

PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN DEL PABELLÓN POLIDEPORTIVO DE LA PUEBLA DE HÍJAR (TERUEL)

MEMORIA

AUTOR: MIGUEL REPULLÉS LAMBEA
TUTORA: MARÍA BELÉN ZALBA NONAY

SEPTIEMBRE DE 2010



ÍNDICE

1. GENERALIDADES	8
1.1. Objeto del proyecto	8
1.2. Peticionario	8
1.3. Emplazamiento geográfico	8
1.4. Zona climática	8
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	9
3. USO DEL EDIFICIO	10
3.1. Horarios de funcionamiento	10
3.2. Ocupación del edificio	10
3.3. Caudales de ventilación	10
4. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA	12
4.1. Cálculo de los parámetros característicos de la demanda	13
4.1.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior	13
4.1.2. Cerramientos en contacto con el terreno	15
4.1.2.1. Suelos en contacto con el terreno	15
4.1.3. Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanit.)	16
4.1.4. Huecos y lucernarios	18
4.2. Condensaciones	21
4.2.1. Condiciones para el cálculo de condensaciones	21
4.2.1.1. Condiciones exteriores	21
4.2.1.2. Condiciones interiores	21

4.2.1.2.1. Para el cálculo de condensaciones superficiales	21
4.2.1.2.2. Para el cálculo de condensaciones intersticiales	22
4.2.2. Comprobación de las condensaciones	22
4.2.2.1. Condensaciones superficiales	22
4.2.2.1.1. Factor de temp. de la superficie interior de un cerramiento	22
4.2.2.1.2. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo	22
4.2.2.2. Condensaciones intersticiales	23
4.2.2.2.1. Distribución de temperatura	23
4.2.2.2.2. Distribución de la presión de vapor de saturación	24
4.2.2.2.3. Distribución de presión de vapor	24
4.2.3. Relaciones psicrométricas	25
4.2.3.1. Cálculo de la presión de saturación de vapor	25
4.3. Fichas justificativas de la opción simplificada	26
5. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO	30
5.1. Variables que definen el ambiente exterior	30
5.2. Condiciones estivales	30
5.2.1. Temperatura seca	30
5.2.2. Temperatura húmeda	32
5.2.3. Radiación solar	34
5.2.4. Temperatura del suelo	34
5.3. Condiciones invernales	35
5.3.1. Temperatura seca	35
5.3.2. Temperatura húmeda	35

5.3.3. Radiación solar	35
5.3.4. Temperatura del suelo	35
6. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO	36
6.1. Temperaturas y humedades relativas	36
6.2. Velocidades del aire	36
6.3. Ambiente acústico	37
7. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS	38
7.1. Introducción	38
7.2. Cargas de refrigeración	39
7.2.1. Cargas exteriores	39
7.2.1.1. Carga a través de paredes, techos y suelos	39
7.2.1.1.1. Temperatura equivalente exterior	39
7.2.1.1.1.1. Paredes verticales exteriores	39
7.2.1.1.1.2. Techos	41
7.2.1.2. Carga a través de superficies acristaladas	42
7.2.1.2.1. Transmisión de calor por conducción-convección	43
7.2.1.2.2. Transmisión de calor por radiación solar	43
7.2.1.3. Carga por ventilación	43
7.2.1.3.1. Caudal volumétrico de ventilación	44
7.2.2. Cargas interiores	44
7.2.2.1. Carga por ocupantes	44
7.2.2.2. Carga por iluminación	45
7.2.3. Coeficiente de mayoración	45

7.3. Cargas de calefacción	46
7.3.1. Cargas exteriores	46
7.3.1.1. Cargas a través de paredes, techos y suelos	46
7.3.1.2. Cargas a través de superficies acristaladas	46
7.3.1.3. Carga por ventilación	46
7.3.2. Cargas interiores	47
7.3.2.1. Cargas por ocupantes	47
7.3.2.2. Cargas por iluminación	47
7.3.3. Coeficiente de mayoración	47
7.4. Resumen de cargas térmicas	48
7.4.1. Refrigeración	48
7.4.2. Calefacción	49
7.5. Recuperadores de energía	50
8. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	52
8.1. Sistema primario	52
8.1.1. Bomba de calor	52
8.1.1.1. Foco externo	52
8.1.1.1.1. Agua	52
8.1.1.1.2. Aire	52
8.1.1.1.3. Suelo	53
8.1.1.2. Foco interno	53
8.1.1.2.1. Agua	53
8.1.1.2.2. Aire	53

8.1.1.3. Ventajas e inconvenientes	53
8.1.1.4. Equipo seleccionado	54
8.1.2. Caldera	54
8.1.2.1. Tipo de combustible empleado	54
8.1.2.2. Clasificación energética	54
8.1.2.3. Ventajas e inconvenientes	54
8.1.2.4. Equipo seleccionado	54
8.1.3. Enfriadora	54
8.1.3.1. Enfriadora por compresión	55
8.1.3.2. Enfriadora por absorción	55
8.1.3.3. Ventajas e inconvenientes	55
8.1.3.4. Equipo seleccionado	55
8.1.4. Estudio comparativo	55
8.1.4.1. Bomba de calor	56
8.1.4.2. Caldera y enfriadora	56
8.1.4.2. Equipo seleccionado	58
8.2. Sistema secundario	59
8.2.1. Sistemas “todo aire”	59
8.2.1.1. Ventajas e inconvenientes	59
8.2.2. Sistemas agua-aire	59
8.2.2.1. Ventajas e inconvenientes	59
8.2.3. Sistemas “todo agua”	59
8.2.3.1. Ventajas e inconvenientes	60
8.2.4. Selección del equipo	60

8.3. Conexión entre sistema primario y secundario	61
8.3.1. Equipo seleccionado	61
9. CÁLCULO DE TUBERÍAS	62
9.1. Velocidad del agua en las tuberías	62
9.2. Limitaciones del RITE	62
9.3. Equilibrado de la red	62
9.4. Cálculo del aislamiento térmico	63
9.5. Selección de bombas	64
10. CÁLCULO DE CONDUCTOS	65
10.1. Elementos de impulsión/extracción de aire	65
10.1.1. Elementos de impulsión de aire	65
10.1.2. Elementos de extracción de aire	66
10.2. Dimensionado de la red de conductos	66
10.3. Cálculo del aislamiento térmico	67
10.4. Elección del ventilador y equilibrado del sistema	68
10.4.1. Red de impulsión de aire	68
10.4.2. Red de retorno de aire	68
11. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	69
11.1 Equipos primarios	69
11.1.1. Caldera	69
11.1.1.1. Datos técnicos	69
11.1.1.2. Otros datos	70

11.1.2. Enfriadora	71
11.1.2.1. Datos técnicos	71
11.1.2.2. Otros datos	72
11.2. Unidad de tratamiento de aire	73
11.2.1. Datos técnicos	73
11.2.2. Otros datos	76
11.3. Intercambiadores de placas	77
11.3.1. Intercambiador caldera-UTA	77
11.3.1.1. Datos técnicos	77
11.3.1.2. Otros datos	77
11.3.2. Intercambiador enfriadora-UTA	78
11.3.2.1. Datos técnicos	78
11.3.2.2. Otros datos	78
12. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA	79
12.1. Mejora de los cerramientos del local	79
12.2. Selección adecuada de los equipos de producción	79
12.3. Instalación de recuperador de calor en la UTA	79
12.4. “Free-cooling”	80

1. GENERALIDADES

1.1. Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es la especificación, diseño, cálculo y valoración económica de la instalación de climatización del Pabellón Polideportivo de La Puebla de Híjar (Teruel).

1.2. Peticionario

Se realiza el siguiente proyecto por petición de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza, como proyecto fin de carrera, en la especialidad de mecánica.

1.3. Emplazamiento geográfico

El Pabellón Polideportivo se encuentra situado en la Avenida Constitución s/n de La Puebla de Híjar (Teruel).

1.4. Zona climática

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubique un edificio se obtiene del Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico HE Ahorro de energía.

Capital de provincia	Capital	Altura(m)	Desnivel entre la localidad y la capital de provincia (m)				
			200<h<400	400<h<600	600<h<800	800<h<1000	>1000
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1

Tabla 1. Zonas climáticas.

La localidad de La Puebla de Híjar, en la que estará emplazado el edificio se sitúa a una altura con respecto al nivel del mar de 256 metros.

2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio a climatizar es un pabellón polideportivo que distribuye todas sus instalaciones en una sola planta con todos sus muros en contacto con el aire exterior.

Se consideran toda la instalación como una sola zona para realizar los cálculos y seleccionar los equipos de climatización.

Los espacios a climatizar son las siguientes:

Espacio	Área (m²)
Pista	1247.00
Pasillo 1	35.53
Pasillo 2	6.14
Vestuario árbitro	9.19
Enfermería	9.53
Vestuario 1	50.21
Vestuario 2	50.21
Aseo 1	11.53
Aseo 2	11.53

Los espacios que quedarán sin climatizar son los siguientes:

Espacio	Área (m²)
Almacén	25.30
Sala máquinas	11.05

Por lo tanto el edificio tiene una planta de 1467.22 m², de los cuales van a ser climatizados un total de 1430.87 m².

3. USO DEL EDIFICIO

3.1. Horarios de funcionamiento

El edificio permanecerá abierto de lunes a sábado, de 16:00 h. a 21:00 h., durante todo el año, exceptuando días festivos.

Esto hace un total de 1500 horas al año de funcionamiento.

