



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE
UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES
Y ESTUDIO DE MEJORAS
MEDIANTE CYPETHERM HE PLUS**

Alumno: Francisco José Fresneda Martos

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

Febrero, 2022



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE
UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES
Y ESTUDIO DE MEJORAS
MEDIANTE CYPHETERM HE PLUS**

ALUMNO

PROFESOR

Febrero, 2022

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA.....	5
1.1 ANEXO I: DETERMINACIÓN CARGA TÉRMICA DEL EDIFICIO.....	38
1.2 ANEXO II: JUSTIFICACIÓN CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	43
1.3 ANEXO III: CONDENSACIONES.....	45
1.4 ANEXO IV: PUENTES TÉRMICOS.....	63
1.5 ANEXO V: JUSTIFICACIÓN CALIFICACIÓN ENERGÉTICA CON MEJORAS.....	67
1.6 ANEXO VI: CONDENSACIONES EDIFICIO MEJORADO.....	69
1.7 ANEXO VII: PUENTES TÉRMICOS EDIFICIO MEJORADO.....	87
2. PLANOS	91
3. BIBLIOGRAFÍA.....	97

ÍNDICE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. ETIQUETA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.....	13
ILUSTRACIÓN 2. LOGO CYPETHERM HE PLUS.....	13
ILUSTRACIÓN 3. LOGO CYPETHERM LOADS.....	14
ILUSTRACIÓN 4. MAPA MENGÍBAR.....	15
ILUSTRACIÓN 5. MAPA UBICACIÓN CONCRETA DEL EDIFICIO.....	15
ILUSTRACIÓN 6. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL MENGÍBAR.....	17
ILUSTRACIÓN 7. VIDRIO SENCILLO.....	23
ILUSTRACIÓN 8. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE UN PUENTE TÉRMICO.....	24
ILUSTRACIÓN 9. CARGA TÉRMICA POR REFRIGERACIÓN.....	33
ILUSTRACIÓN 10. CARGA TÉRMICA POR CALEFACCIÓN.....	33
ILUSTRACIÓN 11. BOMBA DE CALOR TOSHIBA.....	34
ILUSTRACIÓN 12. CARACTERÍSTICAS BOMBA DE CALOR TOSHIBA.....	34
ILUSTRACIÓN 13. VIDRIO BAJO EMISIVO.....	35
ILUSTRACIÓN 14. CALIFICACIÓN PARCIAL CYPETHERM SIN MEJORAR.....	36
ILUSTRACIÓN 15. CALIFICACIÓN PARCIAL CYPETHERM CON MEJORAS.....	36

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EXTERIORES EMPLEADAS EN PROYECTOS DE CLIMATIZACIÓN.....	18
TABLA 2. CORRECCIONES EN °C A APLICAR A LAS TEMPERATURAS EXTERIORES (VERANO) A DIFERENTES HORAS DEL DÍA.....	18
TABLA 3. CAUDALES DE AIRE EXTERIOR.....	25
TABLA 4. CLASES DE FILTRACIÓN.....	26
TABLA 5. RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DEL VIDRIO SENCILLO (kcal/h*m ²).....	27
TABLA 6. VALORES DE U PARA HUECOS ACRISTALADOS.....	28
TABLA 7. INFILTRACIONES A TRAVÉS DE PUERTAS (VERANO) CON VELOCIDAD DEL VIENTO DE 11 KM/H.....	29
TABLA 8. CALOR EMITIDO POR LAS PERSONAS (kcal/h).....	30
TABLA 9. VALORES MAS USUALES DE LOS FACTORES DE BY-PASS PARA DIFERENTES APLICACIONES.....	31

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1. OBJETO.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	8
3. NORMATIVA.....	8
4. CONCEPTOS DE APLICACIÓN.....	9
4.1 COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	9
4.2 RESISTIVIDAD TÉRMICA.....	10
4.3 CONDUCTANCIA TÉRMICA.....	10
4.4 RESISTENCIA TÉRMICA INTERNA.....	10
4.5 COEFICIENTE SUPERFICIAL DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	10
4.6 RESISTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL.....	10
4.7 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	11
4.8 RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL.....	11
4.9 COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE TÉRMICA GLOBAL DE UN EDIFICIO.....	11
4.10 PUENTE TÉRMICO.....	11
4.11 BARRERA DE VAPOR.....	11
5. DESCRIPCIÓN DE CALIFICACIÓN Y CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	12
6. PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	13
6.1 CYPETHERM HE PLUS.....	13
6.2 CYPETHERM LOADS.....	14
7. IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO.....	14
7.1 LOCALIZACIÓN.....	14
7.2 AÑO DE CONSTRUCCIÓN Y NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	16
7.3 ACTIVIDAD DEL EDIFICIO.....	16
7.4 ZONA CLIMÁTICA.....	16
7.5 DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL DE CADA PLANTA.....	16
8. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	17
8.1 PARÁMETROS GENERALES.....	17
8.2 DATOS DE EMPLAZAMIENTO.....	17
8.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	19
8.3.1 CERRAMIENTOS.....	19
8.3.2 MEDIANERÍA.....	20
8.3.3 TABIQUERÍA.....	20
8.3.4 MURO EN CONTACTO CON EL TERRENO.....	21
8.3.5 SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO.....	21
8.3.6 FORJADO ENTRE PISOS.....	22
8.3.7 CUBIERTA.....	22
8.3.8 PUERTAS.....	23
8.3.9 HUECOS ACRISTALADOS.....	23
8.3.10 PUENTES TÉRMICOS.....	23
8.3.11 CONDENSACIONES.....	24
8.4 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE VENTILACIÓN.....	24
8.4.1 CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD TÉRMICA DEL AMBIENTE.....	24
8.4.1.1 TEMPERATURA OPERATIVA Y HUMEDAD RELATIVA.....	24
8.4.1.2 VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE.....	25

8.4.2 CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR.....	25
8.5 CARGAS TÉRMICAS.....	26
9. ESTUDIO DE MEJORAS.....	34
9.1 PUERTAS.....	35
9.2 HUECOS ACRISTALADOS.....	35
10. CONCLUSIONES.....	35
11. ANEXOS.....	37

1. OBJETO

El objetivo que se pretende al realizar este trabajo fin de grado es determinar la calificación energética de un edificio de usos múltiples situado en la localidad de Mengíbar (Jaén). En función de la calificación obtenida se pretenderá realizar una mejora de la categoría energética acorde a su actividad, para disminuir el consumo de energía y de emisiones de CO₂.

Para la realización de todos los cálculos se usará la herramienta Cypetherm HE Plus, siguiendo las directrices de la norma para la Certificación de Eficiencia Energética.

De este modo, se llevará a cabo un estudio económico de las posibles mejoras del edificio y un estudio de la viabilidad para llevarlas a cabo.

2. JUSTIFICACIÓN

Observando a nuestro alrededor todas las actividades que realizamos a lo largo del día requieren de un consumo de energía eléctrica. El problema es que existen otras fuentes de energía que no son renovables. Además, de que el modo de extraer y transportar dicha energía produce un impacto en el medioambiente. Es por esto, por lo que es importante ser conscientes de realizar un consumo responsable de la energía y fomentar el ahorro energético para contribuir con el cuidado del medioambiente y del desarrollo sostenible.

Por otro lado, es necesario reducir la emisión de gases de efecto invernadero, donde España se compromete con dicha causa.

Es por ello, que para tener un conocimiento se realiza el estudio de la categoría de eficiencia energética tanto de electrodomésticos como de viviendas. Para ello, se utilizan diversas aplicaciones que te realizan los cálculos y te presentan el grado de eficiencia del producto, así de esta manera según el resultado se puede mejorar parte de dicho producto para que sea mejor y contribuya al cuidado del medioambiente.

3. NORMATIVA

La normativa utilizada es la siguiente:

- ❖ Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE): es una normativa de construcción española que pertenece al Código Técnico de la Edificación
- ❖ Documento de Apoyo al Documento Básico (DA DB-HE)
- ❖ Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias, según R.D. 2060/2008, de 12 de diciembre.

- ❖ Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios según el R.D. 1027/2007 de 20 de Julio.
- ❖ Corrección de errores del R. D. 1027/2007, de 20 de julio, según BOE de 28 de febrero del 2008.
- ❖ Modificaciones del R.D. 1027/2007 y del R.D. 1826/2009 según el R. D. 249/2010 de 05 de marzo.
- ❖ Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos Industriales.
- ❖ Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios.
- ❖ Corrección de errores del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios.
- ❖ Real Decreto 314/2006, de 17 marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ❖ Real decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico <<DB-HR Protección frente al ruido>> del Código Técnico de la Edificación.
- ❖ 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.
- ❖ Decreto 169/2011, de 31 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de fomento de las Energías Renovables, el ahorro y la eficiencia energética en Andalucía.
- ❖ Real Decreto 1627/97, del 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

4. CONCEPTOS DE APLICACIÓN

4.1 Coeficiente de conductividad térmica

Es la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y catas plano-paralelas y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado.

Es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierra el material.

Símbolo y unidades: λ . W/m °C.

4.2 Resistividad térmica

Es la inversa de la conductividad térmica.

$$r = \frac{1}{\kappa} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Símbolo y unidades: r. m °C/W.

4.3 Conductancia térmica

Es la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor L, dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría, en condiciones estacionarias.

$$C = \frac{\kappa}{L} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Símbolo y unidades: C. W/m² °C.

4.4 Resistencia térmica interna

Es el inverso de la conductancia térmica.

$$R = \frac{L}{\kappa} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Símbolo y unidades: R. m² °C/W.

4.5 Coeficiente superficial de transmisión de calor

Es la transmisión térmica por unidad de área hacia o desde una superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección, conducción y radiación, dividido por la diferencia de temperatura entre la superficie del material y la temperatura seca del fluido. En el caso del ambiente de un local será la temperatura seca del mismo, cuando este esté saturado y en reposo, en condiciones de estado estacionario.

Símbolo y unidades: h_e ó h_i. W/m² °C.

4.6 Resistencia térmica superficial

Es la recíproca de los coeficientes superficiales de transmisión de calor y su valor depende del sentido de flujo del calor y de la situación exterior o interior de las superficies.

Símbolo y unidades: 1/h_e ó 1/h_i. m² °C/W.

4.7 Coeficiente de transmisión de calor

Considerando un cerramiento con caras isotermas, que separa también dos ambientes, también isotermos, el coeficiente total de transmisión térmica es el flujo de calor por unidad de superficie (de una de las paredes o de otra superficie interna elegida convencionalmente) y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{L_1}{r_1} + \frac{L_2}{r_2} + \dots + \frac{1}{h_i}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

En donde L_1/r_1 y $L_2/r_2 \dots$ son las resistencias parciales de las distintas láminas que pueden componer la pared.

Símbolo y unidades: K. W/m² °C.

4.8 Resistencia térmica total

Es la suma de las resistencias superficiales y de la resistencia térmica de la propia estructura. Es la inversa del coeficiente total de transmisión de calor K.

$$R_t = \frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + R_1 + R_2 + \dots \quad (\text{Ecuación 5})$$

Símbolo y unidades: Rt. m² °C/W.

4.9 Coeficiente de transmisión térmica global de un edificio

Es la media ponderada de los coeficientes K de transmisión de calor de los cerramientos que envuelven un edificio.

Símbolo y unidades: Kg. W/m² °C.

4.10 Puente térmico

Es la parte de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo y, como consecuencia, con temperatura también inferior, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones en esa zona, en la situación de invierno o épocas frías.

4.11 Barrera de vapor

Es la parte de un elemento constructivo a través del cual el vapor de agua no puede pasar. En la práctica se definen generalmente como barreras de vapor aquellos materiales cuya resistencia al vapor es superior a 10 MN s/g.

5. DESCRIPCIÓN DE CALIFICACIÓN Y CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La calificación energética es el índice que muestra como de eficiente es un edificio mediante una escala de letras que empieza desde la A, siendo esta el grado de máxima eficiencia, hasta la letra G, la cual designa que un edificio es poco eficiente. Dicho nivel permite controlar el gasto del consumo y respetar el medioambiente.

Para determinar dicho nivel se requiere del cálculo del consumo de energía para satisfacer la demanda energética del edificio de manera anual, teniendo en cuenta el funcionamiento de cada aparato y la ocupación que tendrá, así como la zona climática de donde se sitúe, el uso del edificio, y las posibles mejoras que se añadan, bien con respecto a su envolvente o con respecto a los sistemas térmicos requeridos por el Código Técnico de la Edificación (CTE).

El Certificado de eficiencia energética se consigue posteriormente tras obtener la calificación energética. Dicho documento debe contener la identificación del edificio, el programa de cálculo empleado, las características energéticas de este, la normativa más actual, las inspecciones llevadas a cabo en el proceso, la etiqueta con el grado de eficiencia, y una serie de medidas de mejora que serán de aplicación opcional en caso de querer obtener un grado mayor.

La etiqueta de la eficiencia energética no solo contiene el grado de eficiencia, sino que también contiene información relacionada con el consumo anual de energía, el consumo de CO₂ anual y datos relacionados con las funciones. Esta, tiene un periodo de validez de 10 años desde su emisión, con lo cual transcurrido ese periodo de tiempo es recomendable realizar una revisión del estado y funcionamiento. La etiqueta sería la siguiente:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación: _____ Tipo de edificio: _____
 Dirección: _____ Municipio: _____
 Referencia catastral: _____ C.P.: _____
 C. Autónoma: _____

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh/m²/año	Emissiones kg CO ₂ /m²/año
A más eficiente		
B		
C		
D		
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Válida hasta: _____

ESPAÑA
Directiva 2010/31 / UE

Ilustración 1. Etiqueta calificación energética

6. PROGRAMAS DE CÁLCULO

6.1 Cypetherm HE Plus

Con respecto al programa informático a utilizar para el cálculo podemos distinguir varios, como son: la herramienta unificada LIDER- CALENER (HULC), CE3 ó CE3X, CERMA y CYPETHERM HE PLUS. Cabe destacar que con todos ellos se puede obtener la misma información, la diferencia se encuentra en algunas ventajas e inconvenientes.

Para adquirir la certificación energética de este edificio se va a utilizar el software CYPETHERM HE PLUS que es la nueva alternativa al programa HULC. Está reconocida desde Julio de 2018 por el ministerio para la Transición Ecológica y por el ministerio de Fomento. A continuación, se observa el icono del programa.



Ilustración 2. Logo Cypetherm HE Plus

Dicha aplicación es gratuita, concebida para la justificación de la normativa del CTE DB HE1 (Limitación de la demanda energética), del CTE DB HE0 (Limitación del consumo energético), del CTE DB HE4 (Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria) y para el cálculo de la eficiencia energética mediante un modelo del edificio para la simulación energética calculado con EnergyPlus (uno de los motores de cálculo dinámico más potentes y reconocidos de la actualidad).

Cabe destacar que esta aplicación está integrada en el flujo de trabajo Open BIM, es decir, permite la importación de modelos geométricos BIM generados por software como IFC Builder, así como ficheros IFC generados por CYPELUX (con información referente a la potencia instalada de iluminación), generados por Open BIM (referente a instalaciones y equipos) y generados por CYPECAD MEP (referente a sistemas de climatización).

6.2 Cypetherm Loads

Este software será utilizado para el cálculo de la carga térmica del edificio, el cual utiliza el Método de las Series Temporales Radiantes (RSTM) propuesto por ASHRAE. Este método de cálculo es el más utilizado para la estimación de las cargas térmicas, y al ser un método que separa las aportaciones de cada contribución facilita el análisis y compresión de resultados. Dicha aplicación está integrada en el flujo de trabajo Open BIM a través de la plataforma BIMserver, por lo tanto, se podrá integrar el edificio de manera más cómoda y sencilla.

Cabe destacar que es un programa gratuito, y su logo es el siguiente:



Ilustración 3. Logo Cypetherm Loads

7. IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO

7.1 Localización

Este edificio se encuentra situado en la C/ Bailén, número 36, en el municipio de Mengíbar, provincia de Jaén (23620). La parcela donde se ubica tiene una superficie de

668 m² y situada en dirección sur cuyas coordenadas geográficas son latitud 37.972º, y longitud -3.803º

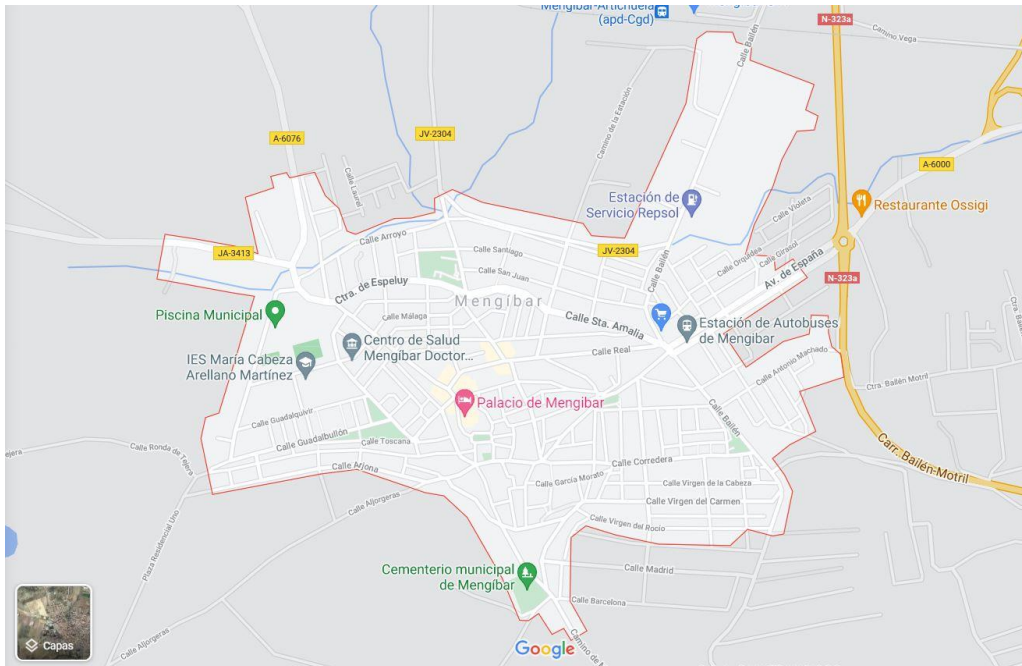


Ilustración 4. Mapa Mengibar

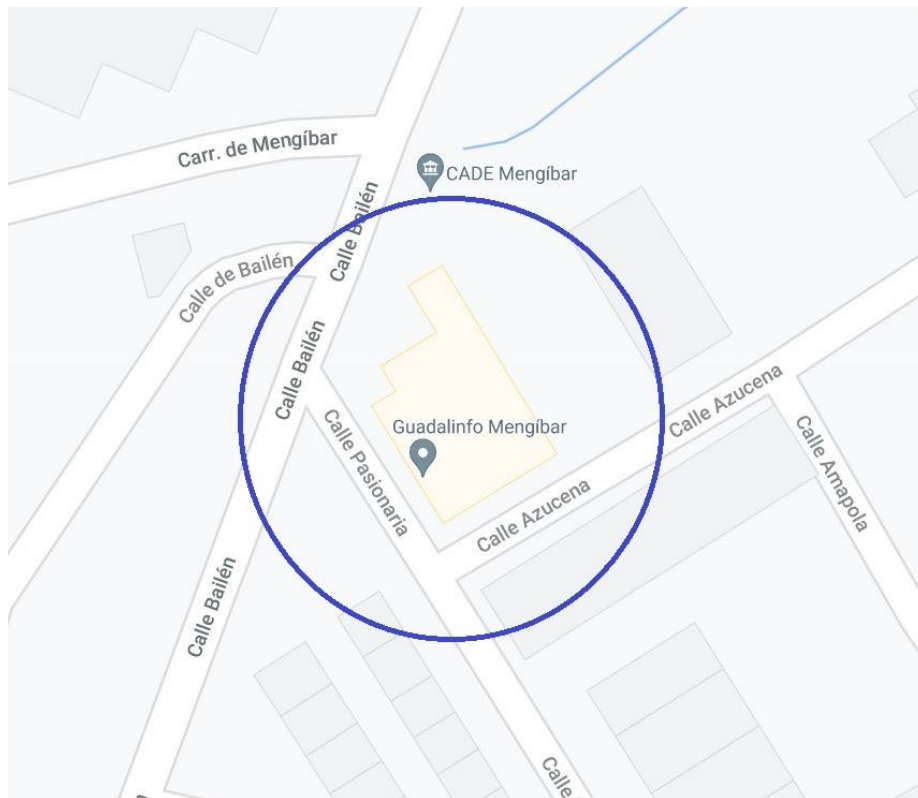


Ilustración 5. Mapa ubicación concreta del edificio

7.2 Año de construcción y normativa de aplicación

Según los datos proporcionados por el archivo municipal de Mengíbar acerca del edificio de usos múltiples su año de construcción fue en 1999 por la constructora Gómez Valderrama S.L.

La normativa que se aplicó en dicho momento fue la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, vigente hasta septiembre del 2006, posteriormente derogada por el actual CTE.

7.3 Actividad del edificio

Como bien se ha dicho es un edificio de usos múltiples, adquirido por el ayuntamiento en el año 2015, donde se sitúa actualmente un Centro Andaluz de Emprendimiento (CADE), un centro Guadalinfo, la biblioteca municipal, y ocasionalmente se acogen diversas exposiciones.

7.4 Zona climática

Según el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), concretamente en el apéndice B (zona climática) y en la tabla B.1, podemos encontrar las distintas zonas climáticas para España en función de la altitud sobre el nivel del mar.

En este caso, Mengíbar se encuentra a una altitud de 323 metros sobre el nivel del mar, por tanto, la zona climática a la que pertenece es B4.

7.5 Distribución principal de cada planta

El edificio consta de un sótano, una planta baja y una primera planta.

En el sótano se encuentra un cuarto de instalaciones, un depósito de biblioteca, un almacén donde se ubican restos arqueológicos y el resto es parking para los vehículos. También, situado centralmente encontramos tanto el hueco de escalera como el ascensor.

En la planta baja se halla ubicado el vestíbulo de entrada, los aseos, el centro Guadalinfo, la biblioteca, una sala de trabajo (a disposición de la población para realización tareas en grupo y puedan debatir sin molestar) y una habitación de control y vigilancia.

En la primera planta nos encontramos con un salón de exposiciones, unos aseos, una sala de juntas, el centro CADE y una oficina de gestión cultural.

Todo esto se puede ver mejor en los planos que se adjuntan al final del documento.

8. CALIFICACION ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

8.1 Parámetros generales

En este apartado deberemos de incluir el uso del edificio, es decir, para realizar la calificación partimos de un edificio ya existente. Dado que los servicios que se prestan en él, tienen como finalidad la prestación de un servicio público, ya puede ser de carácter administrativo, de información u otro, diremos que el edificio es de uso terciario.

8.2 Datos de emplazamiento

Como anteriormente se ha dicho se ubica en Mengíbar, donde la temperatura media mensual se puede ver en la siguiente gráfica:

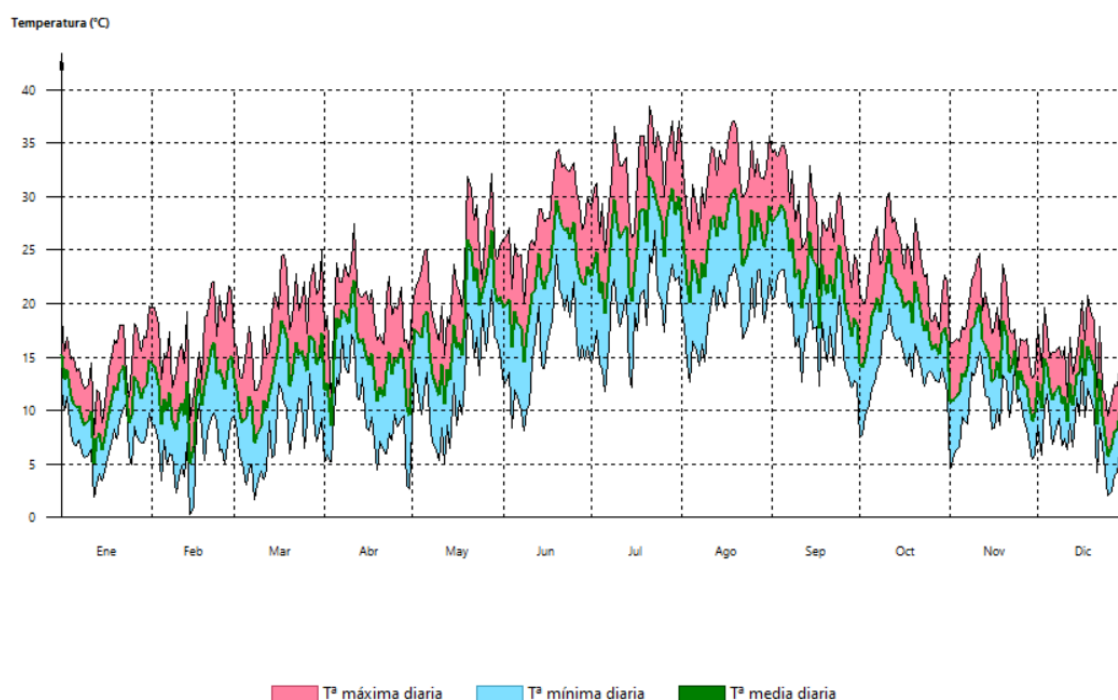


Ilustración 6. Temperatura media mensual Mengíbar

Pero en este caso, para elegir la temperatura y humedad relativa media en verano e invierno nos fijamos en la tabla 1 que aparece a continuación, y escogemos Jaén, ya que dicha tabla presenta solo ciudades y no todos los pueblos existentes.

