kW	1,41 kW
Qlatente		0,2 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 13.00h
Ratio sensible	9,54 W/m ²	
Ratio total		42,91 W/m ²
Habitación 6		
Qttotal		2,45 kW
Qsensible	0,90 kW	2,25 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	19,72 W/m ²	
Ratio total		60,78 W/m ²
Habitación 7		
Qttotal		2,23 kW
Qsensible	0,38 kW	2,03 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	16,45 W/m ²	
Ratio total		59,56 W/m ²
Habitación 8		
Qttotal		2,23 kW
Qsensible	0,72 kW	2,03 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 15.00h
Ratio sensible	16,45 W/m ²	
Ratio total		59,55 W/m ²
Habitación 9		
Qttotal		1,92 kW
Qsensible	0,72 kW	1,72 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 14.00h
Ratio sensible	16,45 W/m ²	
Ratio total		51,27 W/m ²
Habitación 10		
Qttotal		1,92 kW
Qsensible	0,72 kW	1,72 kW
Qlatente		0,20 kW
Periodo punta	Febrero, 6.00h	Julio, 14.00h
Ratio sensible	16,45 W/m ²	
Ratio total		51,27 W/m ²

Tabla 9: Cargas térmicas por local en CLIMA. Elaboración propia

Como era de esperar, se requiere mayor demanda de refrigeración que de calefacción en todos los locales.

Según la Tabla 2.4.5.1 *Eficiencia de la recuperación* en IT 1.2.4.5 “Recuperación de energía”, podemos determinar que la eficiencia del recuperador de energía depende de las horas anuales de funcionamiento, 5760 horas, y el caudal de aire exterior, 2.2 m³/s, exige un 50% mínimo. Se dispondrá un recuperador sensible que trabaje a un 73% de eficiencia.

Los fancoils tendrán la suficiente potencia para contrarrestar también las cargas de ventilación, por lo que la UTAE no llevará baterías, solo recibirá tratamiento de temperatura de manera pasiva mediante el recuperador de calor.

Para la elección de los fancoils en modo refrigeración se ha comparado la potencia de cálculo, mediante los valores más desfavorables de verano, con la potencia de catálogo de las unidades interiores (aspectos técnicos de las unidades Daikin en *Anejo I- Catálogos de selección de equipos de instalaciones térmicas*). Las unidades de catálogo solucionadas con refrigerante R410-A, se desarrollarán en las tres hipótesis de soluciones de generación.

$$-q_{\text{impulsión}} = Q_t / 0.34 * \Delta^{\circ}T, \text{ siendo el incremento de temperatura de red de } 10^{\circ}\text{C}$$

$$-\text{Potencia Fan Coil} = Q_t + (q_{\text{impulsión}} / q_{\text{ventilación}}) * \text{Potencia climatizador}$$

Se ha dimensionado las unidades terminales (*Tabla 10*) con la potencia de estas, y después se ha comprobado que el caudal de impulsión de catálogo sea mayor al de cálculo.

Recinto	Verano								
	Caudal ventilación UTAE (m ³ /h)	Potencia climatizador UTAE (kW)	Qt (kW)	Qs (kW)	caudal impulsión (m ³ /h)	Potencia Fancoil de cálculo (kW)	Modelo Fancoil de catálogo	Unidad por local	Potencia Fancoil de catálogo (kW)
Sala de reuniones	7452	7,64	4,44	4,26	1305,88	5,78	FXSQ63P	1,00	7,10
Sala de estudios	7452	7,64	15,43	14,39	4538,24	20,08	FXSQ100P	2,00	11,20
Habitación 1	7452	7,64	1,95	1,88	573,53	2,54	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 2	7452	7,64	1,75	1,68	514,71	2,28	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 3	7452	7,64	1,66	1,6	488,24	2,16	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 4	7452	7,64	1,53	1,41	450,00	1,99	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 5	7452	7,64	1,53	1,41	450,00	1,99	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 6	7452	7,64	2,32	2,25	679,25	3,02	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 7	7452	7,64	2,1	2,03	617,65	2,73	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 8	7452	7,64	1,79	2,03	526,47	2,33	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 9	7452	7,64	1,79	1,72	526,47	2,33	FXSQ25P	1,00	2,80
Habitación 10	7452	7,64	1,79	1,72	526,47	2,33	FXSQ25P	1,00	2,80

Tabla 10: Potencia de unidades interiores. Elaboración propia

La potencia necesaria que aporta el sistema de generación para cubrir la carga térmica del edificio en verano será la suma de la potencia de los fancoils. Se corresponde a la potencia modo frío ya que, debido a las condiciones climáticas, es la más desfavorable entre ambas situaciones.

$$P_{\Sigma\text{fancoils}} = 46.30 \text{ kW}$$

La potencia instalada de la unidad exterior bomba de calor Daikin RYYQ18T (especificaciones en *Anejo I*) que suministrará energía a las unidades interiores debe tener la capacidad de abastecer a la suma de la potencia de los fancoils.

$$P_{\text{climatización}} = 50 \text{ kW}$$

La UTAE no está incluida en esta potencia, ya que al ser pasiva el único aporte de calor que genera es a través del intercambiador de calor. Aunque las cargas debidas a la propia ventilación sí que están incluidas, pero están absorbidas por los fancoils.

La climatización de los tres sistemas ha sido resuelta con el mismo tipo de instalación y características. A cada uno de los espacios (*Tabla 11*) les corresponderá unas unidades terminales con potencias según catálogo.

Recinto	Denominación HULC	Unidad por local	Potencia instalada por unidad interior (kW)
Sala de reuniones	P02E04	1,00	7,10
Sala de estudios	P02E02	2,00	11,20
Habitación 1	P03E04	1,00	2,80
Habitación 2	P03E05	1,00	2,80
Habitación 3	P03E06	1,00	2,80
Habitación 4	P03E02	1,00	2,80
Habitación 5	P03E03	1,00	2,80
Habitación 6	P04E04	1,00	2,80
Habitación 7	P04E05	1,00	2,80
Habitación 8	P04E06	1,00	2,80
Habitación 9	P04E03	1,00	2,80
Habitación 10	P04E02	1,00	2,80

Tabla 11: Denominación de espacios en HULC según uso. Elaboración propia

Se dispone de un sistema que abastezca tanto frío como calor, mediante unidades interiores tipo fancoils. La potencia total de la bomba de calor exterior de $P_{instalada} = 50$ kW está distribuida para cada uno de los locales climatizados, según sus necesidades caloríficas y de caudal de impulsión, con unidades descritas en *Anejo I*.

Se introduce el sistema en el programa HULC, asignando a cada uno de los locales las unidades interiores correspondientes, y al conjunto, una unidad exterior que la abastezca (*Figura 20*).

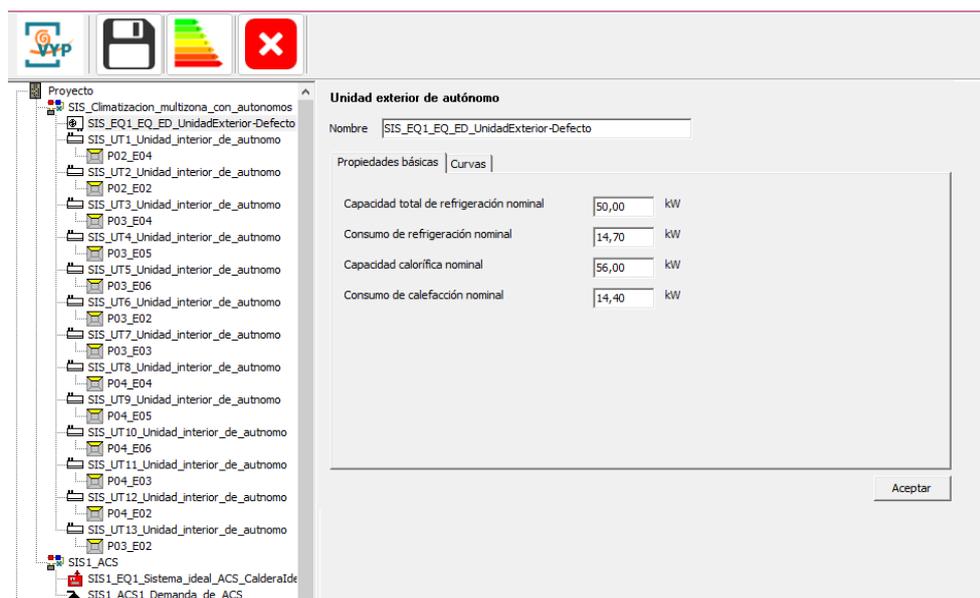


Figura 20: Sistema de climatización. HULC

Con la introducción de todos los parámetros, HULC obtiene datos de eficiencia energética y CO₂ (*Figura 21*). Esta herramienta no permite calcular el cumplimiento de la normativa si no se

introduce una demanda de agua caliente sanitaria mínima, por lo que introducimos una demanda de 100 l/d, además de crear una caldera para el abastecimiento de agua caliente.

Estos resultados de agua caliente serán posteriormente deducidos, ya que, en las tres hipótesis de sistema, el abastecimiento de agua caliente sanitaria se introduce en el programa aparte, aunque en el funcionamiento real sí que tenga efectos un sistema sobre otro (hipótesis B).

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m ² año	16,41	43,21	1,24	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m ² año	7,57	6,91	1,24	0,00	12,99	-
Energía Primaria Total, C_ep,tot	kWh/m ² año	11,45	16,37	2,93	-	30,77	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m ² año	5,54	13,51	2,42	-	25,39	-
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m ² año	5,91	2,86	0,51	-	5,38	-
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m ² año	0,94	2,29	0,41	-	4,30	-

Figura 21: Resultados sistema de climatización. HULC

5.3.-Sistema de abastecimiento de agua caliente sanitaria

La instalación de agua caliente sanitaria está resuelta mediante un sistema de abastecimiento indirecto con depósito de acumulación centralizado, con condiciones de presión y caudal según RITE.

Hay un total de 10 habitaciones, localizadas en planta primera y planta segunda, que requieren de abastecimiento de agua caliente. Aunque hay criterios que indican que para uso no residencial privado en casos de alojamientos se puede optar por definir una demanda de una persona por habitación pese que la ocupación sea de dos, en este caso se ha escogido mantener la demanda según la ocupación real.

Según el anejo F, del CTE DB HE, se estima la demanda orientativa de ACS para usos distintos de residencial privado según Tabla c-Anejo F:

$$\text{Demanda diaria} = 41 \left(\frac{\text{litros}}{\text{personaxdia}} \right) \times 20 \text{ personas} = 820 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right)$$

Se toma la temperatura de referencia de 60°C.

Respecto el coeficiente de simultaneidad del edificio (K_E) depende exclusivamente del número de alojamientos en él:

$$K_E = 19 + N^\circ \text{ alojamientos} / 10 \times (N^\circ \text{ alojamientos} - 1) = 0.26$$

Con este valor, calculamos el caudal máximo simultáneo del edificio:

$$\text{Caudal simultaneo} = K_E \times N^\circ \text{ alojamientos} \times \text{caudal por alojamiento (l/d)}$$

$$\text{Caudal simultaneo} = 0.26 \times 10 \times 82 = 213.20 \left(\frac{\text{litros}}{\text{dia}} \right)$$

Para el dimensionado del abastecimiento de agua caliente sanitaria con el sistema de energía renovable de placas solares se utilizará la herramienta CHEQ4 v2.0.1, que permite realizar las comprobaciones del capítulo de la normativa energética HE4. Para que en el momento de la comparación halla un criterio homogéneo de los parámetros de cálculo, se introduce la ubicación y características del sistema del caso de estudio, y calcula la demanda de agua caliente sanitaria.

CONSUMO MÚLTIPLE		
	Viviendas	Dormitorios
Tipo A	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="1"/>
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Demanda calculada (l/día a 60 °C)		200
CONSUMO TOTAL		
Otras demandas (l/día a 60°C)	<input type="text" value="14"/>	
Demanda total (l/día a 60°C)		214

La herramienta calcula la demanda siguiendo el modelo de sistema de abastecimiento centralizado, como es en el caso de estudio, pero usando unidades de vivienda y dormitorio. Por ello, se establece un valor igual o superior al calculado con el caudal simultáneo, ya que el programa no da la posibilidad de establecer una demanda a definir por el usuario (*Figura 22*). Para ello se disponen 6 viviendas de un dormitorio, y un consumo adicional de 14 l/d. **Por lo que el abastecimiento con el que se va a calcular la instalación es de 214 l/d.**

Figura 22: Demanda de abastecimiento de ACS. CHEQ4

Para tener un valor de potencia necesaria para el abastecimiento de ACS, se calcula la demanda de energía térmica de la instalación (*Tabla 12*).

$$Q_{ACS} = C_p * \rho_{agua} * D_{diaria} * N_{días \text{ del mes}} * (T_{referencia \text{ ACS}} - T_{AFS})^{(1)}$$

Mes	Días	Temperatura AFS Sevilla (°C)	Demanda energía térmica (kWh/mes)
Enero	31	11,1	374,90
Febrero	28	11,1	338,62
Marzo	31	13,1	359,57
Abril	30	14,1	340,55
Mayo	31	16,1	336,57
Junio	30	19,1	303,45
Julio	31	21,1	298,23
Agosto	31	21,1	298,23
Septiembre	30	20,1	296,03
Octubre	31	16,1	336,57
Noviembre	30	13,1	347,97
Diciembre	31	11,1	374,90

Tabla 12: Demanda térmica de agua caliente sanitaria mensual. Elaboración propia

Para poder dimensionar un sistema de generación que sea capaz de soportar esta demanda, aplicamos que:

$$P_{ACS} = m \times C_p \times (\Delta T)$$

-(m) Caudal másico del agua al calentar

-(C_p) Calor específico del agua

- ΔT Salto térmico del fluido, tomando el valor medio de la temperatura de AFS en Sevilla

$$P_{ACS} = (214/0.5) \times 1 \times (60-15) \times 1 \text{ kWh}/860 \text{ kcal}$$

$$P_{ACS} = 43.95 \text{ kW}$$

Respecto la contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria, para los sistemas de generación con aerotermia se cumplirá el 100% de la demanda cubierta, mientras que respecto placas solares, de energía renovable el máximo porcentaje de cálculo que nos expida CHE4Q, y la solución de caldera, el 0%.