3.2. Ocupación del edificio

El número de ocupantes a considerar para realizar los cálculos serán los siguientes, dependiendo del espacio:

Espacio	Ratio (m²/persona)	Ocupantes
Pista (zona de deportes)	40	20
Pista (graderío)	2.5	80
Pasillo 1	5	7
Pasillo 2	5	2
Vestuario árbitro	5	2
Enfermería	5	2
Vestuario 1	5	11
Vestuario 2	5	11
Aseo 1	5	3
Aseo 2	5	3
Total		141

3.3. Caudales de ventilación

Este apartado se realiza conforme la norma UNE EN 13779.

La calidad de aire interior será de tipo IDA 3, calidad de aire interior moderada, conforme con la utilización de este edificio.

Categoría	Unidad	Tasa de aire exterior por persona			
		Zona de no fumadores		Zona de fumadores	
		Intervalo típico	Valor por defecto	Intervalo típico	Valor por defecto
IDA 1	M³/(h·persona)	>54	72	>108	144
	l/(s·persona)	>15	20	>30	40
IDA 2	M³/(h·persona)	36--54	45	72--108	90
	l/(s·persona)	10--15	12.5	20--30	25
IDA 3	M³/(h·persona)	22--36	29	43--72	58
	l/(s·persona)	6--10	8	12--20	16
IDA 4	M³/(h·persona)	<22	18	<43	36
	l/(s·persona)	<6	5	<12	10

Tabla 2. Tasas de aire exterior por persona.

Se han seleccionado las tasas de aire por persona atendiendo a la calidad del aire interior y en función de si es lugar o no de fumadores. En nuestro caso al ser un lugar público dedicado al deporte, no se podrá fumar en toda la instalación y tomamos los valores máximos de aire exterior por persona, es decir, 10 l/s·persona.

Atendiendo a lo anterior podemos calcular los caudales de ventilación para cada espacio de nuestro edificio.

Espacio	Ocupantes	Caudal de ventilación (l/s)
Pista (zona de deporte)	20	200
Pista (graderío)	80	800
Pasillo 1	7	70
Pasillo 2	2	20
Vestuario árbitro	2	20
Enfermería	2	20
Vestuario 1	11	110
Vestuario 2	11	110
Aseo 1	3	30
Aseo 2	3	30
Total	141	1410

4. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA

El cálculo de la limitación de la demanda del edificio atiende al Código Técnico de la Edificación, y en particular al Documento Básico HE de Ahorro de energía. Este documento tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de ahorro de energía.

El edificio dispondrá de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.

Para la correcta aplicación del CTE HE 1 se opta por el procedimiento de la opción simplificada, basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- Que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60 % de su superficie.

Fachada	Superficie total (m ²)	Superficie de huecos (m ²)	Porcentaje (%)
N	402.8	13.9	3.45
E	206.5	23.6	11.43
S	380.2	5.5	1.45
O	194.6	6	3.08
SE	10.2	0.4	3.92
SO	14.7	0	0.00

- Que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

	Superficie total (m ²)	Superficie de huecos (m ²)	Porcentaje (%)
Cubierta	1467.4	67.92	4.63

4.1. Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

En este punto se van a hacer referencia a los cerramientos de nuestro edificio, pero solamente se dará una descripción de los materiales de los que están constituidos y su valor final calculado de transmitancia térmica U (W/m^2K). Todos los cálculos aparecen detallados en el Anexo.

4.1.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica U (W/m^2K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1 / R_t$$

- R_t : resistencia térmica total del componente constructivo (m^2K/W).

La resistencia térmica total de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

- R_1, R_2, \dots, R_n : resistencias térmicas de cada capa (m^2K/W).
- R_{si} y R_{se} : resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente (m^2K/W).

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = e / \lambda$$

- e : espesor de la capa (m).
- λ : conductividad térmica de diseño del material que compone la capa (W/mK).

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 3. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior (m^2K/W).

Los cerramientos de nuestro edificio calculados como cerramientos en contacto con el aire exterior son los siguientes:

Cerramiento	Descripción	U(W/m²K)
Muro exterior 1	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Cámara de aire Ladrillo perforado	0.5270
Muro exterior 2	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Cámara de aire Ladrillo perforado Mortero cementado Baldosa cerámica	0.5214
Muro exterior 3	Chapa perfilada Poliestireno extrusionado Chapa perfilada	0.2122
Cubierta 1	Chapa perfilada Poliestireno extrusionado Chapa perfilada	0.2135
Cubierta 2	Capa de grava Láminas bituminosas Arlita Forjado Espuma de poliuretano Mortero de cemento Enlucido de yeso	0.4537
Cubierta 3	Vidrio celular	0.4576

4.1.2. Cerramientos en contacto con el terreno

4.1.2.1. Suelos en contacto con el terreno

La transmitancia térmica U_s (W/m^2K) se obtendrá de la tabla 4 en función de la longitud característica B' de la solera o losa, ya que en los suelos de nuestro edificio no hay banda de aislamiento perimétrico.

Se define la longitud característica B' como:

$$B' = A / (0,5 \cdot P)$$

- P : longitud del perímetro de la solera (m).
- A : área de la solera (m^2).

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, como es nuestro caso, la transmitancia térmica U_s se tomará de la columna R_a en función de su longitud característica B' .

	R_a
B'	0.00
1	2.35
5	0.85
6	0.74
7	0.66
8	0.60
9	0.55
10	0.51
12	0.44
14	0.39
16	0.35
18	0.32
>20	0.30

Tabla 4. Transmitancia térmica U_s (W/m^2K).

Los cerramientos de nuestro edificio calculados como suelos en contacto con el terreno son los siguientes:

Cerramiento	Descripción	U(W/m²K)
Solera 1	Solera de hormigón Arlita Mortero cementado	0.2311
Solera 2	Solera de hormigón Arlita Mortero cementado Baldosa cerámica	0.4632

4.1.3. Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias)

La transmitancia térmica U (W/m²K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b$$

- U_p : transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla 5 (m²K/W).

Posición de la partición interior y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

Tabla 5. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores (m²K/W).

- b : coeficiente de reducción de temperatura obtenido de la tabla 6 en función de la situación del aislamiento térmico, del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento (A_{iu}/A_{ue}).

Aiu/Aue	No aislado ue - Aislado iu		No aislado ue - No Aislado iu		Aislado ue - No aislado iu	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO2
<0.25	0.99	1.00	0.94	0.97	0.91	0.96
0.25<=0.50	0.97	0.99	0.85	0.92	0.77	0.90
0.50<=0.75	0.96	0.98	0.77	0.87	0.67	0.84
0.75<=1.00	0.94	0.97	0.70	0.83	0.59	0.79
1.00<=1.25	0.92	0.96	0.65	0.79	0.53	0.74
1.25<=2.00	0.89	0.95	0.56	0.73	0.44	0.67
2.00<=2.50	0.86	0.93	0.48	0.66	0.36	0.59
2.50<=3.00	0.83	0.91	0.43	0.61	0.32	0.54
>3.00	0.81	0.90	0.39	0.57	0.28	0.50

Tabla 6. Coeficiente de reducción de temperatura b.

Los cerramientos de nuestro edificio calculados como particiones interiores son los siguientes:

Cerramiento	Descripción	U(W/m²K)
Tabique 1	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Cámara de aire Ladrillo perforado	0.4528
Tabique 2	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Cámara de aire Ladrillo perforado Mortero cementado Baldosa cerámica	0.4981
Tabique 3	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Mortero cementado Baldosa cerámica	0.6672
Tabique 4	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Mortero cementado Baldosa cerámica	0.5805

Tabique 5	Baldosa cerámica Mortero cementado Ladrillo hueco Mortero cementado Baldosa cerámica	2.2556
Tabique 6	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Cámara de aire Ladrillo perforado	0.5031
Tabique 7	Ladrillo hueco Mortero cementado Baldosa cerámica	2.3635
Tabique 8	Ladrillo perforado Espuma de poliuretano Mortero de cemento	0.4070

4.1.4. Huecos y lucernarios

La transmitancia térmica de los huecos U_h (W/m^2K) se determinará mediante la expresión:

$$U_h = (1 - FM) \cdot U_{hv} + FM \cdot U_{hm}$$

- U_{hv} : transmitancia térmica de la parte semitransparente (W/m^2K).
- U_{hm} : transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m^2K).
- FM: fracción del hueco ocupada por el marco.

El factor solar modificado en el hueco F_h o en el lucernario F_l se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

- F_s : factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas 7 y 8 en función del dispositivo de sombra.

		0,05<R/W<=0,1	0,1<R/W<=0,2	0,3<R/W<=0,5	R/W>0,5
S	0,05<R/H<=0,1	0.82	0.74	0.62	0.39
	0,1<R/H<=0,2	0.76	0.67	0.56	0.35
	0,3<R/H<=0,5	0.56	0.51	0.39	0.27
	R/H>0,5	0.35	0.32	0.27	0.17
SE/SO	0,05<R/H<=0,1	0.86	0.81	0.72	0.51
	0,1<R/H<=0,2	0.79	0.74	0.66	0.47
	0,3<R/H<=0,5	0.59	0.56	0.47	0.36
	R/H>0,5	0.38	0.36	0.32	0.23
E/O	0,05<R/H<=0,1	0.91	0.87	0.81	0.65
	0,1<R/H<=0,2	0.86	0.82	0.76	0.61
	0,3<R/H<=0,5	0.71	0.68	0.61	0.51
	R/H>0,5	0.53	0.51	0.48	0.39

Tabla 7. Factor de sombra para obstáculos de fachada: retranqueo.

- R: retranqueo.
- W: ancho de hueco.
- H: altura de hueco.

