



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN CENTRO DE ATENCIÓN TEMPRANA

Alumno: Salvador Ruiz Extremera

Tutor: Prof. D. Alfonso Rodríguez Quesada
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Julio de 2023



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN CENTRO DE ATENCIÓN TEMPRANA

Alumno:

Profesor:

Julio de 2023

Contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	7
1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	9
1.1 Resumen.....	9
1.2 Justificación	9
1.3 Objetivos.....	10
2. NORMATIVA.....	11
2.1 Certificación energética de edificios.....	11
2.2 Calificación energética	12
2.2 Código técnico de la edificación (CTE)	13
2.2.1 Documento Básico HE.....	15
3 SOFTWARE UTILIZADO	18
3.1 IFC Builder	18
3.3 CYPETHERM LOADS	18
3.2 CYPETHERM HE Plus	19
4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	22
4.1 Localización.....	22
4.2 Año de construcción y uso.....	23
4.3 Distribución	24
5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	26

5.1 Definición de uso	26
5.2 Emplazamiento	26
5.3 Elementos constructivos	28
5.3.1 Cerramientos.....	28
5.3.2 Tabiques	29
5.3.3 Suelo en contacto con el terreno.....	30
5.3.4 Suelo entre pisos.....	30
5.3.5 Azoteas	31
5.3.6 Puertas	32
5.3.7 Ventanas	32
5.4 Cargas térmicas.....	34
5.4.1 Cargas térmicas de refrigeración	36
5.4.2 Cargas térmicas de calefacción.....	42
5.2 Estudio de mejoras.....	46
5.2.1 Puertas	46
5.2.2 Sistema de ACS.....	46
6 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN.....	49
6.1 Discusión	49
6.2 Conclusiones.....	52
ANEXO 1	54
ANEXO 2	63
ANEXO 3	66

ANEXO 4	73
ANEXO 5	76
REFERENCIAS	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: etiqueta de calificación energética.	13
Ilustración 2: logotipo IFC Builder.	18
Ilustración 3: logotipo CYPETHERM LOADS.	19
Ilustración 4: logotipo CYPETHERM HE Plus.	20
Ilustración 5: logo CHEQ 4.....	21
Ilustración 6: ubicación del edificio	22
Ilustración 7: modelado del edificio.	22
Ilustración 8: vista frontal del edificio.....	23
Ilustración 9: vista trasera edificio.....	23
Ilustración 10: distribución planta baja.	24
Ilustración 11: temperaturas máximas y mínimas diarias.	27
Ilustración 12: irradiación global sobre el plano horizontal.....	27
Ilustración 13: humedades por meses.....	28
Ilustración 14: sección cerramiento.....	29
Ilustración 15: sección tabiques.....	29
Ilustración 16: sección del suelo en contacto con el terreno.	30
Ilustración 17: sección del suelo entre pisos.	31
Ilustración 18: azoteas	32
Ilustración 19: sección ventana doble de PVC.	33
Ilustración 20: condiciones interiores de diseño.....	35
Ilustración 21: datos meteorológicos del emplazamiento.	36
Ilustración 22: calor debido a la actividad de las personas.	40
Ilustración 23: cargas de refrigeración.	42
Ilustración 24: cargas de calefacción.....	43

Ilustración 25: parametrización de la unidad térmica en CYPETHERM HE Plus.	45
Ilustración 26: unidad exterior del sistema de climatización.	45
Ilustración 27: justificación ACS.	47
Ilustración 28: sistema térmico solar termosifón Junkers 200L.	48
Ilustración 29: calificación energética del edificio.	49
Ilustración 30: indicador global de consumo de energía no renovable.	50
Ilustración 31: demanda de calefacción y refrigeración del edificio con mejoras.	50
Ilustración 32: indicador global de consumo de energía no renovable del edificio con mejoras.	50

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1 Resumen

-En este trabajo de fin de grado, realizaremos la calificación energética, y propuestas de mejora de un edificio de atención temprana para pacientes de autismo.

-La calificación se llevará a cabo a través de un estudio técnico, en el que definiremos las condiciones de contorno, calcularemos las cargas térmicas del edificio y necesidades energéticas, analizaremos los cerramientos y realizaremos un análisis de mejoras. Todo esto se realizará acorde al código técnico de la edificación para acabar con la sugerencia de posibles mejoras al edificio según el resultado del estudio.

-Para la realización de los cálculos y la obtención del certificado de eficiencia energética, se usará el software Cypetherm HE Plus, para después llevar a cabo un estudio de mejoras del edificio.

1.2 Justificación

Dada la actual inestabilidad energética del continente europeo, cabe destacar la vital importancia del uso eficiente de los recursos energéticos.

Realizando un uso eficiente de estos recursos, lograremos una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, debido al compromiso de España con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y la agenda 2030, se prevé un descenso del 6% en el uso de combustibles fósiles hasta el año 2030.

Medir y cuantificar la efectividad de este uso, nos permitirá ver en qué aspectos se está haciendo un uso indebido, y en cuales se está haciendo un uso eficiente de los recursos, lo que nos ayudará a optimizar el uso de la energía

Para conseguir este objetivo es necesario, entre otras cosas, optimizar la eficiencia energética en todo tipo de inmuebles, pero en especial, en los de antigua construcción.

1.3 Objetivos

En este trabajo de final de grado haremos un estudio técnico para el cálculo de la calificación energética de este centro. En función de este certificado, se propondrán una serie de mejoras con su estudio económico para comprobar la viabilidad de las mismas.

2. NORMATIVA

2.1 Certificación energética de edificios

En España, la normativa que comenzó regulando la certificación energética de edificios es el Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Esta normativa establecía que todos los edificios nuevos, así como los que se vendan o alquilen, deben contar con un certificado de eficiencia energética.

Además, el Real Decreto establece que los técnicos que realicen la calificación energética deben estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante para la realización de proyectos de edificación o de sus instalaciones térmicas, y deben estar inscritos en el registro habilitado por la comunidad autónoma correspondiente.

Este decreto se derogó por el Real Decreto 390/2021, cuyos cambios afectaron a las rehabilitaciones que amplíen en más del 10% la superficie, se modifiquen más del 25% de los cerramientos o modifiquen las instalaciones térmicas.

También afectan a aquellos edificios con más de 500m², aunque no sean habitables.

Otro cambio notable fue la validez limitada de los certificados de inmuebles con calificación G, con una duración de 5 años (para el resto de calificaciones la duración es de 10 años), y recalca la obligatoriedad de la visita de un técnico al inmueble.

El incumplimiento de esta normativa puede conllevar sanciones económicas, por lo que es importante cumplir con la obligatoriedad de obtener la certificación energética en caso de venta o alquiler de un inmueble.

Caben destacar las excepciones que no quedan sujetas a la obligatoriedad de obtener el certificado energético:

- Edificios protegidos oficialmente
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años
- Edificios industriales, de la defensa y agrícolas no residenciales
- Edificios que no estén en contacto con otros edificios y con superficie útil inferior a 50 m²
- Edificios que se compren para su demolición o para la realización de las reformas

Esto da lugar a dos exclusiones que han dejado de figurar con el cambio al Real Decreto 390/2021:

- Inmuebles para actividades de culto.
- Viviendas con un uso anual inferior a 4 meses (viviendas de uso vacacional).

2.2 Calificación energética

El mecanismo de calificación de eficiencia energética consiste en su clasificación dentro de una escala que va desde A (más eficiente) hasta G (menos eficiente).

Esta escala se basa en una simulación que homogeneiza las condiciones de uso de los edificios, independientemente del uso real, permitiendo una comparación representativa de la eficiencia entre distintos edificios.

Tras la calificación energética, se obtiene el certificado energético. La obtención de este certificado permite el derecho de utilización del mismo, además es común incluir la etiqueta de esta calificación como información a posibles compradores o arrendatarios del edificio o inmueble.

Esta etiqueta incluye información como la calificación obtenida, el consumo energético anual, emisiones de CO2 derivadas de este consumo, y datos del edificio.

DATOS DEL EDIFICIO	
Normativa vigente construcción / rehabilitación	Tipo de edificio
Inserir aquí la normativa vigente	Inserir aquí el tipo de edificio
Dirección	Inserir aquí la dirección
Municipio	Inserir aquí el municipio
C.P.	Inserir aquí el código postal
Referencia/s catastrales	Inserir aquí la C. Autónoma
Inserir aquí la referencia catastral	

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kWh / m² año	Emisiones kg CO ₂ / m² año
A más eficiente		
B		
C		XX
D	XX	
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO
Inserir aquí el número de registro
Inserir aquí la fecha como dd/mm/aaaa
Válido hasta dd/mm/aaaa

ESPAÑA
Directiva 2010 / 31 / UE

Ilustración 1: etiqueta de calificación energética.

2.2 Código técnico de la edificación (CTE)

Para comprender el marco legal, debemos de hablar del código técnico de la edificación.

El código técnico de la edificación se aprobó mediante el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, y regulaba las exigencias y especificaciones básicas en edificios públicos o privados, para así, poder obtener las licencias y autorizaciones para el uso del mismo.

El CTE tiene como ámbito de aplicación tanto los inmuebles de nueva construcción, como los ya existentes, aunque en este último caso el CTE permite flexibilidad si no se cumplen los requisitos, en función de qué esté fuera de norma, y adjuntando unas condiciones de uso y mantenimiento.

La última modificación del CTE es la aprobada mediante el Real Decreto 450/2022, del 14 de junio, modificando la anterior versión del 2006.

La estructura es la siguiente:

- Primera parte: se describen las exigencias básicas respecto a la seguridad estructural, incendios, utilización, accesibilidad, salubridad, protección frente a la exposición al radón, protección frente al ruido y ahorro de energía.
- Segunda parte: compuestas por los documentos básicos, que son textos técnicos encargados de poner en la práctica las exigencias de la primera parte del código técnico. Aunque el director de obra o proyectista pueden modificar las soluciones siempre que se documente la justificación.

Los documentos básicos son:

- DB SE: Seguridad estructural
- DB SE-AE: Acciones en la edificación
- DB SE-C: Cimientos
- DB SE-A: Acero
- DB SE-F: Fábrica
- DB SE-M: Madera
- DB SI: Seguridad en caso de incendio
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad
- DB HE: Ahorro de energía
- DB HR: Protección frente al ruido
- DB HS: Salubridad

Nosotros haremos uso del BD HE en el desarrollo del proyecto.

2.2.1 Documento Básico HE

Este documento básico, tiene por objeto “establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía”.

Contiene una serie de exigencias básicas, numeradas de 1 a 5, además de una sección adicional, HE0, que relaciona secciones anteriores.

Para cumplir con la exigencia básica hay que cumplir con cada una de las partes, de esta misma forma, la cumplimentación del conjunto de Documentos Básicos hace que el edificio satisfaga el requisito básico de “ahorro de energía”

Las exigencias básicas del DB HE son:

- **Exigencia básica HE 0, limitación del consumo energético:** El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de su ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención.

El consumo energético se satisfará, en gran medida, mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables.

- **Exigencia básica HE 1, condiciones para el control de la demanda energética:** los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y

de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención.

Las características de los elementos de la envolvente térmica en función de su zona climática, serán tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables.

Así mismo, las características de las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre unidades de uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio.

Se limitarán los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones.

- **Exigencia básica HE 2, condiciones de las instalaciones térmicas:** las instalaciones térmicas de las que dispongan los edificios serán apropiadas para lograr el bienestar térmico de sus ocupantes.

Esta exigencia se desarrolla actualmente en el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.

- **Exigencia básica HE 3, condiciones de las instalaciones de iluminación:** los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, disponiendo de un sistema de control que permita ajustar su funcionamiento a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

- **Exigencia básica HE 4, Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria:** los edificios satisfarán parte de las necesidades de ACS o de climatización de piscina empleando energía procedente de fuentes renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.
- **Exigencia básica HE 5, generación mínima de energía eléctrica:** en los edificios con elevado consumo de energía eléctrica se incorporarán sistemas de generación de energía eléctrica procedente de fuentes renovables para uso propio o suministro a la red.

El Catálogo de Elementos Constructivos del CTE nos da valores a las exigencias técnicas del DB HE, con garantía legal para las soluciones constructivas que no se fabrican industrialmente, y con carácter orientativo para las soluciones que se fabrican de forma industrial.

3 SOFTWARE UTILIZADO

3.1 IFC Builder

En primer lugar, para poder utilizar programas de cálculo de cargas térmicas, debemos crear un modelo del edificio. En nuestro caso, usamos un modelador IFC, ya que este nos permite interoperabilidad entre otros programas que acepten este formato.

Optamos por el programa IFC Builder, es una herramienta de software que se utiliza para crear y editar modelos de información de construcción (BIM) en formato Industry Foundation Classes (IFC).

Aunque no vayamos a hacer especial uso de esta función, este programa permite interoperabilidad entre equipos multidisciplinares, ya que permite el intercambio y trabajo en común mediante el almacenamiento en la nube mediante OpenBIM.



Ilustración 2: logotipo IFC Builder.

3.3 CYPETHERM LOADS

Se trata de un software para el cálculo de la carga térmica en edificios, nos dará la información necesaria para el dimensionamiento de los equipos de climatización.

Emplea el método de las Series Temporales Radiantes (RTSM), propuesto por la American Society of Heating (ASHRAE).

Nos facilita la comprensión de las necesidades según espacios, ya que nos da de forma individual las aportaciones de cada espacio. Además nos permite un fácil flujo de trabajo ya que utiliza el procesamiento en la nube mediante la plataforma OpenBIM.



Ilustración 3: logotipo CYPETHERM LOADS.

3.2 CYPETHERM HE Plus

Se trata de un software de simulación energética, nos permite evaluar el rendimiento térmico de un edificio mediante la simulación de la demanda de energía y el consumo de calefacción, refrigeración y ventilación.

Es la alternativa al HULC, reconocida desde julio de 2018 por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Está diseñado para cumplir con los requisitos de la normativa energética vigente y las directivas europeas, lo que lo hace especialmente útil para nuestro estudio técnico.

Entre las principales características de CYPETHERM HE Plus se incluyen: la capacidad de modelar una amplia variedad de sistemas HVAC, incluyendo sistemas de energías renovables y sistemas de recuperación de calor; herramientas avanzadas de visualización y análisis de resultados, y la posibilidad de exportar los datos de simulación para su uso en otros programas de diseño y modelado mediante la metodología OpenBIM a través de la plataforma BIMserver anteriormente mencionada.

Se puede destacar que tanto CYPETHERM como IFCBuilder son programas gratuitos.



Ilustración 4: logotipo CYPETHERM HE Plus.

3.3 CHEQ4

Se trata de un software con origen en el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT), el cual nos permite realizar de forma sencilla los cálculos necesarios para la instalación de energía solar térmica.

El programa está actualizado para cumplir con la exigencia del HE4 que actualiza el Documento Básico DB-HE.



Ilustración 5: logo CHEQ 4

4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

4.1 Localización

El edificio se encuentra en Jaén capital, en la calle Ángel Martín Miñano, sin número.

La parcela en donde está construido tiene una superficie de 725 m², con su fachada en dirección Norte.