6.-Sistemas de generación

6.1.- Condiciones generales y adaptación de los sistemas térmicos a HULC

A continuación, se va a introducir cada uno de los sistemas de generación individualmente, con las condiciones iniciales del modelo de Herramienta Unificada definido en “4.8 Modelo energético”, a partir de él se han generado varios ficheros, donde se resolverán cada una de las generaciones por separado mediante la función Calener VyP y CHEQ4, partiendo de las características comunes y valores de demanda que se concluyeron anteriormente.

Por ello, al edificio le corresponde una demanda de agua caliente sanitaria según 5.3.- *Sistema de abastecimiento de agua caliente sanitaria*, y a cada uno de los espacios les corresponderá unas unidades terminales con potencias y distribución según lo establecido en 5.2.-*Climatización*.

Como se introdujo en la metodología, se generan tres hipótesis de instalaciones térmicas:

-Hipótesis de diseño A: agua caliente resuelto mediante energía solar con apoyo de caldera de condensación, y climatización VRF por bomba de calor.

Se introducen los dos sistemas térmicos independientes. El cálculo de la eficiencia y emisiones de ACS ha sido expedido por CHE4Q, mientras que los resultados de la climatización son de HULC.

Con el uso de Calener VyP no se calculan los valores de eficiencia energética y emisiones de CO₂ de placas térmicas solares, ya que únicamente da opción de disponer el porcentaje de agua caliente sanitaria cubierto por energía renovable, por lo que hay que pasar por otro programa que, con la potencia necesaria para el abastecimiento de agua caliente sanitaria, te de este valor.

Mediante la herramienta CHEQ4 v2.0.1 de verificación del cumplimiento de HE4 se calculará el consumo y emisiones totales del sistema de abastecimiento de ACS. Para ello, se parte de las condiciones descritas en 5.3.-*Sistema de abastecimiento de agua caliente sanitaria*. Este programa nos dará los valores de referencia para la comparación con los demás sistemas de generación térmicos.

-Hipótesis de diseño B: agua caliente resuelto mediante generación aerotermia de aprovechamiento de calor y climatización VRF resuelto por bomba de calor.

Se introducen ambos sistemas por separado en Calener VyP, ya que el programa no permite diseñar un sistema que abastezca unidades interiores tipo fancoil en modo frío y abastecimiento de agua caliente sanitaria para las habitaciones.

En esta instalación se genera un intercambio de calor entre ambos componentes, el circuito de refrigerante aportará calor gratuito al calentamiento de la unidad que genera el agua caliente sanitaria. Esto producirá cambios en el análisis del conjunto del sistema, que conllevará a una reducción de la energía primaria y emisiones del abastecimiento, ergo tendrá un mejor rendimiento.

-Hipótesis de diseño C: agua caliente resuelto mediante caldera de condensación y climatización VRF por bomba de calor.

Solucionado mediante dos sistemas independientes, al tener un 0% de aporte de energía renovable, este sistema no cumple la normativa. La suma de la potencia de abastecimiento de ambos sistemas por separado nos dará tanto la eficiencia como las emisiones de todo el conjunto.

La climatización en todas las hipótesis está resuelta mediante una bomba de calor, una unidad exterior que abastece a todos los fancoils. En hipótesis A y C no se produce un intercambio

energético entre la climatización y el agua caliente, sino que la potencia de la generación es la de la unidad exterior que abastece, mientras que, en la B, sí que producirá un ahorro energético.

6.2.- Hipótesis de diseño A:

La primera solución del sistema de instalaciones térmicas se plantea como dos instalaciones individuales e independientes, por una parte, se desarrolla el agua caliente sanitaria, cuya fuente térmica es la radiación solar, apoyada en una caldera de condensación. Y por otra parte, se encuentra la instalación de la climatización, solucionada con unidades exteriores vinculadas a una bomba de calor (*Figura 23*). No se produce intercambio de calor entre sistemas, por lo que los valores energéticos y de emisiones resultantes del conjunto de la hipótesis será producto de la suma de ambas instalaciones por separado.

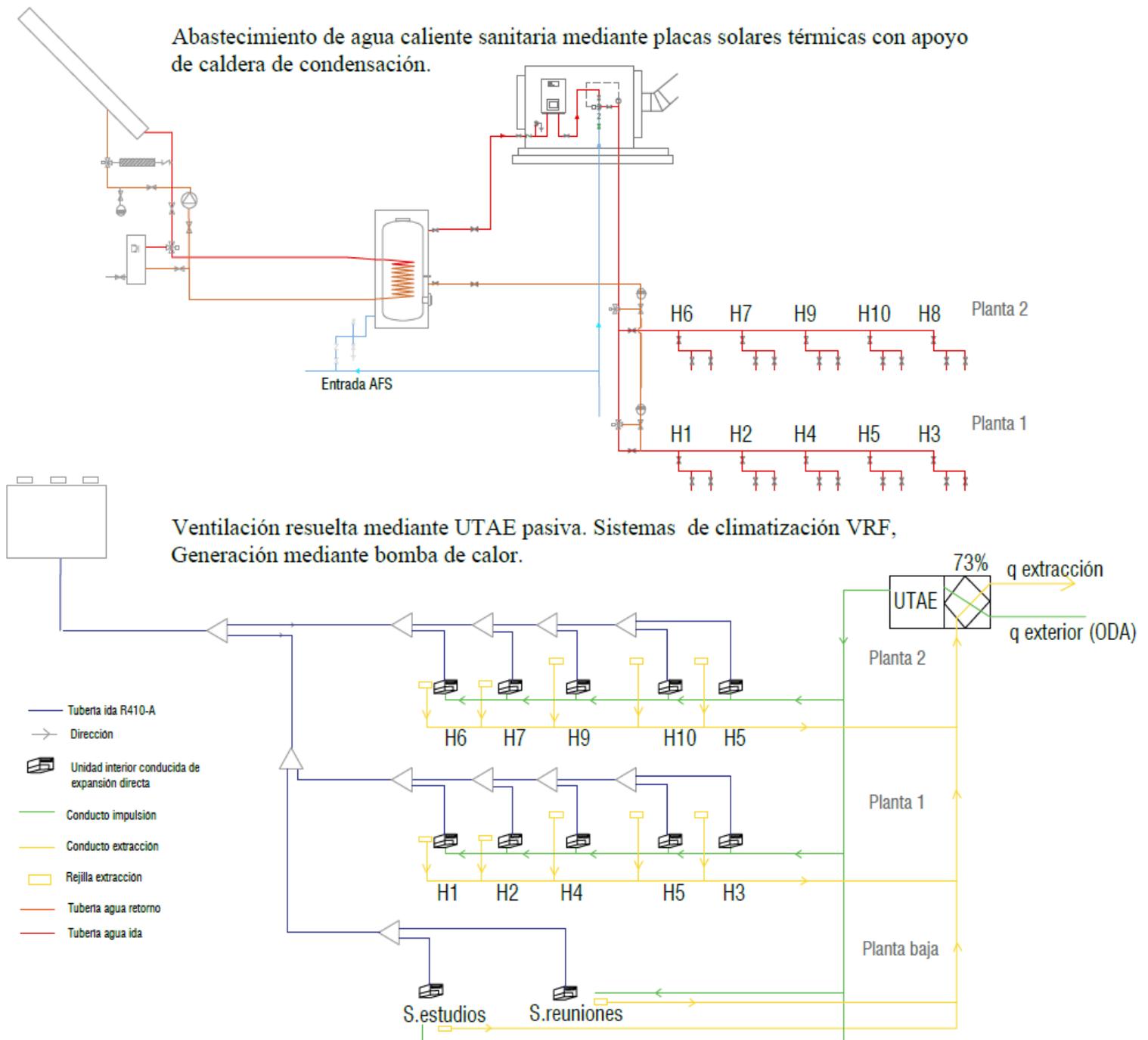


Figura 23: Esquema de principio de hipótesis de diseño A. Elaboración propia

6.2.1-Sistema solar térmico de abastecimiento de ACS

Las placas solares no están preparadas para tener un 100% de rendimiento durante todo el año, ya que son dependientes de las condiciones climáticas. Por lo que es necesario una instalación adicional para asegurar el suministro. En este caso se establece como sistema adicional un complemento de caldera de condensación de gas natural que distribuya a agua caliente sanitaria.

Se requerirá de un disipador de calor, que transfiera el exceso de poder calorífico que recogen los captadores y no son utilizados, como por ejemplo en las horas donde más irradiación solar hay en verano, pero no hay una demanda que lo consuma. Esto es debido a que la normativa contempla que el 100% de la demanda solo puede ser abastecido durante un periodo determinado que este diseño sobrepasa, para solucionarlo, se requiere de un sistema que absorba la energía no utilizada que podría sobrecalentar la instalación.

El sistema solar térmico solo proporcionará abastecimiento de agua caliente sanitaria, no a la climatización. Esta elección ha sido consecuencia de una limitación del programa Calener VyP, que no permite el diseño de instalaciones hidrónicas, sino solo de expansión directa.

La cubierta tiene una superficie útil para los paneles solares de 451 m², por lo será posible realizar esta instalación, pero hay que tener en cuenta que por pérdidas de rendimiento debido a la sombra habría que mayorar esta superficie para que cubriera toda la potencia de la instalación.

Con estos datos, y tras el dimensionado completo de la instalación, en la herramienta informática se elige una marca de placa solar (aspectos técnicos adjuntos en *Anejo I- Catálogos de selección de equipos de instalaciones térmicas*) colocadas en bastidores a 45°, y se introducen los parámetros del diseño de la instalación, acumulación y el sistema de apoyo (*Figura 24*).

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES

Empresa: Adisa.
 Marca/Modelo: ADISOL VN-2.2

Datos de ensayo	
Área (m2)	1,99
n0 (-)	0,788
a1 (W/m2K)	3,911
a2 (W/m2K2)	0,01
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,94
Laboratorio	NER (Solar Keymark)
Certificación	GPS-8633

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: 5 Captadores en serie: 4 Pérdidas sombras (%): 10
 Orientación (°): 0 Inclinación (°): 45 Área total captadores (m2): 9,95

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): 179 Anticongelante (%): 10 Long. circuito (m): 6
 Diám. tubería (mm): 12 Esp. aislante (mm): 25 Aislante: genérico

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema: Caldera de condensación
 Tipo de combustible: Gas natural

Localización, Configuración, Demanda, Solar/Apoyo, Otros parámetros, Resultados

Figura 24: Elección de placas térmicas solares. CHEQ4

Con una fracción solar cubierta del 82%, cumpliendo el mínimo que impone HE4 del 60%, el programa expide valores de eficiencia energética y reducción de CO₂ (*Figura 25*) que serán analizados y estudiados posteriormente.

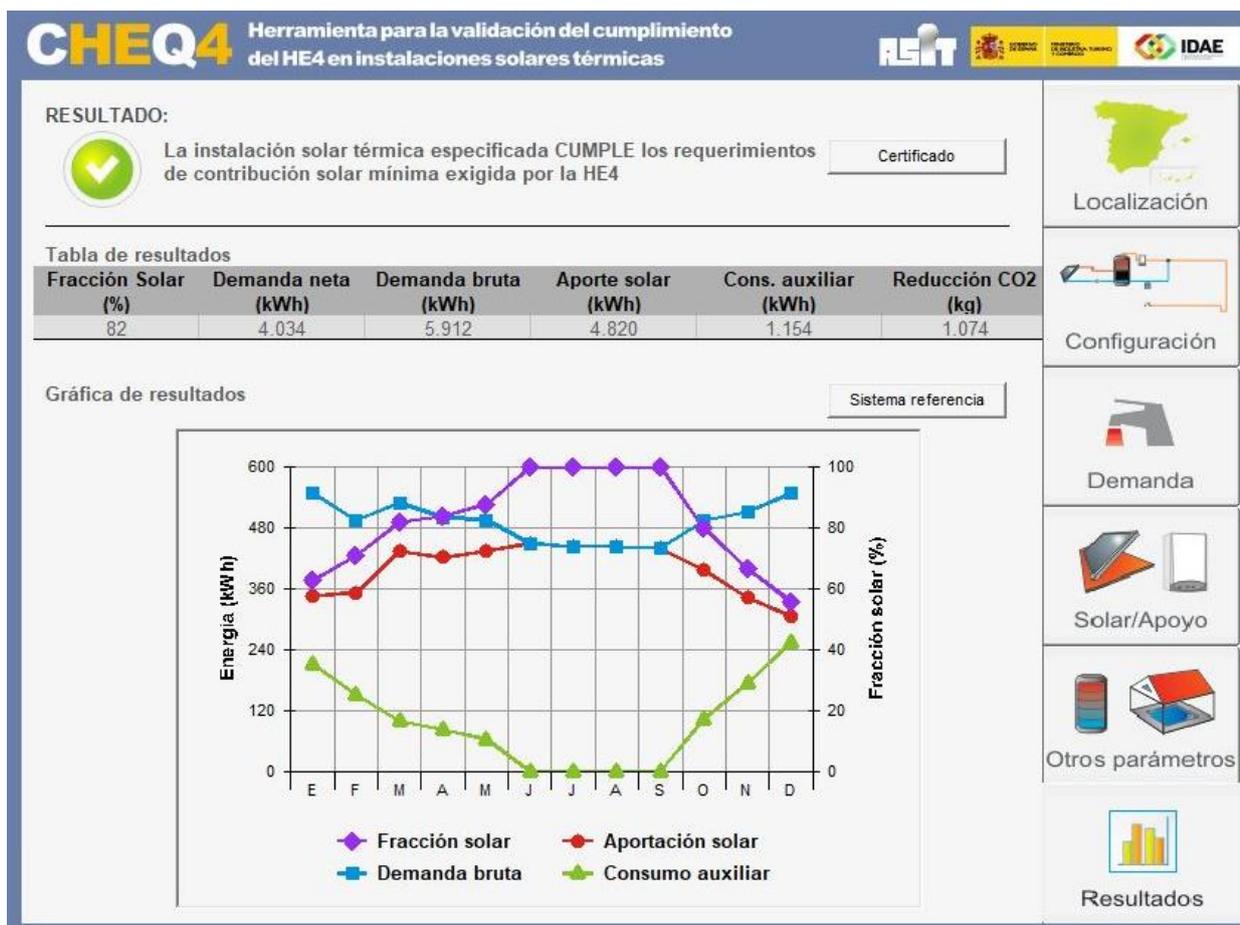


Figura 25: Resultados de sistema solar térmico para ACS. CHEQ4

Con este modelo y resultados, la herramienta genera un sistema de referencia (Figura 26) que será el que nos establezca los valores mínimos de cumplimiento de normativa energética, con los que se podrá comparar emisiones y consumo de energía primaria no renovable, y darán valores que limitarán a una instalación con componente renovable alternativa de diferentes características.