		Y/Z					
		0.1	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
X/Z	0.1	0.42	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44
	0.5	0.43	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52
	1.0	0.43	0.48	0.48	0.55	0.58	0.59
	2.0	0.43	0.50	0.50	0.60	0.66	0.68
	5.0	0.44	0.51	0.51	0.66	0.75	0.79
	10.0	0.44	0.52	0.59	0.68	0.79	0.85

Tabla 8. Factor de sombra para lucernarios.

- Y: anchura de lucernario.
- Z: anchura de apoyo.
- X: altura de lucernario.
- FM: fracción del hueco ocupada por el marco en caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.
- g_{\perp} : factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.
- Um: transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario.
- α : absorptividad del marco obtenida en la tabla 9 en función de su color.

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0.20	0.30	
Amarillo	0.30	0.50	0.70
Beige	0.35	0.55	0.75
Marrón	0.50	0.75	0.92
Rojo	0.65	0.80	0.90
Verde	0.40	0.70	0.88
Azul	0.50	0.80	0.95
Gris	0.40	0.65	
Negro		0.96	

Tabla 9. Absortividad del marco para radiación solar α .

Los cerramientos de nuestro edificio calculados como huecos y lucernarios son los siguientes:

Cerramiento	Descripción	U(W/m ² K)
Hueco 1	Marco de madera Cristal doble Cámara aire	2.8000
Hueco 2	Marco de madera Cristal doble Cámara aire	2.8000
Hueco 3	Marco de madera Cristal doble Cámara aire	2.8000
Hueco 4	Marco de madera Cristal doble Cámara aire	2.8000
Hueco 5	Marco de madera	2.8000

4.2. Condensaciones

Las condensaciones superficiales en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio, se limitarán de forma que se evite la formación de mohos en su superficie interior. Para ello, en aquellas superficies interiores de los cerramientos que puedan absorber agua o susceptibles de degradarse y especialmente en los puentes térmicos de los mismos, la humedad relativa media mensual en dicha superficie será inferior al 80%.

Las condensaciones intersticiales que se produzcan en los cerramientos y particiones interiores que componen la envolvente térmica del edificio serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada período anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo período.

4.2.1. Condiciones para el cálculo de condensaciones

4.2.1.1. Condiciones exteriores

En el caso de La Puebla de Híjar, al no tener un registro climático contrastado y encontrarse a una menor altura que la de la capital de provincia, se tomará la misma temperatura y humedad que la que corresponde a dicha capital.

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Teruel	Tmed	3.8	4.8	6.8	9.3	12.6	17.5	21.3	20.6	17.9	12.1	7.0	4.5
	Hrmed	72	67	60	60	60	55	50	54	59	66	71	76

Tabla 10. Datos climáticos mensuales de la capital de provincia, T en °C y HR en %.

4.2.1.2. Condiciones interiores

4.2.1.2.1. Para el cálculo de condensaciones superficiales

Se tomará una temperatura del ambiente interior igual a 20°C para el mes de enero.

Si se dispone del dato de humedad relativa interior y ésta se mantiene constante, se podrá utilizar dicho dato en el cálculo añadiéndole 0.05 como margen de seguridad.

$$HR_{int} = 0.45 + 0.05 = 0.5$$

4.2.1.2.2. Para el cálculo de condensaciones intersticiales

Si se disponen de los datos de temperatura interior y humedad relativa interior, se podrán utilizar dichos datos en el cálculo añadiéndole 0,05 a la humedad relativa como margen de seguridad.

$$T_{int} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$HR_{int} = 0.45 + 0.05 = 0.5$$

4.2.2. Comprobación de las condensaciones

4.2.2.1. Condensaciones superficiales

4.2.2.1.1. Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

El factor de temperatura de la superficie interior f_{rsi} , para cada cerramiento, partición interior, o puentes térmicos integrados en los cerramientos, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{rsi} = 1 - U \cdot 0.25$$

- U: transmitancia térmica del cerramiento, partición interior, o puente térmico integrado en el cerramiento ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

4.2.2.1.2. Factor de temperatura de la superficie interior mínimo

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo aceptable $f_{rsi,min}$ de un puente térmico, cerramiento o partición interior se podrá calcular a partir de la siguiente expresión:

$$f_{rsi,min} = (\theta_{si,min} - \theta_e) / 20 \cdot \theta_e$$

- θ_e : temperatura exterior de la localidad en el mes de enero ($^{\circ}\text{C}$)
- $\theta_{si,min}$: temperatura superficial interior mínima aceptable obtenida de la siguiente expresión ($^{\circ}\text{C}$):

$$\theta_{si,min} = (237.3 \cdot \log_e (P_{sat} / 610.5)) / (17.269 - \log_e (P_{sat} / 610.5))$$

- P_{sat} : presión de saturación máxima aceptable en la superficie obtenida de la siguiente expresión (Pa):

$$P_{sat} = P_i / 0.8$$

- P_i : presión de vapor interior obtenida de la siguiente expresión (Pa):

$$P_i = \phi_i \cdot 2337$$

- ϕ_i : humedad relativa interior (tanto por 1).

4.2.2.2. Condensaciones intersticiales

4.2.2.2.1. Distribución de temperatura

La distribución de temperaturas a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas superficiales interior R_{si} y exterior R_{se} , y de las resistencias térmicas de cada capa ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$).

El procedimiento a seguir para el cálculo de la distribución de temperaturas es el siguiente:

a) Cálculo de la resistencia térmica total del elemento constructivo.

b) Cálculo de la temperatura superficial exterior θ_{se} :

$$\theta_{se} = \theta_e + (R_{se} / R_t) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

- θ_e : temperatura exterior de la localidad en la que se ubica el edificio correspondiente a la temperatura media del mes de enero (°C).
- θ_i : temperatura interior (°C).
- R_t : resistencia térmica total del componente constructivo (m²K/W).
- R_{se} : resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior (m²K/W).

c) Cálculo de la temperatura en cada una de las capas que componen el elemento constructivo según las expresiones siguientes:

$$\theta_1 = \theta_{se} + (R_1 / R_t) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + (R_2 / R_t) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + (R_n / R_t) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

- θ_{se} : temperatura superficial exterior ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_e : temperatura exterior correspondiente a la temperatura media del mes de enero ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_i : temperatura interior ($^{\circ}\text{C}$).
- $\theta_1, \dots, \theta_{n-1}$: temperatura en cada capa ($^{\circ}\text{C}$).
- R_1, R_2, \dots, R_n : resistencias térmicas de cada capa ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).
- R_t : resistencia térmica total del componente constructivo ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).

d) Cálculo de la temperatura superficial interior θ_{si} :

$$\theta_{si} = \theta_n + (R_{si} / R_t) \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

- θ_e : temperatura exterior de la localidad correspondiente a la temperatura media del mes de enero ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_i : temperatura interior ($^{\circ}\text{C}$).
- θ_n : temperatura en la capa n ($^{\circ}\text{C}$).
- R_{si} : resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).
- R_t : resistencia térmica total del componente constructivo ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$).

Se considera que la distribución de temperaturas en cada capa es lineal.

4.2.2.2.2. Distribución de la presión de vapor de saturación

Se determinará la distribución de la presión de vapor de saturación a lo largo de un muro formado por varias capas, a partir de la distribución de temperaturas obtenida anteriormente, mediante las expresiones indicadas en el apartado 4.2.3.1.

4.2.2.2.3. Distribución de presión de vapor

La distribución de presión de vapor a través del cerramiento se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$P_1 = P_e + (S_{d1} / \Sigma S_{dn}) \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_2 = P_1 + (S_{d2} / \Sigma S_{dn}) \cdot (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + (S_{d,n-1} / \Sigma S_{dn}) \cdot (P_i - P_e)$$

- P_i : presión de vapor de aire interior (Pa).
- P_e : presión de vapor de aire exterior (Pa).
- P_1, \dots, P_{n-1} : presión de vapor en cada capa n (Pa).
- $S_{d1}, \dots, S_{d,n-1}$: espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión:

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

- μ_n : factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, calculado a partir de los valores térmicos declarados según por la norma UNE EN ISO 10456: 2001 o tomado de Documentos Reconocidos.
- e_n : espesor de la capa n (m).

La distribución de presiones de vapor a través del cerramiento se puede representar gráficamente mediante la línea recta que una el valor de P_i con P_e , dibujado sobre la sección del cerramiento utilizando los espesores de capa equivalentes a la difusión de vapor de agua, S_{dn} .

Para el cálculo analítico de P_i y de P_e , en función de la temperatura y de la humedad relativa, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

- ϕ_i : humedad relativa del ambiente interior (en tanto por 1).
- ϕ_e : humedad relativa del ambiente exterior (en tanto por 1).

4.2.3. Relaciones psicrométricas

4.2.3.1. Cálculo de la presión de saturación de vapor

La presión de vapor de saturación se calculará en función de la temperatura, a partir de las siguientes ecuaciones:

a) Si la temperatura (θ) es mayor o igual a 0°C:

$$P_{sat} = 610.5 \cdot e^{((17.269 \cdot \theta) / (237.3 + \theta))}$$

b) Si la temperatura (θ) es menor que 0°C:

$$P_{sat} = 610.5 \cdot e^{((21.875 \cdot \theta) / (265.5 + \theta))}$$

4.3. Fichas justificativas de la opción simplificada

FICHA 1. Cálculo de los parámetros característicos medios.