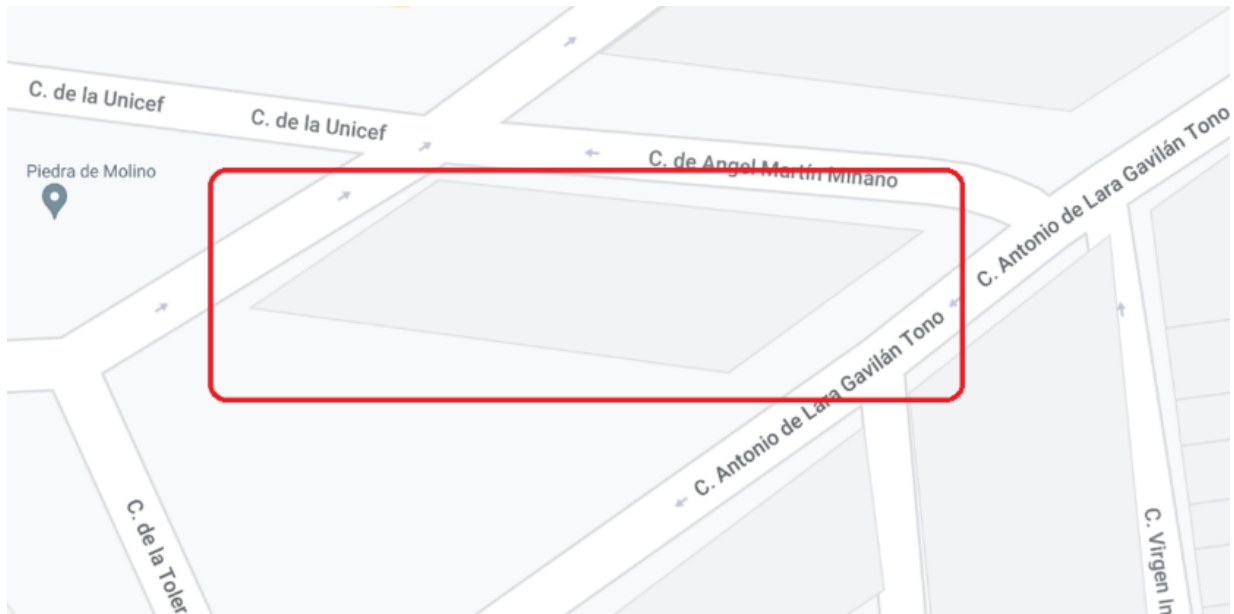


Ilustración 6: ubicación del edificio

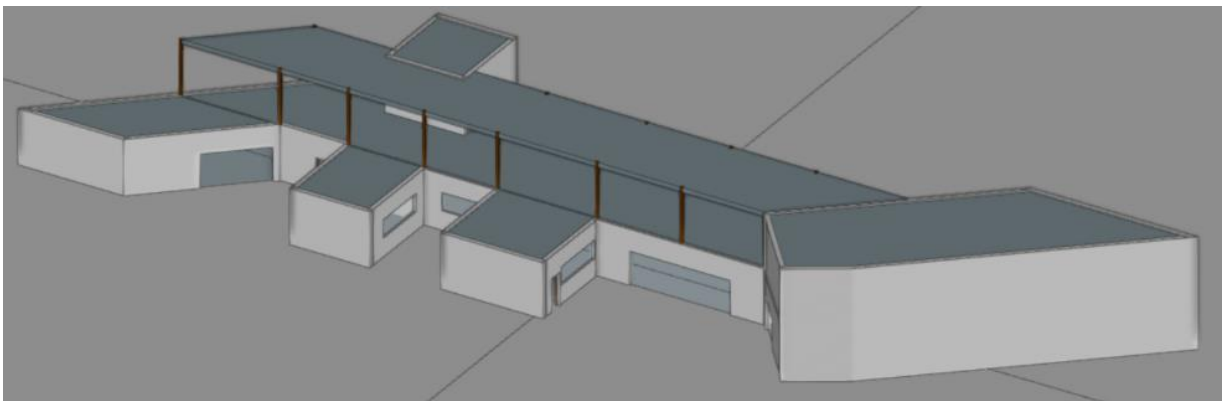


Ilustración 7: modelado del edificio.



Ilustración 8: vista frontal del edificio.

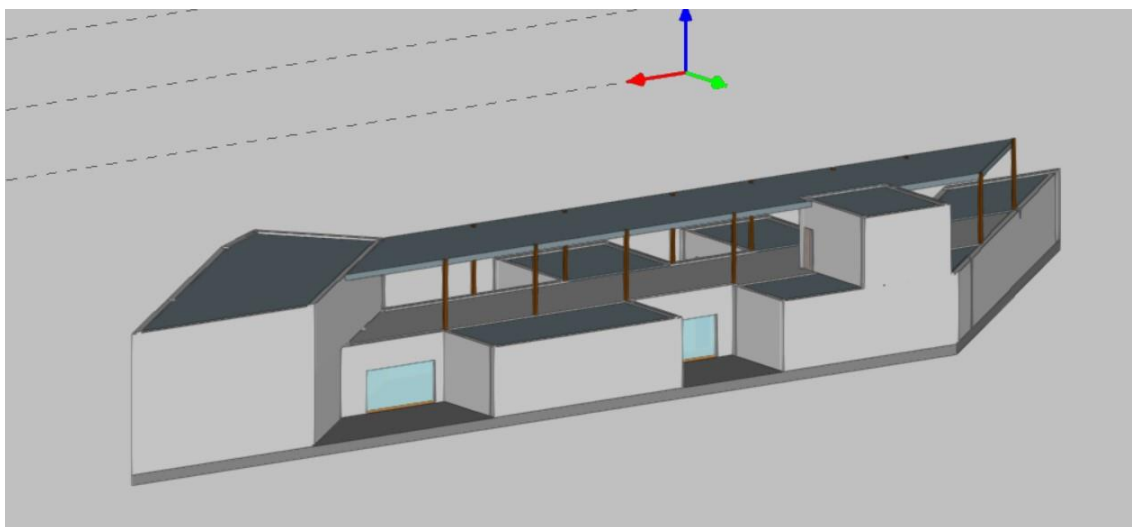


Ilustración 9: vista trasera edificio.

4.2 Año de construcción y uso

Según datos del registro catastral, el edificio fue construido en el año 2010, ya con el CTE en vigencia.

Se trata de un edificio destinado a la atención de día para personas con autismo, cedido por el Ayuntamiento de Jaén en enero del 2022 a la asociación provincial de autismo y TGD “Juan Martos Pérez”, tras estar en desuso desde su construcción.

4.3 Distribución

El edificio dispone de 5 patios, situados en las zonas exteriores del mismo, delimitados por un muro que circunscribe con la calle. En la planta baja nos encontramos con una entrada, un vestíbulo, una sala de lectura, dos almacenes, dos aulas, aseos, un despacho de dirección, sala de usos múltiples, cocina y comedor.

Destaca la amplia terraza cubierta en la planta superior, objeto de una posible remodelación del edificio, que escapa de este estudio, además de los amplios ventanales en todas las aulas, salas de usos múltiples y sala de lectura.

También se puede destacar la sala de usos múltiples en la planta baja, que queda a doble altura dando lugar a una gran sensación de espacio. El edificio cuenta con una superficie construida total de 708 m².

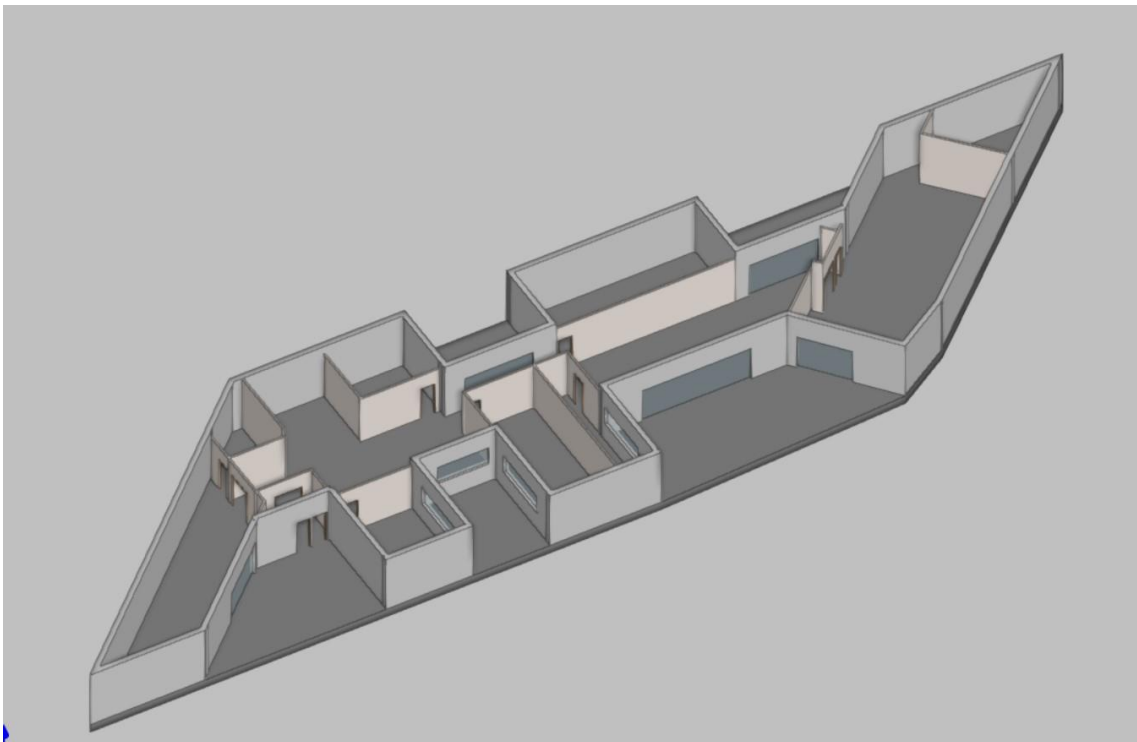


Ilustración 10: distribución planta baja.

RESUMEN DE SUPERFICIES		
	USO	S.ÚTIL (m ²)
PLANTA BAJA	Entrada	6
	Vestíbulo	153
	Distribuidor	19,84
	Administración	30,37
	Dirección	24
	Sala lectura	55
	Almacén	10
	Aseos	16
	Aula 1	34
	Cocina	16
	Aula 2	42
	Sala de usos múltiples	95
	Almacén 2	20
PLANTA ALTA	Caseta	10
	Terraza cubierta	177
TOTAL		708,21

5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

5.1 Definición de uso

Al empezar, CYPETHERM nos pide definir el uso que se le va a dar al edificio, dado que se va a destinar a un servicio de cara al público, seleccionamos “uso terciario”.

También seleccionamos “edificio existente” ya que no se trata de un edificio en proyecto, sino que ya está construido.

5.2 Emplazamiento

Como hemos dicho anteriormente, el edificio se sitúa en Jaén capital, al introducir la ubicación en CYPETHERM nos da automáticamente la zona climática (C4) y además nos muestra un gráfico con las temperaturas máximas y mínimas diarias, y datos anuales de irradiación.

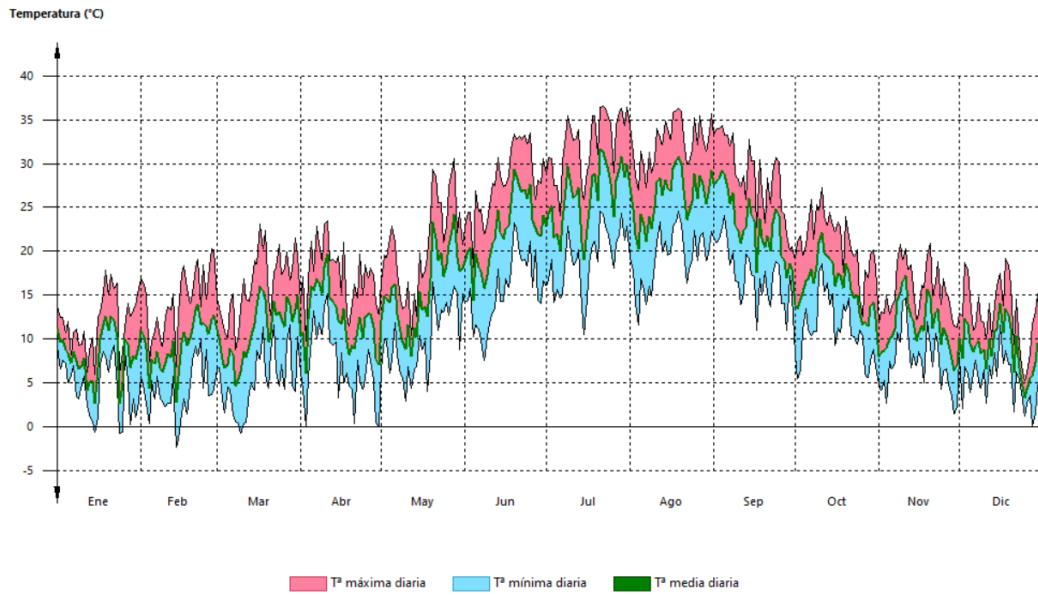


Ilustración 11: temperaturas máximas y mínimas diarias.

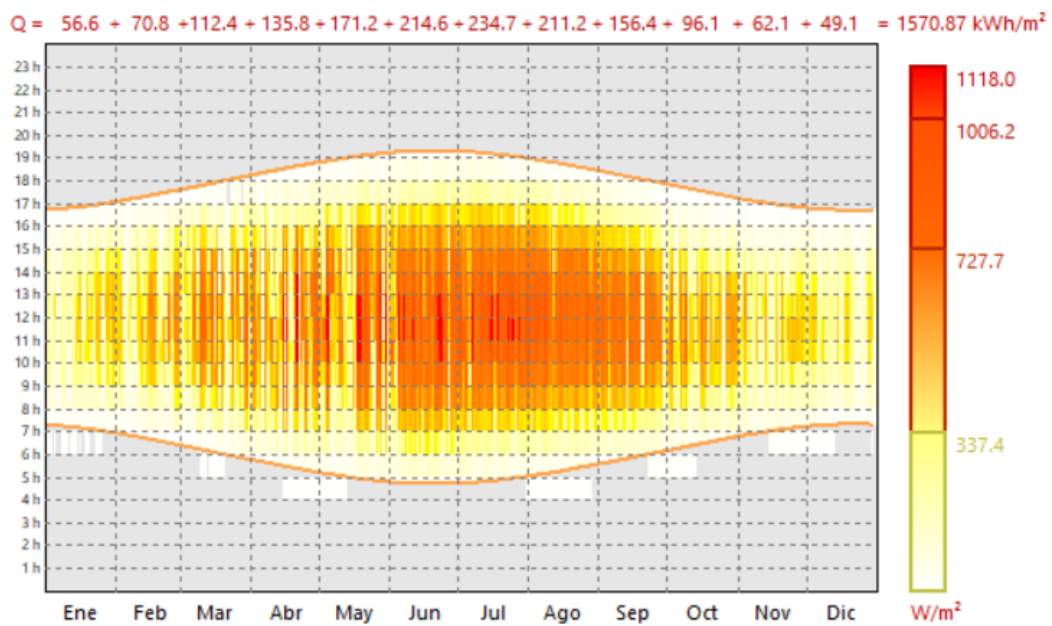


Ilustración 12: irradiación global sobre el plano horizontal.

A continuación, necesitamos los datos de humedad en el ambiente, este dato lo podemos consultar en CYPETHERM, ya que se computan de forma automática desde su base de datos.

Mes	Humedad (%)
Enero	82
Febrero	77
Marzo	72
Abril	68
Mayo	63
Junio	56
Julio	47
Agosto	48
Septiembre	58
Octubre	71
Noviembre	80
Diciembre	82

Ilustración 13: humedades por meses.

5.3 Elementos constructivos

Una vez vistas las condiciones exteriores, procedemos a realizar la descripción de elementos constructivos, analizando las capas de las que está compuesto cada uno.