RESULTADOS DEL SISTEMA ALTERNATIVO	
Emisiones de CO2 y consumo de energía primaria no renovable que la instalación alternativa, que sustituya a la instalación solar térmica, no podrán superar:	
Consumo de energía primaria de referencia (kWh)	112
Emisiones de CO2 de referencia (kg CO2)	24

Figura 26: Resultados de referencia ACS de hipótesis A. CHEQ4

Es decir, estos valores serán los que marquen si otros sistemas renovables son más o menos eficientes que este, y si se encuentran dentro de los límites de la normativa:

-Energía primaria no renovable = 0.07 kWh/m² aplicado sobre 637 m²

-Emisiones CO₂ = 0.02 kg CO₂ /m²

Para hacer la comparación con el resto de los sistemas, y según la base de cálculo de CHEQ4 y HULC, esta superficie es 637 m² climatizados.

6.3.- Hipótesis de diseño B: generación mediante aerotermia

El sistema de aerotermia requiere de una unidad exterior colocada en cubierta que producirá intercambio térmico con el ambiente y de unidades interiores, por una parte, un Hidrokit con acumulador (encargado de la producción de ACS) y las unidades encargadas para la climatización fancoils, de expansión directa (Figura 27).

En el caso de estudio la bomba cubrirá el 100% de la demanda térmica y no se requiere de un sistema adicional. Tanto unidades interiores de climatización como la producción de agua caliente sanitaria estarán resueltas íntegramente por este sistema.

Para el abastecimiento de agua caliente se establece una unidad interior de la gama de aerotermia Daikin Altherma HT con potencia escogida según unidad de catálogo (ver Anejo I). Por potencia, es necesario tres unidades interiores para cubrir la demanda y caudal del edificio de ACS.

Ventilación resuelta mediante UTAE pasiva. Sistemas de climatización VRF.
 Generación acs mediante aerotermia.

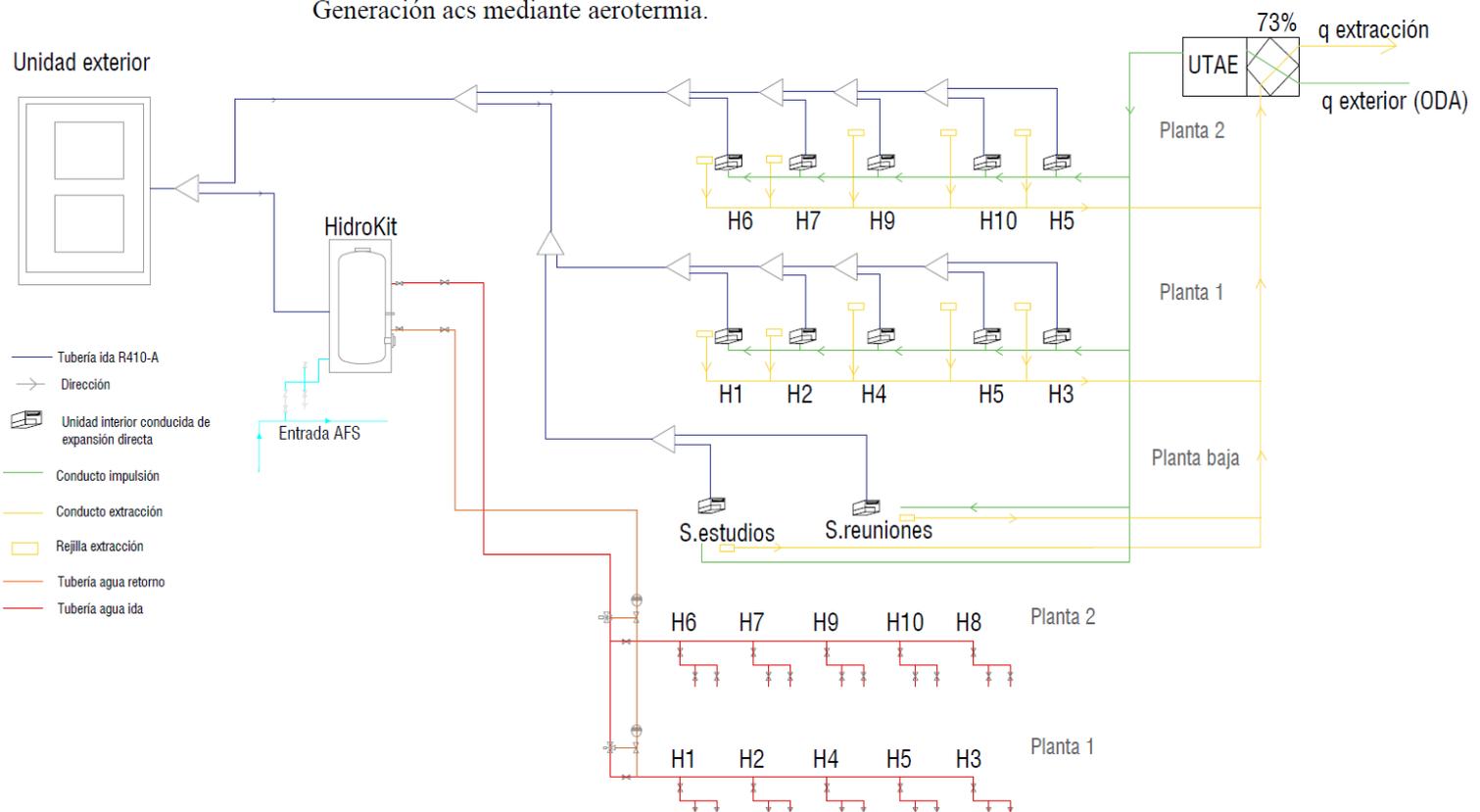


Figura 27: Esquema de principio de sistema térmico resuelto mediante aerotermia. Elaboración propia

Muchos de los beneficios principales de esta generación para el usuario derivan en un ahorro económico a medio plazo pese al alto coste inicial, ya que, en un sistema de aerotermia “únicamente hay que pagar por la energía que consumen el compresor y el ventilador exterior. Según sea la temperatura exterior, entre un 50 % y un 75 % de la energía utilizada para calentar es gratuita, puesto que se obtiene del aire exterior” (19).

La Unión Europea en la Directiva 2009/28/ce del Parlamento Europeo y del Consejo, el 23 de abril de 2009, en el documento sobre la eficiencia de las bombas de calor, relaciona la potencia aportada con la potencia consumida por la bomba citando: “las bombas de calor que permiten la utilización del calor aerotérmico, geotérmico o hidrotérmico a un nivel de temperatura útil necesitan electricidad u otra energía auxiliar para funcionar. Por ello, debe deducirse del total utilizable la

energía empleada en el funcionamiento de las bombas de calor. Solo deben tenerse en cuenta las bombas de calor cuya producción supere de forma significativa la energía primaria necesaria para impulsarlas” (20). Es decir, lo importante al hacer la asimilación de la bomba a un sistema de aerotermia es la relación entre el consumo y la capacidad nominales, esto será lo que nos dé la clave para poder introducir en HULC VyP el sistema.

6.3.1-Sistema de agua caliente sanitaria abastecido por aerotermia

La potencia de la bomba de calor para el agua caliente sanitaria intercambiará energía durante todo el año (siendo esta aportación mayor en meses calurosos) transfiriendo el calor captado del sistema de climatización (trabajando en modo frío) al sistema de ACS. Por lo que, sobre todo durante junio, julio y agosto, se reducirá proporcionalmente las emisiones y aumentará la eficiencia.

En el sistema de generación de HULC, la aerotermia hay que introducirla haciendo asimilaciones de uso y funcionamiento de la bomba de calor, ya que la herramienta no la incluye como tal en su catálogo, como pudiera ser como con la caldera.

Se ha dispuesto su funcionamiento como una unidad interior Hidrokit con capacidad y consumo de catálogo, definida a partir de las condiciones nominales de la máquina, la potencia de la unidad y su eficiencia (Figura 28).

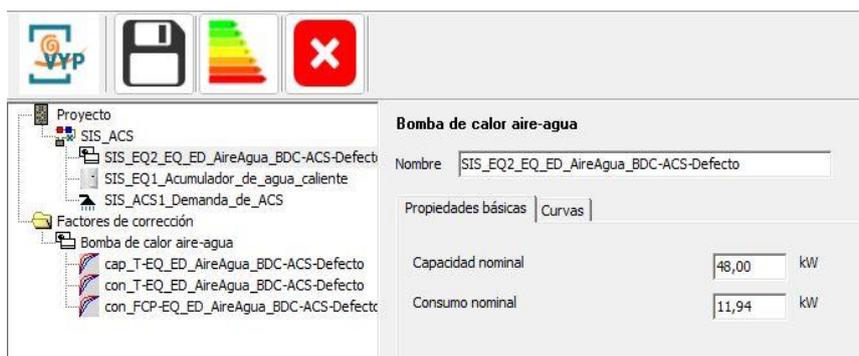


Figura 28: Introducción en HULC de agua caliente sanitaria abastecido por aerotermia. HULC

Esta unidad definida en HULC como bomba de calor no es una unidad exterior, sino interior. El programa no puede calcular un sistema conjunto en el que agua caliente y climatización funcionen en un mismo circuito donde se produce una recuperación de calor entre ellos.

		A.C.S.
Demanda, D	kWh/m²año	2,91
Energía Final, C_ef	kWh/m²año	2,91
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m²año	3,79
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m²año	1,25
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m²año	2,54
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m²año	0,21

Figura 29: Resultados de ACS de hipótesis B. HULC

El programa expide valores energéticos y de emisiones de CO₂ (Figura 29).

introducida en el programa, por lo que supera el valor límite mínimo del 60%, definiendo el sistema de abastecimiento de agua caliente como renovable.

Además, HULC realiza la comprobación del cumplimiento de HE4 (Figura 30) y certifica el cumplimiento del 64.86% de fracción renovable de la bomba de calor

HE4 y HE5		
Fracción renovable del consumo de ACS [%]	60,53	Valores límite: 60,00
Potencia producción eléctrica instalada [kW]	0	-
		CUMPLE
		NO APLICA

Figura 30: Cumplimiento HE4 de hipótesis B. HULC

Los sistemas de expansión directa varían de consumo entre modo frío y calor según las necesidades del local (*Figura 31*). Sobre todo en los meses de verano, el consumo de ACS se cubre con el exceso de calor de los espacios climatizados. El refrigerante, con una carga aportada por los sistemas de expansión directa transfiere calor a la unidad interior de ACS, produce un ahorro energético que modificará el consumo a lo largo del año, pero especialmente en los meses donde la diferencia entre refrigeración y calefacción es mayor.

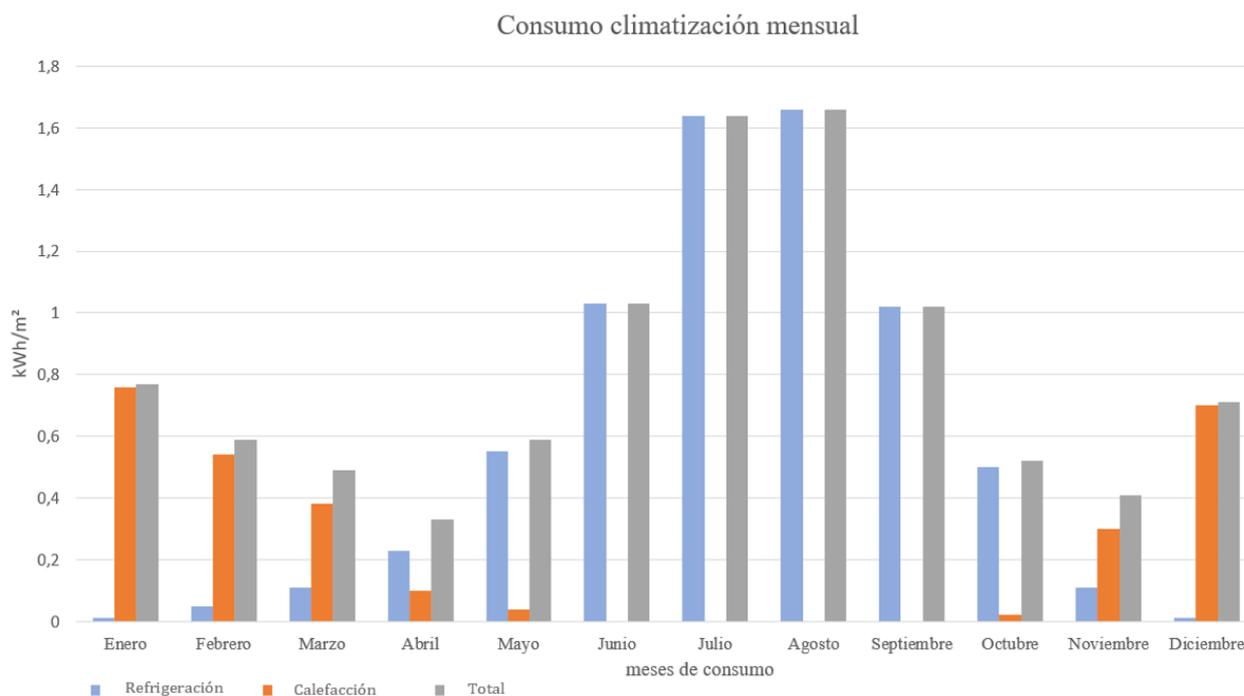


Figura 31: Resultados de consumo de refrigeración y ACS de hipótesis B. Elaboración propia

Es decir, cuanto mayor sea la diferencia entre el consumo de refrigeración y el de calefacción, mayor será el ahorro producido al abastecimiento de agua caliente sanitaria. En los meses de verano el agua caliente solo está cubierta con el exceso de calor de los espacios climatizados, el consumo de energía es nulo, por ello es una instalación plenamente eficiente.