ZONA CLIMÁTICA	E1	ZONA DE CARGA INTERNA	Alta
----------------	----	-----------------------	------

MUROS (UMm) y (Utm)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A.U (W/°K)	Resultados
Z	1	285,96	0,5270	150,7031	A 370,7413
	2	41,78	0,5214	21,7867	A.U 181,6125
	3	43,00	0,2122	9,1228	U 0,4899
E	1	120,41	0,5270	63,4550	A 180,3125
	2	16,41	0,5214	8,5550	A.U 81,2388
	3	43,50	0,2122	9,2289	U 0,4505
O	1	132,48	0,5270	69,8153	A 195,4750
	2	19,50	0,5214	10,1682	A.U 89,2124
	3	43,50	0,2122	9,2289	U 0,4564
S	1	261,90	0,5270	138,0233	A 358,1413
	2	53,24	0,5214	27,7624	A.U 174,9085
	3	43,00	0,2122	9,1228	U 0,4884
SE	1	7,56	0,5270	3,9838	A 7,5594
					A.U 3,9838
					U 0,5270
SO	1	11,10	0,5270	5,8498	A 11,1000
					A.U 5,8498
					U 0,5270
C-TER	1	10,88	0,4528	4,9245	A 210,1650
	2	37,05	0,4981	18,4535	A.U 164,1684
	3	104,92	0,6672	70,0039	U 0,7811
	4	15,21	0,5805	8,8290	
	5	18,30	2,2556	41,2782	
	6	4,41	0,5031	2,2189	
	7	5,40	2,3635	12,7631	
	8	14,00	0,4070	5,6973	

SUELOS (Usm)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A.U (W/°K)	Resultados
1		1247,00	0,2311	288,1817	A 1467,2200
2		220,22	0,4632	102,0059	A.U 390,1876
					U 0,2659

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (Uc, FI)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A.U (W/°K)	Resultados
1		1103,00	0,2135	235,5087	A 1389,2200
2		218,30	0,4537	99,0439	A.U 365,6308
3		67,92	0,4576	31,0782	U 0,2632

Proyecto de climatización del pabellón polideportivo de La Puebla de Híjar (Teruel). MEMORIA

HUECOS (Uh, Fh)								
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A.U (W/°K)	Resultados			
Z	1	5,47	2,8000	15,3125	A	13,8688		
	4	8,40	2,8000	23,5200	A.U	38,8325		
					U	2,8000		
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	F (W/m ² °K)	A.U (W/°K)	A.F (m ²)	Resultados	
E	1	1	4,69	2,8000	0,3376	13,1250	1,5826	A 26,6875
		3	6,00	2,8000	0,0714	16,8000	0,4282	A.U 74,7250
		5	16,00	2,8000	0,0224	44,8000	0,3584	A.F 2,3692
							U 2,8000	
							F 0,0888	
O	2	2	6,00	2,8000	0,0742	16,8000	0,4449	A 6,0000
								A.U 16,8000
								A.F 0,4449
							U 2,8000	
							F 0,0742	
S	1	1	5,47	2,8000	0,2159	15,3125	1,1805	A 5,4688
								A.U 15,3125
								A.F 1,1805
							U 2,8000	
							F 0,2159	
SE	1	1	0,39	2,8000	0,2601	1,0938	0,1016	A 0,3906
								A.U 1,0938
								A.F 0,1016
							U 2,8000	
							F 0,2601	

FICHA 2. CONFORMIDAD. Demanda energética.

ZONA CLIMÁTICA	E1	ZONA DE CARGA INTERNA	Alta
-----------------------	----	------------------------------	------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	U_{proy}	U_{max}
Muros de fachada	0,5270	0,74
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0,5805	
Suelos	0,4632	0,62
Cubiertas	0,4576	0,46
Vidrios de huecos y lucernarios	2,8000	3,10
Marcos de huecos y lucernarios	2,8000	
Medianerías		

Particiones interiores (edificios de viviendas)		
---	--	--

MUROS DE FACHADA		
	U_m	U_{lim}
N	0,4899	0,57
E	0,4505	
O	0,4564	
S	0,4884	
SE	0,5270	
SO	0,5270	

HUECOS Y LUCERNARIOS				
	U_h	U_{lim}	F_h	F_{lim}
	2,8000	3,10		
	2,8000	3,10	0,0888	-
	2,8000	3,10	0,0742	-
	2,8000	3,10	0,2159	-
			0,2601	-

CONT. TERRENO	
U_t	U_{lim}

SUELOS	
U_t	U_{lim}
0,2659	0,48

CUBIERTAS	
U_t	U_{lim}
0,2632	0,35

LUCERNARIOS	
F_t	F_{lim}

FICHA 3. CONFORMIDAD. Condensaciones.

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUESNTES TÉRMICOS										
Tipos	C.superficiales		C.intersticiales							
	frsi>=frs,min		Pn<=Psat,n	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7
Muro exterior 1	frsi	0,8682	Psat,n	888,11	1864,32	2032,77	2181,14			
	frs,min	0,2893	Pn	795,08	958,27	964,50	1168,48			
Muro exterior 2	frsi	0,8696	Psat,n	887,16	1848,59	2013,98	2159,55	2171,80	2182,74	
	frs,min	0,2893	Pn	769,57	912,46	917,92	1096,53	1141,19	1168,48	
Muro exterior 3	frsi	0,9470	Psat,n	813,55	2262,57	2273,09				
	frs,min	0,2893	Pn	585,09	1166,07	1168,48				
Cubierta 1	frsi	0,9466	Psat,n	813,62	2276,73	2287,38				
	frs,min	0,2893	Pn	585,12	1166,07	1168,48				
Cubierta 2	frsi	0,8866	Psat,n	844,72	869,19	1091,85	1177,28	2191,70	2198,89	2232,72
	frs,min	0,2893	Pn	641,36	672,26	708,50	1081,51	1142,90	1155,69	1168,48
Cubierta 3	frsi	0,8856	Psat,n	2231,85						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						
Hueco 1	frsi	0,3000	Psat,n	939,79	1532,08	1566,34				
	frs,min	0,2893	Pn	889,73	939,67	1168,48				
	frsi	0,3000	Psat,n	1792,82						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						
Hueco 2	frsi	0,3000	Psat,n	939,79	1532,08	1566,34				
	frs,min	0,2893	Pn	889,73	939,67	1168,48				
	frsi	0,3000	Psat,n	1792,82						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						
Hueco 3	frsi	0,3000	Psat,n	939,79	1532,08	1566,34				
	frs,min	0,2893	Pn	889,73	939,67	1168,48				
	frsi	0,3000	Psat,n	1792,82						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						
Hueco 4	frsi	0,3000	Psat,n	939,79	1532,08	1566,34				
	frs,min	0,2893	Pn	889,73	939,67	1168,48				
	frsi	0,3000	Psat,n	1792,82						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						
Hueco 5	frsi	0,3000	Psat,n	1792,82						
	frs,min	0,2893	Pn	1168,48						

5. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

El cálculo de estas condiciones se realiza atendiendo al Manual de Climatización, Tomo 2, Cargas Térmicas, de J.M. Pinazo Ojer.

5.1. Variables que definen el ambiente exterior

El ambiente exterior de una localidad viene definido por la temperatura seca, la temperatura húmeda, la radiación solar y la temperatura del suelo (en invierno).

Para provocar un incremento/disminución dado de la temperatura interior de un edificio, es necesario no sólo calentar/enfriar el aire interior, sino que también será preciso aumentar/disminuir proporcionalmente la temperatura de las paredes y estructura del mismo (inercia térmica del edificio).

La instalación tendrá el momento de máxima carga sobre las 15 horas solares del 31 de Julio para refrigeración y sobre las 7 horas solares del mes de enero para calefacción. Para España la hora solar en verano son 2 horas menos que la civil, y en invierno dicha diferencia se reduce a 1 hora.

5.2. Condiciones estivales

5.2.1. Temperatura seca

La temperatura seca máxima de proyecto es aquella que es sobrepasada un tanto por cien de las horas durante el periodo estival (Junio, Julio, Agosto y Septiembre, 122 días). El tanto por cien se conoce como nivel percentil (NP).

$$T_{s,ext,m\acute{a}x,NP}$$

Para el cálculo de las cargas térmicas en verano se utilizará como condiciones exteriores un nivel percentil del 5% (condiciones generales de diseño).

$$NP = 5\%$$

Tomamos los valores de la provincia de Teruel que serán corregidos para ajustarlos a la localización geográfica del proyecto:

Teruel (Calamocha)
Altura(m): 884
Ts(°C): 29,0
Th(°C): 18,1
OMD(°C): 17,3

OMA(°C): 39,7

- Ts: temperatura seca de proyecto (°C).
- Th: temperatura húmeda de proyecto (°C).
- OMD: oscilación media diaria de temperaturas (°C).
- OMA: oscilación media anual de temperaturas (°C).