5.3.1 Cerramientos

Separan espacios exteriores de los interiores, por lo que debe tener propiedades térmicas y permeables para proteger el espacio interior de agentes externos como la lluvia o el viento. Su composición es:

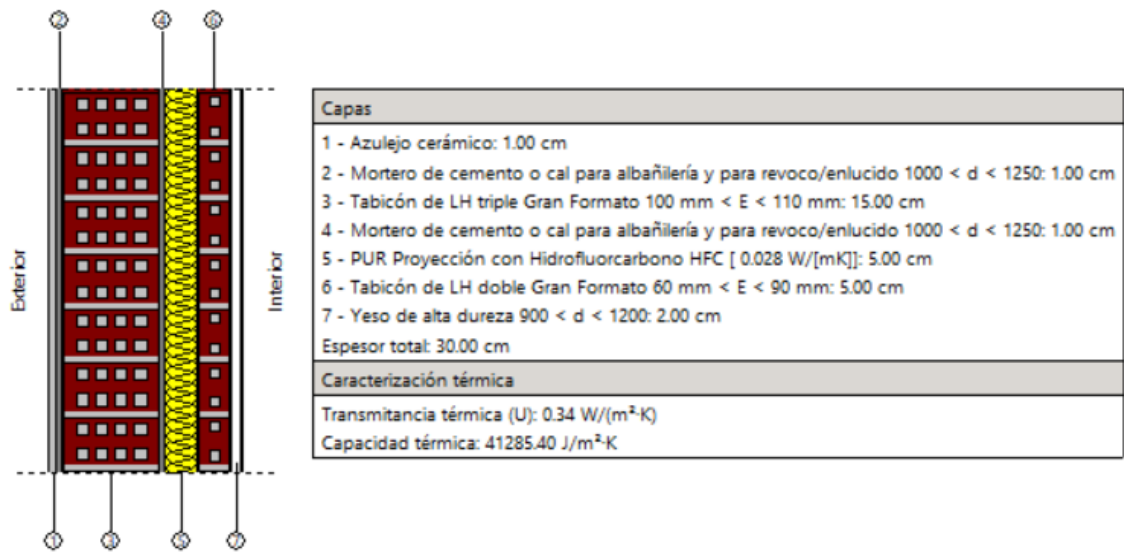


Ilustración 14: sección cerramiento.

5.3.2 Tabiques

Se trata de muros en espacios interiores, tienen por finalidad la división de los mismos.

Compuestos por:

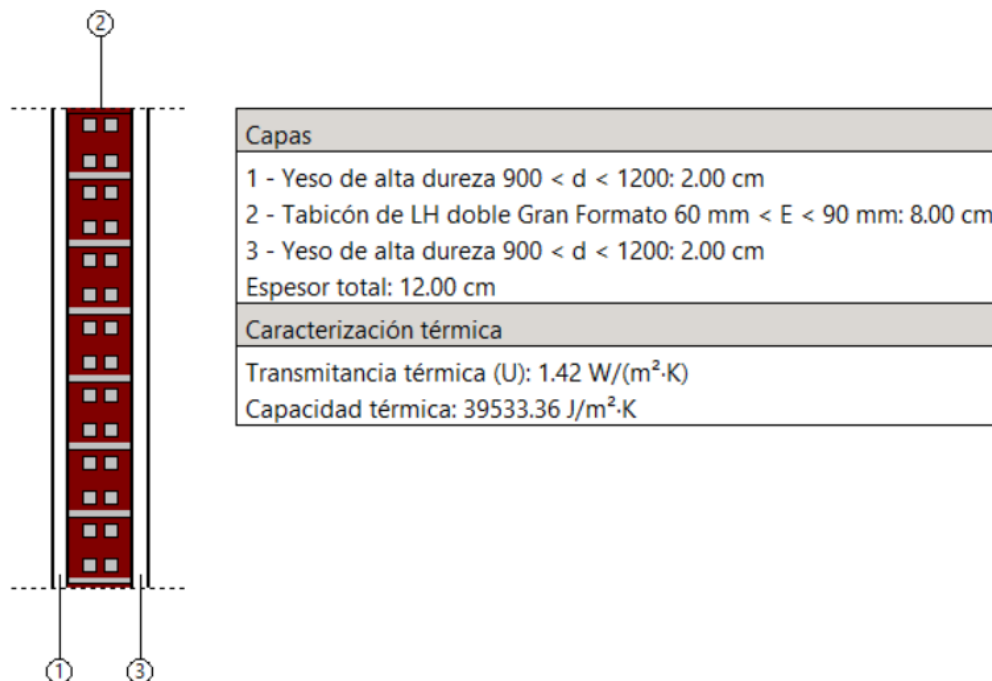
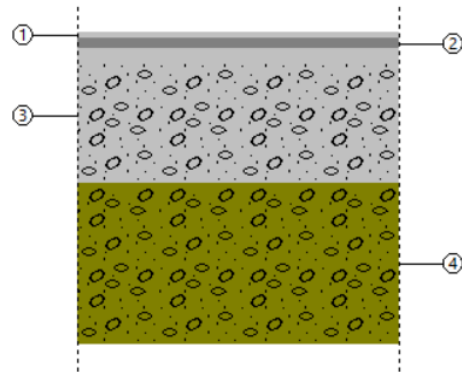


Ilustración 15: sección tabiques.

5.3.3 Suelo en contacto con el terreno

Tiene como finalidad proporcionar una base sólida para la sustentación del edificio, además de proporcionar un cierto aislamiento térmico.

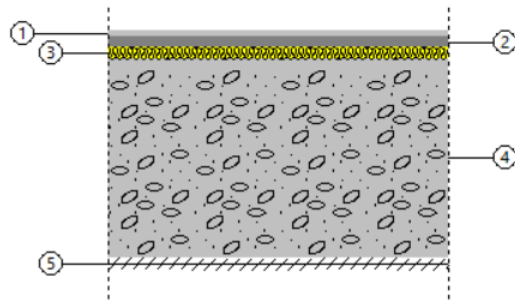


Capas
1 - Azulejo cerámico: 1.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 2.00 cm
3 - Hormigón en masa $2000 < d < 2300$: 25.00 cm
4 - Tierra vegetal [$d < 2050$]: 30.00 cm
Espesor total: 58.00 cm
Caracterización térmica
Resistencia térmica: $0.77 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Ilustración 16: sección del suelo en contacto con el terreno.

5.3.4 Suelo entre pisos

Tienen como finalidad dividir el espacio en distintas plantas, y sustentar la planta superior.



Capas
1 - Azulejo cerámico: 1.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 2.00 cm
3 - PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable a gases [$0.025 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$]: 2.00 cm
4 - Hormigón con áridos ligeros $1600 < d < 1800$: 35.00 cm
5 - Yeso de alta dureza $900 < d < 1200$: 2.00 cm
Esesor total: 42.00 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): $0.71 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): $0.75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Capacidad térmica: $42704.08 \text{ J}/\text{m}^2\text{K}$

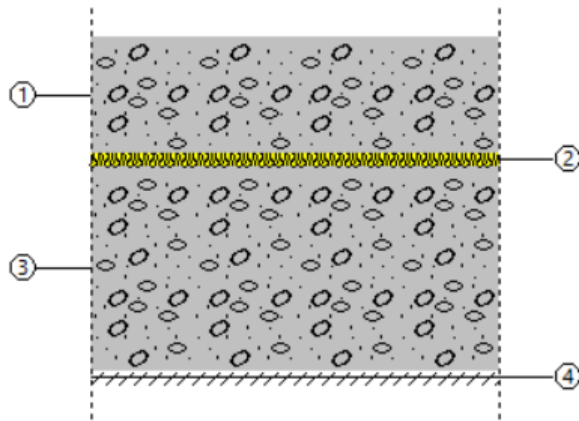
Ilustración 17: sección del suelo entre pisos.

5.3.5 Azoteas

Se tratan de las cubiertas del edificio, pero con la peculiaridad de que son planas.

Tienen la función de proteger los espacios interiores de los elementos exteriores, así como de aislarlos térmicamente.

Su sección se compone de:



Capas
1 - Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800: 17.00 cm
2 - PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable a gases [0.025 W/[mK]]: 2.00 cm
3 - Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800: 30.00 cm
4 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 2.00 cm
Espesor total: 51.00 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.68 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.72 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 130045.35 J/m ² ·K

Ilustración 18: azoteas

5.3.6 Puertas

Encargadas de delimitar, y dar paso, a tanto espacios interiores entre sí, como al exterior.

Las puertas que colindan con el exterior se tratan de puertas metálicas, con una transmitancia térmica de 3 W/m²K, con un coeficiente de absorción de 0.6.

Encontramos estas puertas en la entrada principal, en la caseta de la planta superior, así como en la cocina.

Las puertas interiores son de madera y sin acristalamientos, tienen una transmitancia térmica de 4 W/m²K, con un coeficiente de absorción de 0.6.

5.3.7 Ventanas

En este edificio contamos con huecos acristalados de cristal doble y marcos en PVC.

Se cuentan con distintos tamaños de huecos, desde 3*1.12m hasta 6.3*2.1m, pero todas las ventanas proporcionan una transmitancia térmica de 2.8 W/m²K y un factor solar de 0.69.

La permeabilidad al aire a una presión de 100 Pa es de 20 m³/m²h para todos los huecos, dato que nos resultará útil para las infiltraciones de aire.



Ilustración 19: sección ventana doble de PVC.

5.3.7.1 Condensaciones

Las condensaciones son la acumulación de vapor de agua en forma líquida en superficies frías. Aunque pueden producirse en paredes, techos o ventanas, es más común encontrarlas en ventanas.

Esto se debe a que cuando el aire caliente y húmedo entra en contacto con superficies más frías, condensa la humedad del aire y esta se acumula en las mismas. Por este motivo es importante mitigar los puentes térmicos en ventanas.

Incluido en el anexo tenemos el resumen de las condensaciones para cada estancia del edificio, proporcionadas por CYPETHERM LOADS.

5.4 Cargas térmicas

Entendemos por cargas térmicas, a los fenómenos que modifican la temperatura y humedad del aire en un espacio interior.

Podemos hacer una clasificación de las cargas según incidencia:

- Cargas térmicas sensibles: son las que nos van a provocar una variación de la temperatura del aire.
- Cargas térmicas latentes: las que nos van a provocar una variación en la humedad del aire.

Las cargas térmicas son, por tanto, la suma de las cargas sensibles y latentes de un espacio.

Es importante conocer el valor de estas cargas, ya que esto determinará la potencia necesaria para climatizar nuestros espacios, e influirá en la decisión del equipo de climatización a instalar.

Para el cálculo de las cargas, debemos saber sus causantes, las más comunes son:

- Cargas a través de cerramientos
- Cargas por radiación a través de superficies acristaladas
- Cargas a través de ventilación
- Cargas por infiltraciones
- Cargas generadas por el calor de las personas
- Cargas generadas por la iluminación

- Cargas generadas por equipos eléctricos en el interior

Nosotros realizaremos el cálculo de las cargas de calefacción y refrigeración, para lo que determinaremos las condiciones exteriores, además de cerramientos y huecos, que ya están definidos anteriormente.

Para empezar, tenemos que definir las condiciones de temperatura y humedad. Para ello nos vamos al Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

En la instrucción técnica 1.1.4.1.2 vemos que se establece la temperatura operativa y humedad relativa como:

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño		
Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Ilustración 20: condiciones interiores de diseño.

Estos parámetros se introducirán en CYPETHERM Loads posteriormente.

Una vez tenemos las condiciones interiores, necesitamos conocer las exteriores para realizar el cálculo. Para ello nos basamos en la base de datos de CYPETHERM, que se muestran a continuación:

Datos del emplazamiento

Emplazamiento

Latitud ° Coeficiente de albedo
 Longitud ° Zona horaria
 Altitud m Horario de Verano (DST) Mes inicial Mes final

Condiciones de diseño para calefacción

Temperatura exterior de diseño °C Temperatura exterior media anual °C

Condiciones de diseño para refrigeración

Cálculo de cargas de refrigeración por mes	Temperatura seca de diseño (°C)	Temperatura húmeda coincidente (°C)	Oscilación diaria de la temperatura seca (°C)	Oscilación diaria de la temperatura húmeda (°C)	Profundidad óptica del cielo despejado para la irradiación directa	Profundidad óptica del cielo despejado para la irradiación difusa
Enero	19.8	12.4	9.4	6.3	0.311	2.503
Febrero	21.0	12.9	9.7	6.5	0.336	2.454
Marzo	22.8	13.9	9.8	6.3	0.382	2.33
Abril	24.1	14.8	9.9	5.9	0.395	2.318
Mayo	26.9	17.0	9.2	5.4	0.422	2.27
Junio	30.9	19.6	9.1	5.1	0.442	2.24
Julio	32.0	21.2	8.6	5.6	0.449	2.233
Agosto	32.8	21.9	8.7	5.7	0.452	2.231
Septiembre	30.9	21.0	8.8	5.6	0.423	2.314
Octubre	27.4	18.8	9.2	5.6	0.388	2.4
Noviembre	23.5	15.6	9.1	5.9	0.344	2.482
Diciembre	20.0	13.2	9.1	5.9	0.319	2.503

Ilustración 21: datos meteorológicos del emplazamiento.

Para entender mejor el cálculo que realiza el programa, vamos a desgranar las operaciones básicas.

5.4.1 Cargas térmicas de refrigeración

La carga térmica total de refrigeración se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Ecuación 1

Siendo:

- Q_r = carga térmica total de refrigeración (W)
- Q_s = carga térmica sensible (W)

- Q_l = carga térmica latente (W)

Carga térmica sensible

Para el cálculo de la carga térmica sensible empleamos la expresión general:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Ecuación 2

Donde:

- Q_{sr} = carga debida a la radiación a través de las superficies acristaladas (W)
- Q_{str} = carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W)
- Q_{st} = carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W)
- Q_{si} = carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W)
- Q_{sai} = carga sensible debida a aportaciones internas (W)

Carga debida a la radiación a través de las superficies acristaladas

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

Ecuación 3

Donde:

- Q_{sr} = carga térmica por radiación solar a través de cristal (W)
- S = superficie acristalada expuesta (m^2)

- F = es la radiación solar que atraviesa la superficie, (W/m^2)

Carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores

Calculada como:

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

Ecuación 4

Siendo:

- Q_{str} = carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores (W)
- K = transmitancia del cerramiento ($W/m^2\text{°C}$)
- S = superficie expuesta del cerramiento (m^2)
- T_{ec} = temperatura exterior de cálculo (°C)
- T_i = temperatura interior de cálculo (°C)

Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores

Calculada como:

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i)$$

Ecuación 5

Donde:

- Q_{st} = carga por transmisión a través de los cerramientos interiores (W)
- K = coeficiente de transmitancia ($W/m^2\text{°C}$)
- S = superficie del cerramiento interior (m^2)
- T_e = temperatura exterior de diseño (°C)
- T_i = temperatura interior de diseño (°C)

Cabe decir que la temperatura exterior de diseño es:

$$T_e = 0,4 \cdot T_{me} + 0,6 \cdot T_{m\acute{a}x}$$

Ecuación 6

Siendo:

- T_{me} = temperatura media del mes más cálido
- $T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima del mes más cálido

Carga transmitida por infiltraciones de aire

Determinada mediante:

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_{e,aire} \cdot \Delta T$$

Ecuación 7

Siendo:

- Q_{si} = Carga por infiltración y ventilación de aire exterior
- V = Caudal de aire infiltrado (m^3/s)
- ρ = densidad del aire (kg/m^3)
- $C_{e,aire}$ = calor específico del aire ($J/kg^\circ C$)
- ΔT = salto térmico del aire ($^\circ C$)

Carga sensible por aportaciones internas

Se representa como:

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

Siendo:

- Q_{sai} = carga sensible por aportaciones internas (W)
- Q_{sil} = carga debida a la iluminación (W)
- Q_{sp} = carga debida a los ocupantes (W)
- Q_{se} = carga debida a los aparatos del interior (W)

Para ver la aportación debida a los ocupantes nos podemos fijar en la siguiente tabla:

Actividad metabólica	sensible	latente		
ACTIVIDAD	W	W	met	
durmiendo	50	25	0,76	
tumbado	55	30	0,86	
sentado, sin trabajar	65	35	1,0	
de pie, relajado	75	55	1,3	
paseando	75	70	1,5	
andando	a 1,6 km/h	50	110	1,6
	a 3,2 km/h	80	130	2,1
	a 4,8 km/h	110	180	2,9
	a 6,4 km/h	150	270	4,2
bailando moderadamente	90	160	2,5	
atlética en gimnasio (hombres)	210	315	5,0	
deporte de equipo masculino (valor medio)	290	430	6,9	
trabajos:				
muy ligero, sentado	70	45	1,2	
moderado (en oficinas; valor medio)	75	55	1,3	
sedentario (restaurante, incluidas comidas)	80	80	-	
ligera de pie (industria ligera, de compras etc.)	70	90	1,6	
media de pie (trabajos domésticos, tiendas etc.)	80	120	2,0	
manual	80	140	2,1	
ligero (en fábrica; sólo hombres)	110	185	2,8	
pesado (en fábrica; sólo hombres)	170	255	4,0	
muy pesado (en fábrica; sólo hombres)	185	285	4,5	

Fuente: UNE-EN ISO 8996 y Alberto Viti Corsi

Ilustración 22: calor debido a la actividad de las personas.