Ciudad	VERANO			ΔTª (diaria)	INVIERNO		Latitud Norte	
	Condiciones				Condiciones normales		Grados	Minutos
	Normal		Máxima		Tª seca (°C)	Grados día (Base 15)		
	Tª seca (°C)	H.r. (%)	Tª seca (°C)					
Albacete	35	36	42	18	- 7	1377	38	59
Alicante	31	60	---	13	---	338	38	21
Almería	35	65	42	8	5	208	36	49
Ávila	30	41	35	17	- 6	2127	40	39
Badajoz	38	47	46	17	- 1	767	38	52
Barcelona	32	68	36	8	2	656	41	23
Bilbao	30	71	40	---	0	820	43	15
Burgos	32	40	37	15	- 6	2048	42	20
Cáceres	38	37	43	14	- 1	1003	39	28
Cádiz	32	55	---	12	2	227	36	28
Castellón	29	60	---	9	4	452	39	59
Ciudad real	37	56	43	20	- 4	1313	38	59
Córdoba	39	33	44	17	- 1	663	37	52
Coruña	23	63	---	9	2	827	43	22
Cuenca	33	52	38	18	- 7	1828	40	04
Gerona	33	58	41	10	- 3	939	41	59
Granada	36	49	40	18	- 2	1042	37	11
Guadalajara	34	37	38	---	- 4	1469	40	38
Huelva	31	58	42	14	1	402	37	15
Huesca	31	73	41	14	- 5	1350	42	08
Jaén	36	37	43	15	0	830	37	45
Las Palmas	34	65	---	4	15	0	28	11
León	33	40	38	16	- 6	2143	42	35
Lérida	36	45	39	14	- 5	1226	41	37

Tabla 1. Temperaturas y humedades relativas exteriores empleadas en proyectos de climatización

A dichas temperaturas hay que aplicarle una corrección para las distintas horas solares del día, para ello nos fijamos en la tabla 2.

ΔT^a (diaria)	Tª exterior de cálculo (°C)	Hora solar									
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
5,0	Bulbo seco	- 4,5	- 3,5	- 2,5	- 0,5	0	- 0,5	- 1,0	- 2,5	- 4,0	- 4,5
	Bulbo húmedo	- 1,5	- 1,0	- 0,5	0	0	0	- 0,5	- 0,5	- 1,0	- 1,0
7,5	Bulbo seco	- 6,5	- 5,0	- 3,0	- 0,5	0	- 0,5	- 1,0	- 3,5	- 5,0	- 7,0
	Bulbo húmedo	- 1,5	- 1,0	- 0,5	0	0	0	- 0,5	- 0,5	- 1,5	- 2,0
10,0	Bulbo seco	- 7,5	- 5,5	- 3,0	- 0,5	0	- 0,5	- 1,5	- 3,5	- 6,0	- 8,5
	Bulbo húmedo	- 2,0	- 1,5	- 0,5	0	0	0	- 0,5	- 1,0	- 1,5	- 2,0
12,5	Bulbo seco	- 8,5	- 5,5	- 3,0	- 0,5	0	- 0,5	- 1,5	- 4,0	- 6,5	- 9,0
	Bulbo húmedo	- 2,0	- 1,5	- 0,5	0	0	0	- 0,5	- 1,0	- 2,0	- 2,5
15,0	Bulbo seco	- 9,5	- 6,5	- 3,0	- 0,5	0	- 0,5	- 2,0	- 5,0	- 8,0	- 10,5
	Bulbo húmedo	- 2,5	- 1,5	- 0,5	0	0	0	- 0,5	- 1,5	- 2,0	- 3,0
17,5	Bulbo seco	- 10,5	- 7,0	- 3,5	- 0,5	0	- 0,5	- 2,5	- 6,0	- 9,0	- 12,0
	Bulbo húmedo	- 3,0	- 2,0	- 1,0	0	0	0	- 0,5	- 2,0	- 2,5	- 3,5
20,0	Bulbo seco	- 12,0	- 8,0	- 4,0	- 0,5	0	- 0,5	- 3,5	- 7,5	- 10,0	- 14,0
	Bulbo húmedo	- 3,5	- 2,5	- 1,0	0	0	0	- 1,0	- 2,0	- 3,0	- 4,0

Tabla 2. Correcciones en °C a aplicar a las temperaturas exteriores (verano) a diferentes horas del día

De manera que todo quedaría así, en invierno:

$$t_{ext} = \text{temperatura exterior del proyecto} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Y en verano sería:

$$t_{ext} = \text{temperatura exterior del proyecto} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{exc} = \text{exclusión térmica} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_s = \text{horas solares del proyecto} = 14\text{ horas}$$

Con esos datos la corrección para la temperatura exterior del proyecto para verano que obtenemos es de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por tanto:

$$t_{ext} = 36\text{ }^{\circ}\text{C} - 0.5\text{ }^{\circ}\text{C} = 35.5\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ecuación 6})$$

8.3 Elementos constructivos

En este apartado se describe el análisis constructivo del edificio definiendo cada capa de la que se compone cada elemento, así como el espesor de cada una.

8.3.1 Cerramientos

Es el elemento constructivo que separa el edificio del exterior. Se encarga de proteger el interior de edificio de agentes externos como pueden ser el frío, la lluvia, el calor... Su composición es la siguiente:

Capas

1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 1.50 cm

2 - Tabicón de LH triple [$100\text{ mm} < E < 110\text{ mm}$]: 10.50 cm

3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$: 1.00 cm

4 - MW Lana mineral [$0.031\text{ W}/[\text{mK}]$]: 6.00 cm

5 - Tabique de LH sencillo [$40\text{ mm} < \text{Espesor} < 60\text{ mm}$]: 4.50 cm

6 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$: 1.50 cm

Espesor total: 25.00 cm

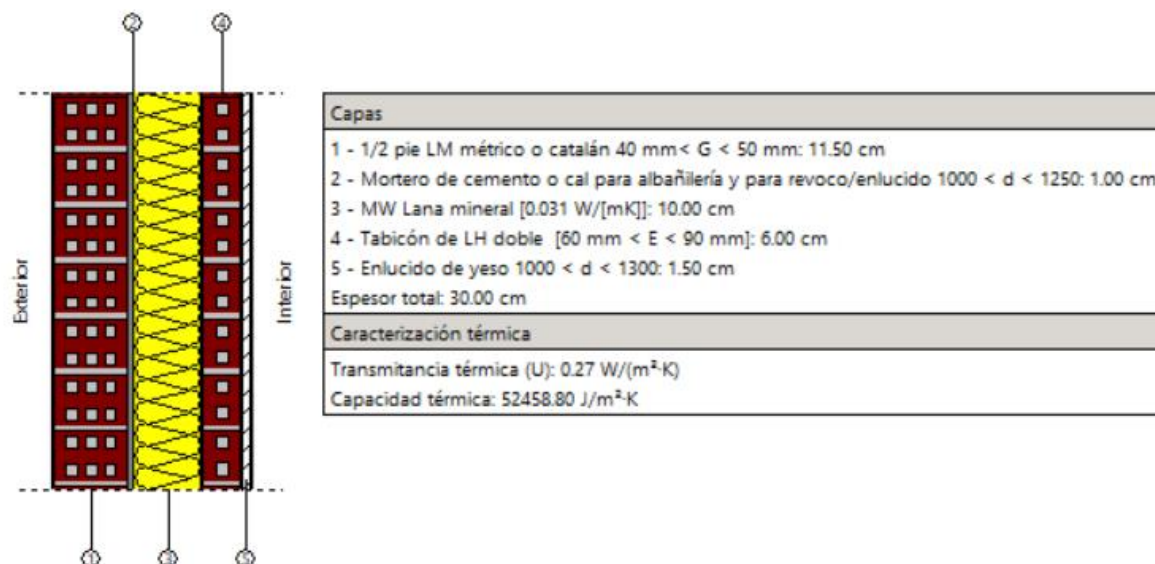
Caracterización térmica

Transmitancia térmica (U): $0.40\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Capacidad térmica: $50474.80\text{ J}/\text{m}^2\text{K}$

8.3.2 Medianería

Es el muro encargado de separar dos propiedades, y está formada por los siguientes elementos:



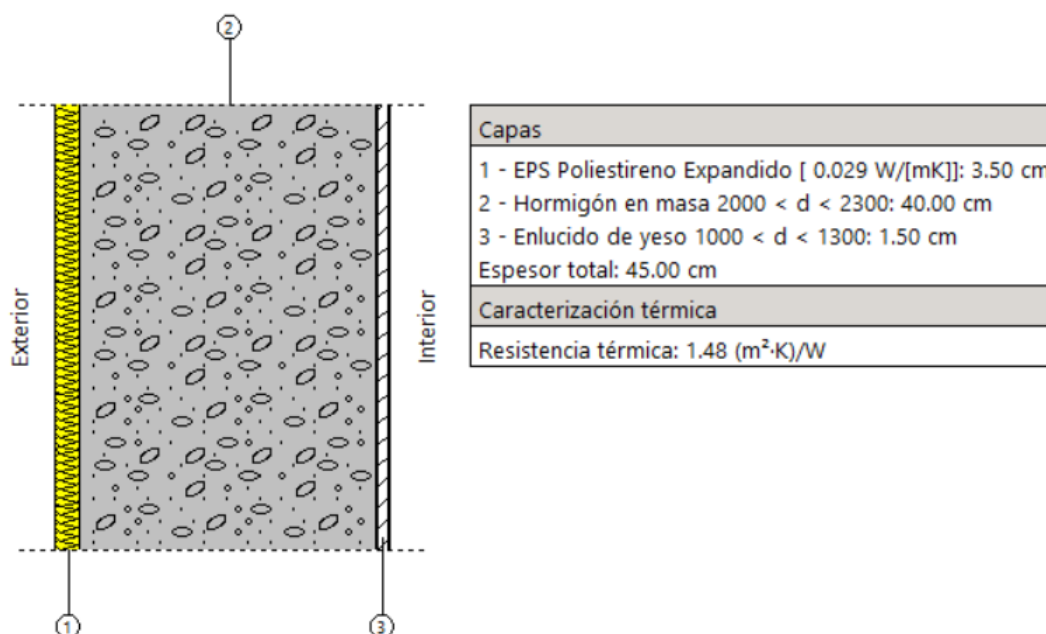
8.3.3 Tabiquería

Son los cerramientos interiores que dividen los espacios interiores del edificio.



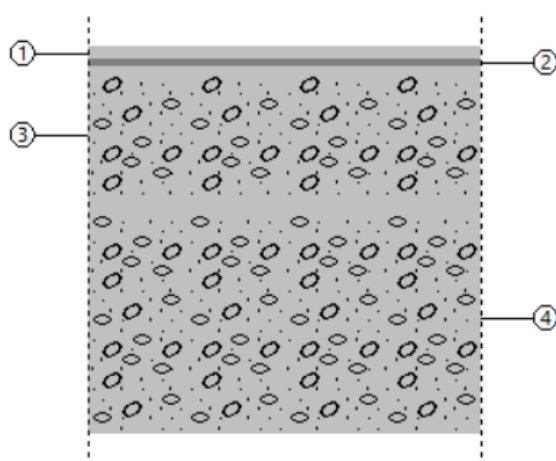
8.3.4 Muro en contacto con el terreno

Este muro es el encargado de separar el sótano del contacto con el terreno exterior, su composición es:



8.3.5 Suelo en contacto con el terreno

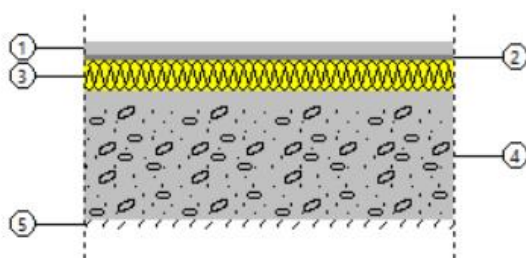
Es la parte inferior del edificio, es decir, sobre la que se sustenta, constituida por:



Capas
1 - Azulejo cerámico: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1.00 cm
3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 21.00 cm
4 - Tierra vegetal [d < 2050]: 35.00 cm
Espesor total: 59.00 cm
Caracterización térmica
Resistencia térmica: 0.83 (m²·K)/W

8.3.6 Forjado entre pisos

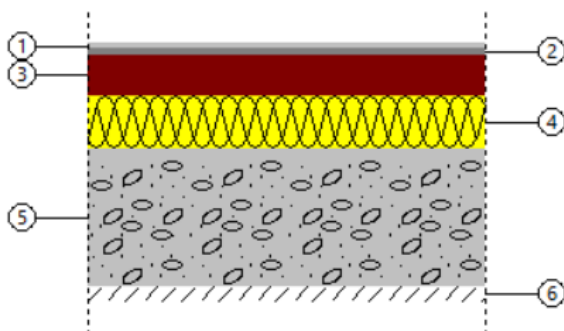
Es el elemento estructural que diferencia una planta del edificio de otra.



Capas
1 - Azulejo cerámico: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1.00 cm
3 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]: 5.00 cm
4 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 21.00 cm
5 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.00 cm
Espesor total: 30.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.47 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.50 W/(m²·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.50 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.47 W/(m²·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.52 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.50 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 50340.73 J/m²·K

8.3.7 Cubierta

Es la encargada de proteger y separar la parte superior del edificio del exterior.



Capas
1 - Azulejo cerámico: 1.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 1.00 cm
3 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]: 6.00 cm
4 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]: 8.00 cm
5 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 21.00 cm
6 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 2.00 cm
Espesor total: 39.00 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.32 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.33 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 75846.29 J/m²·K

8.3.8 Puertas

La puerta principal es metálica sin acristalamiento y se encuentra definida en Cypetherm con una conductividad térmica de $5.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

Mientras tanto, las puertas interiores que separan los distintos espacios son de madera ópaca y presentan una conductividad térmica de $5.8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

También, incluimos la puerta de la cochera la cual presenta una conductividad térmica de $3.2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

8.3.9 Huecos acristalados

Las ventanas que presenta este edificio son de acristalamiento sencillo y carpintería de aluminio, pero las encontramos de dos tamaños diferentes. El primer tamaño son de $2.7 \times 1.5 \text{ m}$ y presenta un coeficiente de transmisión de calor de $7.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, y el segundo tamaño son de $1.2 \times 1.2 \text{ m}$ y tienen un coeficiente de transmisión de calor de $7.0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

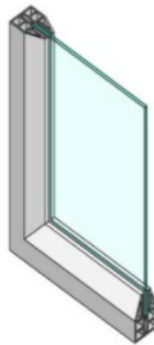


Ilustración 7. Vidrio sencillo

8.3.10 Puentes térmicos

Como bien se describió al principio en los conceptos los puentes térmicos son los que se producen en zonas puntuales del edificio en las que existen una variación de la resistencia, es decir un lugar donde se rompe la superficie aislante con lo cual se transmite más fácilmente el calor.

Estos puentes han sido calculados con el programa Cypetherm HE Plus y para el edificio sin mejoras podemos visualizarlos en el anexo 4 y para el edificio mejorado podemos verlo en el anexo 7. En dichos anexos aparece con todo detalle cada puente térmico.

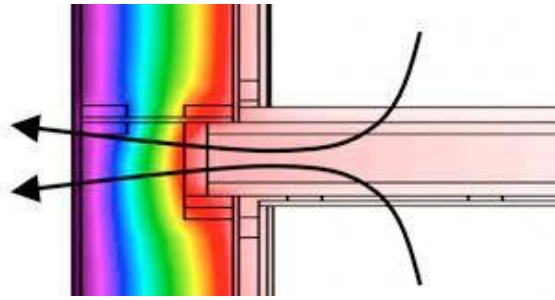


Ilustración 8. Descripción gráfica de un puente térmico

8.3.11 Condensaciones

Estas condensaciones son producidas por los puentes térmicos en las épocas frías, se originan por la diferencia de temperatura entre el interior cálido del edificio y el exterior frío. Generalmente se suelen identificar a la larga por la aparición de hongos (en forma de mancha negra) o porque en la pintura se forme una ampolla.

Dichas condensaciones también han sido calculadas con detalle por el programa Cypetherm HE Plus, en el anexo 3 podemos observar las condensaciones del edificio sin mejorar y en el anexo 6 podemos ojear con detalle las condensaciones del edificio con las mejoras realizadas.

8.4 Diseño y dimensionado de ventilación

Para un correcto diseño y dimensionado se debe cumplir una serie de exigencias.

8.4.1 Cumplimiento de la exigencia de calidad térmica del ambiente

La exigencia de la calidad térmica del ambiente se considera satisfecha cuando los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura operativa, humedad relativa, velocidad media del aire e intensidad de la turbulencia, asimetrías radiantes, gradiente vertical de temperatura y temperatura del suelo se mantienen en la zona de los valores establecidos.

8.4.1.1 Temperatura operativa y humedad relativa

Los valores para una temperatura y humedad adecuadas se fijan en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), de esta manera los valores escogidos serán:

$$Temperatura\ interior\ en\ verano = 25\ ^\circ C$$

$$Temperatura\ interior\ en\ invierno = 21\ ^\circ C$$

$$Humedad\ relativa = 50\%$$

8.4.1.2 Velocidad media del aire

La velocidad media del aire para valores de temperatura seca (t) dentro de los márgenes de 20°C a 27°C, con difusión por desplazamiento, intensidad de turbulencia del 15% y PPD por corrientes de aire menor que el 10%, se calcula como:

Velocidad del aire en invierno (c) =

$$\frac{t}{100} - 0.10 \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{25}{100} - 0.10 \left(\frac{m}{s} \right) = 0.15 \left(\frac{m}{s} \right) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Velocidad del aire en verano (c) =

$$\frac{t}{100} - 0.10 \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{21}{100} - 0.10 \left(\frac{m}{s} \right) = 0.11 \left(\frac{m}{s} \right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

8.4.2 Cumplimiento de la exigencia de calidad de aire interior

En los edificios se dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite que en el interior se forme elevadas concentraciones de contaminantes.

Primero se debe elegir para el uso que presenta el edificio la categoría de calidad del aire interior (IDA) que deberá de alcanzar que en este caso será como mínimo IDA 2 (aire de buena calidad).

Seguidamente, elegiremos el caudal mínimo de aire exterior de ventilación, el cual es necesario para alcanzar las categorías de aire interior anteriormente seleccionada. Como en edificio no está permitido fumar, y escogiendo los valores tabulados en la tabla 3, obtenemos que para IDA 2 el caudal es de 12.5 dm³/s por persona.

Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 3. Caudales de aire exterior

A continuación, seleccionamos la filtración del aire exterior mínimo de ventilación, esto dependerá de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA). De acuerdo a los niveles que se puede clasificar la ODA, optaremos por una ODA 1, el cual es aire puro que se ensucia solo temporalmente (por ejemplo, de polen).

Visualizando la tabla 4, y en función de nuestro ODA e IDA obtenemos que para una filtración de aire exterior correcta se usaran filtros F8.

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 4. Clases de filtración

En cuanto al aire de extracción, en función del uso del edificio se puede clasificar en varias categorías. Como el edificio estudiado posee tanto oficinas como salas de reuniones elegiremos la categoría AE1 de bajo nivel de contaminación, la cual engloba al aire que procede de las habitaciones en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de materiales de construcción o decoraciones, además de las personas.

Dicho aire de extracción debe ser de 2 dm³/s por m² de superficie en planta y al estar en un sitio donde fumar está prohibido se permite el retorno de aire a las habitaciones.

8.5 Cargas térmicas

La carga térmica es el valor del calor (sensible + latente) que entra o sale del edificio (verano o invierno) y que por tanto hay que contrarrestar si no queremos que se caliente o se enfríe. Dicho valor es necesario para decidir la potencia de la maquinaria que se instale.

Antes de empezar a calcular las cargas térmicas se ha de tener en cuenta una serie de condiciones, las cuales son:

- Salto térmico es la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura interior del proyecto
- Diferencia de humedades absolutas (exterior – interior)
- Planos del edificio (superficie en m², volumen en m³), plantas y secciones.
- Constitución y espesor de paredes, suelos y techos.
- Características y dimensiones de cerramientos (puertas, ventanas, persianas, etc)
- Potencia en kW de la iluminación y horarios de funcionamientos.
- Potencia en kW de los equipos instalados y horarios de funcionamiento.
- Número medio de personas que ocupan el edificio, etc.

Ahora bien, la carga térmica se divide en calor sensible y latente. El calor sensible es el que entra al edificio a climatizar como consecuencia de la diferencia de temperaturas. Las más importantes son:

❖ A1: Calor de radiación solar a través de ventanas o vidrios.

La radiación solar (R) que llega a la tierra en gran parte es absorbida por la atmosfera y posteriormente reflejada hacia el espacio. De manera que, la radiación solar a través de los vidrios depende de:

- Posición geográfica (latitud)
- Hora del día.
- Día del año
- Orientación del vidrio

Pero cabe decir que dicha transmisión está tabulada en la tabla 5.

0°		Hora solar												0°		
Latitud Norte														Latitud sur		
Mes y día	Exposición	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Exposición	Mes y día
21 Junio	N	0	122	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0	S	22 diciemb re
	NE	0	322	423	417	360	267	143	54	38	35	29	16	0	SE	
	E	0	314	398	366	252	116	38	38	38	35	29	16	0	E	
	SE	0	100	113	73	40	38	38	38	38	35	29	16	0	NE	
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	N	
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	40	73	113	100	0	NO	
	O	0	16	29	35	38	38	38	116	252	366	398	314	0	O	
	NO	0	16	29	35	38	54	143	267	360	417	423	322	0	SO	
Horizontal	0	75	235	398	588	588	612	588	518	398	235	75	0	Horizontal		
Nota: Los valores en negrita, representan la radiación máxima para esa orientación en ese día.																

Nota: Los valores en negrita, representan la radiación máxima para esa orientación en ese día.

Tabla 5. Radiación solar a través del vidrio sencillo ($\text{kcal/h}\cdot\text{m}^2$)

❖ A2: Calor de radiación y transmisión por paredes y techos exteriores.

En este apartado tendremos en cuenta el calor absorbido de los muros por la radiación hacia el interior del edificio. Es necesario que para el cálculo se tome una diferencia ficticia de temperaturas entre el exterior e interior (DTE), que dependerá de:

- Tipo de construcción
- Posición geográfica del edificio (latitud)
- Hora del día
- Orientación del muro

Dichos valores de DTE los obtenemos de la tabla del libro de texto Cargas térmicas editado por el departamento de ingeniería mecánica y minera de la universidad de Jaén.

❖ A3: Calor de radiación y transmisión por paredes y techos interiores.

En este apartado tendremos en cuenta las paredes y techos interiores, los suelos y las superficies vidriadas. De tal forma que:

$$Q_{ST} = 0,864 * U * S * \Delta T \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

U = Transmitancia del cerramiento (W/m²*K)

S = Superficie del elemento (m²)

ΔT = Salto térmico (°C)

Y los valores de U para huecos acristalados los encontramos en la tabla 6:

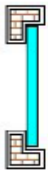
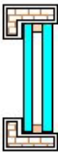
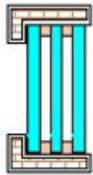
TIPO DE ACRISTALAMIENTO	Espesor cámara aire (mm)	Tipo de carpintería	U (W / m ² K)	
			Vidrio	Vidrio mas carpintería
 SIMPLE (PLANILUX)		Madera	5,69	5,00
		Metálica	5,69	5,80
 DOBLE (CLIMALIT)	6	Madera	3,37	3,25
		Metálica		3,95
	8	Madera	3,135	3,135
		Metálica		3,83
	12	Madera	3,01	2,9
		Metálica		3,715
 TRIPLE (CLIMALIT)	6	Madera	2,438	2,786
		Metálica		3,367
	8	Madera	2,206	2,67
		Metálica		3,251
	12	Madera	2,09	2,554
		Metálica		3,135

Tabla 6. Valores de U para huecos acristalados

❖ A4: Calor sensible del aire de infiltraciones.

Las infiltraciones del aire exterior producen en el edificio un incremento del calor sensible y latente, las cuales son debidas a la apertura de puertas o rendijas. Para su

evaluación se utiliza unos caudales de aire por persona y puerta, que encontraremos en la tabla 7.

Aplicación	Infiltraciones por persona que se encuentra en el local y por puerta (m ³ /h) (**)		
	Puerta giratoria de 1,80 m.	Puerta con muelles de 0,90 m.	
		Sin vestíbulo	Con vestíbulo
Bancos	11,0	13,5	10,2
Peluquerías	6,8	8,5	6,5
Bares	9,4	12,0	9,0
Estancos	34,0	51,0	38,0
Pequeños comercios	11,0	13,6	10,2
Tiendas de confecciones	3,4	4,3	3,2
Farmacias	9,4	11,9	9,0
Habitación de hospital	—	6,0	4,4
Sala de té	6,8	8,5	6,5
Tienda de confecciones masculinas	4,6	6,3	4,8
Restaurantes	3,4	4,3	3,2
Zapaterías	4,6	6,0	4,4

Tabla 7. Infiltraciones a través de puertas (verano) con velocidad del viento de 11 km/h

Aunque la partida de calor sensible por las infiltraciones también la podemos calcular mediante la ecuación:

$$Q_{SI} = 0,29 * V_1 * \Delta T \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

V_1 = Volumen de la infiltración (m³/h)

ΔT = Salto térmico (°C)

❖ A5: Calor sensible producido por las personas.