Correcciones:

Variación de la temperatura seca exterior en función de la hora solar considerada y de la oscilación media diaria de temperaturas:

OMD (°C)	HORA SOLAR											
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	
6	6	5.3	4.1	2.8	0.6	0	0.6	1.1	2.9	4.7	5.6	
8	8	6.5	4.9	2.8	0.6	0	0.6	1.1	3.3	5.4	7.5	
10	10	7.3	5.3	2.8	0.6	0	0.6	1.4	3.7	5.9	8.4	
12	12	8.1	5.6	2.8	0.6	0	0.6	1.7	4.1	6.5	9.2	
14	14	8.9	5.6	2.8	0.6	0	0.6	1.7	4.4	7.2	10	
16	16	9.7	6.4	3.2	0.6	0	0.6	2.1	5.3	8.1	11.3	
18	18	10.8	7.2	3.6	0.6	0	0.6	2.7	6.1	9.1	12.5	
20	20	11.9	8	4	0.6	0	0.6	3.4	6.9	10.3	13.8	
22	22	13.2	8.8	4.4	0.6	0	0.6	3.8	7.7	11.6	15.4	
24	24	14	9.2	4.5	0.9	0	0.9	4.2	8.5	12.7	16.6	

Tabla 11. Corrección temperatura seca exterior en función de la hora.

$$\Delta T_{s,ext,hora}(^{\circ}\text{C}) = 0$$

Variación de la temperatura seca exterior en función del mes considerado y de la oscilación media anual (OMA):

OMA (°C)	HORA SOLAR									
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
45	13.5	8.9	4.4	1.7	0	0	2.4	6.7	11.5	
40	7.5	5	2.2	0.6	0	0	1.3	3.9	8	
35	5.7	4.2	2	0.6	0	0	1.1	3.1	6.2	
30	3.2	2.7	1.7	0.6	0	0	1.1	2.2	4.3	
25	2.2	1.7	1	0.6	0	0	0.9	1.7	3.3	
20	1.7	1.2	0.8	0.5	0	0	0.7	1.2	2.5	

Tabla 12. Corrección temperatura seca exterior en función del mes.

$$\Delta T_{s,ext,mes}(^{\circ}\text{C}) = 0$$

Variación de la temperatura seca exterior en función de la altura, estimándose en -1°C cada 150 m, por lo tanto:

$$\begin{aligned}\Delta T_{s,ext,altura}(^{\circ}\text{C}) &= -\Delta z / 150 = -(z_{\text{proy}} - z_{\text{est}}) / 150 = \\ &= -(256 - 884) / 150 = 4,2\end{aligned}$$

- z_{proy} : altura del lugar del proyecto.
- z_{est} : altura de la estación meteorológica.

Variación de la temperatura seca exterior en función de la localización:

$$\Delta T_{s,ext,ciudad}(^{\circ}\text{C}) = 2$$

Al estar el proyecto situado dentro del núcleo urbano se considera que tenemos una variación de temperatura debido a la actividad humana, industrial, etc.

Por todo lo anterior la temperatura seca exterior de proyecto a considerar será:

$$\begin{aligned}T_{s,ext}(^{\circ}\text{C}) &= T_{s,ext,m\acute{a}x,NP} - \Delta T_{s,ext,hora} - \Delta T_{s,ext,mes} + \\ &\Delta T_{s,ext,altura} + \Delta T_{s,ext,ciudad} = 29 - 0 - 0 + 4,2 + 2 = 35,2\end{aligned}$$

5.2.2. Temperatura húmeda

A lo largo de un día en una localidad se puede suponer aproximadamente constante la humedad específica, o cantidad de agua que lleva el aire.

Correcciones:

Variación de la temperatura húmeda exterior en función de la hora solar considerada y la oscilación media diaria (OMD):

OMD (°C)	HORA SOLAR										
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
6	1.3	1.2	1.1	0.6	0	0	0	0.6	0.6	1.2	1.3
8	2.1	1.6	1.1	0.6	0	0	0	0.6	0.6	1.6	2.1
10	2.2	2	1.4	0.6	0	0	0	0.6	0.9	1.7	2.2
12	2.4	2.2	1.7	0.6	0	0	0	0.6	1.1	1.7	2.4
14	2.8	2.2	1.7	0.6	0	0	0	0.6	1.1	1.7	2.8
16	3.2	2.6	1.7	0.6	0	0	0	0.6	1.5	2.1	3.2
18	3.6	3.1	1.9	0.8	0	0	0	0.6	1.7	2.5	3.6
20	4.1	3.4	2.2	1.1	0	0	0	0.7	1.8	2.9	4.1
22	4.9	3.8	2.2	1.1	0	0	0	1.1	2.2	3.3	4.9
24	5.4	3.9	2.6	1.1	0	0	0.4	1.1	2.2	4	5.4

Tabla 13. Corrección temperatura húmeda exterior en función de la hora.

$$\Delta T_{h,ext,hora}(^{\circ}C) = 0$$

Variación de la temperatura húmeda exterior en función del mes considerado y la oscilación media anual (OMA):

OMA (°C)	HORA SOLAR									
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
45	7.2	5	2.2	1.1	0	0	1.1	3.3	6.1	
40	3.6	2.4	1.1	0	0	0	0.8	2.2	3.8	
35	2.9	2	1.1	0	0	0	0.6	1.7	3.1	
30	1.7	1.6	1	0	0	0	0.6	1.1	2.1	
25	1.5	1.1	0.5	0	0	0	0.4	0.9	1.7	
20	1.2	0.8	0.5	0	0	0	0.2	0.5	1.4	

Tabla 14. Corrección temperatura húmeda exterior en función del mes.

$$\Delta T_{h,ext,mes}(^{\circ}C) = 0$$

Por lo anterior la temperatura húmeda exterior de proyecto coincidente a considerar será:

$$T_{h,ext} = T_{h,ext,máx,NP} - \Delta T_{h,ext,hora} - \Delta T_{h,ext,mes} = 18,1 - 0 - 0 = 18,1$$

5.2.3. Radiación solar

Para estimar la radiación solar máxima incidente en una localidad determinada utilizamos la tabla 15 de radiación solar máxima, en condiciones standard en cuanto a cantidad de vapor de agua y cantidad de aerosoles existentes en la atmósfera.

Mes	Orientación	Hora solar														
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21 Junio	Horizontal	30	190	372	550	707	829	907	933	907	829	707	550	372	190	30
	N	59	172	189	148	165	182	192	196	192	182	165	148	189	172	59
	NE	106	354	485	494	426	312	192	196	192	182	165	141	112	72	15
	E	100	372	562	634	612	517	371	196	192	182	165	141	112	72	15
	SE	44	213	376	486	535	525	459	349	207	182	165	141	112	72	15
	SE	15	72	112	141	242	332	391	412	391	332	242	141	112	72	15
	SO	15	72	112	141	165	182	207	349	459	525	535	486	376	213	44
	O	15	72	112	141	165	182	192	196	371	517	612	634	562	372	100
	NO	15	72	112	141	165	182	192	196	192	312	426	494	485	354	106

Tabla 15. Radiación máxima esperada en W/m^2 .

5.2.4. Temperatura del suelo

En las instalaciones de aire acondicionado por el suelo se pierde calor durante todo el año, ya que de forma aproximada, éste se mantiene a una temperatura inferior a $20^{\circ}C$, que es la temperatura interior media.

Al ser un aporte energético negativo (se pierde calor), en los cálculos de aire acondicionado no se considerará esta carga negativa, y por lo tanto no es significativa la temperatura del suelo en verano.

5.3. Condiciones invernales

5.3.1. Temperatura seca

Para el cálculo de cargas térmicas en invierno se utilizarán como condiciones exteriores un nivel percentil del 97,5% (condiciones generales).

Tomamos los valores de la provincia de Teruel que no será necesario corregirlos para ajustarlos a la localización geográfica del proyecto:

Teruel (Calamocha)
 $T_{s,ext}(^{\circ}C) = -6,1$

5.3.2. Temperatura húmeda

No es significativa ya que al estar a bajas temperaturas el valor absoluto de la humedad específica es muy bajo, considerándose de forma aproximada un valor para la humedad relativa:

$\theta_{rel} = 85\%$

5.3.3. Radiación solar

Se va a considerar nula por suceder las mayores necesidades o bien por la noche, o bien bajo la consideración de un día muy nuboso (dimensionamiento máximo de la instalación).

5.3.4. Temperatura del suelo

$T_{suelo}(^{\circ}C) = 5$

6. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Para conocer las condiciones interiores de cálculo de nuestro edificio, primeramente hay que suponer unos valores standard de temperaturas y humedades interiores para realizar unos cálculos aproximados de demanda energética, que, seguidamente nos servirán para calcular las condiciones de funcionamiento de los equipos de climatización.

Estos valores vienen dictados por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

6.1. Temperaturas y humedades relativas

La temperatura del aire en el recinto se limitará a los siguientes valores:

- La temperatura del aire en modo calefacción no será superior a 21°C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.
- La temperatura del aire en modo refrigeración no será inferior a 26°C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de frío por parte del sistema de refrigeración.
- Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

Para realizar nuestros cálculos vamos a tomar unos valores que ayudan al ahorro de energía en el edificio:

- Verano:
 $T = 26^{\circ}\text{C}$
 $\phi = 63\%$ (calculado con el diagrama psicrométrico a partir del FCS)
- Invierno:
 $T = 20^{\circ}\text{C}$
 $\phi = 45\%$

6.2. Velocidades del aire

La velocidad media del aire aceptable depende de la molestia por corriente de aire, de la temperatura del aire y de la intensidad de turbulencias del aire.

En base a las temperaturas de diseño del aire para el recinto, una molestia por corriente de aire del 10% al 20% y asumiendo una intensidad de turbulencias del 40%, pueden utilizarse los valores dados en la tabla 16:

Temperatura local del aire (°C)	Intervalo típico	Valores por defecto
20	0.10 a 0.16	$v \leq 0.13$
21	0.10 a 0.17	$v \leq 0.14$
22	0.11 a 0.18	$v \leq 0.15$
24	0.13 a 0.21	$v \leq 0.17$
26	0.15 a 0.25	$v \leq 0.20$

Tabla 16. Valores de diseño para la velocidad local del aire.

6.3. Ambiente acústico

En la tabla 17 se definen los resultados admisibles de los niveles de presión acústica ponderados-A generados y/o transmitidos por la ventilación o el sistema de acondicionamiento de aire y otras instalaciones.