Carga térmica latente

La carga térmica latente tiene la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

Ecuación 8

Siendo:

- Q_{li} = carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W)
- Q_{lp} = carga latente por la ocupación del local (W)

Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior

Tiene la expresión:

$$Q_{li} = V \cdot \rho \cdot C_{l,agua} \cdot \Delta w$$

Donde:

- Q_{li} = carga térmica latente por ventilación de aire exterior (W)
- V = caudal de aire infiltrado (m^3/s)
- P = densidad del aire (kg/m^3)
- $C_{l,agua}$ = calor específico del agua (kJ/kg)
- Δw = diferencia de humedad absoluta en el interior y exterior

Carga latente por ocupación

Con la expresión:

$$Q_{lp} = n \cdot C_{latente, persona}$$

Ecuación 9

Siendo:

- Q_{lp} = calor latente por ocupación
- n = número de personas

- $C_{\text{latente, persona}}$ = calor latente por persona y actividad (ilustración 17)

5.4.2 Cargas térmicas de calefacción

Para las cargas térmicas de calefacción, basta con seguir los pasos de las cargas de refrigeración, pero teniendo especial atención a los signos, ya que en este caso el calor de la actividad del interior contribuye a la climatización del aire al aportar temperatura al mismo.

Por ejemplo, la expresión de la carga latente queda:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} - Q_{sai}$$

Ecuación 10

Tras el cálculo, ambas cargas resultan:

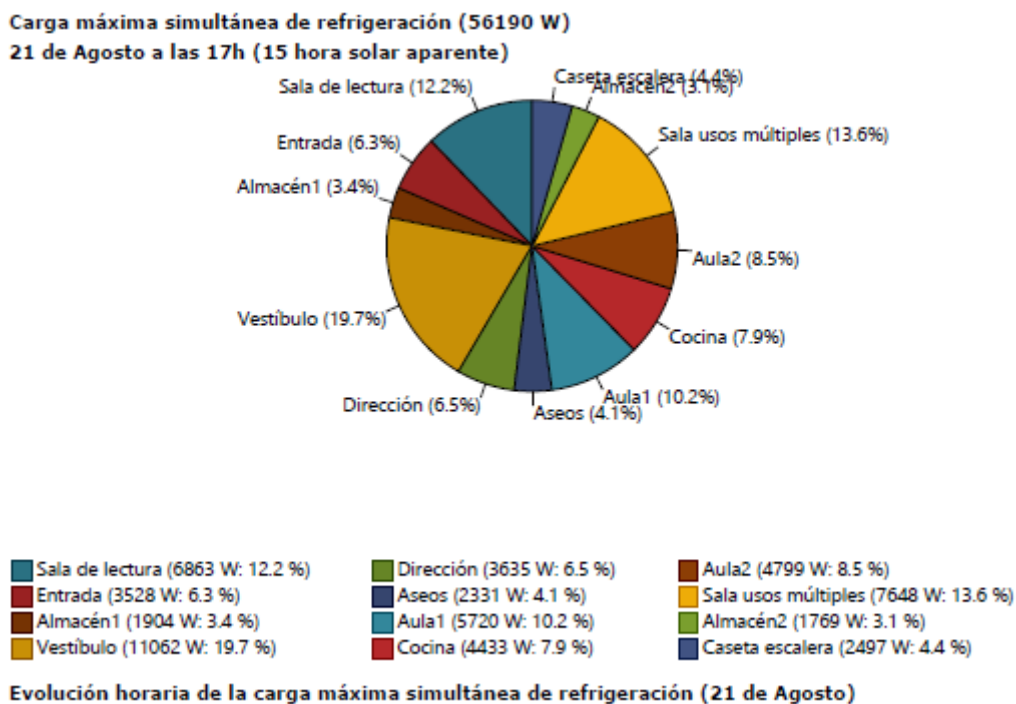


Ilustración 23: cargas de refrigeración.

Informe de cargas térmicas

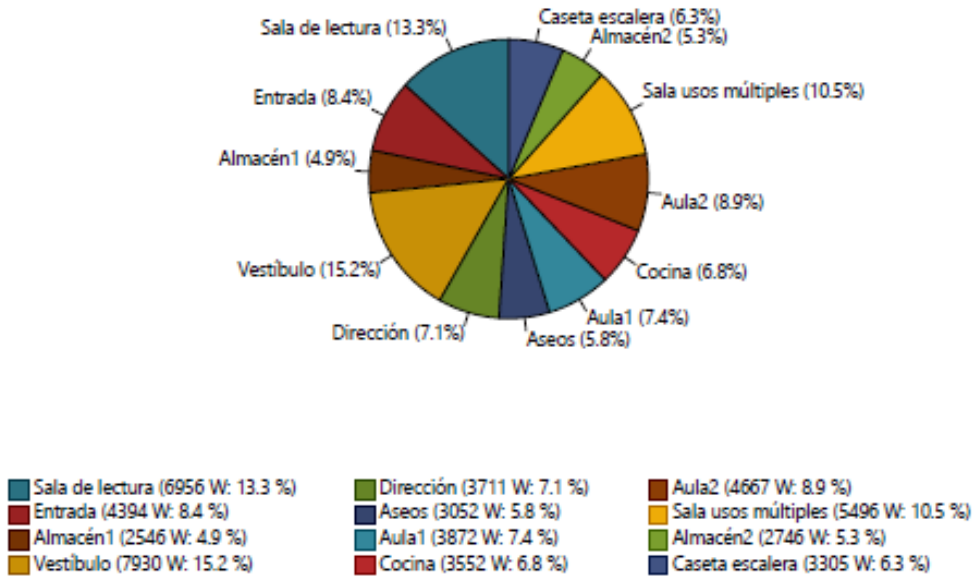


Ilustración 24: cargas de calefacción.

CARGAS TÉRMICAS EDIFICIO SIN MEJORAS			
	USO	Refrigeración (W)	Calefacción (W)
PLANTA BAJA	Entrada	3585	4452
	Vestíbulo	11987	7930
	Dirección	3635	3711
	Sala lectura	7148	6956
	Almacén	1904	2546
	Aseos	2331	3052
	Aula 1	5826	3872
	Cocina	4453	3584
	Aula 2	4799	4667
	Sala de usos múltiples	7648	5496
	Almacén 2	1769	2746
PLANTA ALTA	Caseta	2509	3337
	Terraza cubierta	0	0
TOTAL		57594	52349

CARGAS TÉRMICAS EDIFICIO CON MEJORAS			
	USO	Refrigeración (W)	Calefacción (W)
PLANTA BAJA	Entrada	3528	4394
	Vestíbulo	11062	7930
	Dirección	3635	3711
	Sala lectura	6863	6956
	Almacén	1904	2546
	Aseos	2331	3052
	Aula 1	5720	3872
	Cocina	4433	3552
	Aula 2	4799	4667
	Sala de usos múltiples	7648	5496
	Almacén 2	1769	2746
PLANTA ALTA	Caseta	2497	3305
	Terraza cubierta	0	0
TOTAL		56189	52227

Siendo esta última las cargas por calefacción, con un valor total de 52227 W.

Una vez conocemos las cargas en el edificio, seleccionamos la bomba de calor para el acondicionamiento del mismo.

Seleccionamos una bomba de calor de dos tubos, del fabricante Fujitsu, modelo AJY198LALBH.

Tiene capacidad para proporcionar 67.2 kW de refrigeración y 75 kW de calefacción, con un coeficiente de rendimiento COP nominal de 4.84.

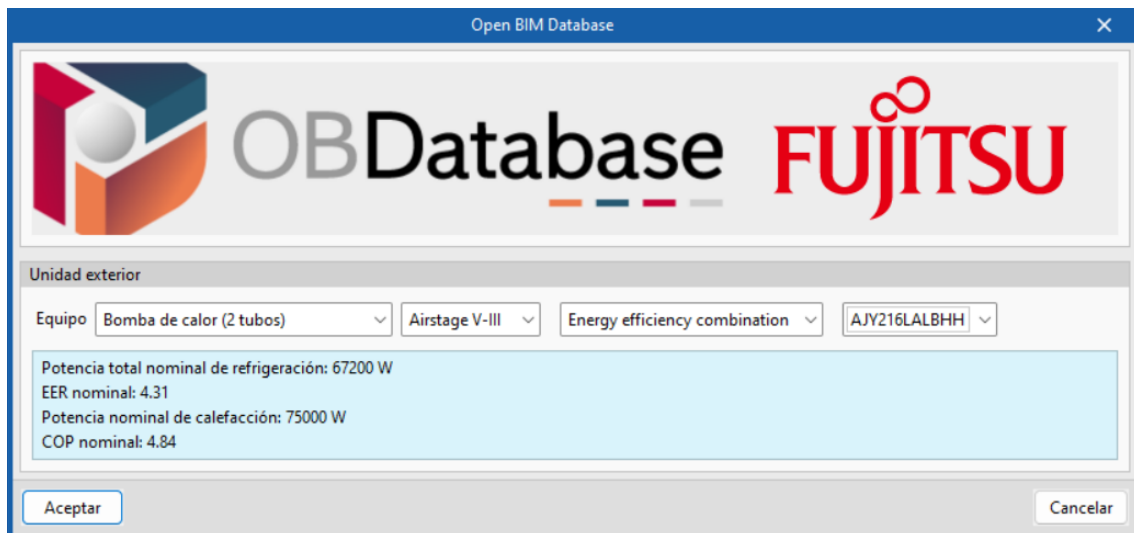


Ilustración 25: parametrización de la unidad térmica en CYPETHERM HE Plus.



Ilustración 26: unidad exterior del sistema de climatización.

5.2 Estudio de mejoras

Procedemos a continuación al estudio de posibles mejoras del edificio. Podemos comprobar que la envolvente ya posee unos cerramientos con un aislamiento considerable, y las ventanas ya tienen cristal doble. Aunque se podría mejorar el sistema de climatización, el elevado coste de esto hace que nos centremos en las puertas exteriores, y el sistema de ACS.

5.2.1 Puertas

Las puertas que tenemos definidas en el proyecto son metálicas, tienen una transmitancia térmica de $3 \text{ W/m}^2\text{K}$, y un coeficiente de absorción de 0.6.

Instalamos entonces unas puertas de aluminio con rotura de puente térmico, y una transmitancia térmica de $1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ con coeficiente de absorción de 0.6.

5.2.2 Sistema de ACS

Para el agua caliente tenemos un calentador de gas, de 600 W de potencia nominal.

Según el HE4, la demanda prevista de ACS será de 180 litros diarios, al tener cerca de 45 personas entre pacientes y personal.

Tabla c-Anejo F Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado

Criterio de demanda	Litros/día-persona
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Ilustración 27: justificación ACS.

Lo vamos a reemplazar por un sistema de placas solares térmicas, en concreto por un sistema termosifón Junkers 200L. La instalación se compone de un único panel solar, que será capaz de suministrar las necesidades de agua caliente del edificio, y un depósito acumulador de agua.

En el anexo se incluirá la comprobación de que este sistema cumple los requisitos del HE4.



Ilustración 28: sistema térmico solar termosifón Junkers 200L.

6 CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

6.1 Discusión

Para terminar con el desarrollo, se expondrá un breve resumen comentando los resultados obtenidos de la calificación energética y del estudio de mejoras para la misma.

La calificación energética obtenida en el edificio sin mejoras ha sido la siguiente:

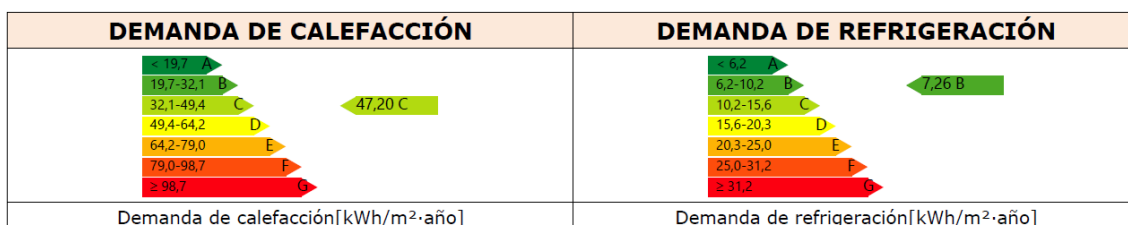


Ilustración 29: calificación energética del edificio.

Tenemos calificaciones parciales de calefacción y refrigeración C y B respectivamente, con consumos eléctricos de 47.2 y 7.26 kWh/m²*año. Además, se ha obtenido un indicador global B, que corresponde a un consumo de energía no renovable de 77.43 kWh/m²*año.

También hay que añadir un consumo de energía para ACS de 11.3 kWh/m²*año

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	28.43		11.3
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	5.95		24.46

Ilustración 30: indicador global de consumo de energía no renovable.

Para el edificio con mejoras tenemos calificaciones parciales de calefacción y refrigeración C y B respectivamente, con consumos eléctricos de 46.9 y 7.23kWh/m²*año. Además, se ha obtenido un indicador global B, que corresponde a un consumo de energía no renovable de 66.03 kWh/m²*año, sin consumo de energía para ACS tras la instalación de la placa solar térmica.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

Ilustración 31: demanda de calefacción y refrigeración del edificio con mejoras.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN		ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	28.35		0
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	5.94		24.46

Ilustración 32: indicador global de consumo de energía no renovable del edificio con mejoras.

Como hemos visto anteriormente, las mejoras que hemos realizado en el edificio apenas aportan a una disminución de la carga térmica, pero sí que ayudan a mejorar la calificación del mismo debido a la reducción de emisiones de CO₂.

Esto se puede ver más fácilmente mediante una tabla comparativa en la que se vean los datos de la calificación.