Normalmente las personas poseen una temperatura de 37°C, por tanto, para calcular el calor aportado por persona en función de la actividad que realice el valor vendrá tabulado en la tabla 8.

$$Q_{SP} = q_{sp} * n \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

q_{sp} = Calor sensible por persona

n = número de personas (valor medio)

Cuadro de actividad	28°C		27°C		26°C		24°C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	45	45	50	40	55	35	60	30
Sentado trabajo ligero	45	55	50	50	55	45	60	40
Oficinista actv. moderada	45	70	50	65	55	60	60	50
Persona de pié	45	70	50	75	55	70	65	60
Persona que pasea	45	80	50	75	55	70	65	60
Trabajo sedentario	50	90	55	85	60	80	70	70
Trabajo ligero de taller	50	140	55	135	60	130	75	115
Persona que camina	55	160	60	155	70	145	85	130
Persona que baila	70	185	75	175	85	170	95	155
Persona en trabajo penoso	115	250	120	250	125	245	130	230

Tabla 8. Calor emitido por las personas (kcal/h)

❖ A6: Calor sensible producido por la iluminación.

Normalmente las lámparas transforman la mayor parte de energía eléctrica en calorífica y una pequeña parte en energía luminosa. El calor aportado depende del tipo de lámpara:

Lámpara fluorescente: $Q_{SI} = Watt * 1,8 * 0,86 \left(\frac{kcal}{h} \right)$ (Ecuación 12)

Lámpara incandescente: $Q_{SI} = Watt * 0,86 \left(\frac{kcal}{h} \right)$ (Ecuación 13)

❖ A7: Calor generado por la disipación de potencia de las máquinas en el interior.

Para hallar esta partida es necesario conocer los factores de:

- Factor de utilización
- Potencia efectiva absorbida
- Potencia eliminada por los sistemas de refrigeración del motor
- Potencia disipada por otros ambientes diferentes al local

Las aportaciones de calor serán:

- Motor en el exterior, pero utilización de la potencia en el interior.

$$Q \left(\frac{kcal}{h} \right) = N (kW) * 860 \left(\frac{kcal}{h * kW} \right) \quad (Ecuación 14)$$

siendo N la potencia producida por el motor.

- Motor en el interior y utilización de potencia en el interior.

$$Q \left(\frac{kcal}{h} \right) = P (kW) * 860 \left(\frac{kcal}{h * kW} \right) \quad (Ecuación 15)$$

siendo P la potencia absorbida por el motor de la red.

- Motor en el interior y utilización de su potencia en el exterior.

$$Q \left(\frac{kcal}{h} \right) = N (kW) * 860 * (1 - \eta) \left(\frac{kcal}{h * kW} \right) \quad (\text{Ecuación 16})$$

siendo P la potencia producida por el motor y η el rendimiento total del motor.

❖ A8: Calor sensible del aire exterior de ventilación.

Para esta partida se considera que el aire exterior aporta al edificio un calor tanto sensible (A8) como latente (B4), calores que corresponderían al flujo de aire exterior que se deriva por el by-pass y que llegarían al local en las condiciones del exterior. Se calcularía así:

$$Q_{LV} = 0.29 * f * V_v * \Delta T \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (\text{Ecuación 17})$$

Donde:

V_v = Caudal volumétrico de ventilación (m^3/h)

ΔT = Salto térmico ($^{\circ}C$)

f = coeficiente de by-pass dependiente de la UAA (Unidad de Acondicionamiento de Aire)

Cabe decir que el factor de by-pass es una característica propia de la máquina, por eso, en la tabla 9 se exponen los valores que se aconsejan para las UAA a utilizar.

Factor de by-pass	Tipo de aplicación	Ejemplo
0,3 - 0,8	Balance térmico pequeño o medio con pequeñas ganancias térmicas latentes	Apartamentos
0,2 - 0,3	Acondicionamiento de confort clásico con balance térmico pequeño	Tiendas pequeñas, Fabrica
0,1 - 0,2	Acondicionamiento de confort clásico	Tiendas grandes, Bancos, Fabricas
0,05 - 0,1	Ganancias sensibles grandes o caudal de aire exterior grande	Tienda grande, Restaurante
0 - 0,10	Funcionamiento con aire fresco total	Hospital, quirófano

Tabla 9. Valores más usuales de los factores de by-pass para diferentes aplicaciones

El calor latente es aquel que entra en el local como consecuencia de la diferencia de humedades. Las más comunes son:

❖ B1: Calor latente por el vapor introducido por el aire de las infiltraciones.

Utilizando los mismos caudales de la tabla, el calor latente aportado por las infiltraciones viene dado por:

$$Q_{LI} = 0,72 * V_i * \Delta x \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (Ecuación 18)$$

Donde:

V_i = Caudal de las infiltraciones (m^3/h)

Δx = Diferencia entre la humedad absoluta (g/kg) del aire exterior e interior del local

❖ B2: Calor latente por el vapor emitido por las personas.

Se obtiene de la misma manera que para la partida A5 y haciendo usos de las mismas tablas.

$$Q_{LP} = q_{lp} * n \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (Ecuación 19)$$

Donde:

q_{lp} = Calor latente por persona

n = número de personas (valor medio)

❖ B3: Calor latente causado por procesos realizados en el edificio que generen vapor.

Las partidas correspondientes a este apartado son las procedentes de instalación de motores en el edificio u otras causas desconocidas, lo típico es que los motores se instalen en el exterior de manera que esta partida sería nula. Si dichos motores se colocasen dentro tampoco significaría mucho para esta partida, por tanto, no se procede al cálculo.

❖ B4: Calor latente del aire exterior de ventilación.

Se calcularía de manera similar a la partida A8, pero utilizando la siguiente ecuación:

$$Q_{LV} = 0.72 * f * V_v * \Delta w \quad \left(\frac{kcal}{h} \right) \quad (Ecuación 20)$$

Donde:

V_v = Caudal volumétrico de ventilación (m^3/h)

Δw = Diferencia de humedades absolutas en g/kg

f = coeficiente de by-pass dependiente de la UAA

En la actualidad, existen programas diseñados para realizar el cálculo de la carga térmica del edificio, en este caso se ha utilizado el software Cypetherm Loads, cuya descripción se realizó en el apartado de programas de cálculo.

En resumen, las cargas quedarían:

	REFRIGERACIÓN	CALEFACCIÓN
CARGA TÉRMICA	57914 W = 57.9 kW	75828 W = 75.8 kW

A modo esquemático vemos reflejado en los gráficos de la ilustración 8 y 9 el porcentaje de cada espacio que representa la carga térmica de refrigeración y de calefacción.

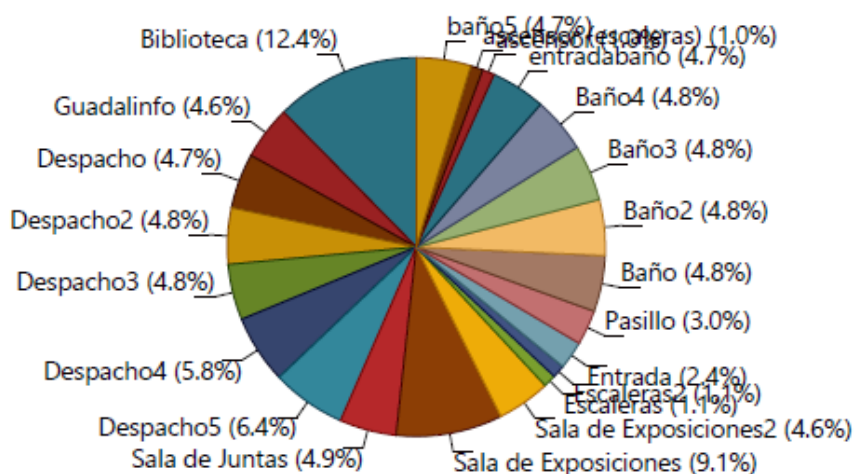


Ilustración 9. Carga térmica por refrigeración

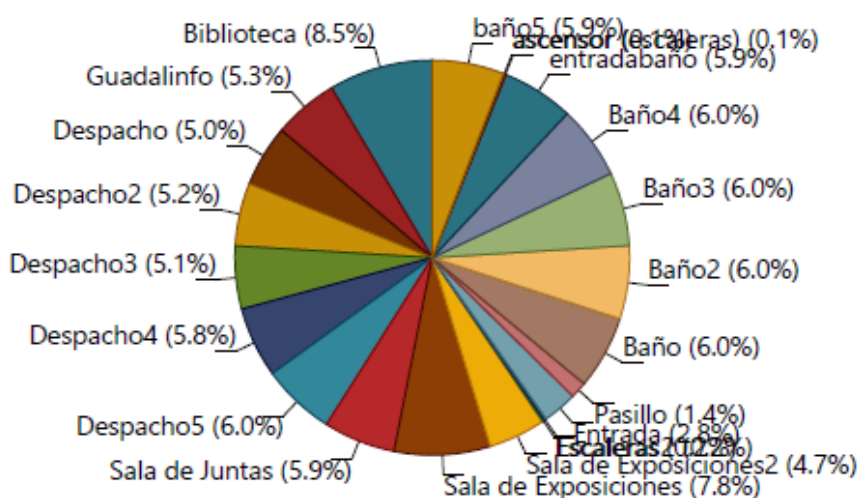


Ilustración 10. Carga térmica por calefacción

Para observar el cálculo detallado de la carga térmica de cada espacio se debe visualizar el anexo 1, el cual recoge todos los datos.

Una vez que se han obtenido dichas cargas pasamos a seleccionar la bomba de calor (de dos tubos), la cual es de la marca Toshiba SMMSe modelo estándar MMY-AP2416HT8P-E y soporta una carga de 67 kW de refrigeración, con una relación de eficiencia energética (EER nominal) de 3.35, y 75 kW de calefacción, con un coeficiente de rendimiento (COP nominal) de 3.89.



Ilustración 11. Bomba de calor Toshiba

Caudal de refrigerante variable (VRF)









Unidad exterior

Catálogo: España 2019

Equipo: Bomba de calor (2 tubos) | SMMSe Standard model | MMY-AP2416HT8P-E (67.0 kW)

Potencia total nominal de refrigeración: 67000 W
 EER nominal: 3.35
 Potencia nominal de calefacción: 75000 W
 COP nominal: 3.89

Ilustración 12. Características Bomba de calor Toshiba

9. ESTUDIO DE MEJORAS

Observando los elementos constructivos del edificio se ve que los cerramientos, forjados, muros y techos son ya bastante aislantes con lo cual no se pueden mejorar. Además, se observa que la bomba de calor instalada también posee un EER y COP buenos con lo cual no va a suponer mejora. Pero si cabe destacar que las puertas y huecos acristalados son mejorables, es por ello que la única mejora que podemos destacar será esa.

9.1 Puertas

La puerta principal es metálica tipo sándwich con aislamiento térmico interior y se encuentra definida en Cypetherm con una conductividad térmica de $1.3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

Mientras tanto, las puertas interiores que separan los distintos espacios también son metálicas tipo sándwich con aislamiento térmico interior y presentan una conductividad térmica de $1.3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

También, incluimos la puerta de la cochera la cual presenta una conductividad térmica de $3.2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ y un coeficiente de absorción de 0.6

9.2 Huecos acristalados

Las ventanas que se pretenden instalar en este edificio son vidrios con cámara bajo emisivos, que se compone de un cristal normal y otro de baja emisividad $\epsilon < 0.03$, de composición 4-16-4 (4 mm de espesor del cristal normal, 16 mm de espesor de cámara y 4 mm de espesor del cristal de baja emisión) de dos tamaños diferentes. El primer tamaño son de $2.7 \times 1.5 \text{ m}$ y presenta un coeficiente de transmisión de calor de $1.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, y el segundo tamaño son de $1.2 \times 1.2 \text{ m}$ y tienen un coeficiente de transmisión de calor de $1.5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

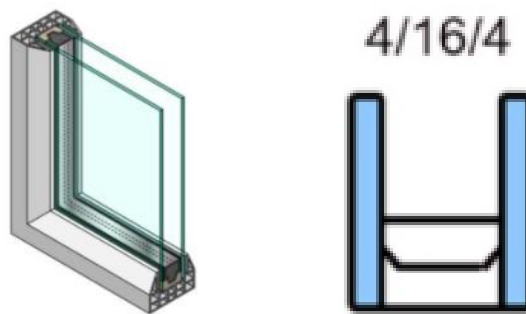


Ilustración 13. Vidrio bajo emisivo

De nuevo usando el Cypetherm HE plus y realizando la calificación energética del edificio con la mejora realizada se ha obtenido una nueva calificación la cual es mejor que la inicial. Para verla con detalle, debemos de observar el anexo 3.

10. CONCLUSIONES

A modo de conclusión pasamos a exponer un breve resumen de todo lo estudiado y la posible mejora para su eficiencia.

En cuanto a la calificación energética del edificio en emisiones se ha obtenido en el indicador global la letra C (valor de 14.56 kWh/m²*año), la calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable también adquiere la letra C (valor de 66.35 kWh/m²*año) y la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración vemos que adquieren las letras C y B.

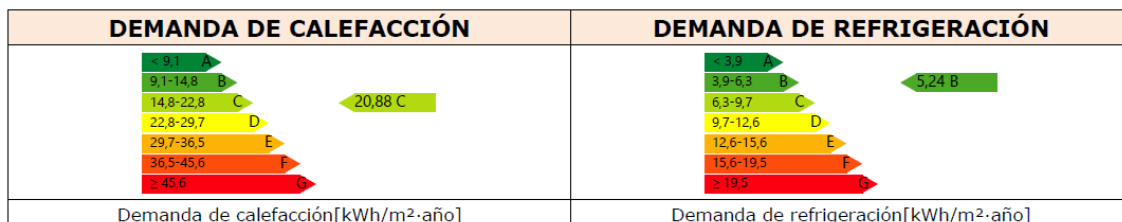


Ilustración 14. Calificación parcial Cypetherm sin mejorar

Respecto a la calificación energética del edificio en emisiones se ha obtenido en el indicador global la letra C (valor de 13.62 kWh/m²*año), la calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable también adquiere la letra C (valor de 62.80 kWh/m²*año) y la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración vemos que adquieren las letras C y B.

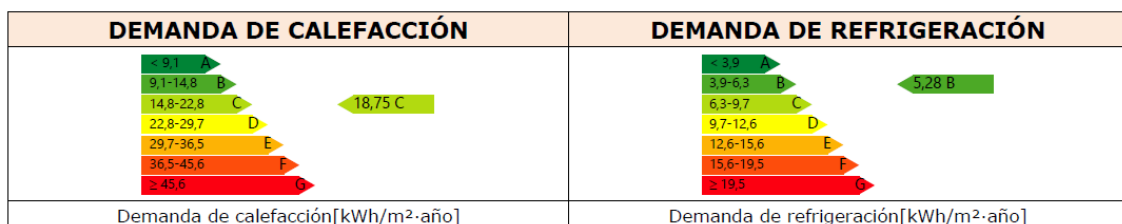


Ilustración 15. Calificación parcial Cypetherm con mejoras

Ahora bien, comparando todo esto vemos que la mejora no provoca un aumento en el indicador global, si no que se mantiene en la misma letra, pero mejora un par de kWh/m²*año, con lo cual dicha mejora es aceptable ya que aislara más el ruido e impedirá pérdidas de calor o frío, además de suponer el ahorro de kWh/m² anuales, pero habría que realizar un estudio económico de si esta mejora será factible económicamente a la larga.

De este estudio se puede decidir que el edificio analizado esta energéticamente bien diseñado.

ANEXOS

ANEXO I:

Determinación carga térmica del edificio

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														
Biblioteca	144	1376	4841	-979	1392	375	359	43	-208	296	0	8264	57	8264
Guadalinfo	40	235	0	-1110	1686	375	373	43	-236	358	0	2652	66	2652
Despacho	11	143	0	-1111	1698	375	514	43	-236	361	0	2716	249	2716
Despacho2	8	217	0	-1111	1698	375	514	43	-236	361	0	2789	365	2789
Despacho3	17	187	0	-1111	1698	375	514	43	-236	361	0	2760	164	2760
Despacho4	20	453	423	-1110	1686	375	514	43	-236	358	0	3434	171	3434
Despacho5	18	592	647	-1110	1686	375	514	43	-236	358	0	3798	206	3798
Sala de Juntas	37	426	0	-1110	1686	225	354	43	-236	358	0	2825	77	2825
Sala de Exposiciones	176	1297	1888	-994	1657	375	364	23	-114	191	0	5398	31	5398
Sala de Exposiciones2	8	141	251	-1111	1698	375	364	23	-128	195	0	2649	314	2649
Escaleras	14	38	0	0	0	225	355	2	-20	33	205	426	46	631
Escaleras2	14	40	0	0	0	225	355	2	-22	34	203	429	46	632
Entrada	130	925	100	0	0	135	214	17	-182	262	0	1500	12	1500
Pasillo	82	480	1288	0	0	90	143	2	-20	31	70	1941	24	2012
Baño	6	74	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2769	489	2769
Baño2	3	62	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2756	940	2756
Baño3	7	76	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2770	413	2770
Baño4	3	66	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2760	799	2760
entradabaño	2	10	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2704	1135	2704
ascensor	3	9	0	0	0	225	355	2	-20	33	205	397	176	602
ascensor (escaleras)	3	9	0	0	0	225	355	2	-20	33	205	397	176	602
baño5	3	8	0	0	0	90	148	150	-1666	2547	0	2703	910	2703
Carga máxima simultánea de refrigeración para el conjunto de recintos: 21 de Julio a las 17h (15 hora solar aparente)														
Zona 1	749.1							1313			879	57035	77.32	57914

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

Informe de cargas térmicas

	Externas				Ventilación			Totales			
	A (m ²)	Conducción (W)	Inf. lat. (W)	Inf. sens. (W)	Caudal (l/s)	Lat. (W)	Sens. (W)	Lat. (W)	Sens. (W)	Total (W/m ²)	Total (W)
Carga máxima de calefacción por recinto											
Biblioteca	144.4	2863	426	2540	43	91	540	517	5943	44.73	6460
Guadalinfo	40.0	444	426	2540	43	91	540	517	3524	101.09	4040
Despacho	10.9	210	426	2540	43	91	540	517	3290	349.68	3806
Despacho2	7.7	332	426	2540	43	91	540	517	3412	513.53	3929
Despacho3	16.8	306	426	2540	43	91	540	517	3386	232.51	3903
Despacho4	20.0	787	426	2540	43	91	540	517	3867	218.63	4383
Despacho5	18.4	973	426	2540	43	91	540	517	4053	248.31	4570
Sala de Juntas	36.7	875	426	2540	43	91	540	517	3955	121.99	4472
Sala de Exposiciones	175.6	2644	426	2540	23	49	292	475	5477	33.90	5952
Sala de Exposiciones2	8.4	246	426	2540	23	49	292	475	3078	421.23	3553
Escaleras	13.8	60	0	0	2	9	51	9	110	8.65	119
Escaleras2	13.8	88	0	0	2	9	51	9	138	10.69	147
Entrada	129.6	1663	0	0	17	70	419	70	2082	16.61	2152
Pasillo	82.2	971	0	0	2	9	51	9	1022	12.54	1030
Baño	5.7	109	0	0	150	639	3810	639	3919	805.20	4559
Baño2	2.9	90	0	0	150	639	3810	639	3900	1548.46	4539
Baño3	6.7	123	0	0	150	639	3810	639	3934	681.33	4573
Baño4	3.5	102	0	0	150	639	3810	639	3912	1316.97	4552
entradabaño	2.4	16	0	0	150	639	3810	639	3827	1874.31	4466
ascensor	3.4	14	0	0	2	9	51	9	65	21.44	73
ascensor (escaleras)	3.4	22	0	0	2	9	51	9	73	23.75	81
baño5	3.0	19	0	0	150	639	3810	639	3829	1505.30	4468
Carga máxima simultánea de calefacción para el conjunto de recintos											
Zona 1	749.1				1313			9031	66797	101.23	75828

Abreviaturas

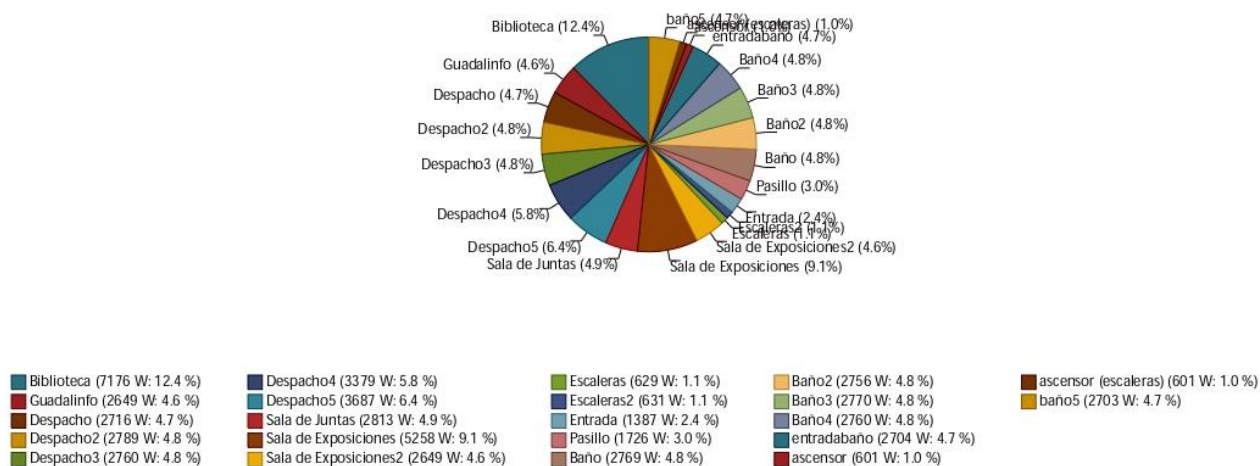
A	Superficie
Conducción	Cargas debidas a las ganancias de calor por conducción
Inf. lat.	Infiltración latente
Inf. sens.	Infiltración sensible
Lat.	Latente
Sens.	Sensible

3. GRÁFICAS

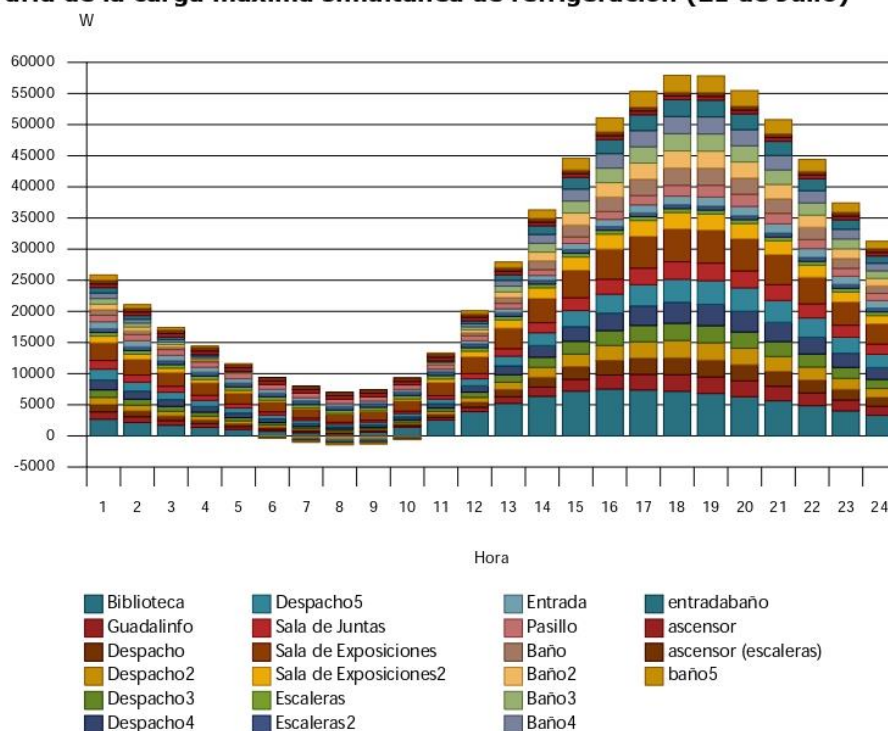
3.1. Zona 1

Carga máxima simultánea de refrigeración (57914 W)
21 de Julio a las 17h (15 hora solar aparente)