Hay que tener en cuenta los horarios de uso de esta instalación, especialmente en los meses en los que el abastecimiento no es total como es en meses fríos, ya que no hay una instalación que retenga el calor, por lo que se necesitaría de un aporte energético adicional si el consumo no es instantáneo al de climatización.

Este ahorro no solo supone un aumento de la eficiencia de la instalación, sino una disminución significativa de las emisiones (*Tabla 13*).

ACS=AEROTERMIA, CLIMA=BOMBA DE CALOR		
HIPOTESIS B		
Consumo energía final (kWh/m²)	ACS sin intercambio de calor	ACS con intercambio de calor
Enero	0,06	0,06
Febrero	0,05	0,04
Marzo	0,06	0,04
Abril	0,05	0
Mayo	0,05	0
Junio	0,05	0
Julio	0,05	0
Agosto	0,05	0
Septiembre	0,05	0
Octubre	0,05	0
Noviembre	0,05	0,04
Diciembre	0,06	0,06
Anual	0,63	0,24
Energía primaria no renovable (kWh/m²)	1,25	0,43
Energía primaria renovable (kWh/m²)	2,54	3,30
Emisiones CO2 (kg CO2 /m²)	0,21	0,07

Tabla 13: Comparación de resultados de ACS hipótesis B con y sin recuperación de calor. Elaboración propia

6.4.- Hipótesis de diseño C: generación no renovable

El tercer sistema de generación ha sido resuelto mediante energías no renovables. Por una parte el abastecimiento de agua caliente sanitaria con funcionamiento por caldera de condensación, y por otra la climatización, con bomba de calor de mismas características que las anteriores hipótesis.

Tanto climatización como agua caliente se resuelven como sistemas independientes con generaciones autónomas entre sí (Figura 32).

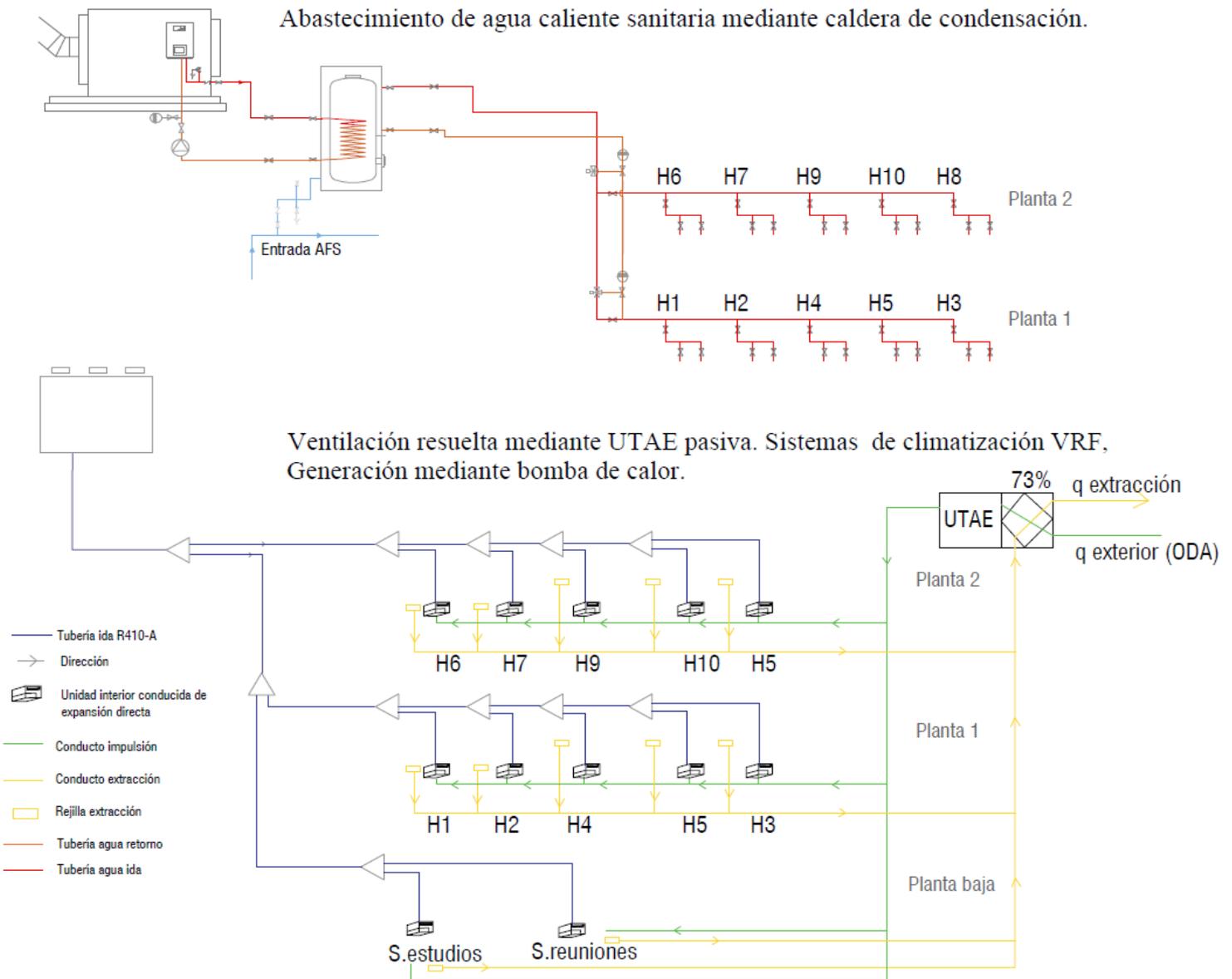


Figura 32: Esquema de principio de hipótesis C. Sistemas no renovables. Elaboración propia

6.4.1- Sistema de caldera de condensación de abastecimiento de ACS

El sistema con el que se ha resuelto el abastecimiento de agua caliente sanitaria basa su generación en una caldera de condensación de funcionamiento mediante gas natural. Su funcionamiento reside en el tratamiento continuo de la condensación del vapor de agua producto de la combustión, es decir, el aprovechamiento del calor latente.

Entre todas las calderas de similares potencias, este tipo es la que mejor rendimiento tiene respecto a las otras, menos combustible usa y menos gases expulsa, pero también es la que mayor inversión inicial requiere.

La diferencia con la solución de la hipótesis A es que en este sistema la caldera es la generación única del ACS, y no un complemento a solar térmica.

Se introduce el sistema en HULC, la caldera tendrá una potencia suficiente según lo desarrollado en 5.3.-Sistema de abastecimiento de agua caliente sanitaria. Para la elección del tipo de caldera de condensación, se elige la que crea HULC por defecto para los valores de energía gas natural, de rendimiento nominal 0.973 (Figura 33).

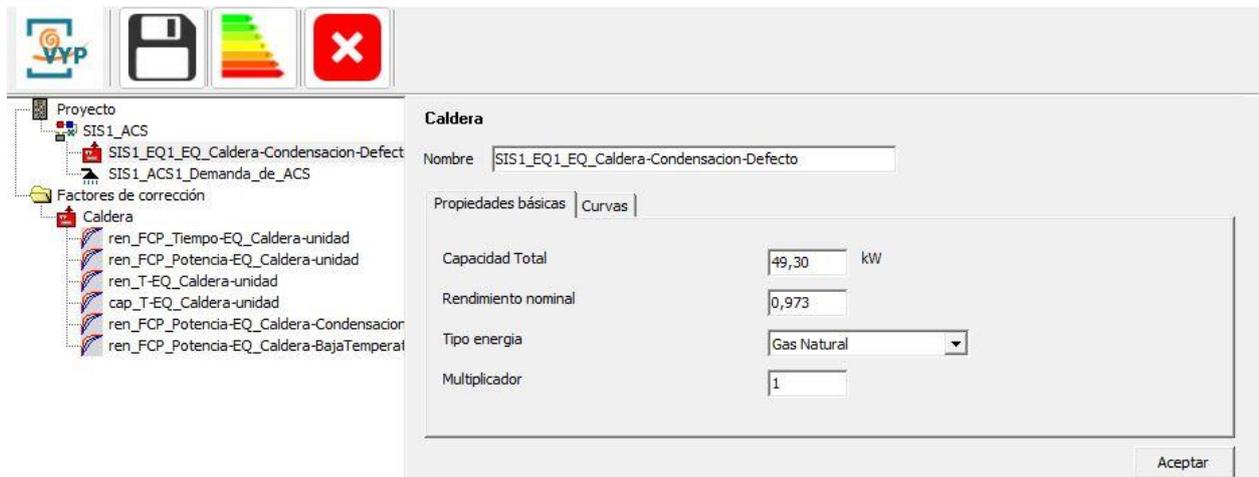


Figura 33: Introducción de caldera en HULC. HULC

La herramienta expide resultados de valores de energía y emisiones que serán analizadas conjunto con todo su sistema (Figura 34).

		A.C.S.
Demanda, D	kWh/m²año	2,65
Energía Final, C_ef	kWh/m²año	2,73
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m²año	3,26
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m²año	3,25
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m²año	0,01
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m²año	0,69

Figura 34: Resultados de ACS de hipótesis C. HULC

Pese a no ser un sistema de energía renovable, HULC le otorga un 0.01 kWh/m²año, debido a que el funcionamiento mediante la condensación de gases hace a este tipo de caldera más eficiente que las que tienen otras generaciones.

7.- Discusión de resultados de cada una de las soluciones

7.1.- Resultados de hipótesis de diseño A

El sistema de la hipótesis A (*Tabla 14*), con los valores de climatización por bomba de calor expedidos de Calener VyP, y valores de referencia de energía renovable de ACS de CHEQ4, en funcionamiento conjunto sin intercambio de calor entre ellos, genera:

-Energía primaria no renovable total = 19.23 kWh/m²

-Emisiones CO₂ total = 3.27 Kg CO₂/m²

ACS= SOLAR + CALDERA, CLIMA=BOMBA DE CALOR				
HIPOTESIS A				
Consumo energía final (kWh/m ²)	Climatización			ACS (valores de referencia)
	Verano	Invierno	Total	
Enero	0,01	0,76	0,77	
Febrero	0,05	0,54	0,59	
Marzo	0,11	0,38	0,49	
Abril	0,23	0,1	0,33	
Mayo	0,55	0,04	0,59	
Junio	1,03	0	1,03	
Julio	1,64	0	1,64	
Agosto	1,66	0	1,66	
Septiembre	1,02	0	1,02	
Octubre	0,5	0,02	0,52	
Noviembre	0,11	0,3	0,41	
Diciembre	0,01	0,7	0,71	
Anual	6,92	2,84	9,76	
Energía primaria no renovable (kWh/m²)	5,54	13,51	19,05	0,18
Energía primaria renovable (kWh/m²)	2,86	5,91	8,77	
Emisiones CO₂ (kg CO₂ /m²)	2,29	0,94	3,23	0,04

Tabla 14: Resultados finales de hipótesis A. Elaboración propia

En la hipótesis A no hay resultados de consumo de energía final mensual, debido a que CHEQ4 no los expide, ya que se trabaja con los valores de referencia que extrae el programa con el tipo de instalación introducida. Si que genera valores mensuales, pero de demanda, por lo que no se puede hacer una comparación con los de consumo de energía final.

HULC genera, además, valores de una instalación genérica (*Tabla 15*), para realizar una comparación respecto el mínimo de cumplimiento de normativa. Esta nos verifica el cumplimiento de toda la instalación, suscribiendo su eficiencia.

Los valores son perceptiblemente menores en el sistema de ACS que en climatización, este resultado es lógico, ya que el agua caliente es abastecida por una generación renovable. La climatización tiene un buen rendimiento (por el SPF de la unidad exterior elegida) pero al ser menor a 2.5, no se considera renovable.

Los valores de energía primaria no renovable son 18 veces mayor en el sistema de referencia que en la instalación de ACS, mientras que las emisiones anuales de gases son aproximadamente 10 veces mayor.

	Climatización	Valor sistema comparación HULC	ACS	Valor sistema comparación HULC
Energía primaria no renovable (kWh/m ²)	19,05	48,5	0,18	2,42
Emisiones CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	3,23	10,32	0,04	0,41

Tabla 15: Comparación de resultados finales hipótesis B con valores de comparación de HULC. Elaboración propia

7.2.- Resultados de hipótesis de diseño B

El sistema de la hipótesis B (Tabla 16), con los valores de climatización por bomba de calor y ACS expedidos de Calener VyP, en funcionamiento conjunto con intercambio de calor entre ellos, genera:

-Energía primaria no renovable total= 19.48 kWh/m²

-Emisiones CO₂ total= 3.30 Kg CO₂/m²

ACS=AEROTERMIA, CLIMA=BOMBA DE CALOR				
HIPOTESIS B (con intercambio de calor)				
Consumo energía final (kWh/m ²)	Climatización			ACS
	Verano	Invierno	Total	
Enero	0,01	0,76	0,77	0,06
Febrero	0,05	0,54	0,59	0,04
Marzo	0,11	0,38	0,49	0,04
Abril	0,23	0,1	0,33	0
Mayo	0,55	0,04	0,59	0
Junio	1,03	0	1,03	0
Julio	1,64	0	1,64	0
Agosto	1,66	0	1,66	0
Septiembre	1,02	0	1,02	0
Octubre	0,5	0,02	0,52	0
Noviembre	0,11	0,3	0,41	0,04
Diciembre	0,01	0,7	0,71	0,06
Anual	6,92	2,84	9,76	0,24
Energía primaria no renovable (kWh/m²)	5,54	13,51	19,05	0,43
Energía primaria renovable (kWh/m²)	2,86	5,91	8,77	3,30
Emisiones CO₂ (kg CO₂ /m²)	2,29	0,94	3,23	0,07

Tabla 16: Resultados finales de hipótesis B. Elaboración propia

Este sistema cumple con los mínimos de la normativa energética, pero no llega a tener la eficiencia que tiene la hipótesis A, aunque se acerca mucho.