Emisiones (kgCO ₂ /m ² ·año)	Edificio sin mejoras	Edificio con mejoras
Indicador global	13,78 (B)	11,37 (A)
Calefacción	5	4,99
ACS	2,39	0
Refrigeración	1,01	1,01
Iluminación	4,14	4,14
Consumo de E.no renovable (kWh/m ² ·año)	Edificio sin mejoras	Edificio con mejoras
Indicador global	77,43 (B)	66,03 (B)
Calefacción	28,43	28,35
ACS	11,3	0
Refrigeración	5,95	5,94
Iluminación	24,46	24,46

Con esta tabla, podemos ver como apenas nos aporta un descenso en la carga térmica del edificio, siendo la diferencia más grande de 1500 W.

Se podría argumentar que la mejora de las puertas, no es realmente económicamente recomendable, ya que será muy difícil amortizar el gasto de las mismas al no aportar una gran mejora térmica al conjunto del edificio.

En cambio, la instalación solar podría tener especial interés al mejorar nuestro indicador global de “B” a “A”, aunque con un coste aproximado de 1500 €, más instalación.

6.2 Conclusiones

Podemos ver como las mejoras del edificio no ha supuesto una gran mejora de la calificación global, que en ambos casos se queda en B, pero sí que ha supuesto una disminución considerable del consumo de energía primaria no renovable, obteniendo la calificación A en emisiones para el edificio con mejoras. Esto se debe principalmente a la sustitución de un calentador de agua de gas natural, por otro que funciona mediante energía solar, reduciendo a 0 los 11.3 kWh/m²*año de energía consumida para ACS.

También vemos que la mejora de las puertas no produce una mejora substancial del consumo, que apenas se ha reducido, pero sí que produce una mejora de infiltraciones y reducción del ruido exterior.

También cabe destacar la calificación del edificio, que, aun teniendo una gran superficie expuesta al exterior por su diseño, ha conseguido una calificación bastante aceptable. Esto puede deberse a la calidad de los cerramientos y huecos, además del uso que se le da al edificio, que permite no acondicionar el mismo durante las horas de cierre.

ANEXOS

ANEXO 1

Carga térmica del edificio.

Cargas térmicas del edificio antes de mejoras

Informe de cargas térmicas

1. REFRIGERACIÓN

1.1. Zona 1

Resumen de las cargas de refrigeración de la zona: Zona 1

	Externas					Internas		Ventilación			Totales			
	A (m ²)	Conducción (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de refrigeración por recinto														
Sala de lectura	55	1141	2175	545	738	375	550	100	545	738	1538	5610	129	7148
Entrada	6	76	63	701	849	45	75	100	701	849	1520	2008	551	3528
Almacén1	10	258	0	701	849	0	5	0	0	0	737	1167	197	1904
Vestíbulo	153	374	8101	435	549	375	600	100	435	549	1306	10681	78	11987
Dirección	24	824	464	701	849	240	305	5	35	42	1025	2609	149	3635
Aseos	16	467	0	701	849	45	80	5	35	42	821	1511	143	2331
Aula1	34	647	1606	669	826	600	900	20	134	165	1473	4353	169	5826
Cocina	16	413	453	701	849	195	1145	30	210	255	1162	3271	273	4433
Aula2	42	1210	0	701	849	600	900	20	140	170	1514	3286	114	4799
Sala usos múltiples	95	377	2481	701	849	825	1275	50	351	425	1971	5677	80	7648
Almacén2	20	130	0	701	849	0	5	0	0	0	737	1033	89	1769
Caseta escalera	0	668	0	701	849	0	5	10	70	85	810	1687	24974	2497
Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Agosto a las 17h (15 hora solar aparente)														
Zona 1	473.2							440			15544	40646	118.75	56190

Abreviaturas

A	Superficie
Conducción	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción
Solar	Cargas debidas a las ganancias de calor por radiación solar
Inf. lat.	Infiltración latente
Inf. sens.	Infiltración sensible
Lat.	Latente
Sens.	Sensible

2. CALEFACCIÓN

2.1. Zona 1

Resumen de las cargas de calefacción de la zona: Zona 1

	A (m ²)	Φ_T (W)	Φ_V (W)	Φ_{RH} (W)	$\Phi_{RH,S}$ (W)	Φ_{RH} (W)
Carga térmica de diseño de calefacción por recinto						
Sala de lectura	55.4	2688	3909	28	5930	6956
Entrada	6.4	272	3909	3	3368	4394
Almacén1	9.6	465	1955	5	1520	2546
Vestíbulo	153.3	3566	3909	77	6904	7930

Informe de cargas térmicas

Dirección	24,4	1470	2052	12	2685	3711
Aseos	16,3	846	2052	8	2026	3052
Aula1	34,5	1325	2346	17	2846	3872
Cocina	16,2	834	2541	8	2526	3552
Aula2	42,0	2078	2346	21	3641	4667
Sala usos múltiples	95,1	2254	2932	48	4470	5496
Almacén2	19,9	651	1955	10	1720	2746
Caseta escalera	0,1	998	2150	0	2279	3305
Carga térmica de diseño de calefacción para la zona						
Zona 1	473,2				39914	52228

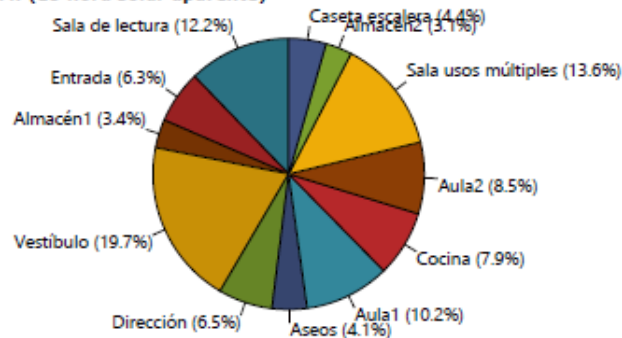
Abreviaturas

A	Superficie
Φ_T	Pérdida térmica de diseño por transmisión de calor
Φ_V	Pérdida térmica de diseño por ventilación e infiltraciones
Φ_{RH}	Capacidad térmica de recalentamiento
Φ_{HLS}	Carga térmica de diseño simultánea
Φ_{HL}	Carga térmica de diseño

3. GRÁFICAS

3.1. Zona 1

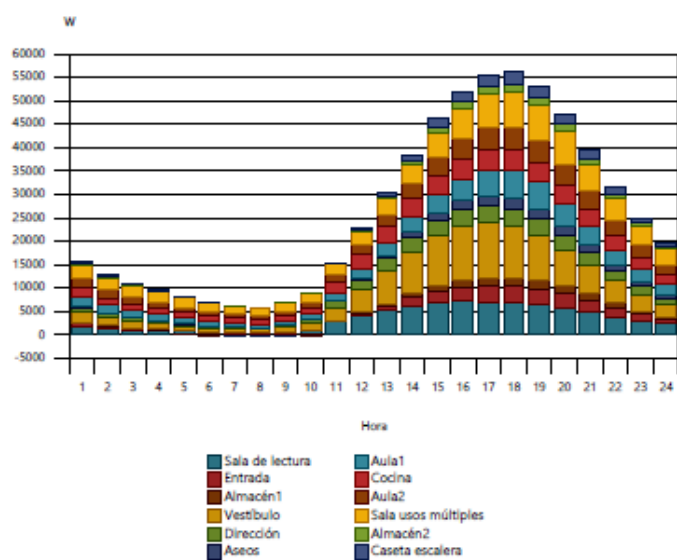
**Carga máxima simultánea de refrigeración (56190 W)
21 de Agosto a las 17h (15 hora solar aparente)**



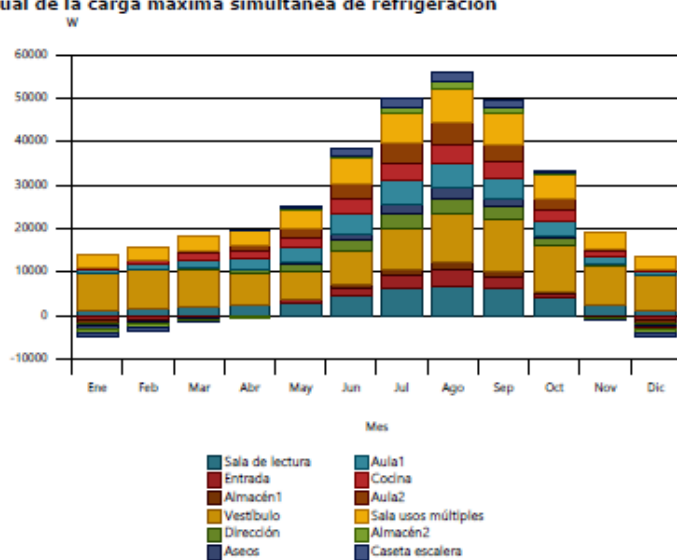
Sala de lectura (6863 W: 12.2 %)	Dirección (3635 W: 6.5 %)	Aula2 (4799 W: 8.5 %)
Entrada (3528 W: 6.3 %)	Aseos (2331 W: 4.1 %)	Sala usos múltiples (7648 W: 13.6 %)
Almacén1 (1904 W: 3.4 %)	Aula1 (5720 W: 10.2 %)	Almacén2 (1769 W: 3.1 %)
Vestíbulo (11062 W: 19.7 %)	Cocina (4433 W: 7.9 %)	Caseta escalera (2497 W: 4.4 %)

Evolución horaria de la carga máxima simultánea de refrigeración (21 de Agosto)

Informe de cargas térmicas

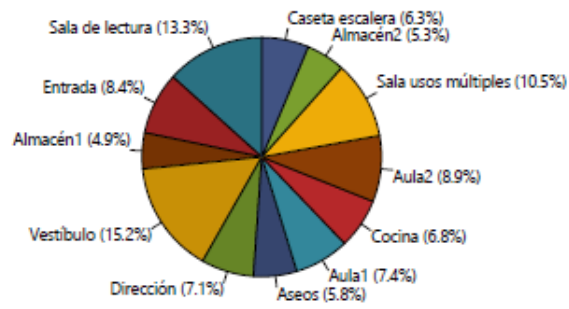


Evolución anual de la carga máxima simultánea de refrigeración



Carga máxima de calefacción (52228 W)

Informe de cargas térmicas



Sala de lectura (6956 W: 13.3 %)	Dirección (3711 W: 7.1 %)	Aula2 (4667 W: 8.9 %)
Entrada (4394 W: 8.4 %)	Aseos (3052 W: 5.8 %)	Sala usos múltiples (5496 W: 10.5 %)
Almacén1 (2546 W: 4.9 %)	Aula1 (3872 W: 7.4 %)	Almacén2 (2746 W: 5.3 %)
Vestíbulo (7930 W: 15.2 %)	Cocina (3552 W: 6.8 %)	Caseta escalera (3305 W: 6.3 %)

Cargas térmicas tras mejora

Informe de cargas térmicas

1. REFRIGERACIÓN

1.1. Zona 1

Resumen de las cargas de refrigeración de la zona: Zona 1

	Externas				Internas		Ventilación			Totales				
	A (m ²)	Conducción (W)	Solar (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de refrigeración por recinto														
Sala de lectura	55	1141	2175	545	738	375	550	100	545	738	1538	5610	129	7148
Entrada	6	67	50	701	849	45	75	100	701	849	1520	1985	547	3505
Almacén1	10	258	0	701	849	0	5	0	0	0	737	1167	197	1904
Vestíbulo	153	374	8101	435	549	375	600	100	435	549	1306	10681	78	11987
Dirección	24	824	464	701	849	240	305	5	35	42	1025	2609	149	3635
Aseos	16	467	0	701	849	45	80	5	35	42	821	1511	143	2331
Aula1	34	647	1606	669	826	600	900	20	134	165	1473	4353	169	5826
Cocina	16	409	450	701	849	195	1145	30	210	255	1162	3263	272	4425
Aula2	42	1210	0	701	849	600	900	20	140	170	1514	3286	114	4799
Sala usos múltiples	95	377	2481	701	849	825	1275	50	351	425	1971	5677	80	7648
Almacén2	20	130	0	701	849	0	5	0	0	0	737	1033	89	1769
Caseta escalera	0	663	0	701	849	0	5	10	70	85	810	1682	24926	2493
Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Agosto a las 17h (15 hora solar aparente)														
Zona 1	473.2							440			15544	40611	118.68	56155

Abreviaturas

A	Superficie
Conducción	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción
Solar	Cargas debidas a las ganancias de calor por radiación solar
Inf. lat.	Infiltración latente
Inf. sens.	Infiltración sensible
Lat.	Latente
Sens.	Sensible

2. CALEFACCIÓN

2.1. Zona 1

Resumen de las cargas de calefacción de la zona: Zona 1

	A (m ²)	Φ_T (W)	Φ_V (W)	Φ_{RH} (W)	$\Phi_{H,S}$ (W)	Φ_{RL} (W)
Carga térmica de diseño de calefacción por recinto						
Sala de lectura	55.4	2688	3909	28	5930	6956
Entrada	6.4	250	3909	3	3345	4371
Almacén1	9.6	465	1955	5	1520	2546
Vestíbulo	153.3	3566	3909	77	6904	7930

Informe de cargas térmicas

Dirección	24.4	1470	2052	12	2685	3711
Aseos	16.3	846	2052	8	2026	3052
Aula1	34.5	1325	2346	17	2846	3872
Cocina	16.2	822	2541	8	2513	3540
Aula2	42.0	2078	2346	21	3641	4667
Sala usos múltiples	95.1	2254	2932	48	4470	5496
Almacén2	19.9	651	1955	10	1720	2746
Caseta escalera	0.1	985	2150	0	2266	3293
Carga térmica de diseño de calefacción para la zona						
Zona 1	473.2				39865	52180

Abreviaturas

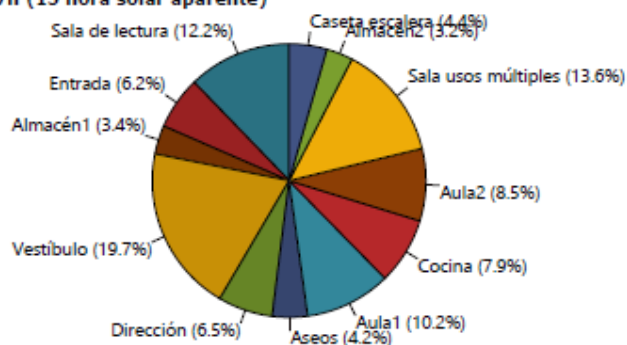
A	Superficie
Φ_v	Pérdida térmica de diseño por transmisión de calor
$\Phi_{v,i}$	Pérdida térmica de diseño por ventilación e infiltraciones
Φ_{RH}	Capacidad térmica de recalentamiento
Φ_{HLS}	Carga térmica de diseño simultánea
Φ_{HL}	Carga térmica de diseño

3. GRÁFICAS

3.1. Zona 1

Carga máxima simultánea de refrigeración (56155 W)

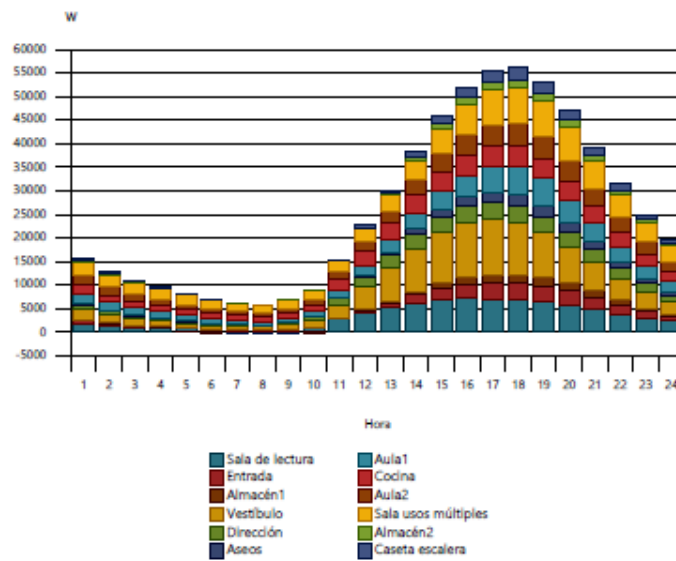
21 de Agosto a las 17h (15 hora solar aparente)