Informe de cargas térmicas

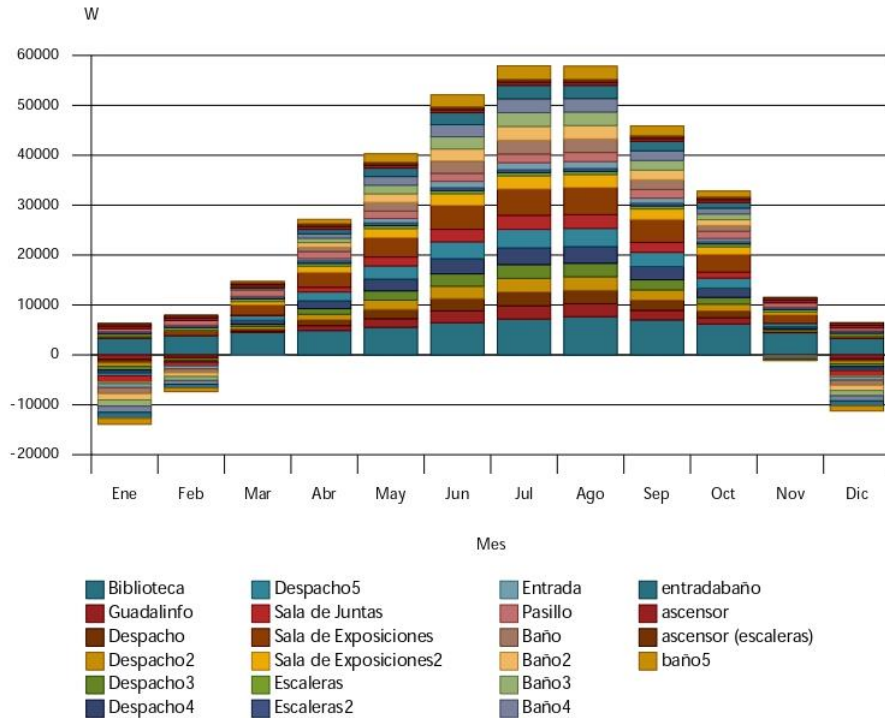


Evolución horaria de la carga máxima simultánea de refrigeración (21 de Julio)

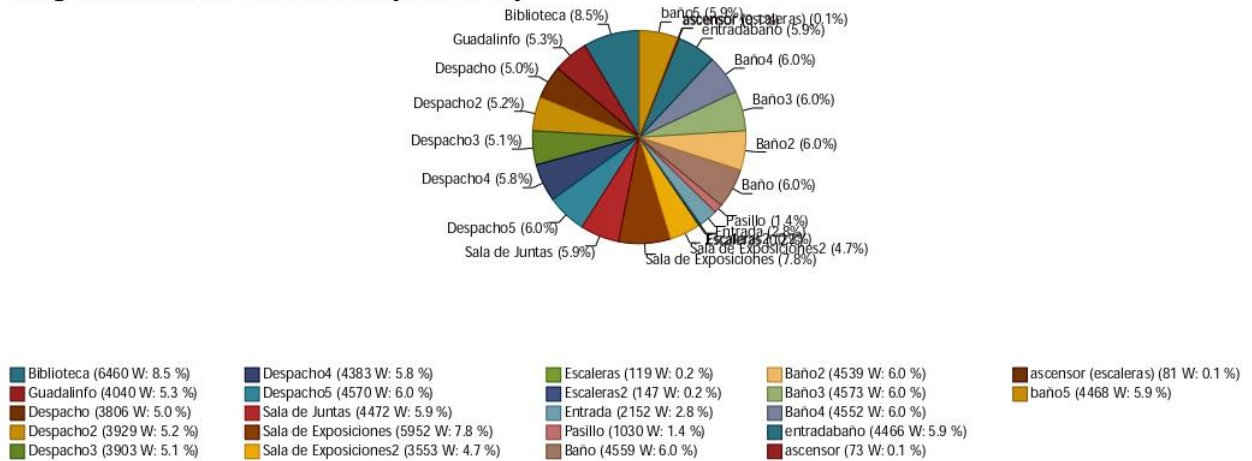


Evolución anual de la carga máxima simultánea de refrigeración

Informe de cargas térmicas



Carga máxima de calefacción (75828 W)



ANEXO II:

Justificación calificación energética

Calificación energética del edificio

Zona climática	B4	Uso	Otros usos
-----------------------	----	------------	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES		
	Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	CALEFACCIÓN		ACS
		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
		9.27		0.12
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN
		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	B	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
		1.02		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	5.28	6191.81
Emisiones CO2 por otros combustibles	9.27	10862.66

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/m²·año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m²·año]	-	
	35.13		0.7		
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
	Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m²·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m²·año]	B	Energía primaria iluminación [kWh/m²·año]	D
6.02		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, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III:

Condensaciones

Condensaciones

ZONA COMÚN

1.1. Cerramiento Exterior

1.1.1. Resultados del cálculo de condensaciones

1.1.1.1. Condensación superficial

$$f_{Rsi} = 0.899 \geq f_{Rsi,min} = 0.707$$

El elemento constructivo no presenta condensaciones superficiales.

donde:

f_{Rsi} : Factor de resistencia superficial interior, calculado como $(1 - U \cdot R_{si})$, donde $U = 0.402 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $R_{si} = 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo, necesario para evitar la humedad superficial crítica, calculado considerando un valor de $\alpha_{si,c} \geq 0.8$.

1.1.1.2. Condensación intersticial

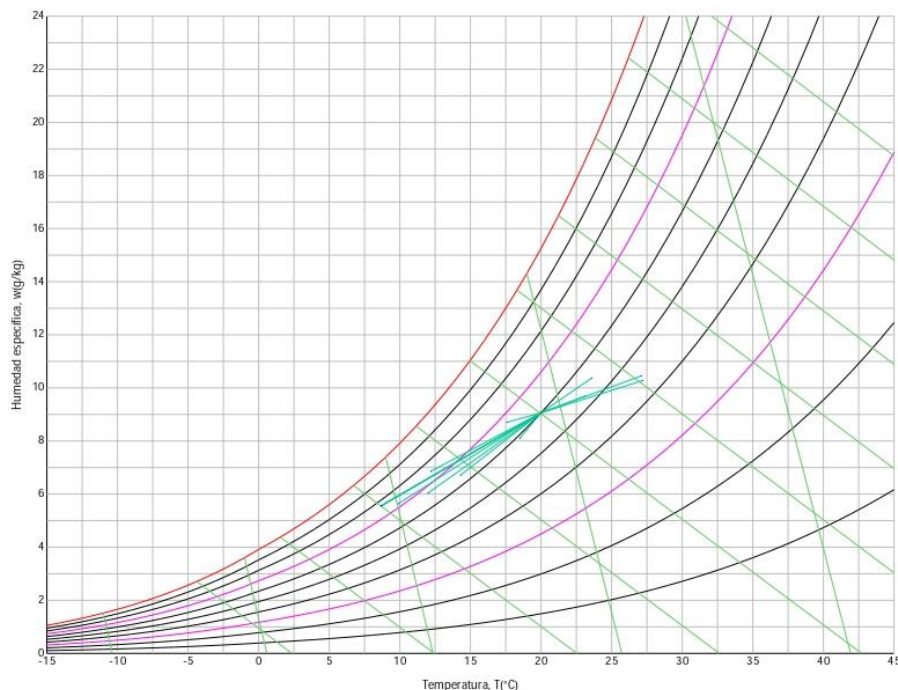
El elemento constructivo no presenta condensaciones intersticiales.

1.1.2. Condiciones higrotérmicas de cálculo

Las condiciones higrotérmicas exteriores e interiores utilizadas para realizar el cálculo de condensaciones son las siguientes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Condiciones exteriores												
Temperatura, θ_e (°C)	8.7	9.9	12.0	14.3	18.5	23.1	27.2	27.1	23.6	17.6	12.2	8.7
Humedad relativa, ϕ_e (%)	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
Condiciones interiores												
Temperatura, θ_i (°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Humedad relativa, ϕ_i (%)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

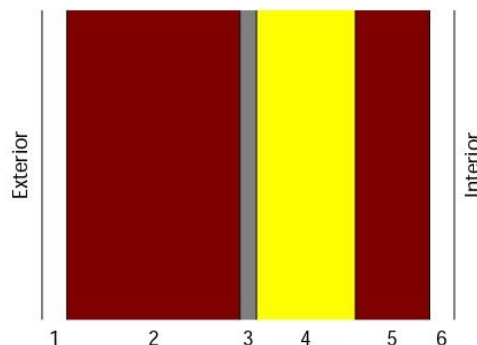
El diagrama psicrométrico asociado al emplazamiento, con una altura sobre el nivel del mar de **305 m**, se muestra a continuación, representando mediante segmentos de recta las transiciones desde cada condición exterior de cálculo a su correspondiente condición interior.



Condensaciones

1.1.3. Descripción del elemento constructivo

El esquema de la composición del elemento constructivo, en sección, es el siguiente:



Las características térmicas y las propiedades de difusión del vapor de agua de las capas homogéneas de caras paralelas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo son las siguientes:

Cerramiento Exterior		e (cm)	λ (W/m·K)	R (m ² ·K/W)	μ	S _d (m)
R _{se}		0.04				
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5	0.570	0.02632	6	0.09
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	10.5	0.456	0.23026	10	1.05
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.0	0.550	0.01818	10	0.1
4	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	6.0	0.031	1.93548	1	0.06
5	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.5	0.556	0.08094	10	0.45
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5	0.570	0.02632	6	0.09
R _{si}		0.13				

donde:

e: Espesor, cm.

λ : Conductividad térmica del material, W/(m·K).

R: Resistencia térmica del material, m²·K/W.

μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua del material.

S_d: Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua, m.

R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior del elemento, m²·K/W.

R_{si}: Resistencia térmica superficial interior del elemento, m²·K/W.

La información de cálculo relativa a los parámetros higrotérmicos del elemento completo, derivada del modelo de capas homogéneas, es la siguiente:

Magnitud	Uds.	Valor
Espesor total del elemento, e _T	cm	25.0
Resistencia térmica total, R _T	m ² ·K/W	2.4875
Espesor de aire equivalente total, S _{d,T}	m	1.84
Transmitancia térmica, U	W/(m ² ·K)	0.402
Factor de resistencia superficial interior, f_{Rsi}	--	0.899

donde:

e_T: Espesor total del elemento, cm.

R_T: Resistencia térmica total del elemento, sumatorio de la resistencia térmica de cada capa, incluyendo las resistencias superficiales R_{se} y R_{si}, m²·K/W.

S_{d,T}: Espesor de aire equivalente total, sumatorio del espesor equivalente de cada capa del elemento, m.

U: Transmitancia térmica del elemento, calculada como la inversa de la resistencia térmica total, W/(m²·K).

f_{Rsi}: Factor de resistencia superficial interior, calculado como (1 - U·R_{se}), donde U = 0.402 W/m²·K y R_{se} = 0.25 m²·K/W.

Condensaciones

1.1.4. Cálculo del factor de temperatura superficial interior necesario para evitar la humedad superficial crítica

Con objeto de prevenir los efectos adversos de la humedad superficial crítica, se ha limitado la humedad relativa máxima en la superficie interior a un valor de $\phi_{si,cr} = 0.8$.

Dadas las condiciones higrotérmicas exteriores, así como las interiores, el cálculo de $f_{Rsi,min}$ queda como sigue:

	θ_e (°C)	ϕ_e (%)	θ_i (°C)	ϕ_i (%)	P_i (Pa)	$P_{sat}(\theta_{si})$ (Pa)	$\theta_{si,min}$ (°C)	$f_{Rsi,min}$
Enero	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707
Febrero	9.9	72.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.672
Marzo	12.0	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.586
Abril	14.3	64.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.419
Mayo	18.5	59.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Junio	23.1	53.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Julio	27.2	44.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Agosto	27.1	45.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Septiembre	23.6	55.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Octubre	17.6	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Noviembre	12.2	75.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.575
Diciembre	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707

*: No hay riesgo de formación de condensaciones superficiales en el paramento interior, ya que $\phi_{si} < \phi_{si,cr}$.

donde:

θ_e : Temperatura del aire exterior, °C.

ϕ_e : Humedad relativa del aire exterior, %.

θ_i : Temperatura del aire interior, °C.

ϕ_i : Humedad relativa del aire interior, aumentada con un coeficiente de seguridad 5%, %.

P_i : Presión de vapor en el ambiente interior, Pa.

$P_{sat}(\theta_{si})$: Presión de saturación del vapor de agua mínima aceptable para la superficie interior, Pa.

$\theta_{si,min}$: Mínima temperatura superficial interior aceptable, calculada en base a la presión de saturación mínima aceptable, °C.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo.

Dado que $f_{Rsi} = 0.899 > f_{Rsi,min} = 0.707$, no se producen condensaciones superficiales en el elemento constructivo.

1.1.5. Cálculo de condensaciones intersticiales

Se exponen a continuación los resultados alcanzados en el cálculo de las temperaturas y presiones en cada una de las interfases formadas en la unión entre las capas homogéneas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo.

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Enero.

Cerramiento Exterior	θ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	ϕ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_s (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.88	1138.318	865.794	76.1	--	--
Interfase 1-2	9.00	1147.552	892.029	77.7	--	--
Interfase 2-3	10.05	1231.203	1198.114	97.3	--	--
Interfase 3-4	10.13	1238.031	1227.265	99.1	--	--
Interfase 4-5	18.92	2185.520	1244.756	57.0	--	--
Interfase 5-6	19.29	2236.184	1375.935	61.5	--	--
Cara interior	19.41	2252.877	1402.171	62.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

Condensaciones

donde:

T : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_a : Presión del vapor de agua, Pa.

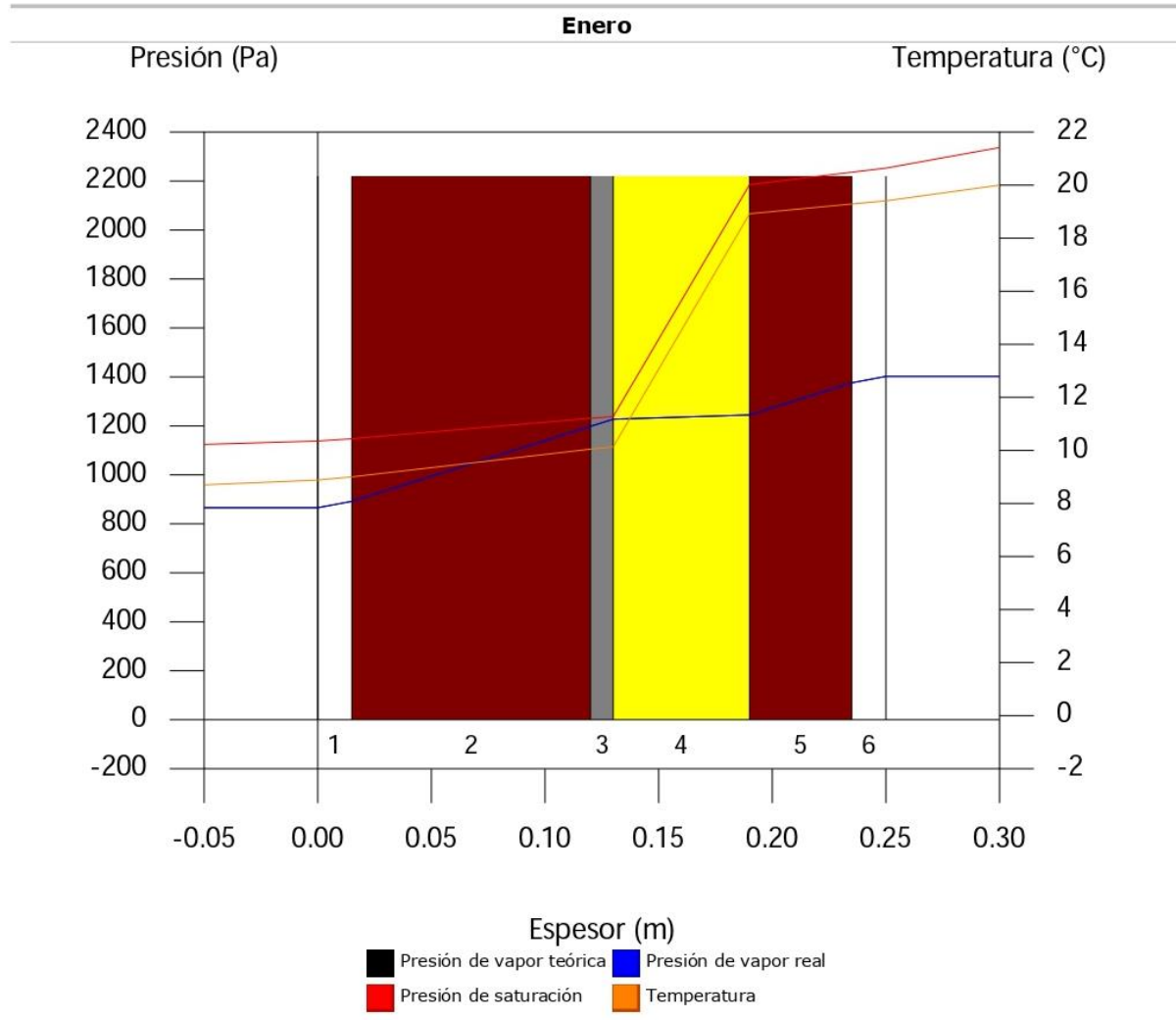
ϕ : Humedad relativa, %.

g : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_s : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Enero)

1.1.6. Representación gráfica de las condensaciones intersticiales previstas



1.2. Azotea

1.2.1. Resultados del cálculo de condensaciones

1.2.1.1. Condensación superficial

$$f_{Rsi} = 0.918 \quad f_{Rsi, \min} = 0.707$$

El elemento constructivo no presenta condensaciones superficiales.

donde:

f_{Rsi} : Factor de resistencia superficial interior, calculado como $(1 - U \cdot R_{si})$, donde $U = 0.329 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y $R_{si} = 0.25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

Condensaciones

$f_{Rd,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo, necesario para evitar la humedad superficial crítica, calculado considerando un valor de $\beta_{k,\sigma}$ 0.8.

1.2.1.2. Condensación intersticial

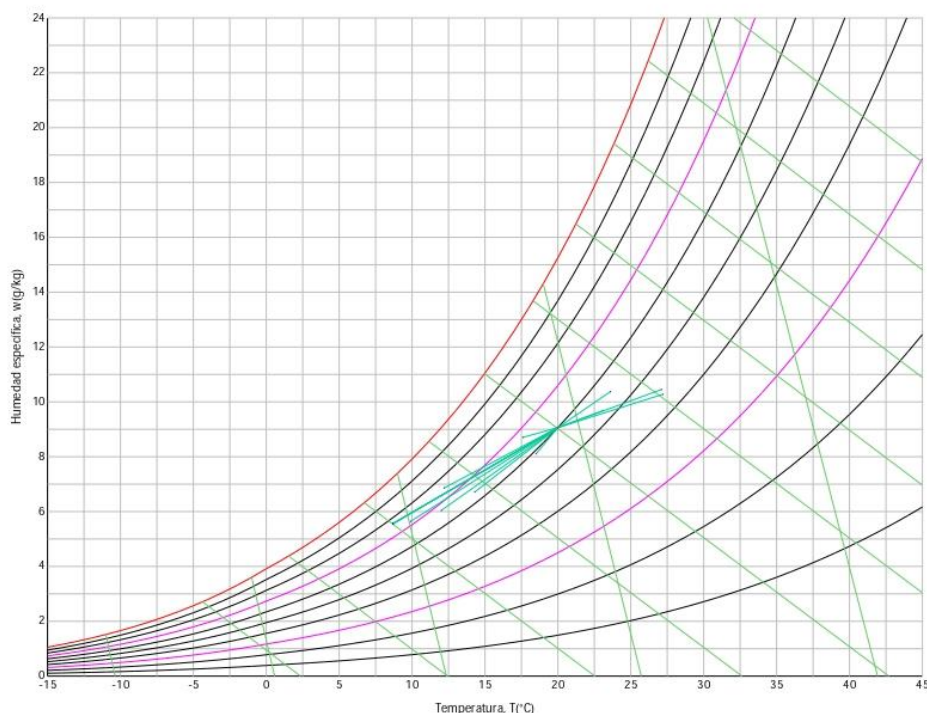
El elemento constructivo presenta condensaciones intersticiales en los meses de: **diciembre, enero, febrero, marzo**. Sin embargo, la cantidad de condensación acumulada en cada periodo anual no es superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

1.2.2. Condiciones higrotérmicas de cálculo

Las condiciones higrotérmicas exteriores e interiores utilizadas para realizar el cálculo de condensaciones son las siguientes:

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Condiciones exteriores													
Temperatura, θ_e	(°C)	8.7	9.9	12.0	14.3	18.5	23.1	27.2	27.1	23.6	17.6	12.2	8.7
Humedad relativa, ϕ_e	(%)	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
Condiciones interiores													
Temperatura, θ_i	(°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Humedad relativa, ϕ_i	(%)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

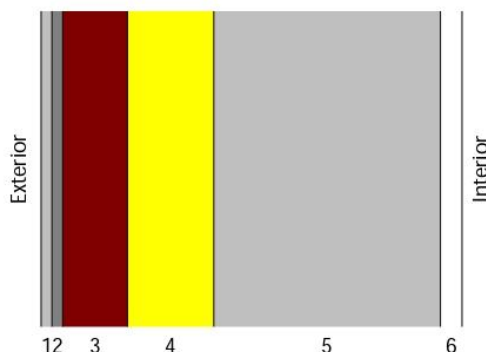
El diagrama psicrométrico asociado al emplazamiento, con una altura sobre el nivel del mar de **305 m**, se muestra a continuación, representando mediante segmentos de recta las transiciones desde cada condición exterior de cálculo a su correspondiente condición interior.



1.2.3. Descripción del elemento constructivo

El esquema de la composición del elemento constructivo, en sección, es el siguiente:

Condensaciones



Las características térmicas y las propiedades de difusión del vapor de agua de las capas homogéneas de caras paralelas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo son las siguientes:

Azotea		e (cm)	λ (W/m·K)	R (m ² ·K/W)	μ	S _d (m)
R _{se}		0.04				
1	Azulejo cerámico	1.0	1.300	0.00769	1000000	10000
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.0	0.550	0.01818	10	0.1
3	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6.0	0.469	0.12793	10	0.6
4	MW Lana mineral [0.031 W/(mK)]	8.0	0.031	2.58065	1	0.08
5	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	21.0	1.650	0.12727	70	14.7
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2.0	0.570	0.03509	6	0.12
R _{si}		0.10				

donde:

- e: Espesor, cm.
- λ : Conductividad térmica del material, W/(m·K).
- R: Resistencia térmica del material, m²·K/W.
- μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua del material.
- S_d: Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua, m.
- R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior del elemento, m²·K/W.
- R_{si}: Resistencia térmica superficial interior del elemento, m²·K/W.

La información de cálculo relativa a los parámetros higrotérmicos del elemento completo, derivada del modelo de capas homogéneas, es la siguiente:

Magnitud	Uds.	Valor
Espesor total del elemento, e _T	cm	39.0
Resistencia térmica total, R _T	m ² ·K/W	3.0368
Espesor de aire equivalente total, S _{d,T}	m	10015.60
Transmitancia térmica, U	W/(m ² ·K)	0.329
Factor de resistencia superficial interior, f_{rsi}	--	0.918

donde:

- e_T: Espesor total del elemento, cm.
- R_T: Resistencia térmica total del elemento, sumatorio de la resistencia térmica de cada capa, incluyendo las resistencias superficiales R_{se} y R_{si}, m²·K/W.
- S_{d,T}: Espesor de aire equivalente total, sumatorio del espesor equivalente de cada capa del elemento, m.
- U: Transmitancia térmica del elemento, calculada como la inversa de la resistencia térmica total, W/(m²·K).
- f_{rsi}: Factor de resistencia superficial interior, calculado como (1 - U·R_{se}), donde U = 0.329 W/m²·K y R_{se} = 0.25 m²·K/W.

1.2.4. Cálculo del factor de temperatura superficial interior necesario para evitar la humedad superficial crítica

Con objeto de prevenir los efectos adversos de la humedad superficial crítica, se ha limitado la humedad relativa máxima en la superficie interior a un valor de $\phi_{si,cr} = 0.8$.

Dadas las condiciones higrotérmicas exteriores, así como las interiores, el cálculo de f_{rsi,min} queda como

Condensaciones

sigue:

	ϑ_e (°C)	φ_e (%)	ϑ_i (°C)	φ_i (%)	P_i (Pa)	$P_{sat}(\vartheta_{si})$ (Pa)	$\vartheta_{si,min}$ (°C)	$f_{Rsi,min}$
Enero	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707
Febrero	9.9	72.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.672
Marzo	12.0	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.586
Abril	14.3	64.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.419
Mayo	18.5	59.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Junio	23.1	53.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Julio	27.2	44.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Agosto	27.1	45.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Septiembre	23.6	55.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Octubre	17.6	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Noviembre	12.2	75.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.575
Diciembre	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707

*: No hay riesgo de formación de condensaciones superficiales en el paramento interior, ya que $\vartheta_{si,min} > \vartheta_{Rsi,min}$.

donde:

ϑ_e : Temperatura del aire exterior, °C.

φ_e : Humedad relativa del aire exterior, %.

ϑ_i : Temperatura del aire interior, °C.

φ_i : Humedad relativa del aire interior, aumentada con un coeficiente de seguridad 5%, %.

P_i : Presión de vapor en el ambiente interior, Pa.

$P_{sat}(\vartheta_{si})$: Presión de saturación del vapor de agua mínima aceptable para la superficie interior, Pa.

$\vartheta_{si,min}$: Mínima temperatura superficial interior aceptable, calculada en base a la presión de saturación mínima aceptable, °C.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo.