Edificio	Tipo de espacio	Nivel de presión acústica [dB(A)]	
		Intervalo típico	Valor por defecto
Deportes	Estadios deportivos cubiertos	35 a 50	45

Tabla 17. Niveles permitidos de presión acústica ponderados-A.

7. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS

El cálculo de estas condiciones se realiza atendiendo al Manual de Climatización, Tomo 2, Cargas Térmicas, de J.M. Pinazo Ojer.

7.1. Introducción

Se va a especificar como se debe calcular la carga térmica de la instalación, tanto en verano como en invierno. Se entiende como carga térmica de un local la potencia de refrigeración o calefacción que requiere la instalación, en un determinado instante, para mantener unas condiciones térmicas interiores dadas.

Para dimensionar los equipos de climatización deberemos estimar la máxima carga térmica de la instalación que depende del tipo de local y de su régimen de utilización. La instalación tendrá el momento de máxima carga sobre las 15 horas solares del 31 de Julio para refrigeración y sobre las 7 horas solares del mes de Enero para calefacción.

Bajo concepto de carga térmica entendemos todo fenómeno que tienda a modificar tanto la temperatura como la humedad absoluta en un local. Cuando únicamente se modifica la temperatura seca del aire diremos que es una carga sensible. Si se modifica la cantidad de vapor de agua afirmaremos que se trata de una carga latente.

7.2. Cargas de refrigeración

7.2.1. Cargas exteriores

7.2.1.1. Carga a través de paredes, techos y suelos

La transferencia de calor por las superficies del edificio aportará un calor que aumentará la temperatura del aire. Este tipo de carga será sensible.

Se trata de una transmisión de calor a través de un muro multicapa, el cual se evalúa por:

$$Q_{sen} = A \cdot U \cdot (T_{seq} - T_{sL})$$

- Q_{sen} : potencia calorífica transmitida (kcal/h ó W).
- A: superficie del cerramiento (m^2).
- U: coeficiente global de transmisión de calor (kcal/h· m^2 ·°C ó W/ m^2 ·°C).
- T_{seq} : temperatura seca equivalente del recinto colindante (°C).
- T_{sL} : temperatura seca del local (°C).

7.2.1.1.1. Temperatura equivalente exterior

La temperatura seca equivalente de un cerramiento concreto, se define como aquella temperatura ficticia que deberemos suponer al ambiente exterior, para aplicando la ecuación de transmisión de calor en régimen permanente unidireccional en un muro, nos proporcione el flujo de calor real que se introduce por la superficie interior en nuestro edificio en un instante dado.

7.2.1.1.1.1. Paredes verticales exteriores

$$T_{seq,correctada} = T_{seq,standard} + (T_{s,ext,máx,NP} - 29,2 + \Delta T_{ciudad}) + \Delta T_{seq,mes} + \Delta T_{seq,hora} - \Delta z/150 + (\rho_g - 0,2) \cdot CRA$$

- $T_{seq,standard}$: temperatura seca equivalente exterior calculada en unas condiciones standard.
- ρ_g : coeficiente de reflexión de alrededores.
- CRA: coeficiente corrector de reflexión de alrededores.

22 de Julio												
	N			NE			E			SE		
	O	M	C	O	M	C	O	M	C	O	M	C
1	30.1	29.4	28.7	30.1	29.3	28.6	30.8	30	29.1	31.1	30.2	29.3
2	28.8	28.1	27.5	28.6	28	27.4	29.2	28.5	27.8	29.5	28.7	28
3	27.4	26.9	26.4	27.2	26.8	26.3	27.7	27.2	26.6	27.9	27.3	26.7
4	26.1	25.7	25.3	26	25.6	25.2	26.3	25.9	25.5	26.5	26	25.6
5	25	24.6	24.3	24.8	24.5	24.2	25.1	24.8	24.4	25.2	24.9	24.5
6	23.9	23.7	23.4	23.9	23.6	23.4	24.1	23.8	23.5	24.1	23.9	23.6
7	23.2	22.9	22.7	23.3	23.1	22.8	23.5	23.2	22.9	23.4	23.1	22.8
8	22.9	22.6	22.3	23.6	23.2	22.8	23.9	23.4	23	23.2	22.9	22.6
9	23	22.7	22.3	25.1	24.4	23.7	25.7	24.9	24.1	24.2	23.7	23.1
10	23.6	23.1	22.6	27.4	26.3	25.2	28.7	27.3	26	26.4	25.4	24.5
11	24.4	23.8	23.2	29.9	28.4	26.8	32.2	30.3	28.4	29.4	27.9	26.5
12	25.5	24.7	24	32	30.2	28.3	35.6	33.2	30.7	32.7	30.8	28.8
13	26.8	25.9	24.9	33.5	31.5	29.5	38.2	35.4	32.6	35.9	33.5	31.1
14	28.1	27.1	26.1	34.6	32.4	30.3	39.8	36.8	33.8	38.5	35.7	33
15	29.6	28.4	27.2	35.3	33.2	31.1	40.4	37.4	34.5	40.1	37.2	34.3
16	30.9	29.7	28.4	35.9	33.8	31.7	40.6	37.7	34.8	40.9	38	35.1
17	32.2	30.8	29.5	36.3	34.3	32.3	40.4	37.7	35	41.1	38.3	35.4
18	33.2	31.8	30.4	36.6	34.6	32.7	40.1	37.5	35	40.8	38.2	35.5
19	33.9	32.5	31.2	36.5	34.7	32.9	39.4	37.1	34.8	40.2	37.8	35.3
20	34.4	33	31.6	36.2	34.5	32.8	38.5	36.5	34.4	39.2	37	34.8
21	34.3	33	31.7	35.4	33.9	32.4	37.3	35.5	33.7	37.9	36	34.1
22	33.7	32.5	31.3	34.2	32.9	31.7	35.8	34.2	32.7	36.3	34.7	33
23	32.7	31.7	30.6	32.9	31.8	30.7	34.1	32.8	31.6	34.6	33.2	31.9
24	31.5	30.6	29.7	31.5	30.6	29.7	32.5	31.4	30.4	32.8	31.7	30.6

	S			SO			O			NO		
	O	M	C	O	M	C	O	M	C	O	M	C
1	31.6	30.6	29.7	35.7	34	32.4	37.3	35.4	33.5	34.7	33.2	31.7
2	29.9	29.1	28.3	33.3	31.9	30.6	34.7	34.7	31.5	32.5	31.3	30
3	28.3	27.6	27	31.1	30	28.8	32.2	32.2	29.6	30.5	29.5	28.5
4	26.8	26.3	25.8	29.1	28.2	27.3	30	30	27.9	28.6	27.8	27
5	25.5	25.1	24.7	27.3	26.6	25.9	28.1	28.1	26.4	27	26.3	25.7
6	24.3	24	23.7	25.8	25.2	24.7	26.4	26.4	25.1	25.5	25	24.5
7	23.3	23.1	22.8	24.5	24.1	23.6	25	25	23.9	24.3	23.9	23.5
8	22.7	22.5	22.2	23.6	23.2	22.8	24	24	23.1	23.5	23.1	22.7
9	22.5	22.2	22	23.2	22.8	22.4	23.5	23.5	22.6	23.1	22.7	22.4
10	22.9	22.6	22.2	23.4	22.9	22.5	23.6	23.6	22.6	23.3	22.8	22.4
11	24.1	23.5	23	24	23.4	22.9	24.2	24.2	23	23.9	23.4	22.9
12	26	25.2	24.3	25	24.3	23.7	25.2	25.2	23.7	25	24.3	23.6
13	28.6	27.4	26.2	26.5	25.6	24.8	26.4	26.4	24.7	26.2	25.4	24.6
14	31.6	30	28.3	28.6	27.5	26.4	27.9	27.9	25.9	27.7	26.7	25.7
15	34.5	32.5	30.5	31.4	29.9	28.5	29.9	29.9	27.5	29.2	28.1	27
16	37.1	34.8	32.6	34.8	32.9	31	32.8	32.8	29.7	31	29.7	28.5
17	39.1	36.6	34.1	38.3	36	33.6	36.4	36.4	32.3	33.3	31.8	30.3
18	40.1	37.6	35.1	41.6	38.8	36	40.1	40.1	35.1	35.9	34.1	32.3
19	40.3	37.9	35.4	43.9	40.8	37.8	43.4	43.4	37.5	38.5	36.3	34.2
20	39.7	37.5	35.2	44.9	41.8	38.6	45.5	45.5	39	40.4	38	35.6
21	38.6	36.5	34.5	44.4	41.4	38.4	45.9	45.9	39.4	41	38.5	36.1
22	37	35.3	33.5	42.9	40.1	37.4	44.7	44.7	38.7	40.3	38	35.7
23	35.2	33.8	32.3	40.7	38.3	35.9	42.6	42.6	37.2	38.8	36.7	34.7
24	33.4	32.2	31	38.2	36.2	34.2	40	40	35.4	36.8	33.2	33.2

Tabla 18. Temperatura seca equivalente exterior (°C). Muro ligero (200 kg/m²).

MATERIALES		ZONAS	
Césped	0.2	Zona costera	0.14
Hormigón	0.35	Zona semi-rural	0.22
Madera	0.22	Zona semi-urbana	0.13
Asfalto pavimento	0.15	Zona industrial	0.2

Tabla 19. Valores típicos de ρ_g .

Mes	Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre		
	O	M	C	O	M	C	O	M	C	O	M	C	O	M	C
L	18	15	12	17	14	11	16	13	10	14	11	9	10	9	7
M	12	10	8	11	9	8	10	8	7	9	7	5	7	5	4
P	9	8	6	8	7	6	7	6	5	6	5	4	4	3	3

Tabla 20. Valor del coeficiente CRA.