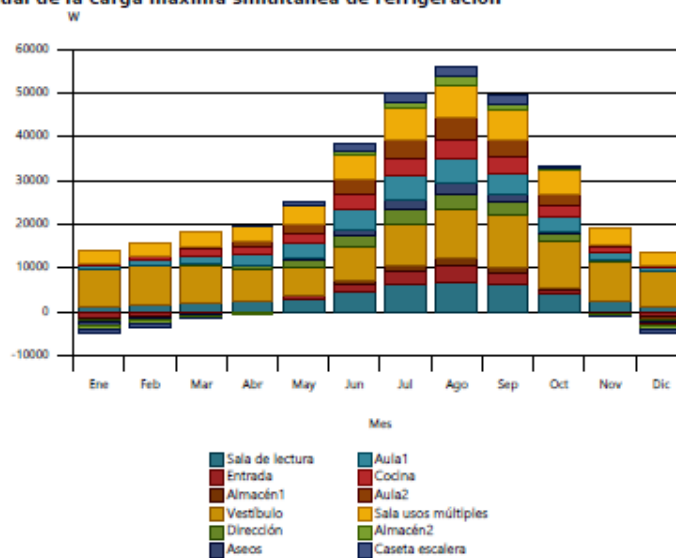
Sala de lectura (6863 W: 12.2 %)	Dirección (3635 W: 6.5 %)	Aula2 (4799 W: 8.5 %)
Entrada (3505 W: 6.2 %)	Aseos (2331 W: 4.2 %)	Sala usos múltiples (7648 W: 13.6 %)
Almacén1 (1904 W: 3.4 %)	Aula1 (5720 W: 10.2 %)	Almacén2 (1769 W: 3.2 %)
Vestíbulo (11062 W: 19.7 %)	Cocina (4425 W: 7.9 %)	Caseta escalera (2493 W: 4.4 %)

Evolución horaria de la carga máxima simultánea de refrigeración (21 de Agosto)

Informe de cargas térmicas

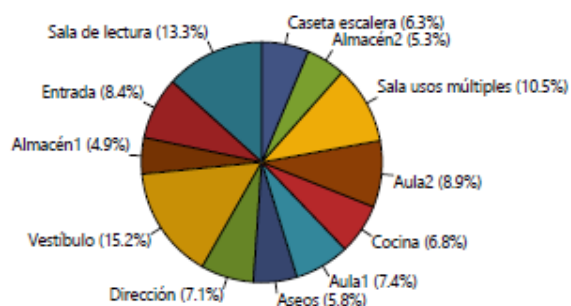


Evolución anual de la carga máxima simultánea de refrigeración



Carga máxima de calefacción (52180 W)

Informe de cargas térmicas



Sala de lectura (6956 W: 13.3 %)	Dirección (3711 W: 7.1 %)	Aula2 (4667 W: 8.9 %)
Entrada (4371 W: 8.4 %)	Aseos (3052 W: 5.8 %)	Sala usos múltiples (5496 W: 10.5 %)
Almacén1 (2546 W: 4.9 %)	Aula1 (3872 W: 7.4 %)	Almacén2 (2746 W: 5.3 %)
Vestibulo (7930 W: 15.2 %)	Cocina (3540 W: 6.8 %)	Caseta escalera (3293 W: 6.3 %)

ANEXO 2

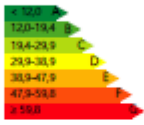
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Calificación energética antes de mejoras

Calificación energética del edificio

Zona climática	C4	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

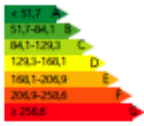
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	5	2.39
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	1.01	4.14

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

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO2 por consumo eléctrico	10.86	5258.87
Emisiones CO2 por otros combustibles	2.92	1413.20

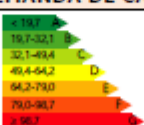
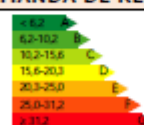
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	28.43	11.3
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	5.95	24.46

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

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

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]


¹ El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombas, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Calificación energética tras mejoras

Calificación energética del edificio

Zona climática	C4	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

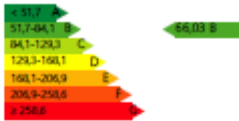
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	4.99	0
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	1.01	4.14

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

	kgCO ₂ /m ² ·año	kgCO ₂ ·año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	10.85	5251.69
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	0.52	253.76



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

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

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² ·año]	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	28.35	0
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	5.94	24.46

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

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

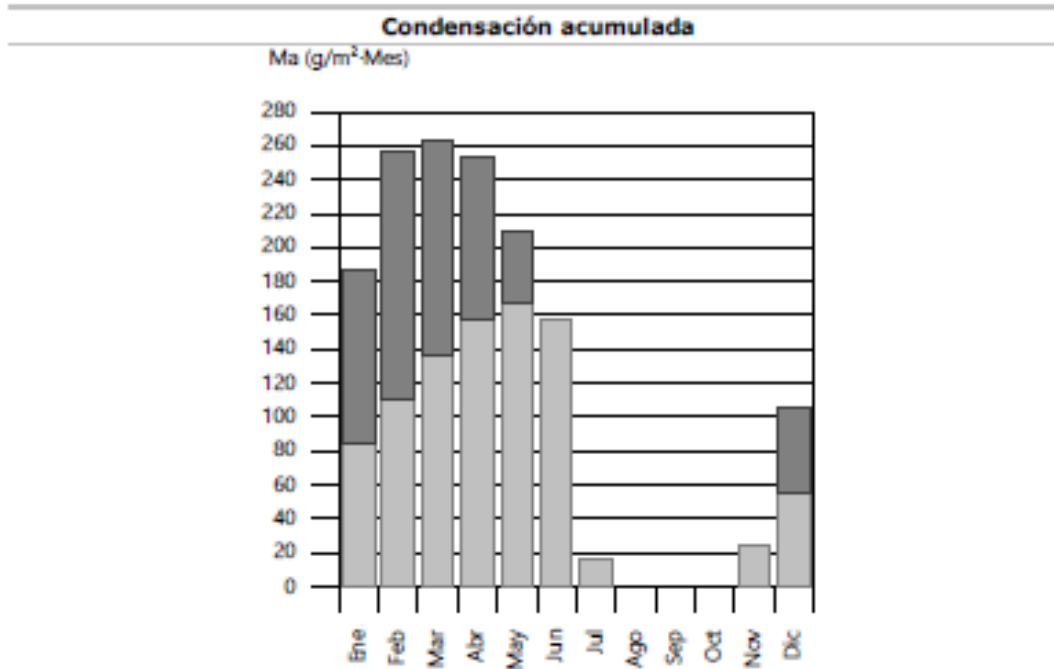
DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
	
Demanda de calefacción[kWh/m ² ·año]	Demanda de refrigeración[kWh/m ² ·año]

¹ El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo edificios terciarios, ventilación, bombos, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

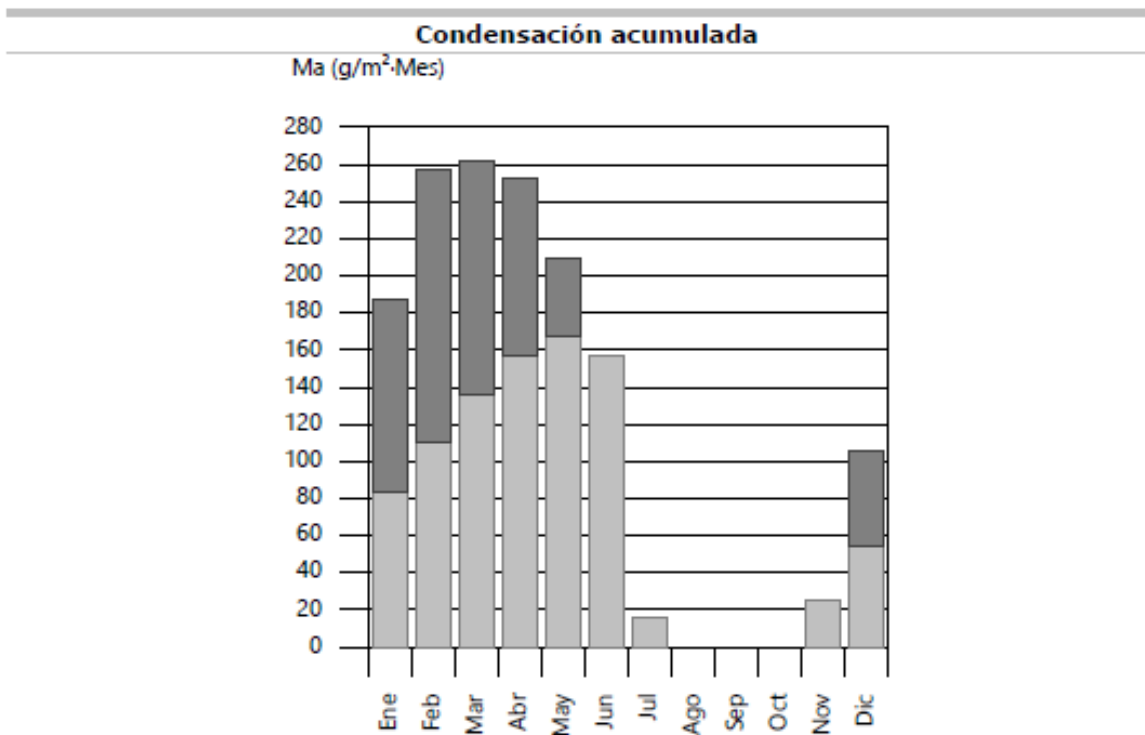
ANEXO 3

CONDENSACIONES

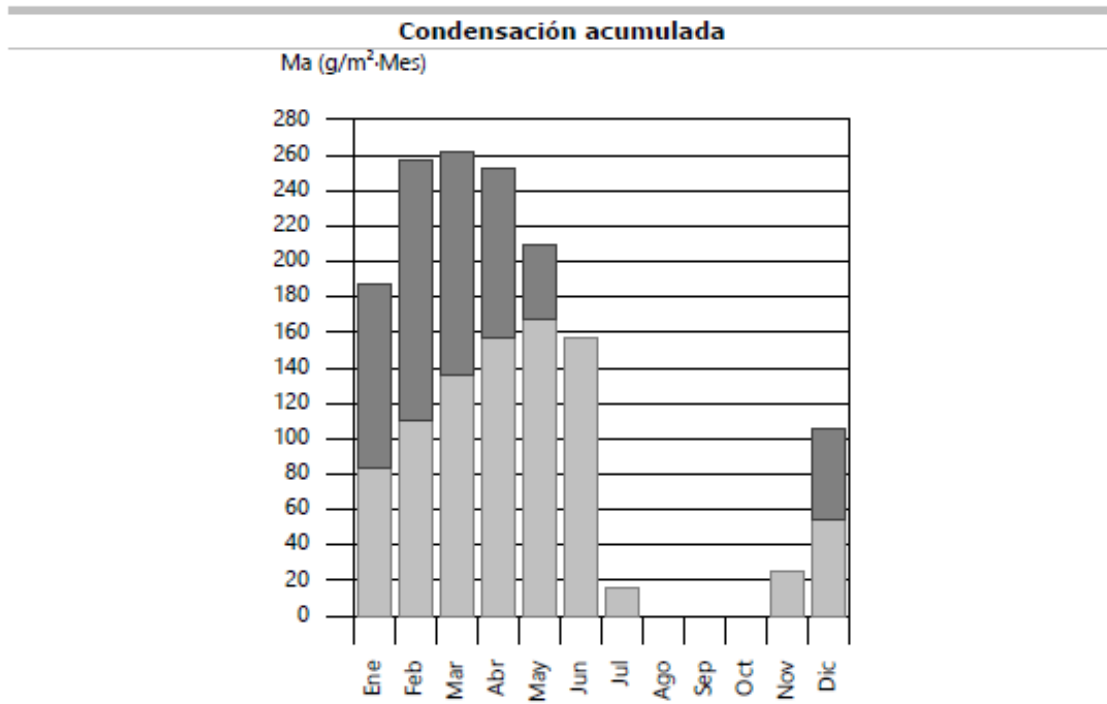
1.1 Condensaciones intersticiales previstas para la sala de lectura



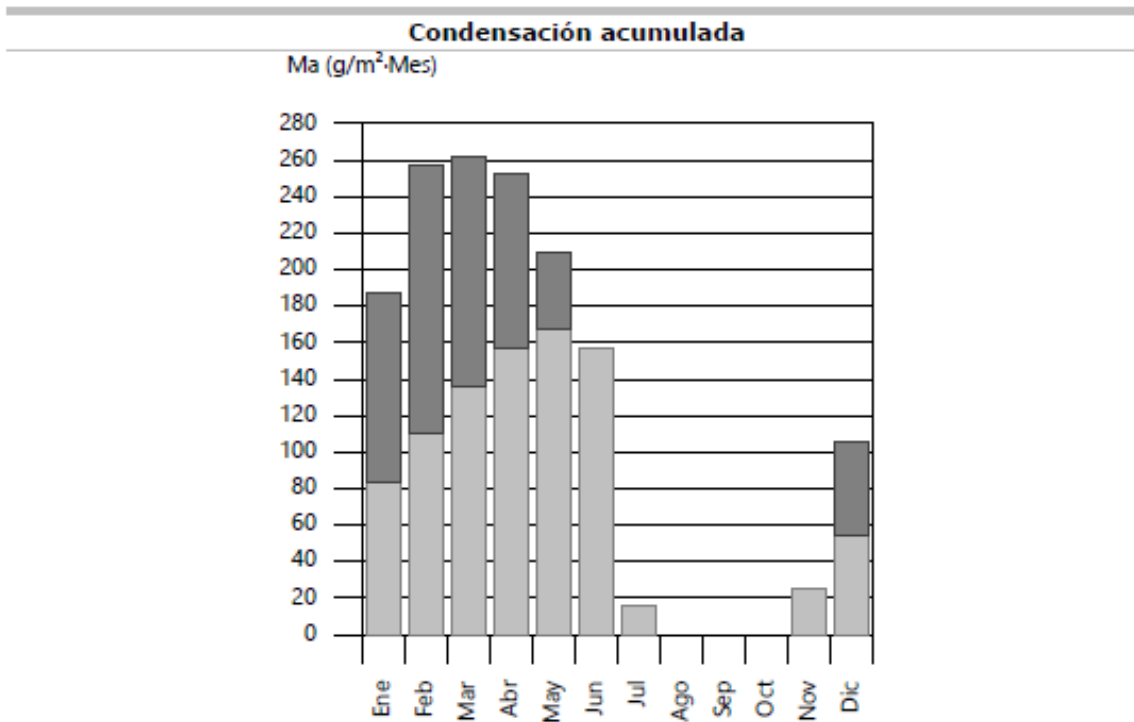
1.2 Condensaciones intersticiales previstas para la entrada