Para conseguir igualar o superar este valor, se podría introducir el mismo sistema de climatización en Calener VyP, y repetir el procedimiento de 5.2.-Climatización, pero cambiando la unidad exterior por otra más eficiente, es decir, con un rendimiento un poco mayor. Solo se necesitaría cambiar la unidad exterior, y como consecuencia, aumentaría la eficiencia de toda la instalación.

Con los valores de la instalación genérica que genera HULC (Tabla 17), se realiza una comparación respecto el mínimo de cumplimiento de normativa. Esta nos verifica el cumplimiento de toda la instalación, suscribiendo su eficiencia.

Los valores son 5.5 veces menor en energía primaria no renovable, y 5.8 veces en emisiones que en el sistema de ACS que establece HULC.

	Climatización	Valor sistema comparación HULC	ACS	Valor sistema comparación HULC
Energía primaria no renovable (kWh/m ²)	19,05	48,5	0,43	2,42
Emisiones CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	3,23	10,32	0,07	0,41

Tabla 17: Comparación de resultados finales hipótesis B con valores de comparación de HULC. Elaboración propia

7.3.- Resultados de hipótesis de diseño C

El sistema de la hipótesis C (Tabla 18), con los valores de climatización por bomba de calor y de ACS por caldera de condensación, expedidos de Calener VyP, en funcionamiento conjunto sin intercambio de calor entre ellos, genera:

-Energía primaria no renovable total = 22.30 kWh/m²

-Emisiones CO₂ total = 3.92 Kg CO₂/m²

ACS= CALDERA, CLIMA=BOMBA DE CALOR				
HIPOTESIS C				
Consumo energía final (kWh/m ²)	Climatización			ACS
	Verano	Invierno	Total	
Enero	0,01	0,76	0,77	0,23
Febrero	0,05	0,54	0,59	0,21
Marzo	0,11	0,38	0,49	0,23
Abril	0,23	0,1	0,33	0,22
Mayo	0,55	0,04	0,59	0,23
Junio	1,03	0	1,03	0,22
Julio	1,64	0	1,64	0,23
Agosto	1,66	0	1,66	0,23
Septiembre	1,02	0	1,02	0,22
Octubre	0,5	0,02	0,52	0,23
Noviembre	0,11	0,3	0,41	0,22
Diciembre	0,01	0,7	0,71	0,23
Anual	6,92	2,84	9,76	2,70
Energía primaria no renovable (kWh/m²)	5,54	13,51	19,05	3,25
Energía primaria renovable (kWh/m²)	2,86	5,91	8,77	0,01
Emisiones CO₂ (kg CO₂ /m²)	2,29	0,94	3,23	0,69

Tabla 18: Resultados finales de hipótesis C. Elaboración propia

Las calderas de condensación tienen una alta eficiencia en comparación con calderas de otras fuentes de energía. El efecto de la condensación genera valores de energía primaria de 0.01 kWh/m². Sin embargo, esta eficiencia no es suficiente para el cumplimiento de la normativa energética para el abastecimiento de ACS.

Con valores de 0.69 kg CO₂/m² las emisiones de gases anuales son 1.3 veces mayor en comparación con los datos que impone HULC como mínimos para el cumplimiento de la normativa. Igualmente, los valores de eficiencia tampoco cumplen, superando 1.6 veces, el valor de referencia.

	Climatización	Valor sistema comparación HULC	ACS	Valor sistema comparación HULC
Energía primaria no renovable (kWh/m ²)	19,05	48,5	3,25	2,42
Emisiones CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	3,23	10,32	0,69	0,41

Tabla 19: Comparación de resultados finales hipótesis C con valores de comparación de HULC. Elaboración propia

7.4.- Comparaciones de resultados

Se realiza una comparación entre los resultados finales (Tabla 20) de las tres hipótesis en conjunto, es decir, sistemas A y C sumando los resultados de los componentes de las dos instalaciones térmicas, y en el B realizando el balance térmico entre ACS y climatización definido en 6.3.1- Sistema de agua caliente sanitaria abastecido por aerotermia.

Parámetros de comparación	Hipótesis A	Hipótesis B	Hipótesis C
Energía primaria no renovable (kWh/m ²)	19,23	19,48	22,3
Emisiones CO ₂ (kg CO ₂ /m ²)	3,27	3,30	3,92

Tabla 20: Comparación de resultados finales de todas las hipótesis. Elaboración propia

Los sistemas A y B, con una fuerte componente renovable en el abastecimiento de agua, generan:

-En energía primaria no renovable: valores menores que en la hipótesis C, debido a que esta diferencia de energía es suplida por la fuente renovable.

La hipótesis A respecto la C disminuye sus valores de energía no renovable, a igualdad de climatización, en un 13.7%. Mientras que la hipótesis B, lo hace en un 12.6%.

Esta diferencia entre A y B se debe a la eficiencia que supone un sistema de energía térmica solar respecto un sistema de aerotermia, aunque la reducción es bastante pequeña respecto el total. Como se mencionó anteriormente, para que la hipótesis B mejorase en eficiencia a la A, bastaría con sustituir la unidad exterior de climatización de la B.

Sustituir esta unidad exterior por una de mejores características aumentaría la eficiencia de toda la instalación, aumentando también el rendimiento en el abastecimiento de agua caliente, ya que la unidad interior que la genera está conectada a ella.

La unidad exterior instalada tiene una ratio de eficiencia energética estacional (ESEER) DE 6.5, se necesitaría un valor de 6.8 para superar el rendimiento y disminuir emisiones de la hipótesis A.

Como consecuencia, disminuirían los valores de la climatización, y por ello, el calor sobrante que absorbe el ACS de la climatización también aumentaría, reduciendo el consumo en meses fríos.

Los sistemas A y B, generan respecto el sistema convencional, sin componente renovable:

-En emisiones de CO₂: valores menores que en la hipótesis C, como consecuencia de las emisiones que genera esta diferencia entre energía primaria renovable y no renovable.

La hipótesis A respecto la C disminuye sus valores de emisiones, a igualdad de climatización, en un 16.5%. Mientras que la hipótesis B, lo hace en un 15.8%.

8.-Conclusiones

Hay que tener en cuenta el marco legal actual, que potencia el respeto al medioambiente y la optimización de las fuentes de energía para hacerlas más respetuosas con el medio. Los cambios normativos nos están imponiendo unos objetivos en el ámbito de la arquitectura que nos exigen cada vez repensar más aspectos que en épocas recientes no han sido valorados y tenidos en cuenta. Especialmente en edificios terciarios, donde las energías renovables están mucho menos normalizadas que en usos residenciales.

La eficiencia energética no es solo un objetivo sino todo un campo de trabajo que debe informar toda la proyección de un arquitecto que se considere que está en el mundo actual. El estudio de las energías renovables son un tema de amplio desarrollo ya que la tendencia del parque urbano es desprenderse de la dependencia hacia las energías fósiles.

Tanto energía solar térmica como aerotermia consiguen buenos resultados de eficiencia energética y disminuyen notablemente los valores de emisiones respecto sistemas tradicionales, por ello, hay que ampliar el ámbito de estudio en búsqueda de mejorar su adaptabilidad y aplicación a la edificación.

Los resultados del trabajo muestran lo competitiva que puede ser la aerotermia como fuente de energía renovable para el agua caliente sanitaria en edificios residenciales públicos localizados en zonas de elevada severidad climática en verano, una clara alternativa a la energía solar térmica, fundamentalmente por su capacidad de transferencia de calor con la instalación de climatización cuando trabaja en modo de refrigeración.

- Por lo que se concluye que:

-En climas como el de Sevilla, donde se alcanzan altas temperaturas, y en usos con fuerte demanda de ACS y climatización, la aerotermia tiene un gran potencial. Se plantea como una opción a la energía solar térmica para ACS, fundamentalmente por la posibilidad de transferir energía de la instalación de climatización a la de ACS en horas en las que hay demanda de refrigeración en el edificio.

-En un sistema de expansión directa que utilice la aerotermia, se puede lograr una reducción del consumo de energía primaria y de las emisiones de CO₂ eligiendo una producción térmica con un mejor SPF.

Es más simple que lograr una mejora de la eficiencia en el conjunto de calentamiento de agua por energía solar térmica e instalación de climatización. Además, la aerotermia no necesita de la disposición de disipadores como si son necesarios en placas solares térmicas, y requiere de menor cantidad de mantenimiento que estas.

-La Herramienta Unificada Lider Calener VyP tiene limitaciones que restringen la elección de los sistemas térmicos y de generación para la comprobación de cumplimiento de la normativa energética. Debido al potencial que tienen las energías renovables, es necesario seguir desarrollando la herramienta para edificios de viviendas y pequeño terciario, con el fin de conseguir un mayor catálogo de soluciones y mayor exactitud en la adaptación de las instalaciones.

9.-Futuras líneas de trabajo

De las conclusiones expuestas surgen cuestiones que pueden completar y complementar la relación de la eficiencia energética con la elección de los sistemas de generación en la edificación. Este trabajo se enmarca en un estudio de mayor alcance, donde se enfoca la mirada hacia las energías renovables aplicadas en las instalaciones térmicas de edificios terciarios.

Las futuras líneas de trabajo podrían ser:

- Análisis del impacto ambiental en ciclo de vida útil de los sistemas de generación.
- Análisis de viabilidad económica entre sistemas de generación renovable.
- Aplicación de soluciones de sistemas de energía renovable a hoteles y residencias de ancianos.
- Estudio de criterios de diseño e integración de los sistemas de generación renovables en la arquitectura.
- Estudio de eficiencia energética y emisiones de gases de soluciones a instalaciones térmicas resueltas mediante geotermia.
- Estudio de rendimiento de bombas de calor en el clima Mediterráneo.
- Introducción del caso de estudio en herramienta Calener GT. Comparación de valores de eficiencia energética con sistemas hidráulicos.

10.-Bibliografía

- (1) Guillen A, Abreu J. Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation). Int J Good Conscienc. 2016; 11(1):141-55
- (2) Pelegry Á, Larrea Basterra E, Suárez Diez M. Energías renovables en calefacción y refrigeración en los sectores residencial y terciario
- (3) ONU. Energía Asequible Y No Contaminante: por qué es importante. United Nations. 2016; 1
- (4) Torre A De, Mansilla JL, Jiménez JL. Panorama energético y energía nuclear a octubre de 20 ll. 2011; 1-6
- (5) España en la UE | España [Internet]. [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: https://ec.europa.eu/spain/news/20191012_Spain-in-the-EU_es
- (6) España cierra 2019 con un 10 % más de potencia instalada de generación renovable|. Red Eléctrica de España - Sala de Prensa [Internet]. [citado 7 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/notas-de-prensa/2019/12/espana-cierra-2019-con-un-10-mas-de-potencia-instalada-de-generacion-renovable>
- (7) Eurostat. Estadísticas de energía renovable. Statistics Explained. 2018; 1-22
- (8) STAGE-STE [Internet]. [citado 15 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.stage-ste.eu/>
- (9) Qué es CENER - CENER - Centro Nacional de Energías Renovables [Internet]. [citado 15 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.cener.com/que-es-cener/>
- (10) Entranze. ENTRANZE :: Welcome to ENTRANZE project page [Internet]. Policies to enforce the transition to nearly zero energy buildings in the EU-27. [citado 15 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.entranze.eu/>
- (11) STARDUST. Objectives - Stardust [Internet]. [citado 15 de abril de 2020]. Disponible en: <https://stardustproject.eu/objectives/>
- (12) Kim DW, Kim YM, Lee SE. Development of an energy benchmarking database based on cost-effective energy performance indicators: Case study on public buildings in South Korea. Energy Build. 2019; 191:104-16
- (13) Hu P, Hu Q, Lin Y, Yang W, Xing L. Energy and exergy analysis of a ground source heat pump system for a public building in Wuhan, China under different control strategies. Energy Build. 2017; 152:301-12
- (14) Zhai XQ, Wang RZ. Experiences on solar heating and cooling in China. Vol. 12, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008; 1110-28
- (15) Bull R, Chang N, Fleming P. The use of building energy certificates to reduce energy consumption in European public buildings. Energy Build. 2012; 50:103-10

- (16) Panno D, Buscemi A, Beccali M, Chiaruzzi C, Cipriani G, Ciulla G, et al. A solar assisted seasonal borehole thermal energy system for a non-residential building in the Mediterranean area. *Sol Energy*. 2019; 192:120-32
- (17) Geographic N. Energía renovable para abastecer a todo el planeta. *Agenda 2019*. 2018;
- (18) Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) [Internet]. 2015 [citado 27 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>
- (19) IDAE. Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan de Energías Renovables 2011-2020. *Idae*. 2011;
- (20) EUR-lex. EUR-Lex - 32009L0028 - EN - EUR-Lex. *Off J Eur Union*. 2009;

ANEJO I: Catálogos de selección de equipos de instalaciones térmicas

-Unidades interiores tipo fancoil_____	1
-Unidad exterior de climatización_____	2
-Paneles solares térmicos_____	3
-Caldera de condensación_____	4
-Unidad interior abastecimiento ACS_____	5

FXSQ-P / FXMQ-P7

Unidad de conductos con ventilador controlado por Inverter



FXSQ20-32P



FXMQ20-32P7



BRC1E52A/B BRC4C65

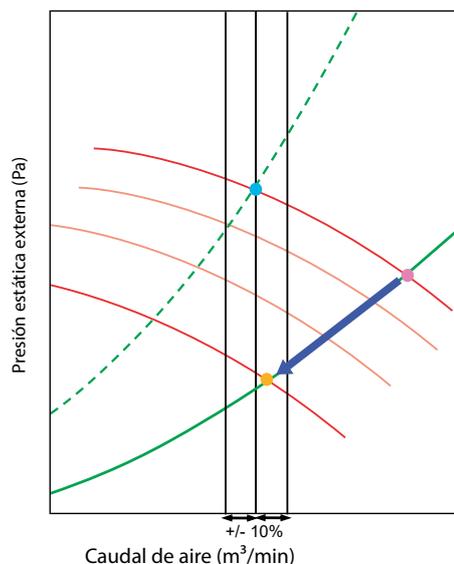
- › Instalación sencilla gracias al ajuste automático del flujo de aire en función del caudal de aire nominal
- › Se adapta perfectamente a cualquier estilo de decoración interior: solo las rejillas de aspiración y de descarga están a la vista
- › Reducción del consumo de energía gracias al motor de CC del ventilador
- › La posibilidad de cambiar la presión estática alta con el mando a distancia con cable permite optimizar el caudal de aire suministrado
- › La presión estática externa (ESP) de hasta 140 Pa facilita el uso de conductos flexibles de longitudes variables: ideales para tiendas y oficinas de tamaño medio (FXSQ)
- › Una presión estática externa de 220 Pa permite tender conductos más largos y una mayor flexibilidad de aplicación: ideales para instalaciones en superficies amplias (FXMQ)
- › La dirección de aspiración del aire se puede modificar de posterior a inferior
- › La bomba de drenaje incorporada de serie aumenta la fiabilidad del sistema de desagüe