7.2.1.1.1.2. Techos

$$T_{seq,correctada} = T_{seq,standard} + (T_{s,ext,máx,NP} - 29,2 + \Delta T_{ciudad}) + \Delta T_{seq,mes} + \Delta T_{seq,hora} - \Delta z/150$$

22 de Julio									
	Horiz.			Horz.sombra			N 30°		
	O	M	C	O	M	C	O	M	C
1	43.3	40.1	36.9	29.6	28.7	27.8	39.9	37.3	34.7
2	43	39.9	36.8	29.7	28.8	27.9	39.7	37.2	34.6
3	42.4	39.4	36.5	29.6	28.8	27.9	39.3	36.8	34.4
4	41.6	38.8	35.9	29.4	28.6	27.8	38.7	36.3	34
5	40.7	38	35.3	29.2	28.4	27.6	37.9	35.7	33.5
6	39.6	37.1	34.6	28.8	28.1	27.4	37	34.9	32.8
7	38.5	36.1	33.8	28.4	27.7	27	36.1	34.1	32.2
8	37.3	35.1	32.9	27.9	27.3	26.7	35.1	33.2	31.4
9	36.1	34.1	32	27.4	26.8	26.2	34.1	32.4	30.7
10	35	33.1	31.2	26.9	26.4	25.8	33.1	31.5	30
11	34	32.2	30.5	26.5	26	25.5	32.3	30.8	29.3
12	33.3	31.6	29.9	26.1	25.6	25.1	31.7	30.3	28.8
13	32.9	31.2	29.5	25.9	25.4	24.9	31.4	29.9	28.5
14	32.8	31.1	29.5	25.8	25.3	24.8	31.3	29.9	28.5
15	33.2	31.5	29.7	25.8	25.3	24.7	31.7	30.1	28.6
16	34	32.1	30.2	26	25.4	24.8	32.3	30.6	29
17	35.1	33	30.9	26.2	25.6	25	33.1	31.4	29.6
18	36.5	34.2	31.9	26.6	26	25.3	34.2	32.3	30.3
19	38	35.5	32.9	27.1	26.4	25.6	35.4	33.3	31.2
20	39.5	36.8	34	27.6	26.8	26.1	36.6	34.3	32
21	40.9	38	35	28.1	27.3	26.5	37.7	35.3	32.9
22	42	39	35.9	28.6	27.8	26.9	38.6	36.1	33.6
23	42.8	39.7	36.5	29.1	28.2	27.3	39.4	36.8	34.2
24	43.2	40	36.8	29.4	28.5	27.6	39.8	37.2	34.5

	E 30°			S 30°			O 30°		
	O	M	C	O	M	C	O	M	C
1	41.2	38.4	35.6	42.8	39.7	36.7	42.1	39.1	36.1
2	40.8	38.1	35.3	42.5	39.5	36.5	42.1	39.1	36.2
3	40.1	37.5	34.9	41.9	39	36.2	41.7	38.9	36
4	39.3	36.9	34.4	41.2	38.4	35.6	41.1	38.4	35.6
5	38.4	36.1	33.8	40.2	37.6	35	40.3	37.7	35.1
6	37.4	35.2	33.1	39.2	36.7	34.3	39.4	36.9	34.4
7	36.3	34.3	32.3	38	35.8	33.5	38.3	36	33.7
8	35.3	33.4	31.6	36.9	34.8	32.6	37.2	35	32.8
9	34.2	32.5	30.8	35.7	33.8	31.8	36.1	34	32
10	33.3	31.7	30.1	34.6	32.8	31	34.9	33.1	31.2
11	32.5	31	29.5	33.6	31.9	30.2	33.9	32.1	30.4
12	32.1	30.6	29.1	32.9	31.2	29.6	33	31.3	29.7
13	32.1	30.5	29	32.4	30.8	29.2	32.3	30.7	29.2
14	32.4	30.8	29.2	32.4	30.8	29.1	31.9	30.3	28.8
15	33.2	31.4	29.6	32.7	31	29.3	31.8	30.3	28.7
16	34.3	32.3	30.3	33.5	31.7	29.9	32.1	30.5	28.9
17	35.5	33.4	31.2	34.7	32.6	30.6	32.8	31.1	29.4
18	36.9	34.5	32.2	36.1	33.8	31.6	33.9	32	30.1
19	38.3	35.7	33.1	37.6	35.2	32.7	35.3	33.2	31.1
20	39.5	36.7	34	39.2	36.5	33.8	36.8	34.5	32.2
21	40.4	37.6	34.7	40.6	37.7	34.8	38.3	35.8	33.3
22	41.1	38.2	35.2	41.7	38.7	35.6	39.8	37.1	34.4
23	41.4	38.5	35.6	42.4	39.3	36.2	40.9	38.1	35.2
24	41.5	38.6	35.7	42.8	39.7	36.6	41.7	38.7	35.8

Tabla 21. Temperatura seca equivalente exterior (°C). Techo normal ligero (350 kg/m²).

7.2.1.2. Carga a través de superficies acristaladas

Es formalmente una transmisión de calor a través de superficies semitransparentes, y por tanto existe una transmisión de calor por radiación importante. Es toda carga sensible.

El intercambio de energía que se presenta en una superficie acristalada está constituida por dos fenómenos independientes que producen carga sensible. En primer lugar la transmisión de calor por conducción-convección a través del cristal, y en segundo lugar la transmisión de radiación solar incidente.

$$Q_{sen} = A (q_{cc} + q_{tr})$$

- A: área de la superficie acristalada (m²).
- q_{cc}: flujo de calor por conducción-convección (kcal/h·m² ó W/m²).
- q_{tr}: flujo de calor por radiación solar (kcal/h·m² ó W/m²).

7.2.1.2.1. Transmisión de calor por conducción-convección

El vidrio prácticamente no posee una masa importante, por lo que su inercia térmica puede considerarse despreciable.

$$q_{cc} = U \cdot (T_{se} - T_{sL})$$

- U: coeficiente global de transmisión de calor (kcal/h·m²·°C ó W/m²·°C).
- T_{se}: temperatura seca exterior de proyecto (°C).
- T_{sL}: temperatura seca local de proyecto (°C).

7.2.1.2.2. Transmisión de calor por radiación solar

$$q_{tr} = rad_{m\acute{a}x} \cdot A$$

- rad_{máx} = radiación solar máxima (W/m²).
- A: área de la superficie acristalada (m²).

7.2.1.3. Carga por ventilación

En la instalación tomamos aire externo, ya sea para mantener el aire con un grado determinado de pureza, o simplemente para facilitar el oxígeno necesario para la respiración. Este aire se encuentra a diferente temperatura y lleva distinto porcentaje de vapor de agua que el aire del local, por lo que aportará tanto carga sensible como latente.

Siempre habrá que tener en cuenta un caudal de aire exterior en la instalación, bien por infiltración, o bien por acción directa de las personas.

El aire exterior introducido será compensado con el mismo caudal de aire extraído ó expulsado por ventanas y puertas, con el fin de mantener la misma masa de aire seco en el interior del local; por tanto, la cantidad de calor sensible y latente que es aportado como carga en forma instantánea se obtendrá:

$$\begin{aligned} Q_{sen} &= 1200 \cdot V_{ev} (T_{se} - T_{sL}) \\ Q_{lat} &= 3002400 \cdot V_{ev} (W_e - W_L) \\ QT &= Q_{sen} + Q_{lat} \end{aligned}$$

- Q_{sen}: carga de calor sensible (W).
- Q_{lat}: carga de calor latente (W).
- QT: carga de calor total (W).
- V_{ev}: caudal volumétrico de ventilación de aire (m³/s).
- T_{se}: temperatura seca exterior (°C).
- T_{sL}: temperatura seca local (°C).
- W_e: humedad específica exterior (kg/kg a.s.).
- W_L: humedad específica local (kg/kg a.s.).

7.2.1.3.1. Caudal volumétrico de ventilación

La legislación española contempla unas necesidades de ventilación en función de la actividad de la persona, y por tanto del destino del local a climatizar.

$$\begin{aligned}V_{e,mín} &= n_p \cdot V_{mín,p} \\V_{e,máx} &= n_p \cdot V_{máx,p}\end{aligned}$$

- n_p : número de personas u ocupantes.

El volumen real introducido deberá encontrarse entre los dos límites anteriores citados:

$$V_{e,mín} < V_e < V_{e,máx}$$

El número de personas a considerar para realizar los cálculos serán los siguientes dependiendo de la zona:

$$\begin{aligned}\text{Pista: } &40 \text{ m}^2/\text{persona} \\ \text{Resto: } &5 \text{ m}^2/\text{persona}\end{aligned}$$

Como anteriormente se ha citado, se va a tomar un valor de volumen de ventilación mínimo de 10 l/s por persona para todo el recinto.

7.2.2. Cargas interiores

7.2.2.1. Carga por ocupantes

Las personas dependiendo del grado de actividad y temperatura ambiente, disipamos una cierta cantidad de calor, tanto bajo forma sensible como latente.

La cantidad total de calor que desprende una persona es función únicamente de su constitución física y de su actividad.