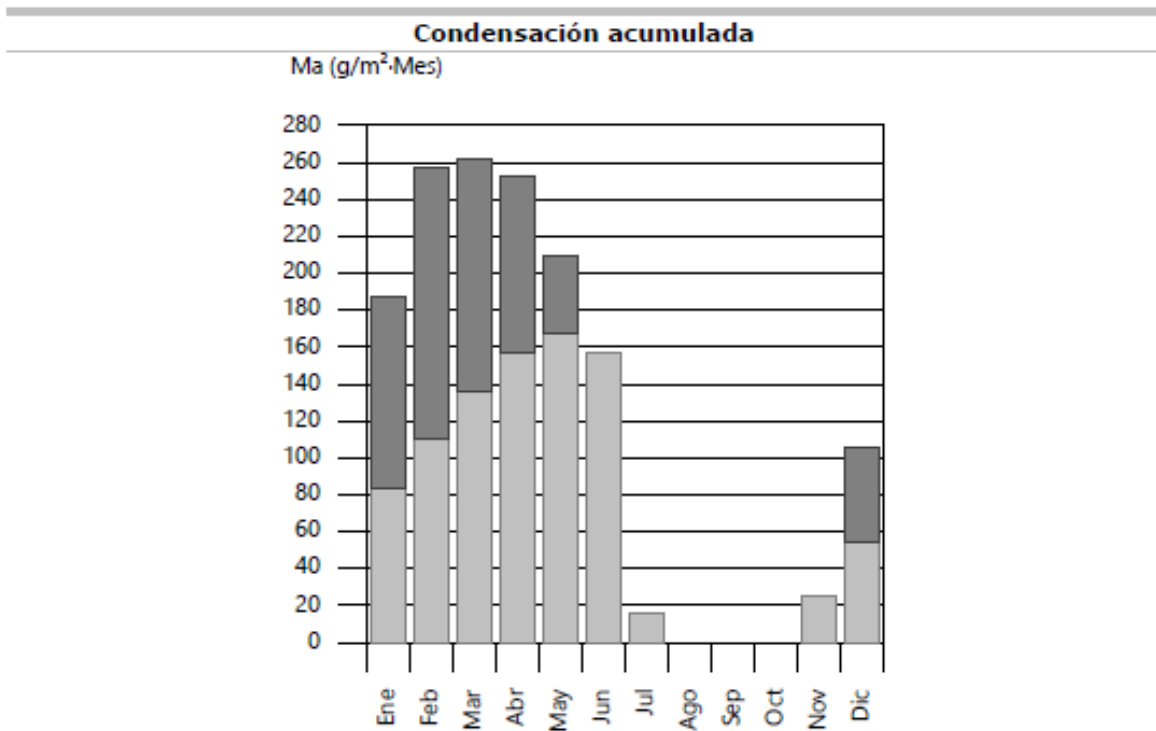
1.3 Condensaciones intersticiales previstas para el almacén 1



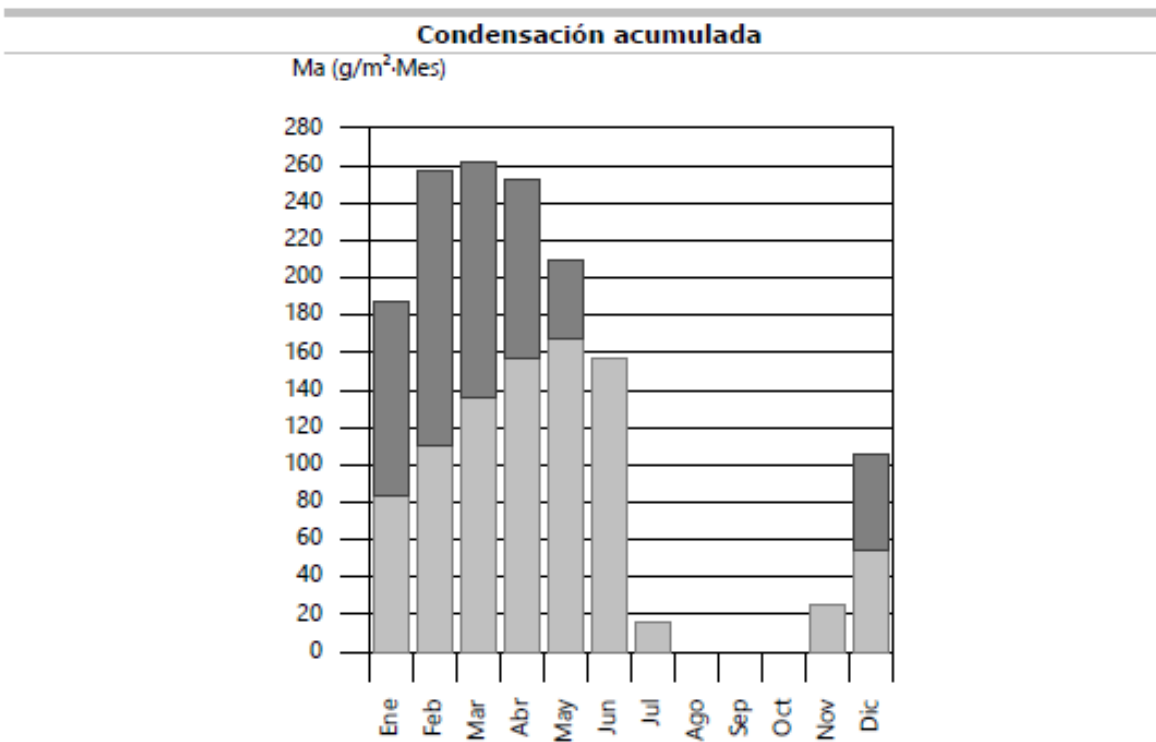
1.4 Condensaciones intersticiales previstas para el vestíbulo



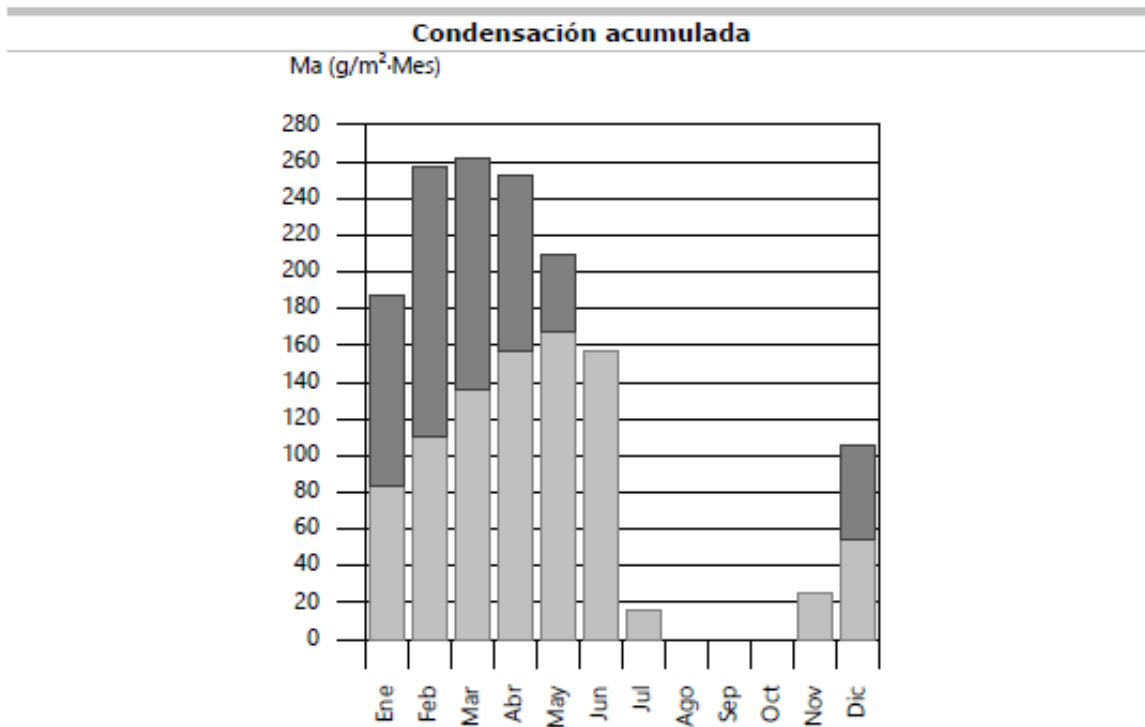
1.5 Condensaciones intersticiales previstas para dirección



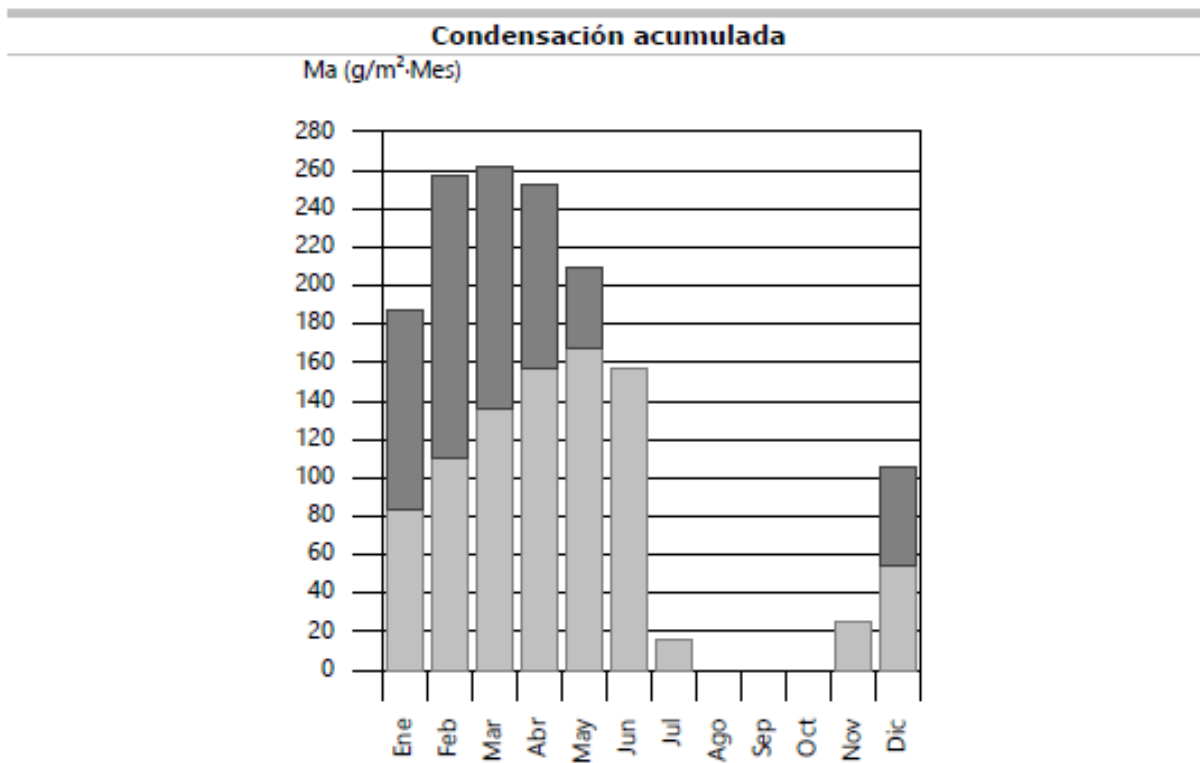
1.6 Condensaciones intersticiales previstas para los aseos



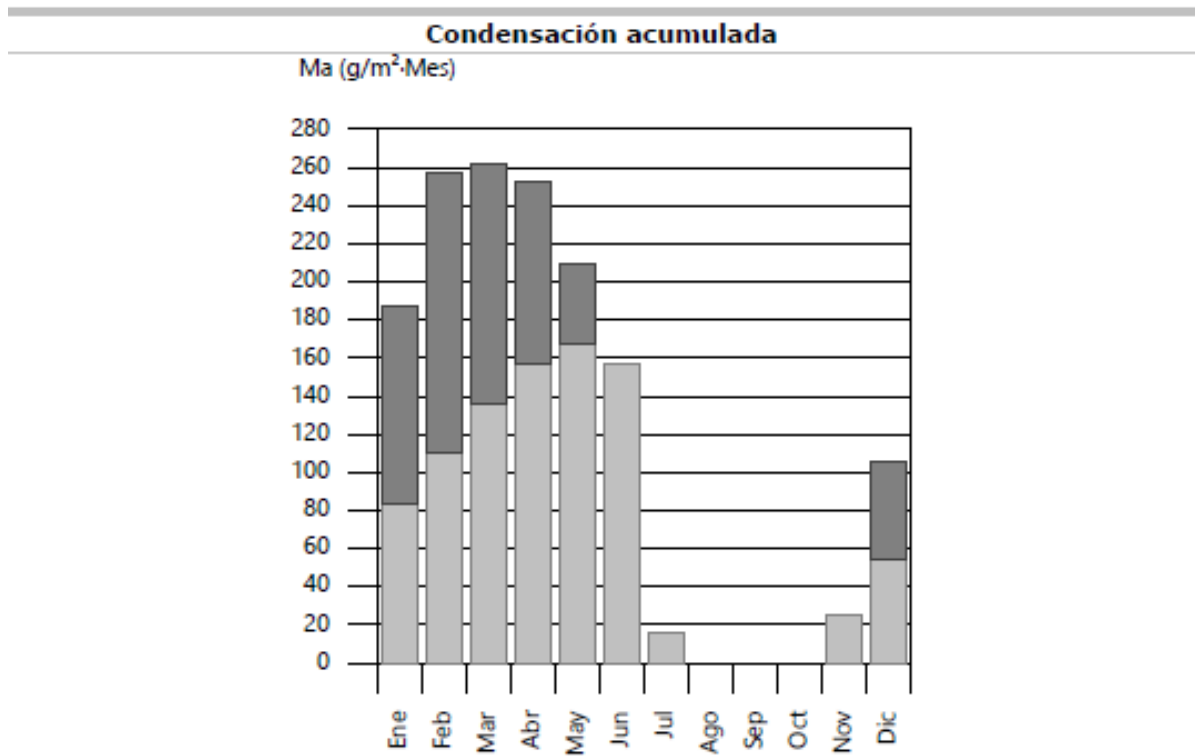
1.7 Condensaciones previstas para el aula 1



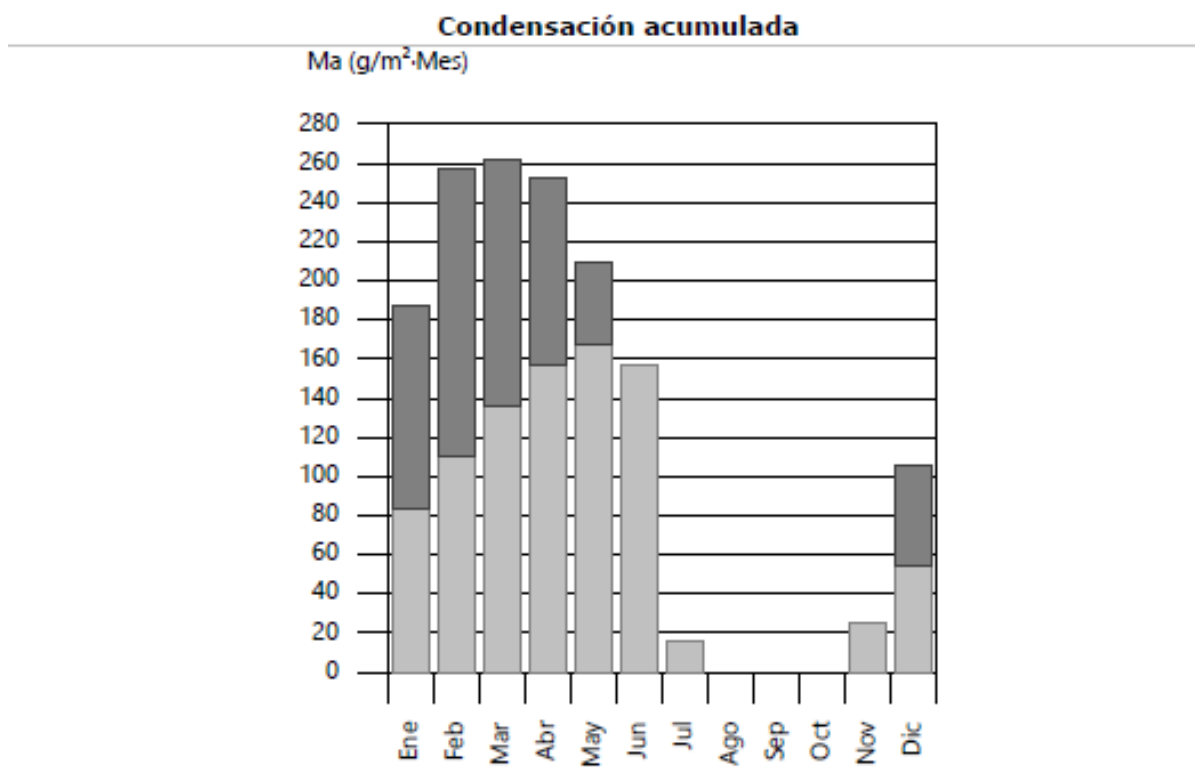
1.8 Condensaciones previstas para la cocina