Dado que $f_{Rsi} = 0.918 > f_{Rsi,min} = 0.707$, no se producen condensaciones superficiales en el elemento constructivo.

1.2.5. Cálculo de condensaciones intersticiales

Se exponen a continuación los resultados alcanzados en el cálculo de las temperaturas y presiones en cada una de las interfases formadas en la unión entre las capas homogéneas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo.

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Enero.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.85	1135.790	865.794	76.2	--	--
Interfase 1-2	8.88	1137.991	1137.991	100.0	27.929	55.858
Interfase 2-3	8.95	1143.208	1143.208	100.0	5.361	10.721
Interfase 3-4	9.42	1180.511	1180.511	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.02	2199.408	1181.701	53.7	--	--
Interfase 5-6	19.50	2265.220	1400.386	61.8	--	--
Cara interior	19.63	2283.664	1402.171	61.4	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Enero)

Condensaciones

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Febrero.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	9.90	1219.110	877.759	72.0		
Cara exterior	10.03	1230.029	877.759	71.4	--	--
Interfase 1-2	10.06	1232.139	1232.139	100.0	24.170	80.028
Interfase 2-3	10.12	1237.138	1237.138	100.0	4.586	15.307
Interfase 3-4	10.54	1272.819	1272.819	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.13	2213.670	1273.514	57.5	--	--
Interfase 5-6	19.55	2272.745	1401.129	61.6	--	--
Cara interior	19.67	2289.272	1402.171	61.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Febrero)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Marzo.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	12.00	1401.808	939.211	67.0		
Cara exterior	12.11	1411.577	939.211	66.5	--	--
Interfase 1-2	12.13	1413.462	1413.462	100.0	23.896	103.924
Interfase 2-3	12.17	1417.928	1417.928	100.0	-15.307	--
Interfase 3-4	12.51	1449.701	1417.318	97.8	--	--
Interfase 4-5	19.31	2238.823	1417.237	63.3	--	--
Interfase 5-6	19.64	2285.966	1402.293	61.3	--	--
Cara interior	19.74	2299.115	1402.171	61.0	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Marzo)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Abril.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	14.30	1629.101	1042.624	64.0		
Cara exterior	14.38	1637.036	1042.624	63.7	--	--
Interfase 1-2	14.39	1638.565	1638.565	100.0	-7.886	96.038
Interfase 2-3	14.42	1642.186	1637.050	99.7	--	--
Interfase 3-4	14.66	1667.863	1627.958	97.6	--	--
Interfase 4-5	19.51	2266.659	1626.746	71.8	--	--
Interfase 5-6	19.75	2300.524	1403.989	61.0	--	--
Cara interior	19.81	2309.937	1402.171	60.7	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 ϑ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Abril)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Mayo.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	18.50	2128.577	1255.861	59.0		
Cara exterior	18.52	2131.213	1255.861	58.9	--	--
Interfase 1-2	18.52	2131.720	2131.720	100.0	-25.099	70.939
Interfase 2-3	18.53	2132.919	2127.043	99.7	--	--
Interfase 3-4	18.60	2141.372	2098.983	98.0	--	--
Interfase 4-5	19.87	2318.271	2095.242	90.4	--	--
Interfase 5-6	19.93	2327.316	1407.783	60.5	--	--
Cara interior	19.95	2329.816	1402.171	60.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 ϑ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Mayo)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Junio.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	23.10	2824.836	1497.163	53.0		
Cara exterior	23.06	2817.873	1497.163	53.1	--	--
Interfase 1-2	23.05	2816.536	2816.536	100.0	-47.069	23.870
Interfase 2-3	23.03	2813.377	2807.469	99.8	--	--
Interfase 3-4	22.90	2791.238	2753.071	98.6	--	--
Interfase 4-5	20.27	2375.975	2745.817	115.6	--	--
Interfase 5-6	20.14	2356.974	1413.050	60.0	--	--
Cara interior	20.10	2351.759	1402.171	59.6	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Junio)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Julio.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	27.20	3605.246	1586.308	44.0		
Cara exterior	27.11	3585.267	1586.308	44.2	--	--
Interfase 1-2	27.09	3581.436	3581.436	100.0	-23.870	--
Interfase 2-3	27.04	3572.395	3567.466	99.9	--	--
Interfase 3-4	26.74	3509.340	3483.648	99.3	--	--
Interfase 4-5	20.62	2428.461	3472.472	143.0	--	--
Interfase 5-6	20.32	2383.685	1418.934	59.5	--	--
Cara interior	20.24	2371.468	1402.171	59.1	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Julio)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Agosto.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	27.10	3584.182	1612.882	45.0		
Cara exterior	27.01	3564.580	1612.882	45.2	--	--
Interfase 1-2	26.99	3560.821	1402.499	39.4	--	--
Interfase 2-3	26.95	3551.950	1402.497	39.5	--	--
Interfase 3-4	26.65	3490.075	1402.484	40.2	--	--
Interfase 4-5	20.61	2427.169	1402.482	57.8	--	--
Interfase 5-6	20.32	2383.030	1402.173	58.8	--	--
Cara interior	20.23	2370.986	1402.171	59.1	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Agosto)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Septiembre.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	23.60	2911.329	1601.231	55.0		
Cara exterior	23.55	2903.028	1601.231	55.2	--	--
Interfase 1-2	23.54	2901.434	1402.481	48.3	--	--
Interfase 2-3	23.52	2897.670	1402.479	48.4	--	--
Interfase 3-4	23.37	2871.303	1402.467	48.8	--	--
Interfase 4-5	20.31	2382.322	1402.465	58.9	--	--
Interfase 5-6	20.16	2360.217	1402.173	59.4	--	--
Cara interior	20.12	2354.155	1402.171	59.6	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Septiembre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Octubre.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	17.60	2011.519	1347.718	67.0		
Cara exterior	17.63	2015.533	1347.718	66.9	--	--
Interfase 1-2	17.64	2016.306	1402.086	69.5	--	--
Interfase 2-3	17.65	2018.133	1402.086	69.5	--	--
Interfase 3-4	17.75	2031.033	1402.090	69.0	--	--
Interfase 4-5	19.79	2307.125	1402.090	60.8	--	--
Interfase 5-6	19.89	2321.552	1402.170	60.4	--	--
Cara interior	19.92	2325.543	1402.171	60.3	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 ϑ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Octubre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Noviembre.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	12.20	1420.401	1065.301	75.0		
Cara exterior	12.30	1430.036	1065.301	74.5	--	--
Interfase 1-2	12.32	1431.895	1401.646	97.9	--	--
Interfase 2-3	12.37	1436.299	1401.649	97.6	--	--
Interfase 3-4	12.70	1467.622	1401.670	95.5	--	--
Interfase 4-5	19.33	2241.232	1401.672	62.5	--	--
Interfase 5-6	19.65	2287.229	1402.167	61.3	--	--
Cara interior	19.74	2300.054	1402.171	61.0	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 ϑ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Noviembre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Diciembre.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	ϑ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.85	1135.790	865.794	76.2	--	--
Interfase 1-2	8.88	1137.991	1137.991	100.0	27.929	27.929
Interfase 2-3	8.95	1143.208	1143.208	100.0	5.361	5.361
Interfase 3-4	9.42	1180.511	1180.511	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.02	2199.408	1181.701	53.7	--	--
Interfase 5-6	19.50	2265.220	1400.386	61.8	--	--
Cara interior	19.63	2283.664	1402.171	61.4	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

ϑ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Diciembre)

Evolución anual de la condensación acumulada.

Se presentan a continuación las cantidades totales de agua condensada en el elemento constructivo para cada situación de cálculo, así como la evolución de la humedad acumulada a lo largo del año.

El primer mes con condensación en alguna interfase es **diciembre**, aunque la cantidad neta anual es nula, por producirse la evaporación suficiente en los meses siguientes.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Evolución de la cantidad de agua condensada.												
g_c g/(m ² ·mes)	33.290	28.756	23.896	--	--	--	--	--	--	--	--	33.290
g_{ev} g/(m ² ·mes)	--	--	15.307	7.886	25.099	47.069	23.870	--	--	--	--	--
M_a (g/m ²)	66.579	95.336	103.924	96.038	70.939	23.870	--	--	--	--	--	33.290

donde:

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

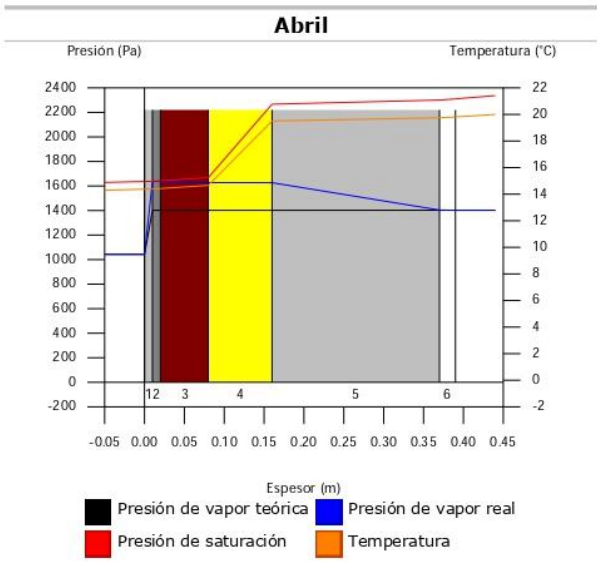
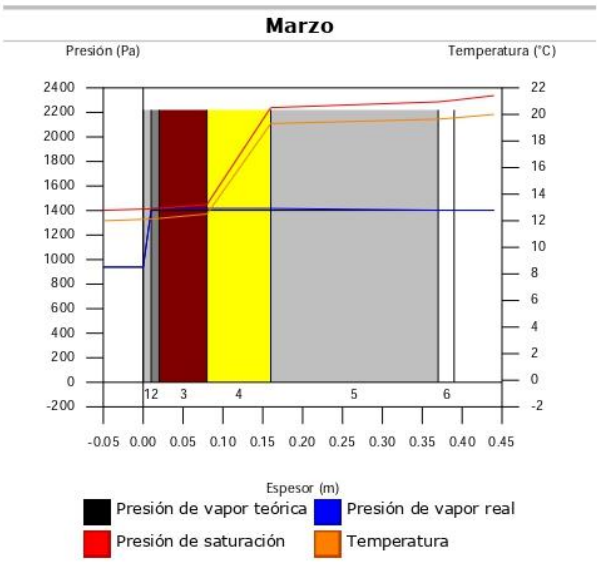
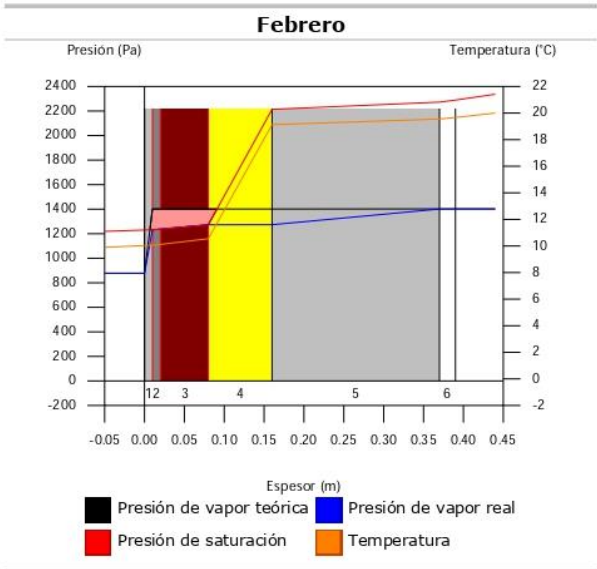
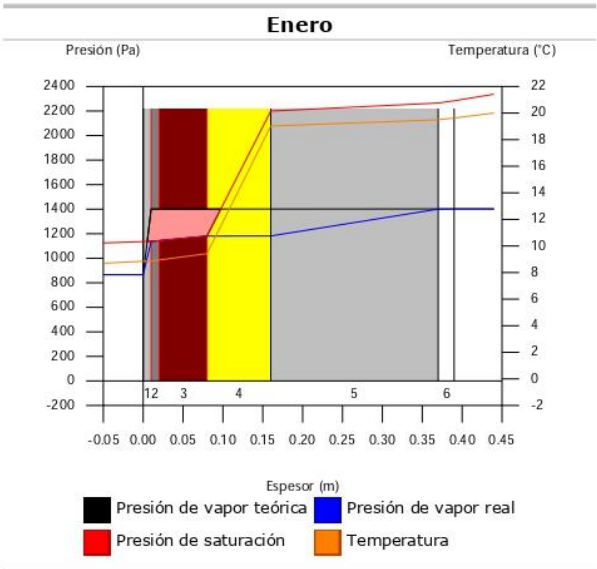
g_{ev} : Densidad de flujo de evaporación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

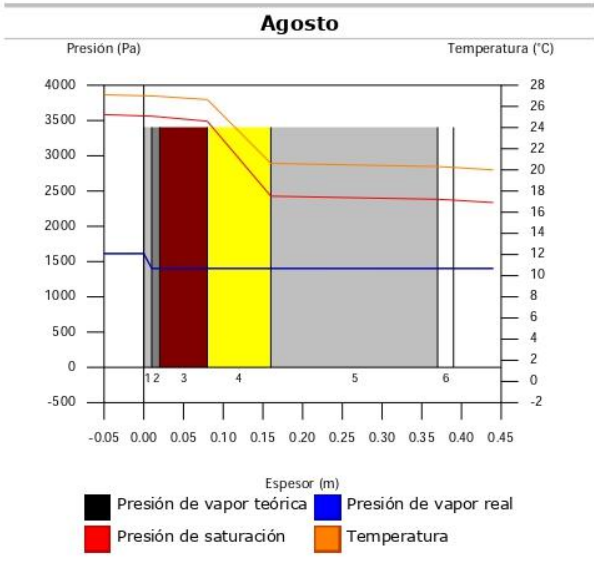
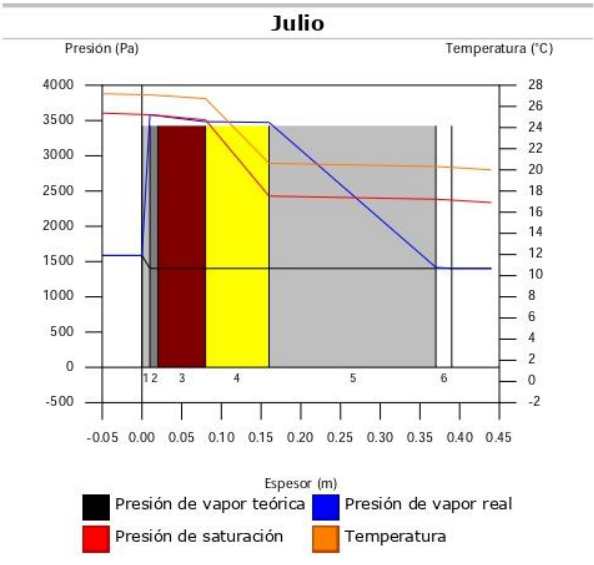
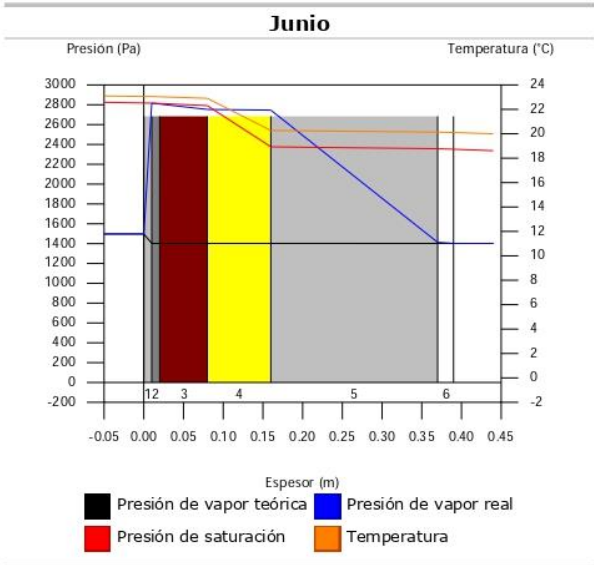
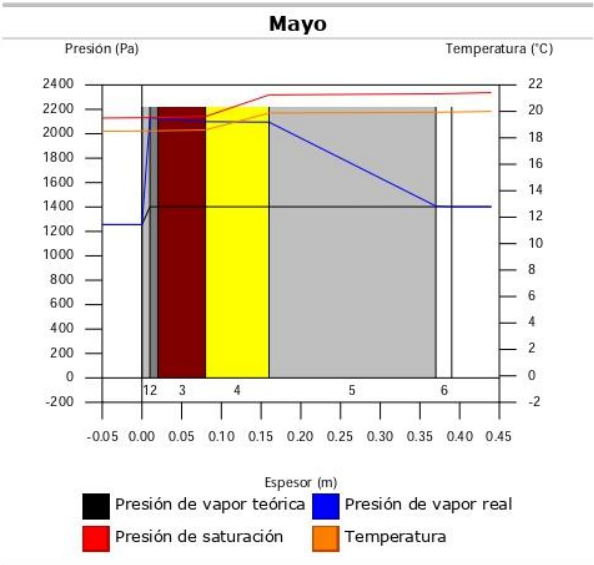
>> Representación gráfica (Condensación acumulada)

1.2.6. Representación gráfica de las condensaciones intersticiales previstas

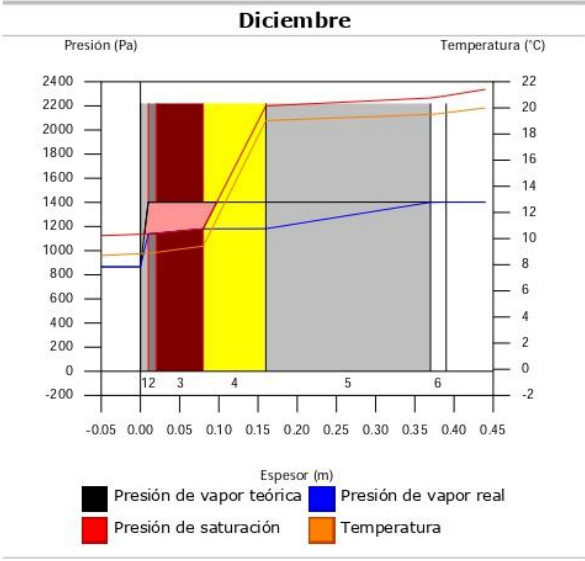
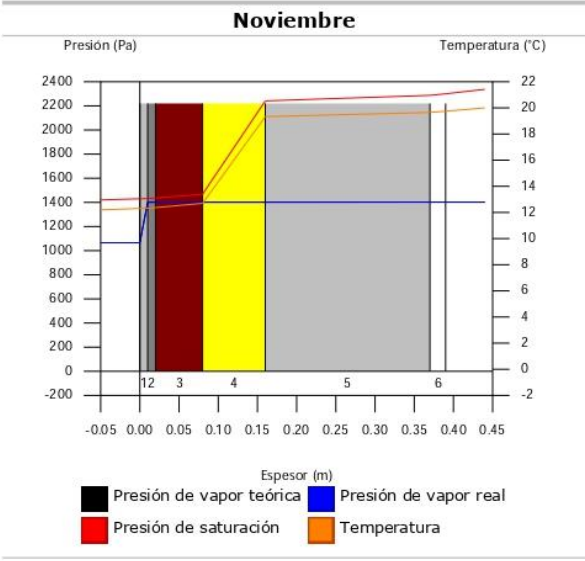
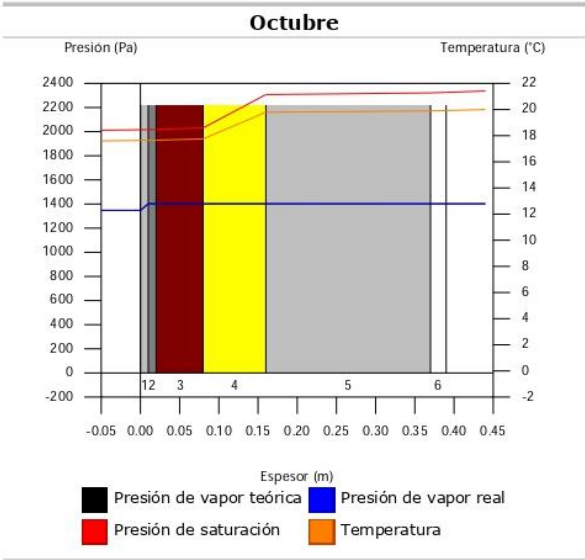
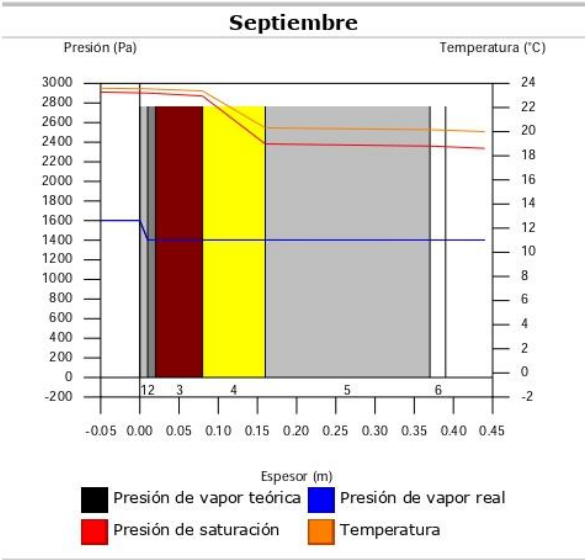
Condensaciones



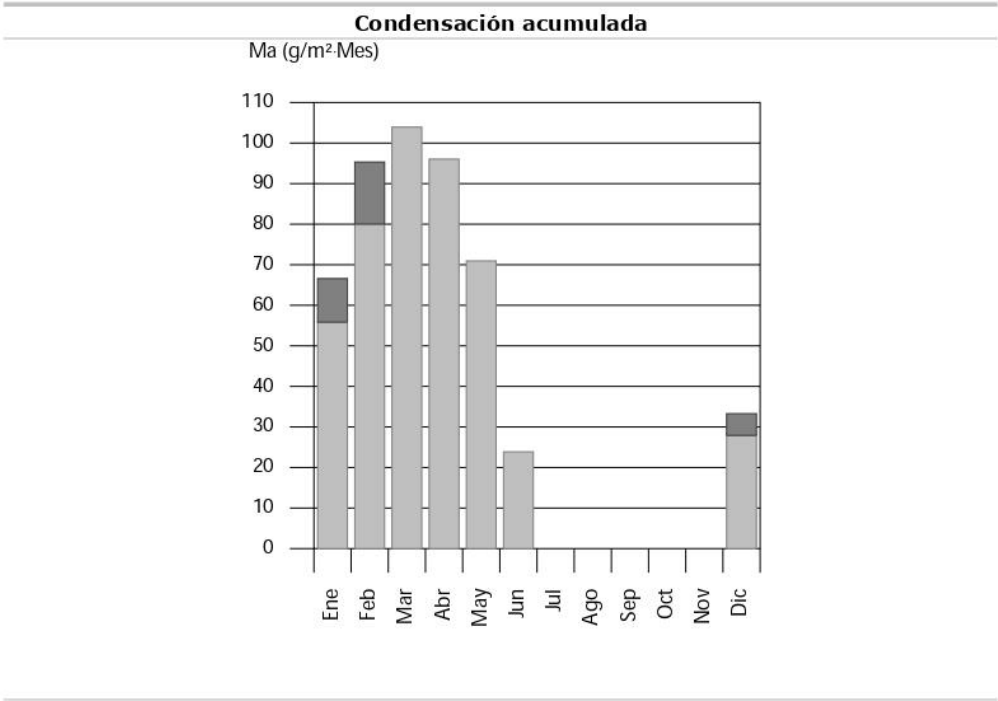
Condensaciones



Condensaciones



Condensaciones



ANEXO IV:

Puentes Térmicos

Encuentro de fachada con forjado	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	41.417	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)-[B]Medianeria(180)	21.260	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	70.523	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	32.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	32.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	70.523	0.50
CFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)	6.017	0.50

Encuentro de fachada con cubierta	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LFs [G]Azotea-[B]Medianeria(90)	32.400	0.50
LFs [G]Azotea-[B]Cerramiento Exterior(90)	70.673	0.50

Esquina entrante de fachadas	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LWi [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)	8.100	0.50

Esquina saliente de fachadas	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LWo [B]Cerramiento Exterior-[B]Medianeria(90)	5.400	0.50
LWo [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)	32.400	0.50
LWo [B]Medianeria-[B]Cerramiento Exterior(90)	5.400	0.50

Huevo de ventana	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
Wi [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	13.500	0.50
Ws [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	13.500	0.50
Wi [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	15.000	0.50
Ws [J]Puerta-[C]Tabiques	36.800	0.50
Wi [J]Puerta-[C]Tabiques	186.760	0.50
Ws [J]Puertas Dobles-[C]Tabiques	11.200	0.50
Wi [J]Puertas Dobles-[C]Tabiques	32.480	0.50
Wi [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	12.000	0.50
Ws [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	12.000	0.50

Hueco de ventana	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
WI [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	24.000	0.50
Ws [J]Puertas Dobles-[B]Cerramiento Exterior	1.400	0.50
WI [J]Puertas Dobles-[B]Cerramiento Exterior	4.060	0.50
Ws [J]Puerta Cochera-[B]Cerramiento Exterior	2.100	0.50
WI [J]Puerta Cochera-[B]Cerramiento Exterior	4.800	0.50