Instalación más sencilla gracias al ajuste automático del flujo de aire en función del caudal de aire nominal

Reducción del tiempo necesario para realizar la instalación

- › Después de la instalación, es posible que la resistencia real de los conductos sea inferior a la esperada en el momento de diseñar el sistema. Como consecuencia, el caudal de aire será demasiado alto
- › Con la función de ajuste automático del flujo de aire, la unidad puede adaptar la velocidad del ventilador a una curva más baja, de modo que el caudal de aire disminuya
- › El caudal de aire nunca será más de un 10% superior o inferior al caudal nominal debido a la cantidad de curvas del ventilador posibles (más de 8 curvas disponibles por modelo)
- › Otra opción es que el instalador pueda seleccionar manualmente una curva mediante el mando a distancia con cable

	Curva característica del ventilador
	Curva de resistencia real del conducto
	Curva de resistencia del conducto en el momento de realizar el diseño
	Caudal de aire nominal
	Caudal de aire sin ajuste automático del flujo de aire
	Caudal de aire real



FXSQ-P: presión estática media

UNIDAD INTERIOR				FXSQ20P	FXSQ25P	FXSQ32P	FXSQ40P	FXSQ50P	FXSQ63P	FXSQ80P	FXSQ100P	FXSQ125P	FXSQ140P		
Cap. de refrigeración	Nom.	kW		2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0	16,0		
Cap. de calefacción	Nom.	kW		2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	18,0		
Consumo: 50 Hz	Refrigeración	Nom.	kW	0,041		0,044	0,097		0,074	0,118	0,117	0,185	0,261		
	Calefacción	Nom.	kW	0,029		0,032	0,085		0,062	0,106	0,105	0,173	0,249		
Color de la carcasa	Sin pintar														
Dimensiones	Unidad	Al x An x Pr	mm	300 x 550 x 700			300 x 700 x 700			300 x 1000 x 700			300 x 1400 x 700		
Se necesita falso techo >				350											
Peso	Unidad			23			26			35			46		47
Panel decorativo	Modelo				BYBS32DJW1			BYBS45DJW1			BYBS71DJW1			BYBS125DJW1	
	Color	Blanco (10Y9/0,5)													
	Dimensiones	Al x An x Pr	mm	55 x 650 x 500			55 x 800 x 500			55 x 1100 x 500			55 x 1500 x 500		
	Peso			3,0			3,5			4,5			6,5		
Caudal de aire del ventilador - 50 Hz	Refrigeración	Alto/Bajo	m³/min	9/6,5		9,5/7	16/11		19,5/16	25/20	32/23	39/28	46/32		
	Calefacción	Alto/Bajo	m³/min	9/6,5		9,5/7	16/11		19,5/16	25/20	32/23	39/28	46/32		
Presión estática ext. del ventilador - 50 Hz	Alta / Nom.			70/30			100/30			100/40	120/40	120/50	140/50		
Niv pot son	Refrigeración	Nom.	dBa	55		56	63		59	63	61	66	67		
Nivel de presión sonora	Refrigeración	Alto/Bajo	dBa	32/26		33/27	37/29		37/30	38/32		40/33	42/34		
	Calefacción	Alto/Bajo	dBa	32/26		33/27	37/29		37/30	38/32		40/33	42/34		
Refrigerante	Tipo			R-410A											
Conexiones de tubería	Líquido / D.E. / Gas / D.E / Drenaje	mm		6,35/12,7/VP25 (D.E. 32 / D.I. 25)						9,52/15,9/VP25 (D.E. 32 / D.I. 25)					
Alimentación eléct.	Fase / Frecuencia / Tensión	Hz / V		1~/50/60/220-240/220											
Corriente: 50 Hz	Amperios máximos del fusible (MFA)			16											

ESPECIFICACIONES

VRV IV con calefacción continua: RYYQ-T

VRV IV sin calefacción continua: RXYQ-T

SISTEMA EXTERIOR				RYYQ8T	RXYQ8T	RYYQ10T	RXYQ10T	RYYQ12T	RXYQ12T	RYYQ14T	RXYQ14T	RYYQ16T	RXYQ16T	RYYQ18T	RXYQ18T	RYYQ20T	RXYQ20T
Capacidad				CV	8	10	12	14	16	18	20						
Cap. refrig.				Nom.	kW	22,4	28,0	33,5	40,0	45,0	50,0	56,0	63,0				
Cap. calef.				Nom.	kW	25,0	31,5	37,5	45,0	50,0	56,0	63,0					
Consumo: 50 Hz				Refrig.	Nom.	kW	5,2	7,29	8,98	11,0	13,0	14,7	18,5				
				Calef.	Nom.	kW	5,5	7,38	9,10	11,2	12,8	14,4	17,0				
EER						4,30	3,84	3,73	3,64	3,46	3,40	3,03					
ESEER						7,53 ¹	7,20 ¹	6,96 ¹	6,83 ¹	6,50 ¹	6,38 ¹	5,67 ¹					
COP						4,55	4,27	4,12	4,02	3,91	3,89	3,71					
Número máximo de unidades interiores conectables						17 ²	21 ²	26 ²	30 ²	34 ²	39 ²	43 ²					
Índice de conexión interior				Min.	100	125	150	175	200	225	250						
				Nom.	200	250	300	350	400	450	500						
				Máx.	260	325	390	455	520	585	650						
Dimensiones				Unidad	Al x An x Pr	1685 x 930 x 765						1685 x 1240 x 765					
Peso				Unidad		261	268		364		398						
Niv pot son				Refrig.	Nom.	dBA	78	79	81	86	88						
Niv pres son				Refrig.	Nom.	dBA	58		61	64	65	66					
Límites de funcionamiento				Refrig.	Min.-máx.	°CBS	-5~43										
				Calef.	Min.-máx.	°CBH	-20~-15,5										
Refrigerante				Tipo		R-410A											
Conexiones de tubería				Líquido	D.E.	mm	9,52			12,7			15,9				
				Gas	D.E.	mm	19,1		22,2		28,6						
				Long. tubería	UE-UI	Máx.	165 ³										
				Lon tot tub	Sistema	Real	1000 ³										
				Dif. nivel	UE-UI	m	90 ³ Unidad exterior en su posición más elevada / 90 ³ Unidad interior en su posición más elevada										
Alim. eléct.				Fase / Frecuencia / Tensión	Hz / V	3N~/50/380-415											
Corriente: 50 Hz				Amperios máx. del fusible (MFA)	A	20	25	32	40	50							

(1) El valor AUTOMÁTICO ESEER se corresponde con el funcionamiento normal de la unidad VRV IV de Bomba de Calor, teniendo en cuenta la función de ahorro energético avanzada (control de temperatura de refrigerante variable) (2) El número real de unidades interiores conectables depende del tipo de unidad interior (unidad interior VRV, hidrokitt, unidad interior RA, etc.) y la restricción en el índice de conexión del sistema (50% <= CR <= 130%) (3) Consulte las especificaciones técnicas para obtener más detalles

SISTEMA EXTERIOR				RYYQ22T	RXYQ22T	RYYQ24T	RXYQ24T	RYYQ26T	RXYQ26T	RYYQ28T	RXYQ28T	RYYQ30T	RXYQ30T	RYYQ32T	RXYQ32T	RYYQ34T	RXYQ34T	RYYQ36T	RXYQ36T	
Sistema				Módulo de la unidad exterior 1	RYMQ10T	RXYQ10T	RYMQ8T	RXYQ8T	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ20T	RXYQ20T
				Módulo de la unidad exterior 2	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ14T	RXYQ14T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ20T	RXYQ20T
Capacidad				CV	22	24	26	28	30	32	34	36								
Cap. refrig.				Nom.	kW	61,5	67,4	73,5	78,5	83,5	90,0	95,0	101,0							
Cap. calef.				Nom.	kW	69,0	75,0	82,5	87,5	93,5	100,0	106,0	113,0							
Consumo: 50 Hz				Refrig.	Nom.	kW	16,3	18,2	20,0	22,0	23,7	26,0	27,7	31,5						
				Calef.	Nom.	kW	16,5	18,3	20,3	21,9	23,5	25,6	27,2	29,8						
EER						3,77	3,70	3,68	3,57	3,52	3,46	3,43	3,21							
ESEER						7,07 ¹	6,81 ¹	6,89 ¹	6,69 ¹	6,60 ¹	6,50 ¹	6,44 ¹	6,02 ¹							
COP						4,18	4,10	4,06	4,00	3,98	3,91	3,90	3,79							
Número máximo de unidades interiores conectables						47 ²	52 ²	56 ²	60 ²	64 ²										
Índice de conexión interior				Min.	275	300	325	350	375	400	425	450								
				Nom.	550	600	650	700	750	800	850	900								
				Máx.	715	780	845	910	975	1040	1105	1170								
Conexiones de tubería				Líquido	D.E.	mm	15,9			19,1										
				Gas	D.E.	mm	28,6		34,9		41,3									
				Long. tubería	UE-UI	Máx.	165 ³													
				Lon tot tub	Sistema	Real	1000 ³													
				Diferencia de nivel	UE-UI	m	90 ³ Unidad exterior en su posición más elevada / 90 ³ Unidad interior en su posición más elevada													
Corriente: 50 Hz				Amperios máx. del fusible (MFA)	A	63						80								

(1) El valor AUTOMÁTICO ESEER se corresponde con el funcionamiento normal de la unidad VRV IV de Bomba de Calor, teniendo en cuenta la función de ahorro energético avanzada (control de temperatura de refrigerante variable) (2) El número real de unidades interiores conectables depende del tipo de unidad interior (unidad interior VRV, hidrokitt, unidad interior RA, etc.) y la restricción en el índice de conexión del sistema (50% <= CR <= 130%) (3) Consulte las especificaciones técnicas para obtener más detalles

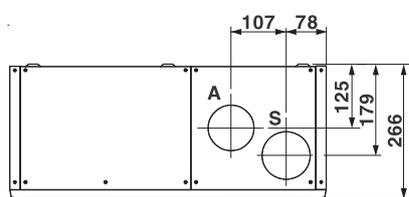
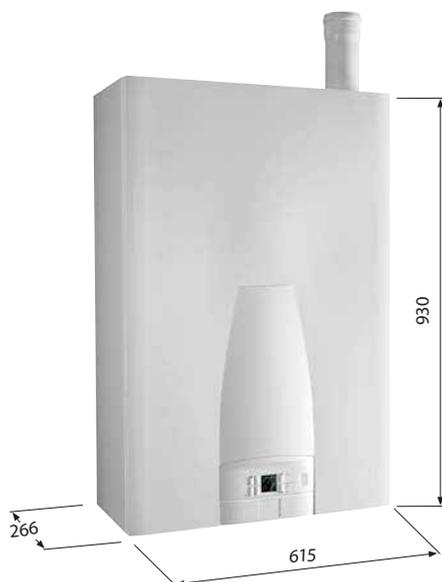
SISTEMA EXTERIOR				RYYQ38T	RXYQ38T	RYYQ40T	RXYQ40T	RYYQ42T	RXYQ42T	RYYQ44T	RXYQ44T	RYYQ46T	RXYQ46T	RYYQ48T	RXYQ48T	RYYQ50T	RXYQ50T	RYYQ52T	RXYQ52T	RYYQ54T	RXYQ54T	
Sistema				Módulo de la unidad exterior 1	RYMQ8T	RXYQ8T	RYMQ10T	RXYQ10T	RYMQ10T	RXYQ10T	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ14T	RXYQ14T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ18T	RXYQ18T
				Módulo de la unidad exterior 2	RYMQ10T	RXYQ10T	RYMQ12T	RXYQ12T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ18T	RXYQ18T
				Módulo de la unidad exterior 3	RYMQ20T	RXYQ20T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ16T	RXYQ16T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ18T	RXYQ18T	RYMQ18T	RXYQ18T
Capacidad				CV	38	40	42	44	46	48	50	52	54									
Capacidad de refrigeración				Nom.	kW	106,0	112,0	118,0	124,0	130,0	135,0	140,0	145,0	150,0								
Capacidad de calefacción				Nom.	kW	120,0	125,0	132,0	138,0	145,0	150,0	156,0	162,0	168,0								
Consumo: 50 Hz				Refrig.	Nom.	kW	31,0		33,3	35,0	37,0	39,0	40,7	42,4	44,1							
				Calef.	Nom.	kW	29,9	30,9	33,0	34,7	36,8	38,4	40,0	41,6	43,2							
EER						3,42	3,61	3,54		3,51	3,46	3,44	3,42	3,40								
ESEER						6,36 ¹	6,74 ¹	6,65 ¹	6,62 ¹	6,60 ¹	6,50 ¹	6,46 ¹	6,42 ¹	6,38 ¹								
COP						4,01	4,05	4,00	3,98	3,94	3,91	3,90	3,89	3,89								
Número máximo de unidades interiores conectables						64 ²																
Índice de conexión interior				Min.	475	500	525	550	575	600	625	650	675									
				Nom.	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350									
				Máx.	1235	1300	1365	1430	1495	1560	1625	1690	1755									
Conexiones de tubería				Líquido	D.E.	mm	19,1															
				Gas	D.E.	mm	41,3															
				Long. tubería	UE-UI	Máx.	165 ³															
				Long. tot. tubería	Sistema	Real	1000 ³															
				Diferencia de nivel	UE-UI	m	90 ³ Unidad exterior en su posición más elevada / 90 ³ Unidad interior en su posición más elevada															
Corriente: 50 Hz				Amperios máx. del fusible (MFA)	A	100						125										