1.9 Condensaciones previstas para el aula 2



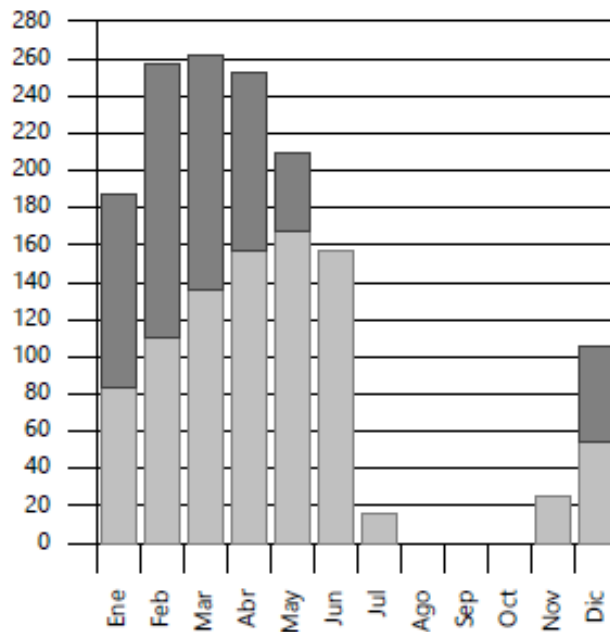
1.10 Condensaciones previstas para la sala de usos múltiples



1.11 Condensaciones previstas para el almacén 2

Condensación acumulada

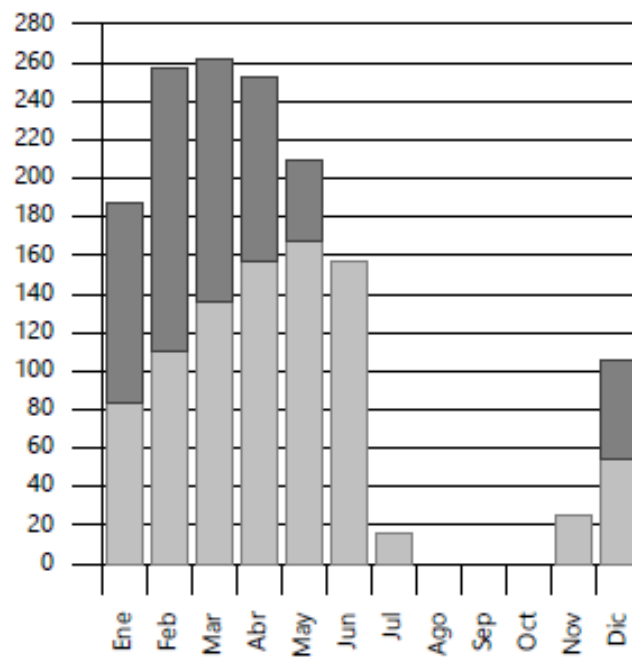
Ma (g/m²·Mes)



1.12 Condensaciones previstas para la caseta

Condensación acumulada

Ma (g/m²·Mes)



ANEXO 4

Comprobación de la aportación solar para ACS

La instalación solar térmica especificada **CUMPLE** los requerimientos mínimos especificados por el HE4

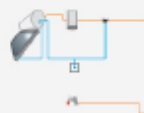
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

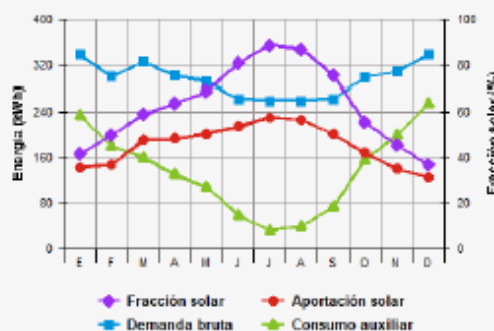
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Jaén (Jaén)											
Altura respecto la referencia [m]	0											
Sistema seleccionado	Instalación consumo único sistema prefabricado											
Demanda [l/día a 60°C]	180											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



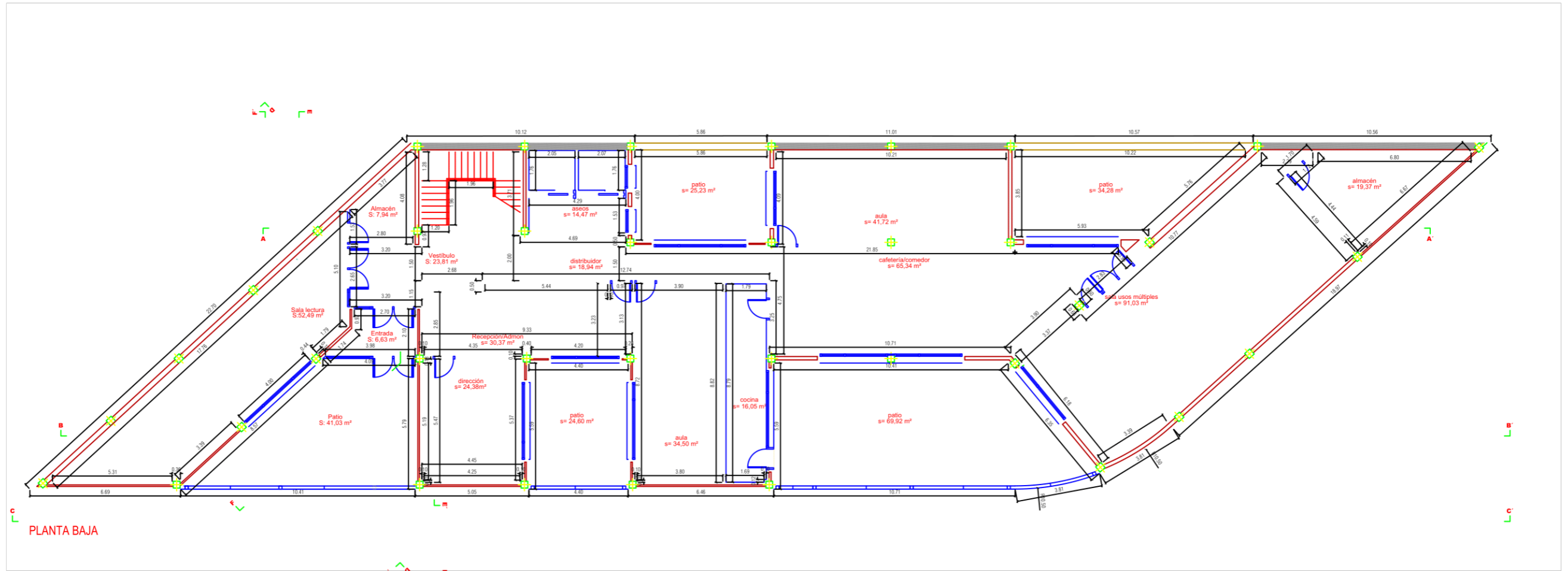
Fracción solar [%]	62
Demanda neta [kWh]	3.463
Demanda bruta [kWh]	3.559
Aporte solar [kWh]	2.193
Consumo auxiliar [kWh]	1.632
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	553

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	A1/TS 200/FCC (Junkers)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	SST-0812 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	3,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	38,0	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	30,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	15,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

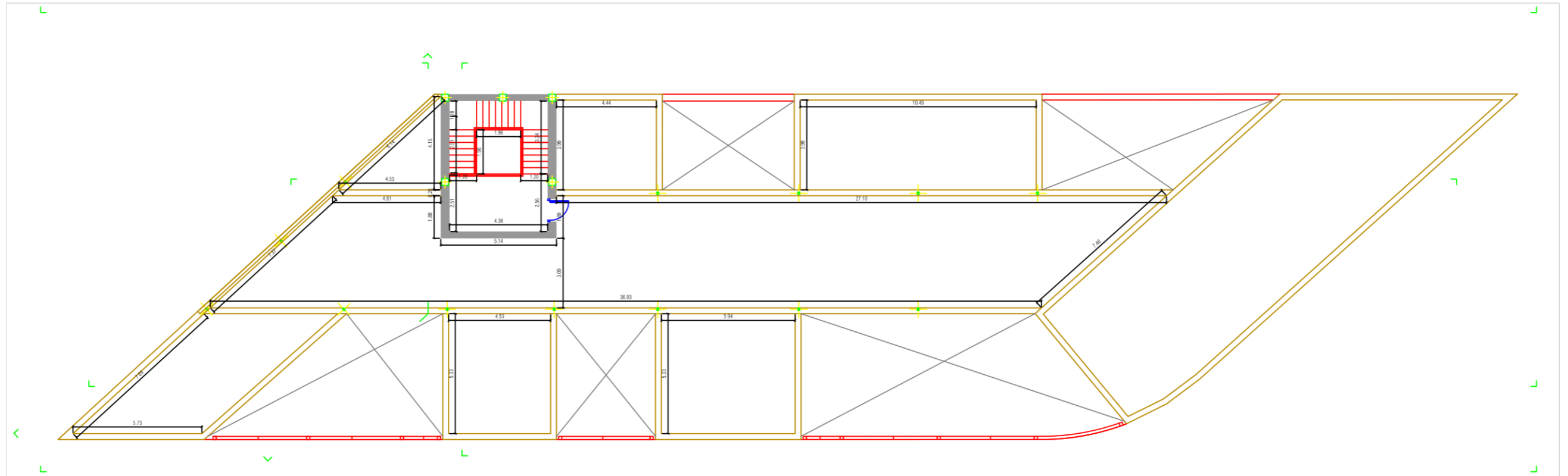
ANEXO 5

PLANOS

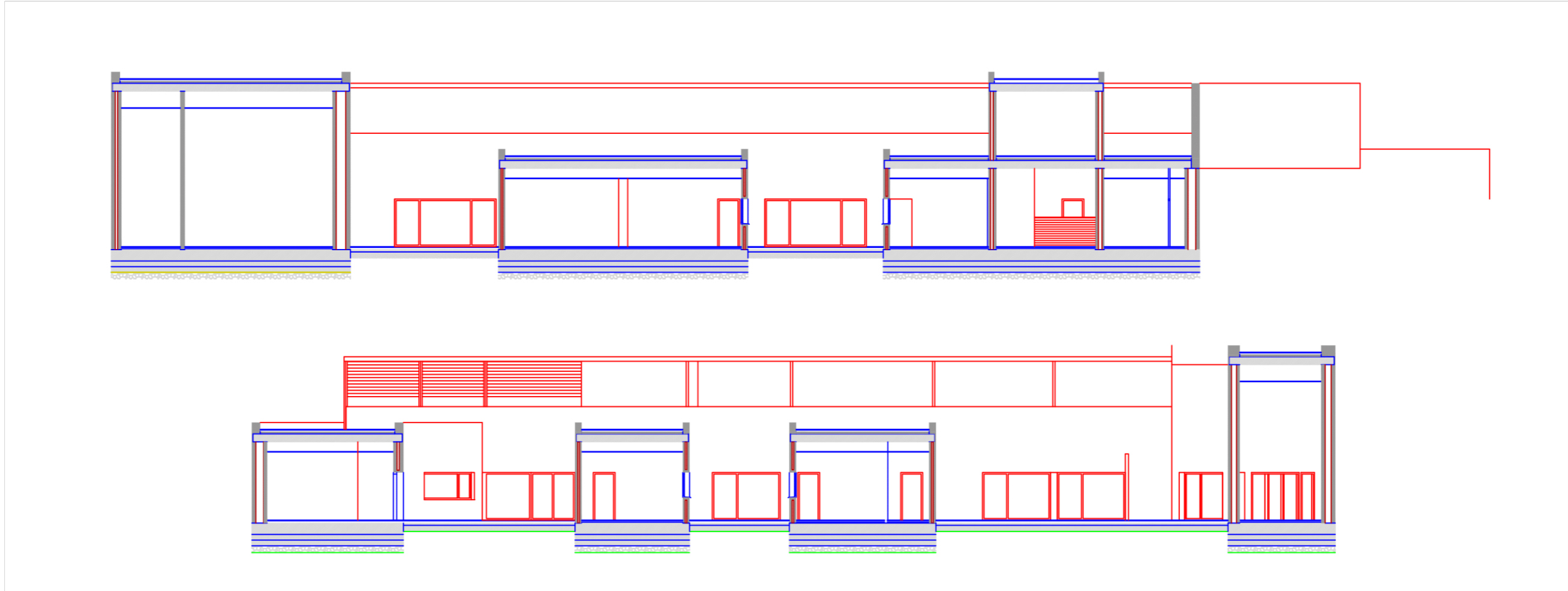


PLANTA BAJA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Salvador Ruiz		
COMPROBADO				
ESCALA:	Título del TFG			Nº PLANO
1:200	Calificación energética de un edificio de atención temprana.			1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Salvador Ruiz		
COMPROBADO				
ESCALA:	Título del TFG Calificación energética de un edificio de atención temprana.			Nº PLANO 2
1:200				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Salvador Ruiz		
COMPROBADO				
ESCALA:	Título del TFG			Nº PLANO
1:200	Calificación energética de un edificio de atención temprana.			3
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

REFERENCIAS

-Código Técnico de la Edificación. (s.f.). Recuperado de

<https://www.codigotecnico.org/>

-BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO, 2007. REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Guía para el cálculo de cargas térmicas en edificios. Recuperado de:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html#:~:text=Cuando%20se%20habla%20de%20carga,o%20su%20contenido%20en%20humedad.>

-Nueva normativa para la certificación energética: Cambios en el Real Decreto.

Recuperado de: <https://www.certicalia.com/blog/real-decreto-certificacion-energetica-novedades>

-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN., 2007.

Normas UNE del reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE). S.l.:

AENOR. ISBN 9788481435306. Asociación de Empresas de Eficiencia Energética

(2018). Guía para la Certificación Energética de Edificios en España.

-Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). Calificación energética de edificios.

-Sede electrónica del Catastro, disponible en:

<https://www.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVCConCiud.aspx?del=23&mun=900&UrbRus=U&RefC=9416101VG2891N0001ER&Apenom=RUIZ%20EXTREMER A%20SALVADOR&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=nuevoVisor&ZV=NO&anyoZV=&final=trabajo%20de%20fin%20de%20grado&cd=-431083891&ur=true>