Otro (no interviene en el edificio de referencia)	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TFi [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[C]Tabiques(90)	162.645	0.50
CFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	113.456	0.50
LWi [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)	40.500	0.50
TW [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	16.200	0.50
TW [B]Medianeria-[B]Medianeria(180)-[C]Tabiques(90)	24.300	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)	81.000	0.50
CW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)	10.800	0.50
TFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	162.645	0.50
TFs [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[C]Tabiques(90)	123.598	0.50
CFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	113.456	0.50
TFi [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[B]Cerramiento Exterior(90)	11.007	0.50
LWo [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)	40.500	0.50
TW [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(180)-[C]Tabiques(90)	16.200	0.50
TWr [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)	5.400	0.50
TW [C]Tabiques-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	24.300	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(180)-[C]Tabiques(90)	81.000	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	81.000	0.50
LFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)	2.770	0.50
TFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	123.598	0.50
NC [C]Tabiques-[G]Azotea(90)-[H](180)	154.733	0.50
TFs [G]Azotea-[H](180)-[C]Tabiques(90)	154.733	0.50
NC [B]Medianeria-[H](90)	32.400	0.50
NC [B]Cerramiento Exterior-[H](90)	70.673	0.50
TWr [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)-[C]Tabiques(90)	8.100	0.50
TWI [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(180)-[B]Cerramiento Exterior(90)	8.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	0.799	0.50

Otro (no interviene en el edificio de referencia)	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TWI [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)-[C]Tabiques(180)	5.400	0.50
LFI [E]Suelo-[A]Muro Sotano(90)	100.462	0.50
TFI [E]Suelo-[E]Suelo(180)-[C]Tabiques(90)	128.146	0.50
TW [C]Tabiques-[A]Muro Sotano(90)-[A]Muro Sotano(180)	8.100	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[A]Muro Sotano(180)	41.417	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[A]Muro Sotano(180)	21.260	0.50
TFI [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	22.014	0.50
LFs [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)	12.312	0.50
CFs [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	12.033	0.50
NC [C]Tabiques-[F]Fojado entre Pisos(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	6.017	0.50
LFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)	2.770	0.50
LWo [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(90)	14.100	0.50
TWr [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(90)-[C]Tabiques(90)	2.700	0.50
TW [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(180)-[C]Tabiques(90)	8.100	0.50
TWI [C]Tabiques-[A]Muro Sotano(180)-[A]Muro Sotano(90)	2.700	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	0.799	0.50
NC [C]Tabiques-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	0.799	0.50

ANEXO V:

Justificación calificación energética con mejoras

Calificación energética del edificio

Zona climática	B4	Uso	Otros usos
----------------	----	-----	------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES		
	CALEFACCIÓN	ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² ·año]	C	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² ·año]
	8.33		0.12
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Emisiones globales[kgCO ₂ /m ² ·año] ¹	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² ·año]	B	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² ·año]
	1.03		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	5.29	6201.30
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	8.33	9764.12

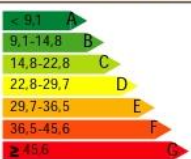
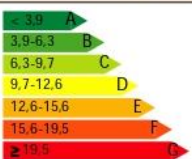
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

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]	C	Energía primaria ACS [kWh/m ² ·año]
	31.58		0.7
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable[kWh/m ² ·año] ¹	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² ·año]	B	Energía primaria iluminación [kWh/m ² ·año]
	6.07		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, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO VI:

Condensaciones edificio mejorado

Condensaciones

ZONA COMÚN

1.1. Cerramiento Exterior

1.1.1. Resultados del cálculo de condensaciones

1.1.1.1. Condensación superficial

$$f_{Rsi} = 0.899 \geq f_{Rsi,min} = 0.707$$

El elemento constructivo no presenta condensaciones superficiales.

donde:

f_{Rsi} : Factor de resistencia superficial interior, calculado como $(1 - U \cdot R_{si})$, donde $U = 0.402 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $R_{si} = 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo, necesario para evitar la humedad superficial crítica, calculado considerando un valor de $\beta_{v,q} \geq 0.8$.

1.1.1.2. Condensación intersticial

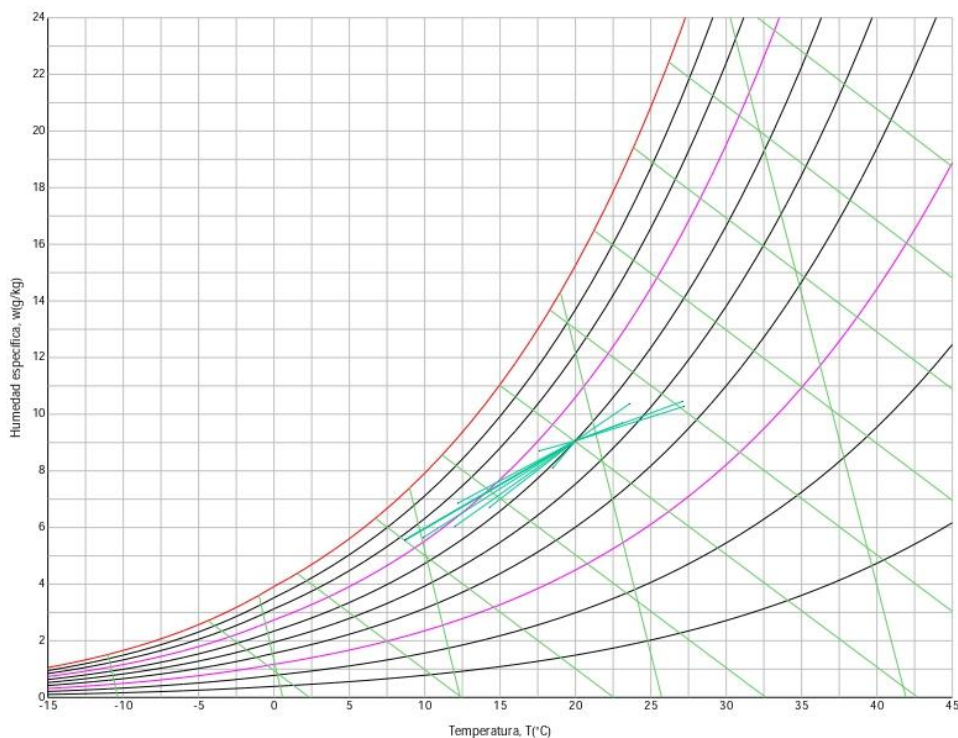
El elemento constructivo no presenta condensaciones intersticiales.

1.1.2. Condiciones higrotérmicas de cálculo

Las condiciones higrotérmicas exteriores e interiores utilizadas para realizar el cálculo de condensaciones son las siguientes:

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Condiciones exteriores													
Temperatura, θ_e	(°C)	8.7	9.9	12.0	14.3	18.5	23.1	27.2	27.1	23.6	17.6	12.2	8.7
Humedad relativa, ϕ_e	(%)	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
Condiciones interiores													
Temperatura, θ_i	(°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Humedad relativa, ϕ_i	(%)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

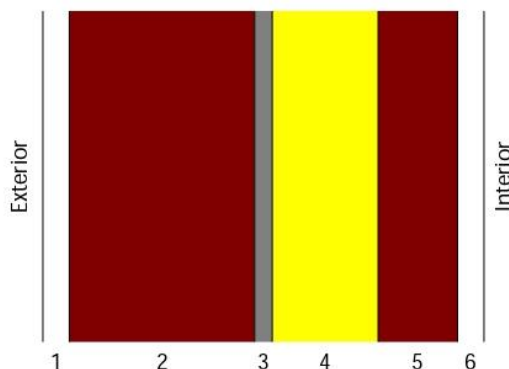
El diagrama psicrométrico asociado al emplazamiento, con una altura sobre el nivel del mar de **305 m**, se muestra a continuación, representando mediante segmentos de recta las transiciones desde cada condición exterior de cálculo a su correspondiente condición interior.



Condensaciones

1.1.3. Descripción del elemento constructivo

El esquema de la composición del elemento constructivo, en sección, es el siguiente:



Las características térmicas y las propiedades de difusión del vapor de agua de las capas homogéneas de caras paralelas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo son las siguientes:

Cerramiento Exterior		e (cm)	λ (W/m·K)	R (m ² ·K/W)	μ	S _d (m)
R _{se}		0.04				
1	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5	0.570	0.02632	6	0.09
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	10.5	0.456	0.23026	10	1.05
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.0	0.550	0.01818	10	0.1
4	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	6.0	0.031	1.93548	1	0.06
5	Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]	4.5	0.556	0.08094	10	0.45
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	1.5	0.570	0.02632	6	0.09
R _{si}		0.13				

donde:

- e: Espesor, cm.
- λ : Conductividad térmica del material, W/(m·K).
- R: Resistencia térmica del material, m²·K/W.
- μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua del material.
- S_d: Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua, m.
- R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior del elemento, m²·K/W.
- R_{si}: Resistencia térmica superficial interior del elemento, m²·K/W.

La información de cálculo relativa a los parámetros higrotérmicos del elemento completo, derivada del modelo de capas homogéneas, es la siguiente:

Magnitud	Uds.	Valor
Espesor total del elemento, e _T	cm	25.0
Resistencia térmica total, R _T	m ² ·K/W	2.4875
Espesor de aire equivalente total, S _{d,T}	m	1.84
Transmitancia térmica, U	W/(m ² ·K)	0.402
Factor de resistencia superficial interior, f_{Rsi}	--	0.899

donde:

- E_T: Espesor total del elemento, cm.
- R_T: Resistencia térmica total del elemento, sumatorio de la resistencia térmica de cada capa, incluyendo las resistencias superficiales R_{se} y R_{si}, m²·K/W.
- S_{d,T}: Espesor de aire equivalente total, sumatorio del espesor equivalente de cada capa del elemento, m.
- U: Transmitancia térmica del elemento, calculada como la inversa de la resistencia térmica total, W/(m²·K).
- f_{Rsi}: Factor de resistencia superficial interior, calculado como (1 - U·R_{se}), donde U = 0.402 W/m²·K y R_{se} = 0.25 m²·K/W.

Condensaciones

1.1.4. Cálculo del factor de temperatura superficial interior necesario para evitar la humedad superficial crítica

Con objeto de prevenir los efectos adversos de la humedad superficial crítica, se ha limitado la humedad relativa máxima en la superficie interior a un valor de $\phi_{si,cr} = 0.8$.

Dadas las condiciones higrotérmicas exteriores, así como las interiores, el cálculo de $f_{Rsi,min}$ queda como sigue:

	ϕ_e (°C)	ϕ_e (%)	ϕ_i (°C)	ϕ_i (%)	P_i (Pa)	$P_{sat}(\phi_{si})$ (Pa)	$\phi_{si,min}$ (°C)	$f_{Rsi,min}$
Enero	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707
Febrero	9.9	72.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.672
Marzo	12.0	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.586
Abril	14.3	64.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.419
Mayo	18.5	59.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Junio	23.1	53.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Julio	27.2	44.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Agosto	27.1	45.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Septiembre	23.6	55.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Octubre	17.6	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Noviembre	12.2	75.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.575
Diciembre	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707

*: No hay riesgo de formación de condensaciones superficiales en el paramento interior, ya que $\phi_{si} < \phi_{si,cr}$, donde:

ϕ_e : Temperatura del aire exterior, °C.

ϕ_e : Humedad relativa del aire exterior, %.

ϕ_i : Temperatura del aire interior, °C.

ϕ_i : Humedad relativa del aire interior, aumentada con un coeficiente de seguridad 5%, %.

P_i : Presión de vapor en el ambiente interior, Pa.

$P_{sat}(\phi_{si})$: Presión de saturación del vapor de agua mínima aceptable para la superficie interior, Pa.

$\phi_{si,min}$: Mínima temperatura superficial interior aceptable, calculada en base a la presión de saturación mínima aceptable, °C.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo.

Dado que $f_{Rsi} = 0.899 > f_{Rsi,min} = 0.707$, no se producen condensaciones superficiales en el elemento constructivo.

1.1.5. Cálculo de condensaciones intersticiales

Se exponen a continuación los resultados alcanzados en el cálculo de las temperaturas y presiones en cada una de las interfases formadas en la unión entre las capas homogéneas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo.

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Enero.

Cerramiento Exterior	ϕ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	ϕ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_v (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.88	1138.318	865.794	76.1	--	--
Interfase 1-2	9.00	1147.552	892.029	77.7	--	--
Interfase 2-3	10.05	1231.203	1198.114	97.3	--	--
Interfase 3-4	10.13	1238.031	1227.265	99.1	--	--
Interfase 4-5	18.92	2185.520	1244.756	57.0	--	--
Interfase 5-6	19.29	2236.184	1375.935	61.5	--	--
Cara interior	19.41	2252.877	1402.171	62.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

Condensaciones

donde:

T : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_v : Presión del vapor de agua, Pa.

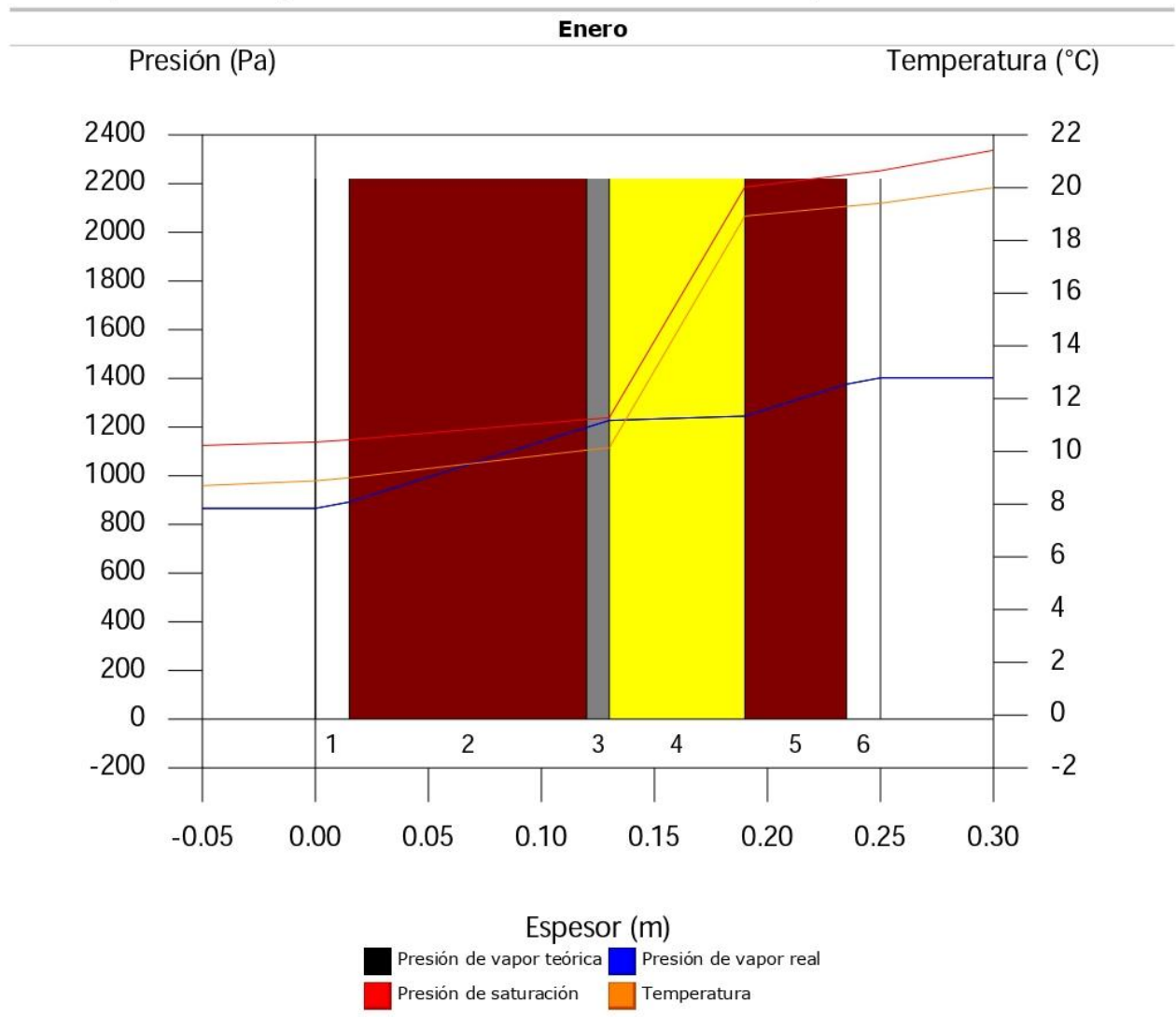
ϕ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_s : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Enero)

1.1.6. Representación gráfica de las condensaciones intersticiales previstas



1.2. Azotea

1.2.1. Resultados del cálculo de condensaciones

1.2.1.1. Condensación superficial

$$f_{Rsi} = 0.918 \quad f_{Rsi, \min} = 0.707$$

El elemento constructivo no presenta condensaciones superficiales.

donde:

f_{Rsi} : Factor de resistencia superficial interior, calculado como $(1 - U \cdot R_{si})$, donde $U = 0.329 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $R_{si} = 0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Condensaciones

$f_{Rg,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo, necesario para evitar la humedad superficial crítica, calculado considerando un valor de $\alpha_{b,g}$ 0.8.

1.2.1.2. Condensación intersticial

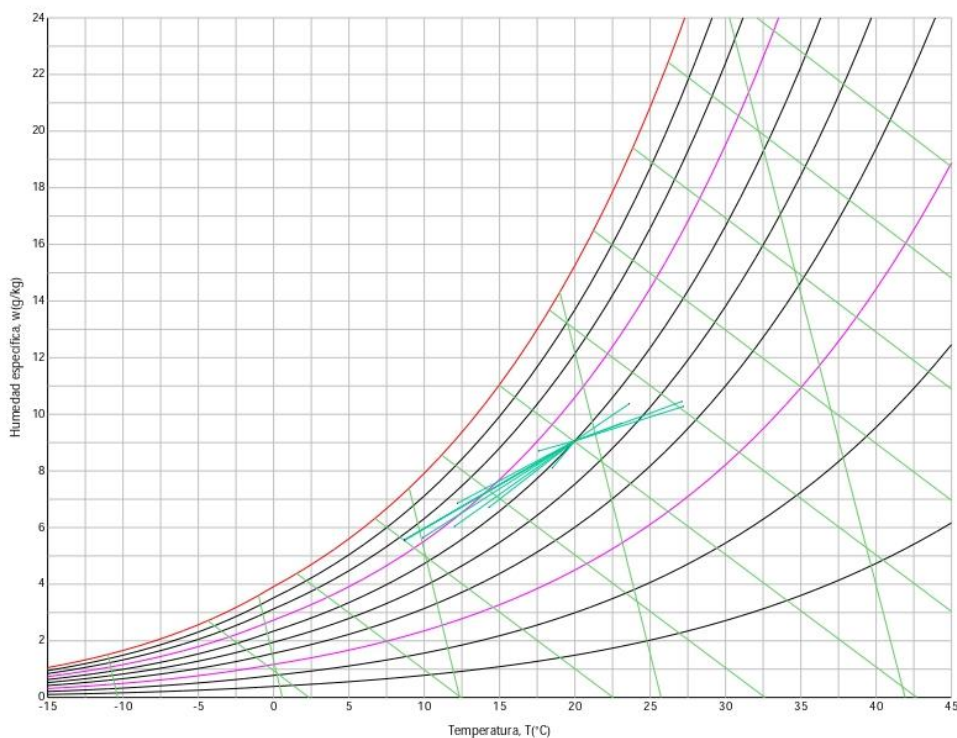
El elemento constructivo presenta condensaciones intersticiales en los meses de: **diciembre, enero, febrero, marzo**. Sin embargo, la cantidad de condensación acumulada en cada periodo anual no es superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

1.2.2. Condiciones higrotérmicas de cálculo

Las condiciones higrotérmicas exteriores e interiores utilizadas para realizar el cálculo de condensaciones son las siguientes:

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Condiciones exteriores													
Temperatura, θ_e	(°C)	8.7	9.9	12.0	14.3	18.5	23.1	27.2	27.1	23.6	17.6	12.2	8.7
Humedad relativa, ϕ_e	(%)	77	72	67	64	59	53	44	45	55	67	75	77
Condiciones interiores													
Temperatura, θ_i	(°C)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Humedad relativa, ϕ_i	(%)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

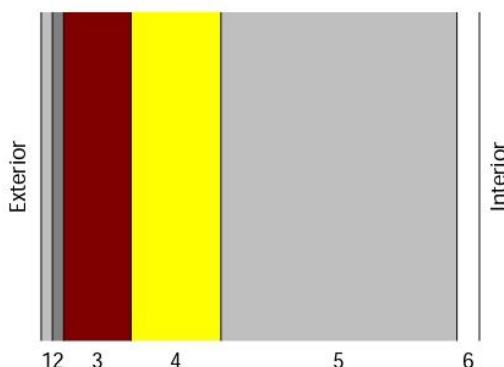
El diagrama psicrométrico asociado al emplazamiento, con una altura sobre el nivel del mar de **305 m**, se muestra a continuación, representando mediante segmentos de recta las transiciones desde cada condición exterior de cálculo a su correspondiente condición interior.



1.2.3. Descripción del elemento constructivo

El esquema de la composición del elemento constructivo, en sección, es el siguiente:

Condensaciones



Las características térmicas y las propiedades de difusión del vapor de agua de las capas homogéneas de caras paralelas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo son las siguientes:

Azotea		e (cm)	λ (W/m·K)	R (m ² ·K/W)	μ	S _d (m)
R _{se}		0.04				
1	Azulejo cerámico	1.0	1.300	0.00769	1000000	10000
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250	1.0	0.550	0.01818	10	0.1
3	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	6.0	0.469	0.12793	10	0.6
4	MW Lana mineral [0.031 W/[mK]]	8.0	0.031	2.58065	1	0.08
5	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	21.0	1.650	0.12727	70	14.7
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	2.0	0.570	0.03509	6	0.12
R _{si}		0.10				

donde:

e: Espesor, cm.

λ : Conductividad térmica del material, W/(m·K).

R: Resistencia térmica del material, m²·K/W.

μ : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua del material.

S_d: Espesor de aire equivalente frente a la difusión del vapor de agua, m.

R_{se}: Resistencia térmica superficial exterior del elemento, m²·K/W.

R_{si}: Resistencia térmica superficial interior del elemento, m²·K/W.

La información de cálculo relativa a los parámetros higrotérmicos del elemento completo, derivada del modelo de capas homogéneas, es la siguiente:

Magnitud	Uds.	Valor
Espesor total del elemento, e _T	cm	39.0
Resistencia térmica total, R _T	m ² ·K/W	3.0368
Espesor de aire equivalente total, S _{d,T}	m	10015.60
Transmitancia térmica, U	W/(m ² ·K)	0.329
Factor de resistencia superficial interior, f_{Rsi}	--	0.918

donde:

e_T: Espesor total del elemento, cm.

R_T: Resistencia térmica total del elemento, sumatorio de la resistencia térmica de cada capa, incluyendo las resistencias superficiales R_{se} y R_{si}, m²·K/W.

S_{d,T}: Espesor de aire equivalente total, sumatorio del espesor equivalente de cada capa del elemento, m.

U: Transmitancia térmica del elemento, calculada como la inversa de la resistencia térmica total, W/(m²·K).

f_{Rsi}: Factor de resistencia superficial interior, calculado como (1 - U·R_{si}), donde U = 0.329 W/m²·K y R_{si} = 0.25 m²·K/W.

1.2.4. Cálculo del factor de temperatura superficial interior necesario para evitar la humedad superficial crítica

Con objeto de prevenir los efectos adversos de la humedad superficial crítica, se ha limitado la humedad relativa máxima en la superficie interior a un valor de $\phi_{si,cr} \leq 0.8$.

Dadas las condiciones higrotérmicas exteriores, así como las interiores, el cálculo de f_{Rsi,min} queda como

Condensaciones

sigue:

	t_e (°C)	ϕ_e (%)	t_i (°C)	ϕ_i (%)	P_i (Pa)	$P_{sat}(\phi_{si})$ (Pa)	$t_{si,min}$ (°C)	$f_{Rsi,min}$
Enero	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707
Febrero	9.9	72.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.672
Marzo	12.0	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.586
Abril	14.3	64.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.419
Mayo	18.5	59.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Junio	23.1	53.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Julio	27.2	44.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Agosto	27.1	45.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Septiembre	23.6	55.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	--*
Octubre	17.6	67.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.000
Noviembre	12.2	75.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.575
Diciembre	8.7	77.0	20.0	65.0	1519.02	1898.77	16.7	0.707

*: No hay riesgo de formación de condensaciones superficiales en el paramento interior, ya que $\phi_{si} < \phi_{si,max}$.

donde:

t_e : Temperatura del aire exterior, °C.

ϕ_e : Humedad relativa del aire exterior, %.

t_i : Temperatura del aire interior, °C.

ϕ_i : Humedad relativa del aire interior, aumentada con un coeficiente de seguridad 5%, %.

P_i : Presión de vapor en el ambiente interior, Pa.

$P_{sat}(\phi_{si})$: Presión de saturación del vapor de agua mínima aceptable para la superficie interior, Pa.