Características generales	ADISOL VN-2.2	ADISOL VN-2.6
Dimensiones exteriores, en mm. (Alto x Ancho X Fondo)	2.074 x 1.074 x 98	2.089 x 1.239 x 98
Superficie total (m ²)	2,22	2,58
Superficie de apertura (m ²)	2	2,32
Superficie de absorbedor (m ²)	1,99	2,33
Conexiones	4 Conexiones en Cu DN18	
Peso (Kg.)	29.9	34.2
Capacidad en litros	1,19	1.34
Caudal recomendado por captador (litros/hora) - rango	50 l/h m ² (30-115 l/h m ²)	50 l/h m ² (30-115 l/h m ²)
Absorbedor		
Tipo	Parrilla de tubos de cobre soldadura absorbedor de aluminio	
Presión de trabajo máxima (bar)	10	
Tratamiento selectivo	Dioxido de titanio	
Absortancia (α)	0.95+/-0.02	
Emitancia (ϵ)	0.05	
Cubierta		
Tipo	Vidrio solar	
Espesor (mm)	3,2	3.2
Sellado	Junta continua de EPDM en la parte frontal y silicona en la parte posterior.	
Carcasa		
Material	Aluminio anodizado, color plata	
Orificios de drenaje y ventilación (mm)	En los laterales (4) y/o en la parte inferior.	
Chapa posterior	Aluminio	
Rendimiento		
Factor óptico	0,783	0,783
K1	3,8	3,8
K2	0,02	0,02
Garantía	10 años	

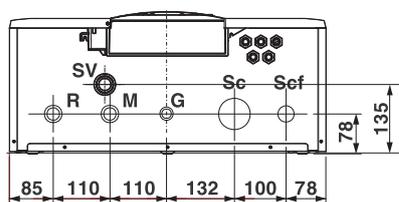
Temperatura máxima de funcionamiento de 120°C, con el fin de proteger los diferentes elementos del circuito hidráulico

Dimensiones - Datos técnicos

50 kW y 70 kW



VISTA SUPERIOR



VISTA DESDE ABAJO

Legenda:

- R - Retorno circuito calefacción
- M - Ida circuito calefacción
- G - Entrada gas
- Sc - Salida para sifón de vaciado del condensado (cuerpo aluminio)
- Scf - Vaciado del condensado (de la chimenea)

MODELO		BWA 50	BWA 70
Potencias			
POTENCIA ÚTIL nominal/mín. en CONDENSACIÓN	kW	49,3 / 10,3	68,5 / 10,3
POTENCIA ÚTIL nominal/mín. CONVENCIONAL	kW	47,2 / 9,1	65,5 / 9,1
CAUDAL TÉRMICO nominal/mín.	kW	48,5 / 9,6	67,5 / 9,6
Rendimientos			
CLASE DE RENDIMIENTO (dir. CEE 92/42)		★★★★	★★★★
RENDIMIENTO ÚTIL a carga nominal	%	97,3	97,3
RENDIMIENTO ÚTIL a carga mín.	%	94,9	94,9
RENDIMIENTO ÚTIL a carga nominal en CONDENSACIÓN	%	101,6	101,5
RENDIMIENTO ÚTIL a carga reducida en CONDENSACIÓN	%	104,3	104,3
RENDIMIENTO a la potencia mín. modulada (9,1 kW) en CONDENSACIÓN	%	107,3	107,3
RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN a carga nominal/reducida	%	97,8 / 98,4	97,4 / 98,4
PÉRDIDAS POR ENVOLVENTE mín./máx.	%	0,2 / 0,51	0,2 / 0,12
Combustión			
CO ₂ (mín./máx. potencia)	%	9,0/ 9,2	9,5/ 9,5
CO con 0% de O ₂	mg/kWh	19,7	19,7
NO _x (valor ponderado según EN 297/A3 y EN 483)	mg/kWh	33,9	34,68
PRODUCCIÓN DE CONDENSADO máx.	kg/h	7,8	10,87
Clase de NO _x		5	5
CATEGORÍA APARATO		II2H3P	II2H3P
Calefacción			
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO EN CALEFACCIÓN mín./máx.	°C	30 / 85	30 / 85
PRESIÓN DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN mín./máx.	bar	0,5-6	0,5-6
CAUDAL MÍNIMO DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN Δt 20 K	l/min	6,65	9,45
Peso			
PESO NETO	kg	50	50
Alimentación eléctrica			
POTENCIA MÁXIMA ABSORBIDA (con bomba modulante)	W	172	290
TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN/FRECUENCIA	V/Hz	230 / 50	230 / 50
GRADO DE AISLAMIENTO	IP	X4D	X4D

De serie: estribo de pared para soporte caldera - sifón de vaciado del condensado - tubo en PP de evacuación de humos Ø 80 mm - sin bomba. Bomba de serie en la versión 70 kW.

BOMBA DE CALOR

DAIKIN ALTHERMA HT

Bomba de Calor aerotérmica para calefacción de Alta Temperatura (hasta 80°C) y producción de ACS



UNIDADES EXTERIORES			ALIMENTACIÓN MONOFÁSICA			ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA			
COMBINACIÓN			ERSQ011AV1	ERSQ014AV1	ERSQ016AV1	ERSQ011AY1	ERSQ014AY1	ERSQ016AY1	
Temperatura ambiente	impulsión		EKHBRD011ADV17	EKHBRD014ADV17	EKHBRD016ADV17	EKHBRD011ADY17	EKHBRD014ADY17	EKHBRD016ADY17	
Calefacción	7	65/55	Capacidad Nominal/Consumo COP kW	11 / 3,57 3,08	14 / 4,66 3,00	16 / 5,57 2,88	11 / 3,57 3,08	14 / 4,66 3,00	16 / 5,57 2,88
	7	35/30	Capacidad Nominal/Consumo COP kW	11 / 2,61 4,22	14 / 3,55 3,94	16 / 4,31 3,72	11 / 2,61 4,22	14 / 3,55 3,94	16 / 3,95 3,72
	7	80/70	Capacidad Nominal/Consumo COP kW	11 / 4,40 2,50	14 / 5,65 2,48	16 / 6,65 2,41	11 / 4,40 2,50	14 / 5,65 2,48	16 / 6,65 2,41
Refrigerante R-410A		kg / TCO ₂ eq / PCA	4,5 / 9,4 / 2.087,5	4,5 / 9,4 / 2.087,5	4,5 / 9,4 / 2.087,5	4,5 / 9,4 / 2.087,5	4,5 / 9,4 / 2.087,5	4,5 / 9,4 / 2.087,5	
Dimensiones		Al.xAn.xF. mm	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	1.345 x 900 x 320	
Peso		Kg	120	120	120	120	120	120	
Compresor			SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	SCROLL	
Potencia sonora		Calef. dB(A)	68	69	71	68	69	71	
Presión sonora		Calef. dB(A)	52	53	55	52	53	55	
Alimentación eléctrica			1N~/ 230V / 50Hz	1N~/ 230V / 50Hz	1N~/ 230V / 50Hz	3N~/ 400V / 50Hz	3N~/ 400V / 50Hz	3N~/ 400V / 50Hz	
Conexión Refrigerante		Líquido - Gas mm	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	Ø9,5 (3/8") - Ø15,9 (5/8")	
Distancias línea refrigerante		m	3<d<50	3<d<50	3<d<50	3<d<50	3<d<50	3<d<50	
Clase de eficiencia energética 55°C LOT1			A+	A+	A+	A+	A+	A+	

UNIDADES INTERIORES			ALIMENTACIÓN MONOFÁSICA			ALIMENTACIÓN TRIFÁSICA		
Función			EKHBRD011ADV17	EKHBRD014ADV17	EKHBRD016ADV17	EKHBRD011ADY17	EKHBRD014ADY17	EKHBRD016ADY17
Dimensiones		Al.xAn.xF. mm	705 x 600 x 695	705 x 600 x 695	705 x 600 x 695	705 x 600 x 695	705 x 600 x 695	705 x 600 x 695
Peso		Kg	144	144	144	147	147	147
Refrigerante R-134a		kg / TCO ₂ eq / PCA	4,5/9,4/2.087,5	4,5/9,4/2.087,5	4,5/9,4/2.087,5	4,5/9,4/2.087,5	4,5/9,4/2.087,5	4,5/9,4/2.087,5
Presión sonora / Modo silencioso		dB(A)	43 / 40	45 / 43	46 / 45	43 / 40	45 / 43	46 / 45
Diámetro tubería agua			Ø 31,8 (1-1/4")	Ø 31,8 (1-1/4")	Ø 31,8 (1-1/4")	Ø 31,8 (1-1/4")	Ø 31,8 (1-1/4")	Ø 31,8 (1-1/4")

Nota: Condiciones de medición presión sonora 65 / 55°C impulsión.

ACUMULADORES			EKHTS200AC	EKHTS260AC
Volumen de agua		l	200	260
Temperatura máxima del agua		°C	75°C	75°C
Dimensiones		Al.xAn.xF. mm	1.335 x 600 x 695	1.610 x 600 x 695
Dimensiones del conjunto (unidad interior + depósito)		Al.xAn.xF. mm	2.010 x 600 x 695	2.285 x 600 x 695
Color			Gris metalizado	Gris metalizado
Peso en vacío		Kg	70	78
Depósito		Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Clase de eficiencia energética LOT2			B	B

ACUMULADORES			EKHWP300B/PB	EKHWP500B/PB
Volumen de agua		l	300	500
Temperatura máxima del agua		°C	85°C	85°C
Dimensiones		Al.xAn.xF. mm	1.640 x 595 x 615	1.640 x 790 x 790
Color			Blanco	Blanco
Peso en vacío		Kg	59	93
Depósito		Material	Polipropileno	Polipropileno
Kit de conexión (obligatorio)			EKEPHT3H	EKEPHT5H
Clase de eficiencia energética LOT2			B	B

Rango de funcionamiento de temperatura ambiente exterior



Salida de agua



● Calefacción ● Agua caliente sanitaria

Solo Daikin Altherma HT puede alcanzar temperaturas de hasta **80°C**

(*) Nota: Para determinados tratamientos se puede elevar la temperatura hasta 80°C.

ANEJO II: Informe CLIMA_V_2

-Descripción del edificio _____	1
-Envolvente térmica _____	4
-Actividades, distribuciones y composiciones _____	8
-Valores energéticos _____	11

Informe Clima_V_2

Proyecto: Edificio residencial terciario



Localidad: Sevilla

Autora: Cristina Sendra Sempere

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para el modelado del edificio.

DATOS DEL PROYECTO

Nombre del edificio	Edificio residencial terciario
Referencia	
Fecha	06/02/2020
Empresa	
Autor	Cristina Sendra Sempere
Localidad	Sevilla
Dirección	Sevilla Este
Normativa construcción	CTE (después de 2013)

CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA CARGAS TÉRMICAS

Ciudad	Sevilla - aeropuerto (5783)
Altitud[m]	26.00
Latitud[°]	37.42
Temperatura terreno[°C]	5.00
Temperatura exterior máxima[°C]	39.40
Humedad relativa coincidente	25.13
Temperatura exterior mínima[°C]	4.60
Humedad relativa coincidente calefacción	79.30
Oscilación media anual[°C]	36.20
Oscilación media diaria[°C]	16.30
Oscilación media diaria invierno[°C]	0.50

CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO PARA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Fichero de datos climatológicos para cálculo de demanda	bin\sevilla.bin
---	-----------------

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Superficie acondicionada [m ²]	639
Volumen aire acondicionado [m ³]	1724
Superficie no acondicionada [m ²]	1166

- Zonas de ventilación

Nombre	Locales	Tipo de ventilación	Temp.Imp. Verano[°C]	Temp.Imp. Invierno[°C]	Tipo de recuperador	Rendimiento	Rend. humect.
Zona_ventilacion	Sala de reuniones Sala de estudio Habitacion 1 Habitacion 2 Habitacion 3 Habitacion 4 Habitacion 5 Habitacion 6 Habitacion 7 Habitacion 8	Directa local	-	-	Sensible	73.00	-

Habitacion 9						
Habitacion 10						
Pasillo						
Instalaciones						
Pasillo P1						
Pasillo P2						
Escaleras						
emergencia P1						
Escaleras de						
emergencia P2						
Sótano						
Baño publico						
principales						
Baño de sala						
de estudio						
Escaleras de						
emergencia						

- Zonas de demanda

Nombre	Locales
Zona_demanda	Sala de reuniones Sala de estudio Habitacion 1 Habitacion 2 Habitacion 3 Habitacion 4 Habitacion 5 Habitacion 6 Habitacion 7 Habitacion 8 Habitacion 9 Habitacion 10 Pasillo Instalaciones Pasillo P1 Pasillo P2 Escaleras emergencia P1 Escaleras de emergencia P2 Sótano Baño publico principales Baño de sala de estudio Escaleras de emergencia

- Locales

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Volumen [m ³]	Actividad	Numero de personas
Sala de reuniones	Acondicionado	38.70	104.49	Hotel__Sala de reuniones	5
Sala de estudio	Acondicionado	219.20	591.84	Hotel__Sala de estudio	27
Habitacion 1	Acondicionado	40.40	109.08	Hotel__Habitacion 1	5
Habitacion 2	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel__Habitacion 2	5
Habitacion 3	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel__Habitacion 3	5
Habitacion 4	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel__Habitacion 4	5
Habitacion 5	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel__Habitacion 5	5
Habitacion 6	Acondicionado	40.40	109.08	Hotel__Habitacion 6	5
Habitacion 7	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel__Habitacion 7	5