$t_{si,min}$: Mínima temperatura superficial interior aceptable, calculada en base a la presión de saturación mínima aceptable, °C.

$f_{Rsi,min}$: Factor de resistencia superficial interior mínimo.

Dado que $f_{Rsi} = 0.918 > f_{Rsi,min} = 0.707$, no se producen condensaciones superficiales en el elemento constructivo.

1.2.5. Cálculo de condensaciones intersticiales

Se exponen a continuación los resultados alcanzados en el cálculo de las temperaturas y presiones en cada una de las interfases formadas en la unión entre las capas homogéneas que conforman el modelo de cálculo del elemento constructivo.

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Enero.

Azotea	t (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	ϕ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.85	1135.790	865.794	76.2	--	--
Interfase 1-2	8.88	1137.991	1137.991	100.0	27.929	55.858
Interfase 2-3	8.95	1143.208	1143.208	100.0	5.361	10.721
Interfase 3-4	9.42	1180.511	1180.511	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.02	2199.408	1181.701	53.7	--	--
Interfase 5-6	19.50	2265.220	1400.386	61.8	--	--
Cara interior	19.63	2283.664	1402.171	61.4	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

t : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

ϕ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Enero)

Condensaciones

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Febrero.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	9.90	1219.110	877.759	72.0		
Cara exterior	10.03	1230.029	877.759	71.4	--	--
Interfase 1-2	10.06	1232.139	1232.139	100.0	24.170	80.028
Interfase 2-3	10.12	1237.138	1237.138	100.0	4.586	15.307
Interfase 3-4	10.54	1272.819	1272.819	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.13	2213.670	1273.514	57.5	--	--
Interfase 5-6	19.55	2272.745	1401.129	61.6	--	--
Cara interior	19.67	2289.272	1402.171	61.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Febrero)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Marzo.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	12.00	1401.808	939.211	67.0		
Cara exterior	12.11	1411.577	939.211	66.5	--	--
Interfase 1-2	12.13	1413.462	1413.462	100.0	23.896	103.924
Interfase 2-3	12.17	1417.928	1417.928	100.0	-15.307	--
Interfase 3-4	12.51	1449.701	1417.318	97.8	--	--
Interfase 4-5	19.31	2238.823	1417.237	63.3	--	--
Interfase 5-6	19.64	2285.966	1402.293	61.3	--	--
Cara interior	19.74	2299.115	1402.171	61.0	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Marzo)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Abril.

Condensaciones

Azotea	φ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	14.30	1629.101	1042.624	64.0		
Cara exterior	14.38	1637.036	1042.624	63.7	--	--
Interfase 1-2	14.39	1638.565	1638.565	100.0	-7.886	96.038
Interfase 2-3	14.42	1642.186	1637.050	99.7	--	--
Interfase 3-4	14.66	1667.863	1627.958	97.6	--	--
Interfase 4-5	19.51	2266.659	1626.746	71.8	--	--
Interfase 5-6	19.75	2300.524	1403.989	61.0	--	--
Cara interior	19.81	2309.937	1402.171	60.7	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

φ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Abril)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Mayo.

Azotea	φ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	18.50	2128.577	1255.861	59.0		
Cara exterior	18.52	2131.213	1255.861	58.9	--	--
Interfase 1-2	18.52	2131.720	2131.720	100.0	-25.099	70.939
Interfase 2-3	18.53	2132.919	2127.043	99.7	--	--
Interfase 3-4	18.60	2141.372	2098.983	98.0	--	--
Interfase 4-5	19.87	2318.271	2095.242	90.4	--	--
Interfase 5-6	19.93	2327.316	1407.783	60.5	--	--
Cara interior	19.95	2329.816	1402.171	60.2	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

φ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Mayo)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Junio.

Condensaciones

Azotea	φ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	23.10	2824.836	1497.163	53.0		
Cara exterior	23.06	2817.873	1497.163	53.1	--	--
Interfase 1-2	23.05	2816.536	2816.536	100.0	-47.069	23.870
Interfase 2-3	23.03	2813.377	2807.469	99.8	--	--
Interfase 3-4	22.90	2791.238	2753.071	98.6	--	--
Interfase 4-5	20.27	2375.975	2745.817	115.6	--	--
Interfase 5-6	20.14	2356.974	1413.050	60.0	--	--
Cara interior	20.10	2351.759	1402.171	59.6	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 φ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Junio)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Julio.

Azotea	φ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	27.20	3605.246	1586.308	44.0		
Cara exterior	27.11	3585.267	1586.308	44.2	--	--
Interfase 1-2	27.09	3581.436	3581.436	100.0	-23.870	--
Interfase 2-3	27.04	3572.395	3567.466	99.9	--	--
Interfase 3-4	26.74	3509.340	3483.648	99.3	--	--
Interfase 4-5	20.62	2428.461	3472.472	143.0	--	--
Interfase 5-6	20.32	2383.685	1418.934	59.5	--	--
Cara interior	20.24	2371.468	1402.171	59.1	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

 φ : Temperatura, °C. P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa. P_n : Presión del vapor de agua, Pa. φ : Humedad relativa, %. g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes). M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Julio)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Agosto.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	27.10	3584.182	1612.882	45.0		
Cara exterior	27.01	3564.580	1612.882	45.2	--	--
Interfase 1-2	26.99	3560.821	1402.499	39.4	--	--
Interfase 2-3	26.95	3551.950	1402.497	39.5	--	--
Interfase 3-4	26.65	3490.075	1402.484	40.2	--	--
Interfase 4-5	20.61	2427.169	1402.482	57.8	--	--
Interfase 5-6	20.32	2383.030	1402.173	58.8	--	--
Cara interior	20.23	2370.986	1402.171	59.1	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Agosto)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Septiembre.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	23.60	2911.329	1601.231	55.0		
Cara exterior	23.55	2903.028	1601.231	55.2	--	--
Interfase 1-2	23.54	2901.434	1402.481	48.3	--	--
Interfase 2-3	23.52	2897.670	1402.479	48.4	--	--
Interfase 3-4	23.37	2871.303	1402.467	48.8	--	--
Interfase 4-5	20.31	2382.322	1402.465	58.9	--	--
Interfase 5-6	20.16	2360.217	1402.173	59.4	--	--
Cara interior	20.12	2354.155	1402.171	59.6	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Septiembre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Octubre.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	17.60	2011.519	1347.718	67.0		
Cara exterior	17.63	2015.533	1347.718	66.9	--	--
Interfase 1-2	17.64	2016.306	1402.086	69.5	--	--
Interfase 2-3	17.65	2018.133	1402.086	69.5	--	--
Interfase 3-4	17.75	2031.033	1402.090	69.0	--	--
Interfase 4-5	19.79	2307.125	1402.090	60.8	--	--
Interfase 5-6	19.89	2321.552	1402.170	60.4	--	--
Cara interior	19.92	2325.543	1402.171	60.3	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Octubre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Noviembre.

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	12.20	1420.401	1065.301	75.0		
Cara exterior	12.30	1430.036	1065.301	74.5	--	--
Interfase 1-2	12.32	1431.895	1401.646	97.9	--	--
Interfase 2-3	12.37	1436.299	1401.649	97.6	--	--
Interfase 3-4	12.70	1467.622	1401.670	95.5	--	--
Interfase 4-5	19.33	2241.232	1401.672	62.5	--	--
Interfase 5-6	19.65	2287.229	1402.167	61.3	--	--
Cara interior	19.74	2300.054	1402.171	61.0	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Noviembre)

Cálculo de condensaciones intersticiales en el mes de Diciembre.

Condensaciones

Azotea	ϑ (°C)	P_{sat} (Pa)	P_n (Pa)	φ (%)	g_c (g/(m ² ·mes))	M_a (g/m ²)
Aire exterior	8.70	1124.407	865.794	77.0		
Cara exterior	8.85	1135.790	865.794	76.2	--	--
Interfase 1-2	8.88	1137.991	1137.991	100.0	27.929	27.929
Interfase 2-3	8.95	1143.208	1143.208	100.0	5.361	5.361
Interfase 3-4	9.42	1180.511	1180.511	100.0	--	--
Interfase 4-5	19.02	2199.408	1181.701	53.7	--	--
Interfase 5-6	19.50	2265.220	1400.386	61.8	--	--
Cara interior	19.63	2283.664	1402.171	61.4	--	--
Aire interior	20.00	2336.951	1402.171	60.0		

donde:

ϑ : Temperatura, °C.

P_{sat} : Presión de saturación del vapor de agua, Pa.

P_n : Presión del vapor de agua, Pa.

φ : Humedad relativa, %.

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

>> Representación gráfica (Diciembre)

Evolución anual de la condensación acumulada.

Se presentan a continuación las cantidades totales de agua condensada en el elemento constructivo para cada situación de cálculo, así como la evolución de la humedad acumulada a lo largo del año.

El primer mes con condensación en alguna interfase es **diciembre**, aunque la cantidad neta anual es nula, por producirse la evaporación suficiente en los meses siguientes.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Evolución de la cantidad de agua condensada.												
g_c g/(m ² ·mes)	33.290	28.756	23.896	--	--	--	--	--	--	--	--	33.290
g_{ev} g/(m ² ·mes)	--	--	15.307	7.886	25.099	47.069	23.870	--	--	--	--	--
M_a (g/m ²)	66.579	95.336	103.924	96.038	70.939	23.870	--	--	--	--	--	33.290

donde:

g_c : Densidad de flujo de condensación, g/(m²·mes).

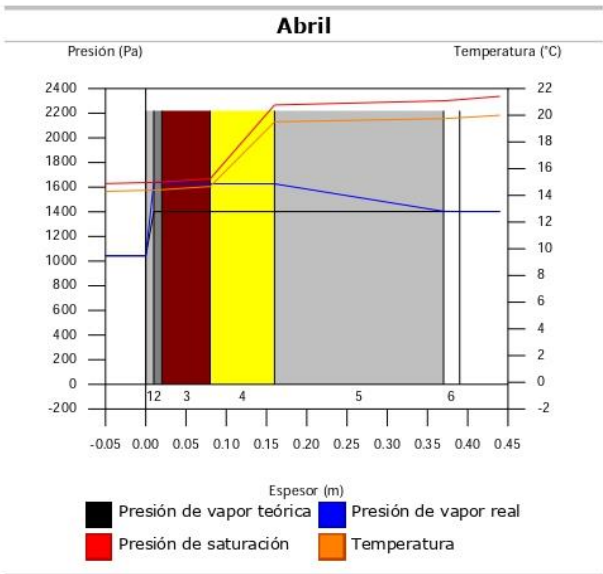
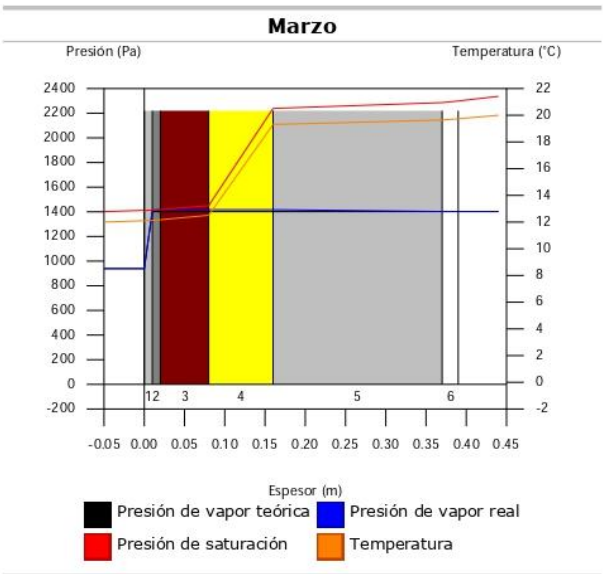
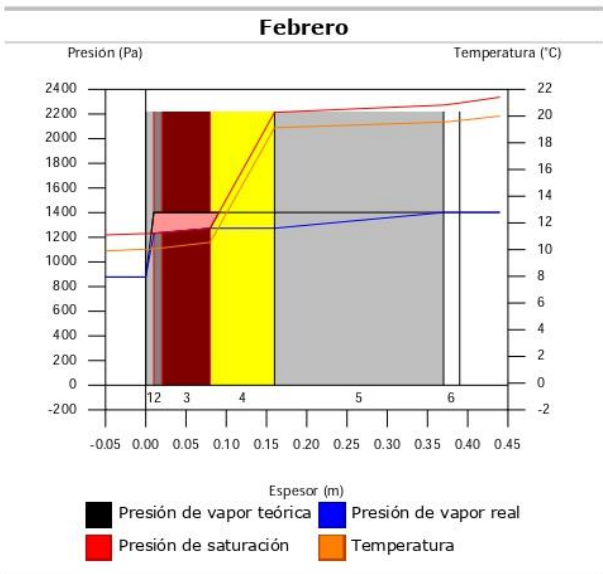
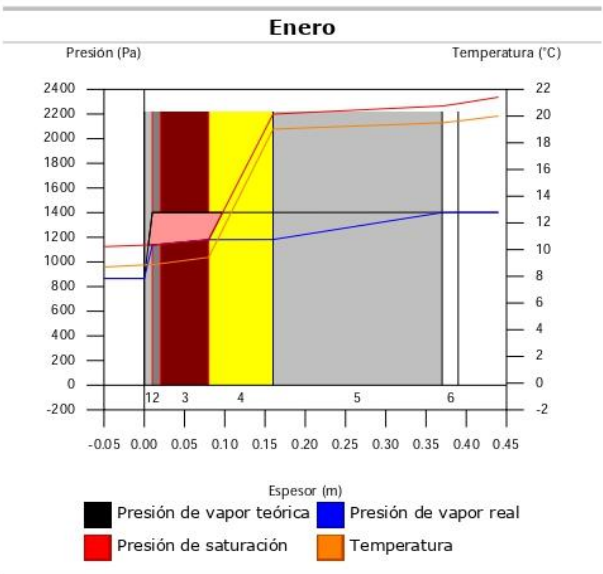
g_{ev} : Densidad de flujo de evaporación, g/(m²·mes).

M_a : Contenido acumulado de humedad por unidad de superficie, g/m².

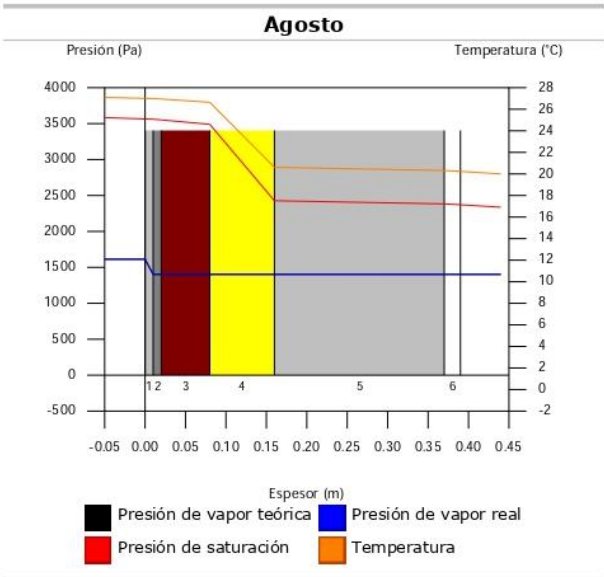
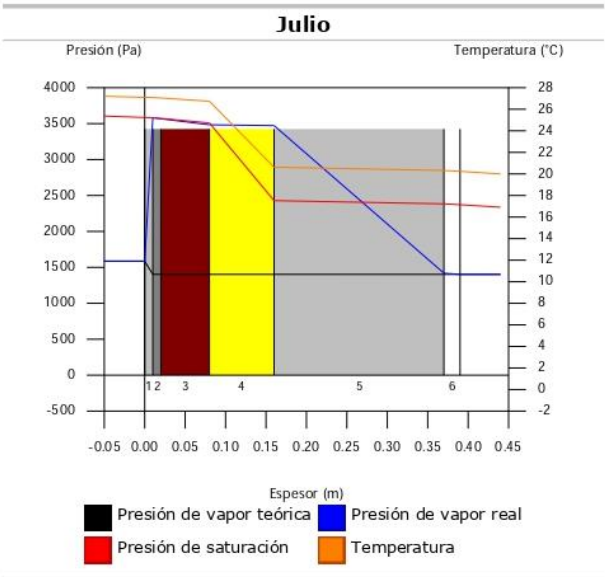
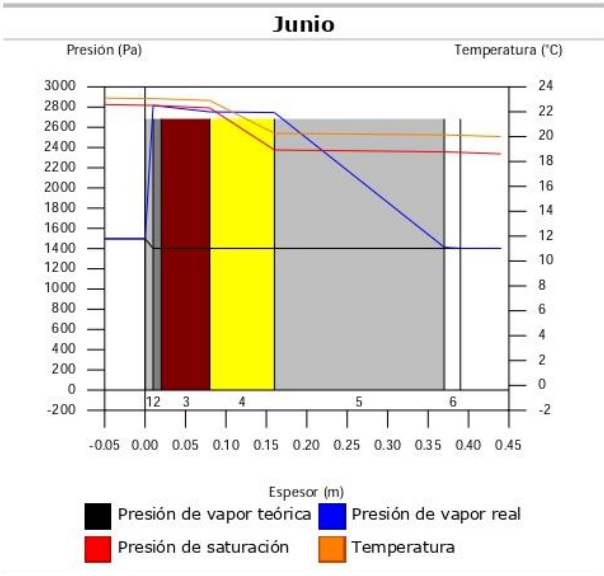
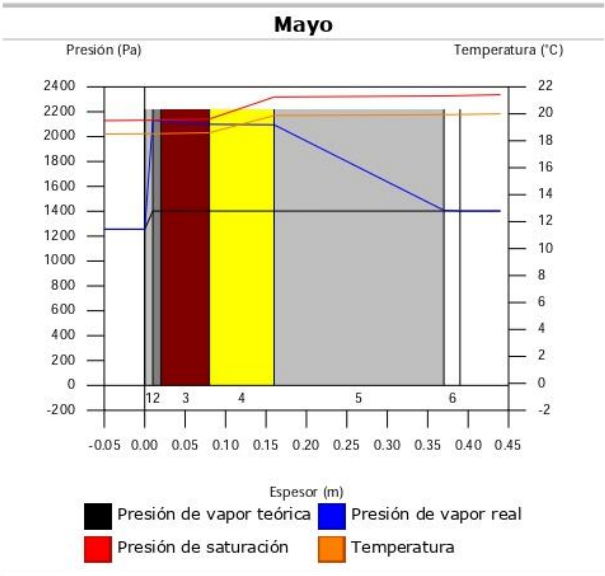
>> Representación gráfica (Condensación acumulada)

1.2.6. Representación gráfica de las condensaciones intersticiales previstas

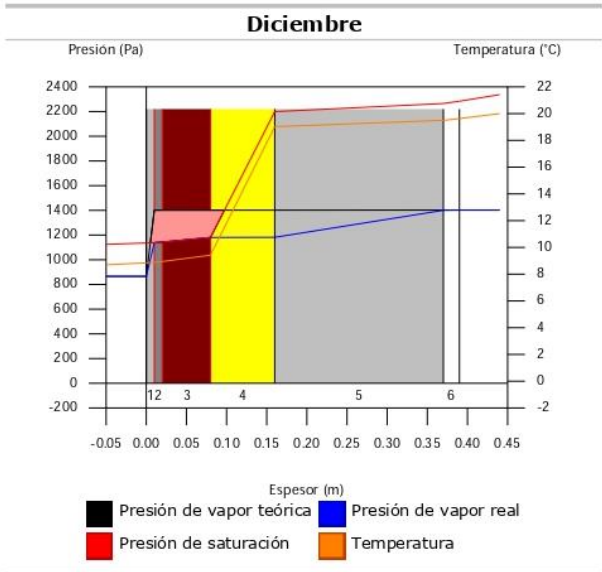
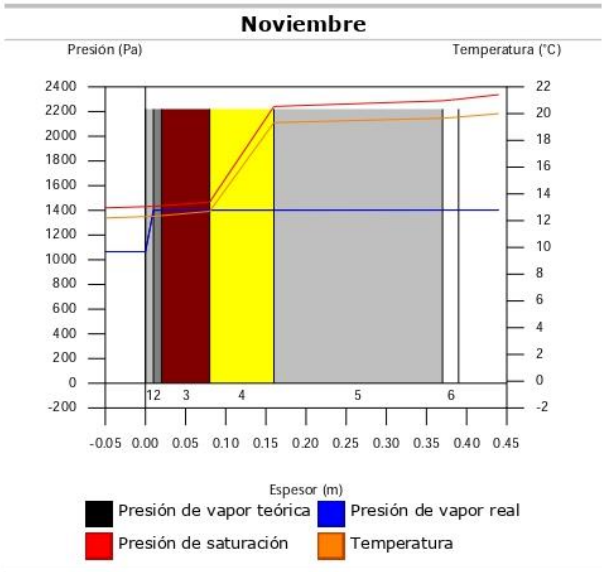
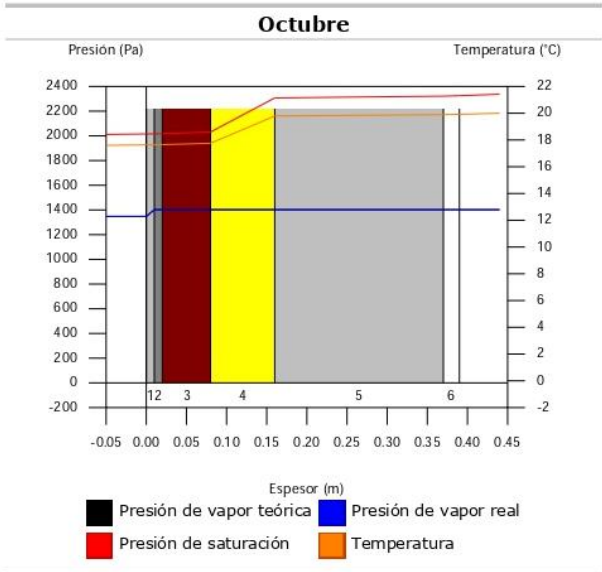
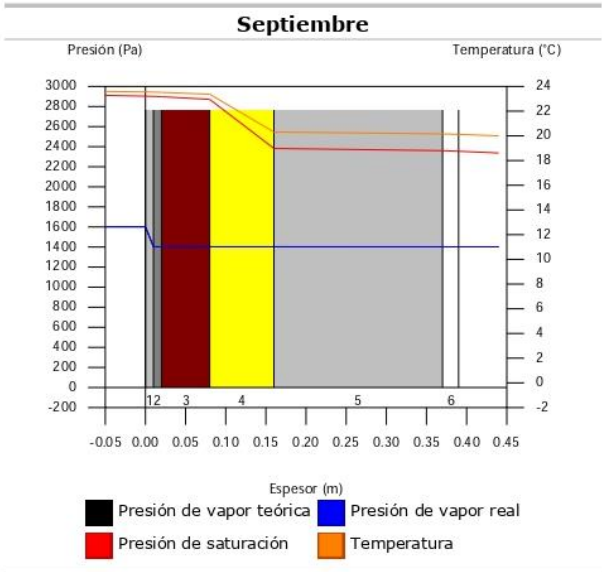
Condensaciones



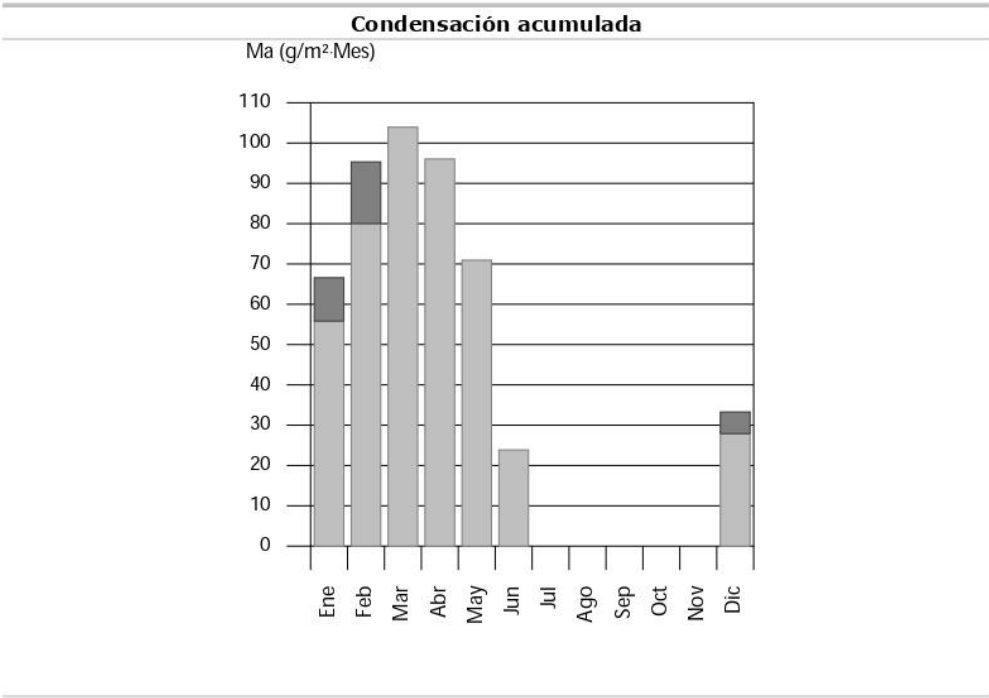
Condensaciones



Condensaciones



Condensaciones



ANEXO VII:

Puentes térmicos edificio mejorado

Encuentro de fachada con forjado	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	41.417	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)-[B]Medianeria(180)	21.260	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	70.523	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	32.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	32.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	70.523	0.50
CFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)	6.017	0.50

Encuentro de fachada con cubierta	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LFs [G]Azotea-[B]Medianeria(90)	32.400	0.50
LFs [G]Azotea-[B]Cerramiento Exterior(90)	70.673	0.50

Esquina entrante de fachadas	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LWi [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)	8.100	0.50

Esquina saliente de fachadas	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
LWo [B]Cerramiento Exterior-[B]Medianeria(90)	5.400	0.50
LWo [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)	32.400	0.50
LWo [B]Medianeria-[B]Cerramiento Exterior(90)	5.400	0.50

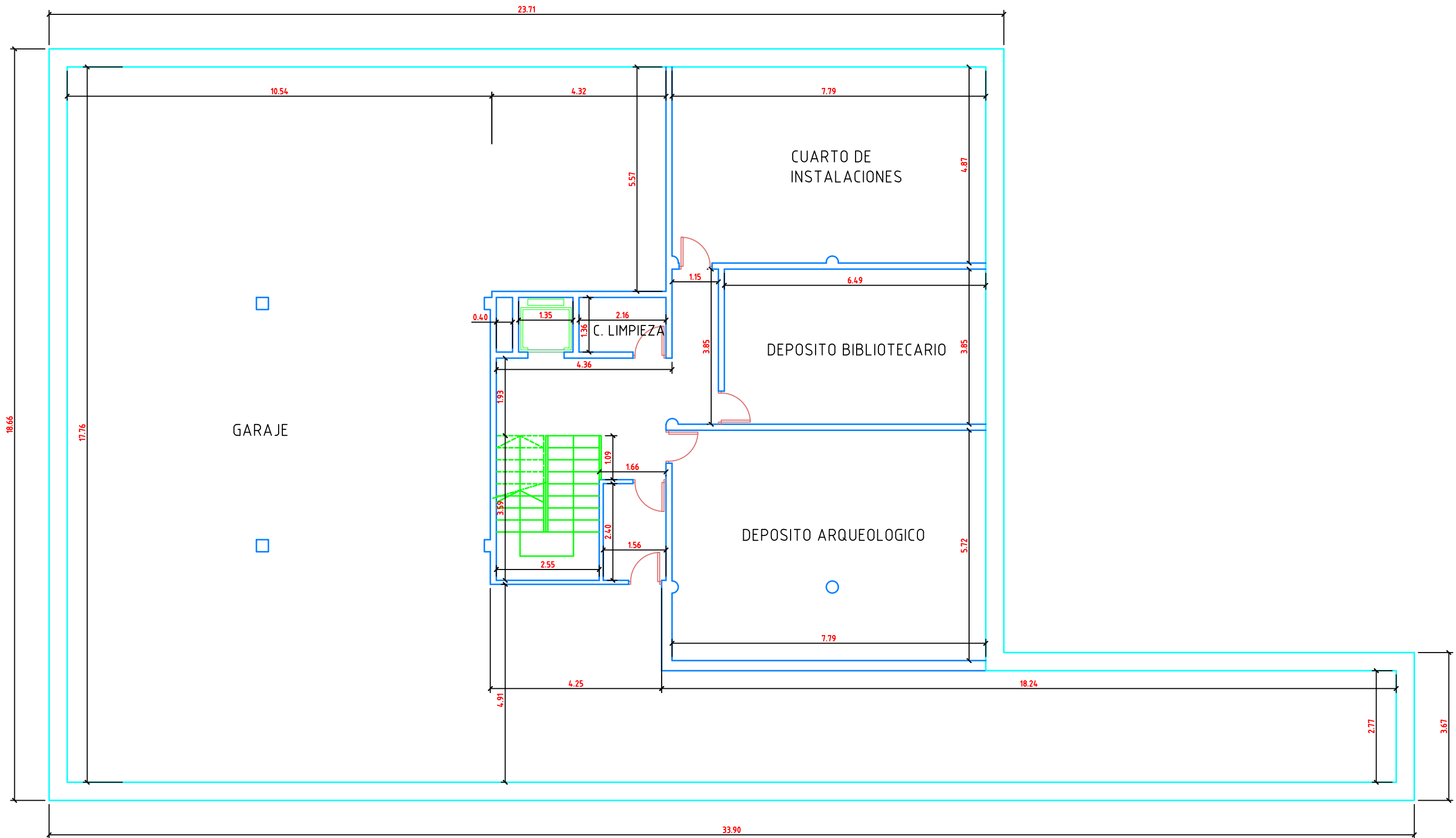
Hueco de ventana	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
Wi [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	13.500	0.50
Ws [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	13.500	0.50
WI [K]Ventana Biblioteca-[B]Cerramiento Exterior	15.000	0.50
Ws [J]Puerta-[C]Tabiques	36.800	0.50
WI [J]Puerta-[C]Tabiques	186.760	0.50
Ws [J]Puertas Dobles-[C]Tabiques	11.200	0.50
WI [J]Puertas Dobles-[C]Tabiques	32.480	0.50
Wi [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	12.000	0.50
Ws [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	12.000	0.50

Hueco de ventana	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
WI [K]Ventana Estandar-[B]Cerramiento Exterior	24.000	0.50
Ws [J]Puertas Dobles-[B]Cerramiento Exterior	1.400	0.50
WI [J]Puertas Dobles-[B]Cerramiento Exterior	4.060	0.50
Ws [J]Puerta Cochera-[B]Cerramiento Exterior	2.100	0.50
WI [J]Puerta Cochera-[B]Cerramiento Exterior	4.800	0.50

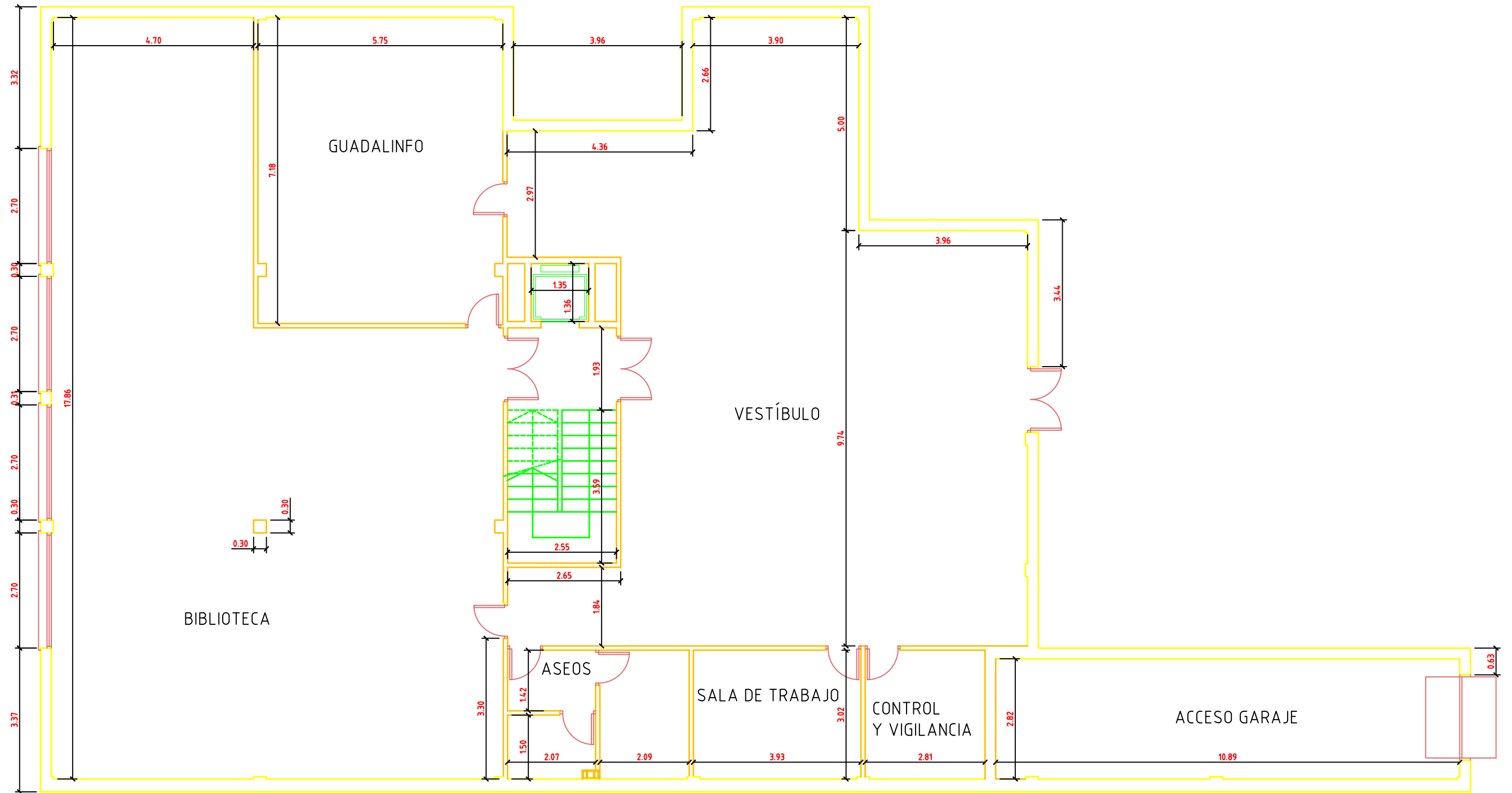
Otro (no interviene en el edificio de referencia)	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TFi [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[C]Tabiques(90)	162.645	0.50
CFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	113.456	0.50
LWi [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)	40.500	0.50
TW [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(180)	16.200	0.50
TW [B]Medianeria-[B]Medianeria(180)-[C]Tabiques(90)	24.300	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)	81.000	0.50
CW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(90)	10.800	0.50
TFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	162.645	0.50
TFs [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[C]Tabiques(90)	123.598	0.50
CFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	113.456	0.50
TFi [F]Fojado entre Pisos-[F]Fojado entre Pisos(180)-[B]Cerramiento Exterior(90)	11.007	0.50
LWo [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)	40.500	0.50
TW [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(180)-[C]Tabiques(90)	16.200	0.50
TWr [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)	5.400	0.50
TW [C]Tabiques-[B]Medianeria(90)-[B]Medianeria(180)	24.300	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(180)-[C]Tabiques(90)	81.000	0.50
TW [C]Tabiques-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	81.000	0.50
LFi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)	2.770	0.50
TFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	123.598	0.50
NC [C]Tabiques-[G]Azotea(90)-[H](180)	154.733	0.50
TFs [G]Azotea-[H](180)-[C]Tabiques(90)	154.733	0.50
NC [B]Medianeria-[H](90)	32.400	0.50
NC [B]Cerramiento Exterior-[H](90)	70.673	0.50
TWr [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)-[C]Tabiques(90)	8.100	0.50
TWl [C]Tabiques-[B]Cerramiento Exterior(180)-[B]Cerramiento Exterior(90)	8.100	0.50
TFmi [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	0.799	0.50

Otro (no interviene en el edificio de referencia)	Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
TWI [B]Cerramiento Exterior-[B]Cerramiento Exterior(90)-[C]Tabiques(180)	5.400	0.50
LFI [E]Suelo-[A]Muro Sotano(90)	100.462	0.50
TFI [E]Suelo-[E]Suelo(180)-[C]Tabiques(90)	128.146	0.50
TW [C]Tabiques-[A]Muro Sotano(90)-[A]Muro Sotano(180)	8.100	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[A]Muro Sotano(180)	41.417	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[B]Medianeria(90)-[A]Muro Sotano(180)	21.260	0.50
TFI [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	22.014	0.50
LFs [F]Fojado entre Pisos-[A]Muro Sotano(90)	12.312	0.50
CFs [F]Fojado entre Pisos-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	12.033	0.50
NC [C]Tabiques-[F]Fojado entre Pisos(90)-[B]Cerramiento Exterior(90)-[F]Fojado entre Pisos(90)	6.017	0.50
LFs [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)	2.770	0.50
LWo [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(90)	14.100	0.50
TWr [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(90)-[C]Tabiques(90)	2.700	0.50
TW [A]Muro Sotano-[A]Muro Sotano(180)-[C]Tabiques(90)	8.100	0.50
TWI [C]Tabiques-[A]Muro Sotano(180)-[A]Muro Sotano(90)	2.700	0.50
TFms [F]Fojado entre Pisos-[C]Tabiques(90)-[C]Tabiques(180)	0.799	0.50
NC [C]Tabiques-[F]Fojado entre Pisos(90)-[C]Tabiques(90)	0.799	0.50

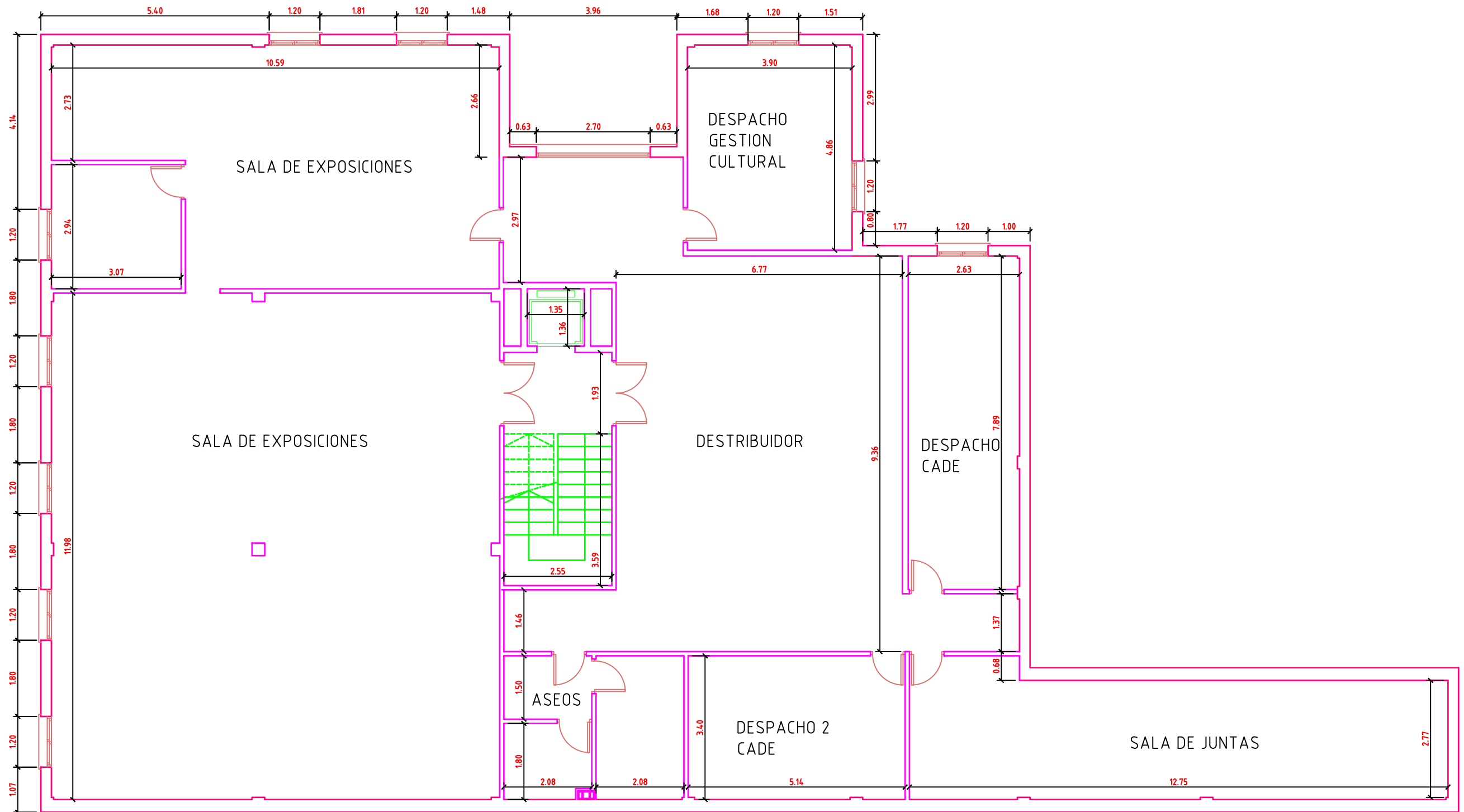
PLANOS



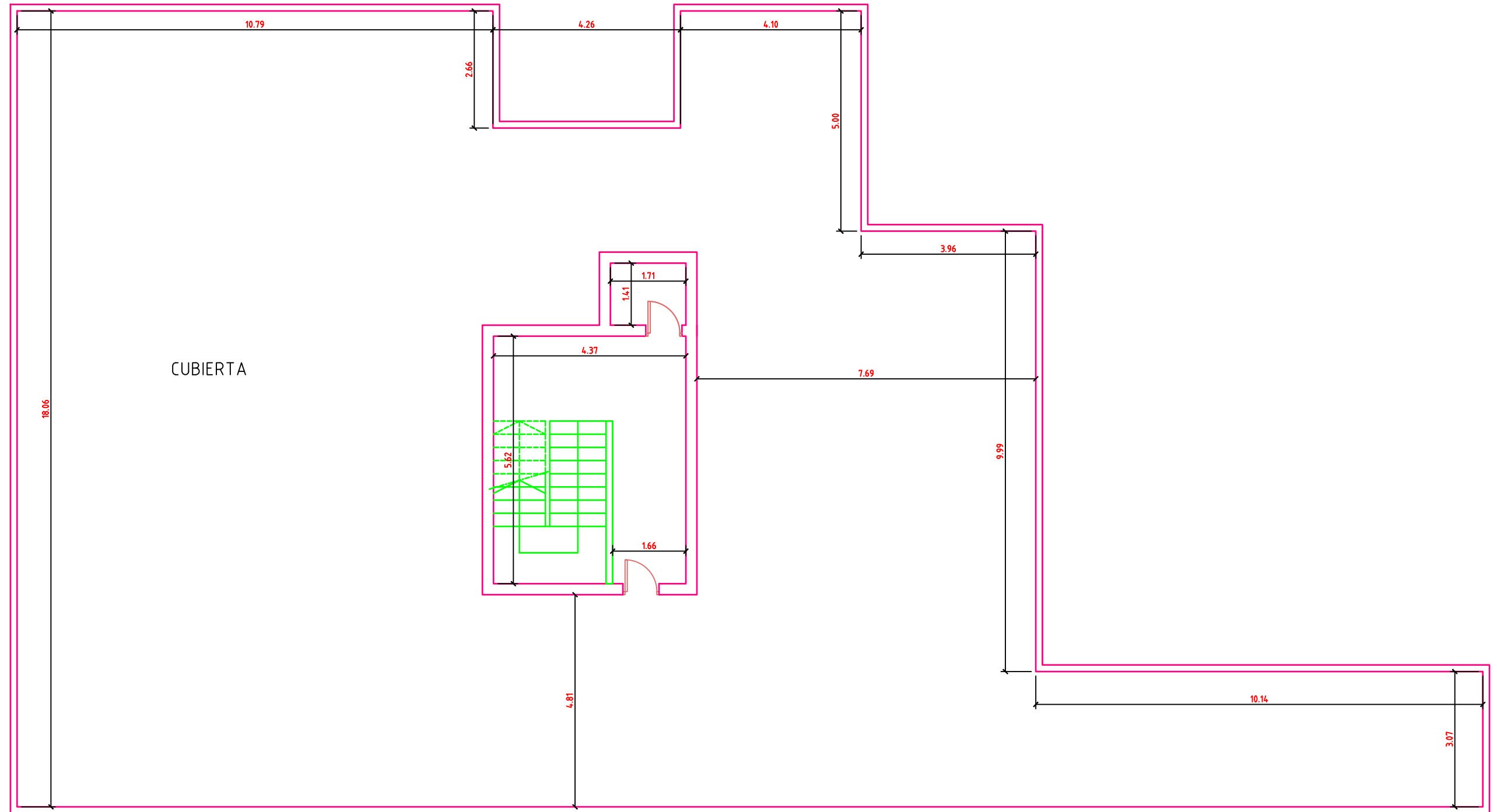
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	28/12/21	Fco JOSÉ FRESNEDA MARTOS			
COMPROBADO					
ESCALA:	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES Y ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPETHERM HE PLUS				Nº PLANO 01
1/100					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



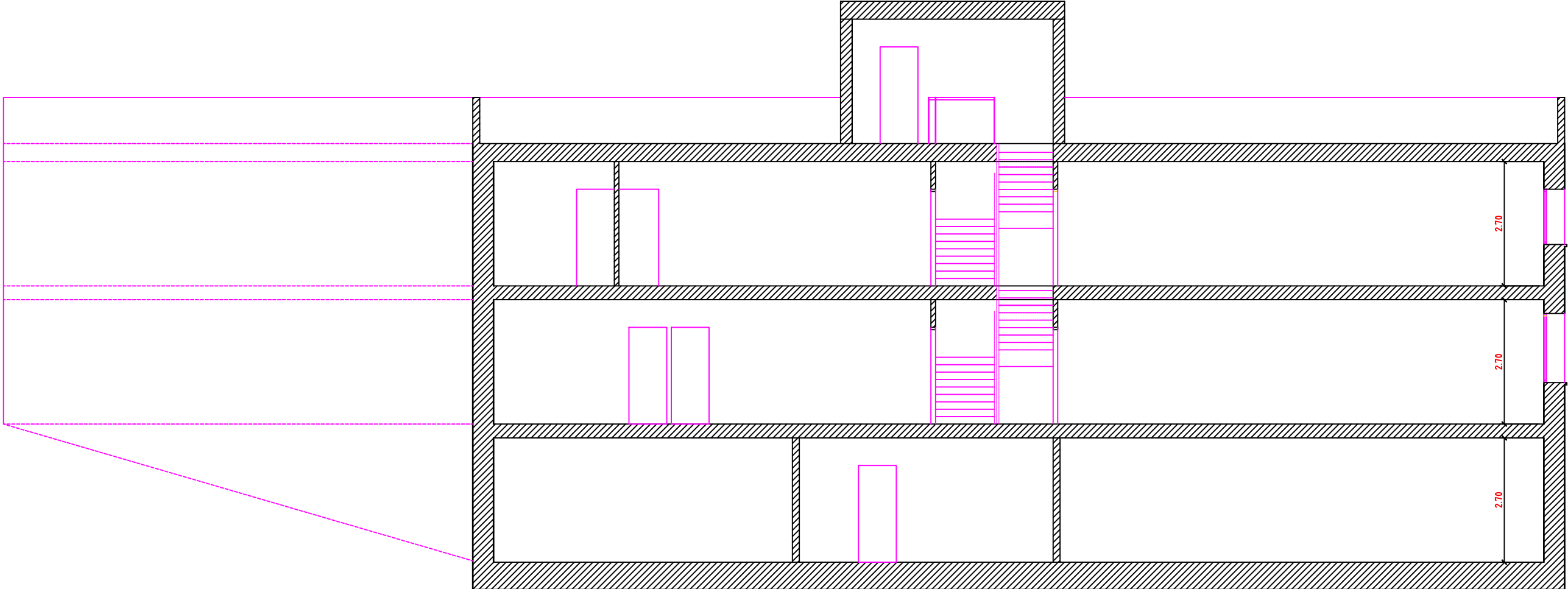
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	28/12/21	Fco JOSÉ FRESNEDA MARTOS		
COMPROBADO				
ESCALA: 1/100	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES Y ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPETHERM HE PLUS PLANTA BAJA			Nº PLANO 02
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	28/12/21	Fco JOSÉ FRESNEDA MARTOS		
COMPROBADO				
ESCALA: 1/100	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES Y ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPETHERM HE PLUS PLANTA PRIMERA			Nº PLANO 03
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	28/12/21	Fco JOSÉ FRESNEDA MARTOS			
COMPROBADO					
ESCALA:	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES Y ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPETHERM HE PLUS CUBIERTA				Nº PLANO 04
1/100					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	28/12/21	Fco JOSÉ FRESNEDA MARTOS		
COMPROBADO				
ESCALA:	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES Y ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE EL SOFTWARE CYPETHERM HE PLUS CORTE PLANTAS EDIFICIO			Nº PLANO 05
1/100				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

BIBLIOGRAFÍA

13. BIBLIOGRAFÍA

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.aspx>

<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-ahorro-energetico>

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/calificacion-energetica-viviendas/>

<https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/etiqueta-de-eficiencia-energetica/>

<https://aytomengibar.com/tag/edificio-de-usos-multiples/>

<http://cypetherm-he-plus.cype.es/>

Logo Cype - <https://www.cype.pe/cypetherm/he-plus/>

Imagen de la etiqueta de certificación - <http://alicantenergia.es/content/preguntas-frecuentes-sobre-la-certificacion-energetica-de-edificios-existentes/>

[C. Bailén, 36 - Google Maps](#)

RITE 2021 – Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios

<https://www.cype.pe/cypetherm/loads/#:~:text=CYPETHERM%20LOADS%20calcula%20la%20carga,center>

<https://www.onventanas.com/tipos-vidrio-ventanas/>

<https://www.vicaima.com/es/novedades/productos/portaro-y-block-termico>

<https://dpcon.es/humedadescondensacion-puentestermicos/c>