Habitacion 8	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel_Habitacion 8	5
Habitacion 9	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel_Habitacion 9	5
Habitacion 10	Acondicionado	37.50	101.25	Hotel_Habitacion 10	5
Pasillo	No Acondicionado	123.50	333.45	-	-
Instalaciones	No Acondicionado	112.80	304.56	-	-
Pasillo P1	No Acondicionado	256.29	691.98	-	-
Pasillo P2	No Acondicionado	258.10	696.87	-	-
Escaleras emergencia P1	No Acondicionado	14.60	39.42	-	-
Escaleras de emergencia P2	No Acondicionado	14.60	39.42	-	-
Sótano	No Acondicionado	250.00	675.00	-	-
Baño publico principales	No Acondicionado	20.30	54.81	-	-
Baño de sala de estudio	No Acondicionado	16.23	43.82	-	-
Escaleras de emergencia	No Acondicionado	100.00	300.00	-	-

ENVOLVENTE TÉRMICA

- Cerramientos opacos

Tipo	Local	Superficie [m ²]	Orientación	Composición	Transmitancia [W/ m ² K]	Peso[Kg/m ²]
Muro_Exterior	Instalaciones	25.11	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Instalaciones	7.16	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Instalaciones	41.31	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Sala de reuniones	11.88	Sur	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Sala de reuniones	2.29	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Interior	Sala de estudio	50.76	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Instalaciones	50.76	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Sala de estudio	33.21	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo	33.21	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Exterior	Sala de estudio	19.22	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Sala de estudio	28.75	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Techo_Interior	Sala de estudio	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 4	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Sala de estudio	187.30	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Sótano	187.30	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Exterior	Sala de reuniones	38.69	Horizontal	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Interior	Sala de reuniones	36.45	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo	36.45	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Exterior	Pasillo	37.80	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo	1.70	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 1	19.44	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio

Muro_Exterior	Habitacion 1	25.65	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 2	23.76	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 3	23.76	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 4	23.76	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 5	23.76	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Interior	Habitacion 1	30.24	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P1	30.24	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 2	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P1	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 3	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P1	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 4	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P1	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 5	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P1	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Techo_Interior	Sala de reuniones	38.69	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Pasillo P1	38.69	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Pasillo	113.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Pasillo P1	113.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Pasillo	88.20	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Sótano	88.20	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Exterior	Instalaciones	112.80	Horizontal	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Instalaciones	40.40	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 1	40.40	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Interior	Habitacion 1	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 2	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Techo_Interior	Habitacion 1	40.40	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 6	40.40	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Interior	Habitacion 2	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 3	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Techo_Interior	Habitacion 2	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 7	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Habitacion 3	37.45	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 8	37.45	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 3	37.45	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Sala de estudio	37.45	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Interior	Habitacion 4	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 5	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Techo_Interior	Habitacion 4	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 9	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Habitacion 5	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 10	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 5	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Sala de estudio	37.50	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Pasillo P1	256.30	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Pasillo P2	256.30	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P1	27.52	Sur	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P1	51.10	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P1	37.70	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Interior	Pasillo P1	23.22	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Escaleras emergencia P1	23.22	-	Muro_int	0.99	163.65

Muro_Exterior	Escaleras emergencia P1	7.50	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Escaleras emergencia P1	14.50	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Techo_Exterior	Habitacion 6	40.40	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Habitacion 7	37.50	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Habitacion 8	37.45	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Habitacion 9	37.45	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Habitacion 10	37.45	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Pasillo P2	100.00	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Muro_Interior	Habitacion 6	30.24	-	Prop. usuario	0.99	Medio
Muro_Interior	Pasillo P2	30.24	-	Prop. usuario	0.99	Medio
Muro_Interior	Habitacion 7	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P2	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 8	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P2	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 9	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P2	26.19	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 10	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P2	42.93	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Exterior	Habitacion 6	25.65	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 7	23.76	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 8	23.76	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 9	23.76	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 10	23.76	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P2	51.10	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P2	27.52	Sur	Prop. usuario	0.30	Medio
Suelo_Terreno	Sótano	295.80	-	FIT Ref. Z_B	0.52	560.48
Muro_Terreno	Sótano	199.26	-	MuroTerrenoRef	0.50	251.40
Muro_Interior	Habitacion 6	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 7	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 7	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 8	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 9	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Habitacion 10	8.64	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Escaleras de emergencia P2	23.22	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo P2	23.22	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Exterior	Escaleras de emergencia P2	6.75	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Escaleras de emergencia P2	12.88	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Suelo_Interior	Escaleras de emergencia P2	14.59	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Interior	Escaleras emergencia P1	14.59	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Techo_Exterior	Escaleras de emergencia P2	14.59	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P1	6.21	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Habitacion 6	19.44	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P2	37.53	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Pasillo P2	6.21	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Techo_Interior	Sala de estudio	20.10	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Habitacion 2	20.10	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20

Techo_Interior	Sala de estudio	38.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Pasillo P1	38.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Techo_Interior	Instalaciones	45.20	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Pasillo P1	45.20	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Muro_Exterior	Baño publico principales	12.69	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Interior	Baño publico principales	23.49	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Pasillo	23.49	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Baño publico principales	11.12	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Sala de reuniones	11.12	-	Muro_int	0.99	163.65
Techo_Interior	Baño publico principales	20.30	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Pasillo P1	20.30	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Baño publico principales	20.30	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Techo_Interior	Sótano	20.30	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Exterior	Sala de estudio	31.90	Horizontal	FIE Ref. Z_B	0.51	560.48
Muro_Exterior	Baño de sala de estudio	9.18	Oeste	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Interior	Baño de sala de estudio	13.50	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Instalaciones	13.50	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Baño de sala de estudio	21.60	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Sala de estudio	21.60	-	Muro_int	0.99	163.65
Suelo_Exterior	Baño de sala de estudio	16.24	Horizontal	FIE Ref. Z_B	0.51	560.48
Techo_Interior	Baño de sala de estudio	9.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Habitacion 2	9.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Exterior	Pasillo	25.30	Horizontal	FIE Ref. Z_B	0.51	560.48
Techo_Exterior	Sala de estudio	48.05	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Exterior	Instalaciones	19.40	Horizontal	Prop. usuario	0.45	Medio
Techo_Exterior	Baño de sala de estudio	6.63	Horizontal	Prop. usuario	0.26	Medio
Techo_Interior	Instalaciones	7.80	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Suelo_Interior	Habitacion 2	7.80	-	Prop. usuario	0.55	Medio
Muro_Exterior	Escaleras de emergencia	6.75	Norte	Prop. usuario	0.30	Medio
Muro_Exterior	Escaleras de emergencia	9.18	Este	Prop. usuario	0.30	Medio
Suelo_Exterior	Escaleras de emergencia	14.60	Horizontal	FIE Ref. Z_B	0.51	560.48
Techo_Interior	Escaleras de emergencia	14.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Suelo_Interior	Escaleras emergencia P1	14.60	-	ForjadoInteriorRef	0.57	484.20
Muro_Interior	Escaleras de emergencia	27.54	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Interior	Instalaciones	27.54	-	Muro_int	0.99	163.65
Muro_Exterior	Pasillo	2.70	Sur	MEI Ref. Z_B	0.83	186.11

- Huecos y lucernarios

Tipo	Local	Superficie [m ²]	Orientación	Composición	Transmitancia [W/ m ² K]	Factor Solar
Ventana_Exterior	Sala de reuniones	10.40	Sur	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Sala de reuniones	10.40	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Sala de estudio	11.18	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Sala de estudio	11.18	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Sala de estudio	9.30	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Sala de estudio	9.30	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Pasillo	9.10	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 1	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 2	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 3	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 4	3.51	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 5	3.51	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 6	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 7	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 8	3.51	Oeste	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 9	3.51	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Habitacion 10	3.51	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Pasillo P2	10.40	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Pasillo P1	10.40	Sur	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Pasillo P1	10.40	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Pasillo P2	10.40	Sur	Prop. usuario	1.60	0.45
Puerta_Exterior	Pasillo P1	4.00	Oeste	Prop. usuario	4.56	0.00
Puerta_Exterior	Sala de estudio	2.00	Oeste	Prop. usuario	4.50	0.00
Puerta_Exterior	Sala de estudio	2.00	Oeste	Prop. usuario	4.50	1.00
Puerta_Exterior	Escaleras de emergencia	5.40	Este	Prop. usuario	1.80	0.00
Ventana_Exterior	Escaleras emergencia P1	1.70	Este	Prop. usuario	1.60	0.45
Ventana_Exterior	Escaleras de emergencia P2	1.70	Este	Prop. usuario	1.60	0.45

ACTIVIDADES, DISTRIBUCIONES Y COMPOSICIONES

- Actividades

Nombre	m ² /pers	Numero personas	Distribución personas	Actividad	Pot. sen. [W/pers]	Pot. lat. [W/pers]
Hotel__Sala de reuniones	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Sala de estudio	8.00	27	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 1	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 2	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 3	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 4	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 5	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 6	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 7	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 8	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 9	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00
Hotel__Habitacion 10	8.00	5	Hotel_personas	Sentado trabajo ligero	82.00	62.00

Nombre	Pot. luces [W/m ²]	Tipo luces	Distribución luces	Pot. sensible equipos [W/m ²]	Pot. latente equipos [W/m ²]	Distribución equipos
Hotel__Sala de reuniones	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Sala de estudio	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 1	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 2	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 3	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 4	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 5	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 6	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 7	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 8	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 9	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos
Hotel__Habitacion 10	12.00	Fluorescentes con reactancia	Hotel_luces	10.00	0.00	Hotel_equipos

Nombre	Ventilación [m ³ /h.persona]	Distribución ventilación
Hotel__Sala de reuniones	29.00	Hotel_personas
Hotel__Sala de estudio	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 1	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 2	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 3	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 4	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 5	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 6	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 7	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 8	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 9	29.00	Hotel_personas
Hotel__Habitacion 10	29.00	Hotel_personas

- **Composiciones cerramientos**

Nombre	Capas	Transmitancia [W/m ² K]	Peso [kg/m ²]	He [W/m ² K]	Hi [W/m ² K]
MuroTerrenoRef	ref BC con mortero convencional espesor 190 mm (19.0cm) EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]] (4.0cm) ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Enlucido de yeso (1.5cm)	0.50	251.400	9999.00	7.69
MEI Ref. Z_B	ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Ladrillo perforado (11.5cm)	0.83	186.110	25.00	7.69

	ref Aislante (2.7cm) ref Ladrillo hueco (4.0cm) ref Enlucido de yeso (1.5cm)				
Muro_int	ref Enlucido de yeso (1.5cm) ref Tabicon de ladrillo hueco doble (7.0cm) ref Aislante (1.5cm) ref Tabicon de ladrillo hueco doble (7.0cm) ref Enlucido de yeso (1.5cm)	0.99	163.650	7.69	7.69
FIE Ref. Z_B	ref Plaqueta o baldosa ceramica (1.5cm) ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Aislante (6.6cm) ref Solera de hormigon armado (20.0cm)	0.51	560.480	5.88	25.00
ForjadoInteriorRef	ref Plaqueta o baldosa ceramica (1.5cm) ref Mortero de cemento (2.0cm) EPS Poliestireno Expandido [0.029 W/[mK]] (4.0cm) ref Forjado cerámico (25.0cm)	0.57	484.200	10.00	10.00
FIT Ref. Z_B	ref Plaqueta o baldosa ceramica (1.5cm) ref Mortero de cemento (1.5cm) ref Aislante (6.6cm) ref Solera de hormigon armado (20.0cm)	0.52	560.480	9999.00	5.88
Muro_Exterior	-	0.30	Medio	-	-
Techo_Interior	-	0.55	Medio	-	-
Suelo_Interior	-	0.55	Medio	-	-
Suelo_Exterior	-	0.55	Medio	-	-
Techo_Exterior	-	0.26	Medio	-	-
Muro_Interior	-	0.99	Medio	-	-
Techo_Exterior	-	0.45	Medio	-	-

- **Composiciones huecos**

Nombre	Transmitancia [W/m²K]	Factor solar	Vidrio	Marco	Fracción marco
Ventana_Exterior	1.60	0.45	-	-	-
Puerta_Exterior	4.56	0.00	-	-	-
Puerta_Exterior	4.50	0.00	-	-	-
Puerta_Exterior	4.50	1.00	-	-	-
Puerta_Exterior	1.80	0.00	-	-	-

VALORES ENERGÉTICOS

-Demanda total del edificio en refrigeración[kWh]: 121521.33

-Ratio de demanda total del edificio en refrigeración[kWh/m²]: 190

-Demanda mensual del edificio en refrigeración[kWh]

Elemento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Edificio	5133	5487	7885	9299	11929	13745	16095	15959	13613	10827	6727	4821
Zona_demanda	5133	5487	7885	9299	11929	13745	16095	15959	13613	10827	6727	4821
Sala de reuniones	235	288	476	606	849	1110	1386	1440	1260	919	348	203
Sala de estudio	2038	2186	3133	3571	4447	4997	5762	5692	4829	3942	2620	1905
Habitacion 1	295	318	448	538	689	790	927	913	782	622	401	284
Habitacion 2	373	382	509	557	673	745	854	842	733	617	450	347
Habitacion 3	373	382	509	557	673	745	854	842	733	617	450	347
Habitacion 4	363	371	501	565	679	749	851	849	742	639	462	343
Habitacion 5	363	371	501	565	679	749	851	849	742	639	462	343
Habitacion 6	206	232	345	443	657	808	984	963	794	559	288	193
Habitacion 7	232	252	364	465	644	761	908	889	745	558	313	219
Habitacion 8	232	252	364	465	644	761	908	889	745	559	313	219
Habitacion 9	212	227	368	484	647	765	906	896	754	579	309	209
Habitacion 10	212	227	368	484	647	765	906	896	754	579	309	209
Pasillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasillo P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasillo P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras emergencia P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras de emergencia P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sótano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baño publico principales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baño de sala de estudio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras de emergencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

-Demanda total del edificio en calefacción[kWh]: 58.15

-Ratio de demanda total del edificio en calefacción[kWh/m²]: 0

-Demanda mensual del edificio en calefacción [kWh]

Elemento	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Edificio	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21

Zona_demanda	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
Sala de reuniones	24	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21
Sala de estudio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Habitacion 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasillo P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasillo P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras emergencia P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras de emergencia P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sótano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baño publico principales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Baño de sala de estudio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escaleras de emergencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

-Gráfico de demanda del edificio

Demanda mensual Edificio