Para una temperatura seca del local de 25°C y tomando una media de constitución física de los ocupantes obtenemos los siguientes datos:

$$\begin{aligned}\text{Pista, vestuarios: } &CS = 109 \text{ W}; CL = 248 \text{ W} \\ \text{Resto: } &CS = 78 \text{ W}; CL = 46 \text{ W}\end{aligned}$$

La carga total aportada será el producto del número de personas en el local por el calor que disipa cada persona, así:

$$\begin{aligned}Q_{sen} &= n_p \cdot Q_{Psen} \\ Q_{lat} &= n_p \cdot Q_{Plat}\end{aligned}$$

- np: número de personas u ocupantes.
- QPsen: Pot. térmica sensible desprendida por ocupante (kcal/h o W).
- QPlat: Pot. térmica latente desprendida por ocupante (kcal/h o W).

7.2.2.2. Carga por iluminación

La iluminación de los locales consume una energía que finalmente se traducirá en energía térmica. Únicamente sensible.

Se puede contabilizar un factor de simultaneidad, que en nuestra instalación será:

$$FS = 0,8$$

La cantidad de energía total emitida por las luces halógenas con reactancia instaladas será:

$$Q_{sen} = 1,2 \cdot PT \cdot FS$$

- Qsen: carga sensible (W).
- PT: potencia de iluminación (W).
- FS: factor de simultaneidad.

7.2.3. Coeficiente de mayoración

De forma general se utiliza un coeficiente de seguridad para poder tener en consideración algún tipo de carga no contabilizada, ó de estimación aproximada. En nuestro proyecto se va a considerar un coeficiente de mayoración del 5%.

7.3. Cargas de calefacción

La estimación de la potencia térmica máxima para calefacción es un calco de los procedimientos seguidos en refrigeración.

La diferencia fundamental existente con respecto al aire acondicionado, es el hecho de que para el cálculo de las necesidades de calefacción se considerará la peor situación, temperatura mínima y prácticamente constante durante todo el día (mes de Enero), radiación solar nula, mínima presencia de personas, luces, etc. Ello da lugar a unos cálculos mucho más reducidos y sencillos que en el caso anterior.

7.3.1. Cargas exteriores

7.3.1.1. Cargas a través de paredes, techos y suelos

Se trata de una transmisión de calor a través de un muro multicapa, el cual en estado estacionario se evalúa por:

$$Q_{sen} = A \cdot U \cdot (T_{seq} - T_{sL})$$

- A: superficie del cerramiento (m²).
- U: coeficiente global de transmisión de calor (kcal/h·m²·°C ó W/m²·°C).
- T_{seq}: temperatura seca equivalente del recinto adyacente ó equivalente exterior (°C).
- T_{sL}: temperatura seca del local (°C).

La temperatura seca del recinto adyacente ó equivalente exterior a considerar dependerá del tipo de recinto colindante que tengamos, así:

- Terreno.
- Local acondicionado a otra temperatura diferente y constante.
- Local no acondicionado. Consideraremos la temperatura de dicho local como la semisuma de las temperaturas secas exterior y la del local.
- Ambiente exterior.

7.3.1.2. Cargas a través de superficies acristaladas

Se supone que la radiación solar incidente es nula, por tanto únicamente deberemos considerar la transmisión de calor por conducción-convección.

7.3.1.3. Carga por ventilación

Es de aplicación todo lo visto en el apartado 7.2.1.3.

7.3.2. Cargas interiores

7.3.2.1. Cargas por ocupantes

No se consideran ya que la instalación debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona.

7.3.2.2. Cargas por iluminación

No se consideran ya que la instalación debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación.

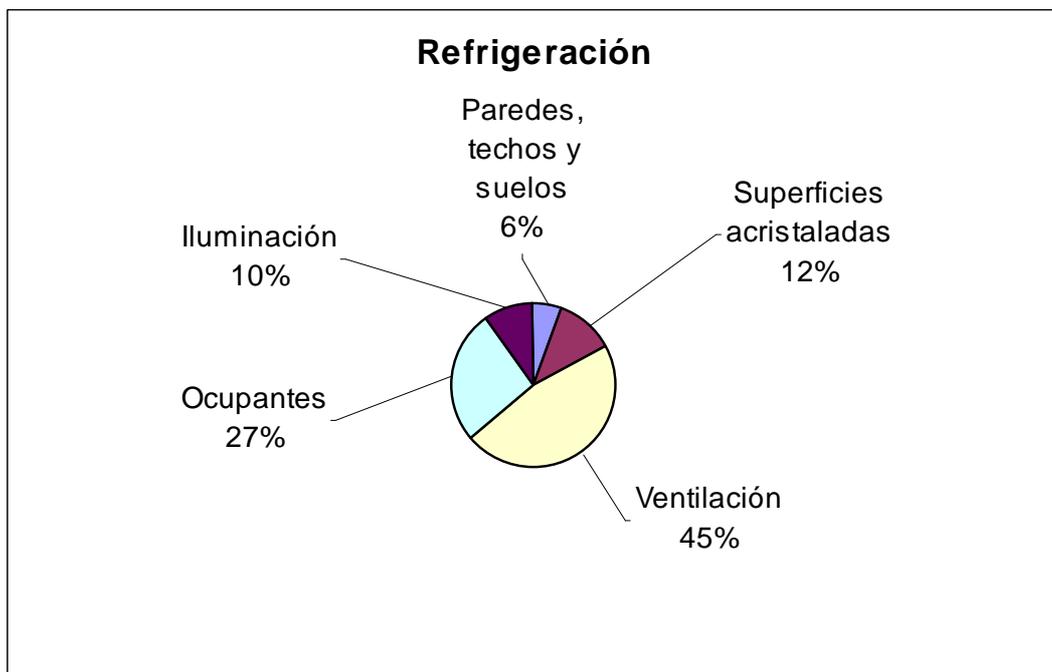
7.3.3. Coeficiente de mayoración

Al igual que en refrigeración, tomamos un coeficiente de mayoración del 5%.

7.4. Resumen de cargas térmicas

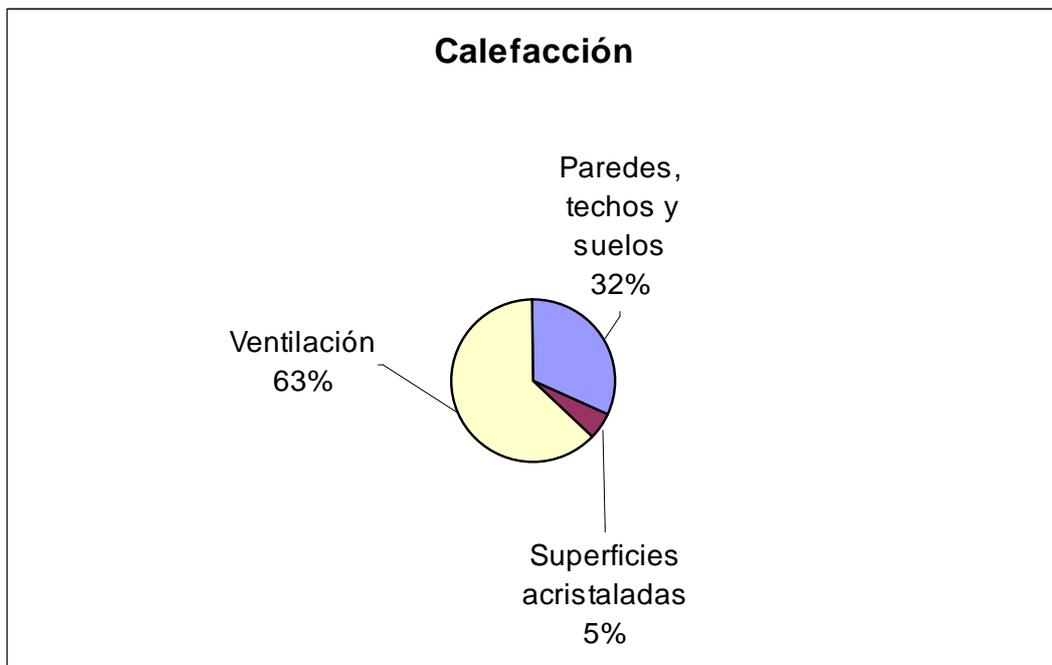
7.4.1. Refrigeración

	Pista	Pasillo 1	Pasillo 2	Vestuario árbitro	Enfermería	Vestuario 1	Vestuario 2	Aseo 1	Aseo 2	Total
Refrigeración										
Paredes, techos y suelos										
Qsen (W)	4967	149	18	44	58	322	272	147	110	6087
Superficies acristaladas										
Qsen (W)	6879	1602	1145	149	209	1255	894	215	224	12571
Ventilación										
Qsen (W)	11040	773	883	221	221	1214	1214	0	0	15566
Qlat (W)	23419	1639	1873	468	468	2576	2576	0	0	33020
Qttotal (W)	34459	2412	2757	689	689	3790	3790	0	0	48587
Ocupantes										
Qsen (W)	8420	546	156	218	218	1199	1199	234	234	12424
Qlat (W)	8640	322	92	496	496	2728	2728	138	138	15778
Qttotal (W)	17060	868	248	714	714	3927	3927	372	372	28202
Iluminación										
Qsen (W)	7680	480	96	163	163	864	864	202	202	10714
Qttotal (W)	71044	5512	4263	1759	1834	10158	9748	936	907	106161
Ratio (W/m²)	57	155	694	191	192	202	194	81	79	



7.4.2. Calefacción

	Pista	Pasillo 1	Pasillo 2	Vestuario árbitro	Enfermería	Vestuario 1	Vestuario 2	Aseo 1	Aseo 2	Total
Calefacción										
Paredes, techos y suelos										
Qsen (W)	18115	692	73	196	200	1241	1245	404	422	22588
Superficies acristaladas										
Qsen (W)	1608	614	438	57	57	343	343	86	86	3631
Ventilación										
Qsen (W)	31320	2192	2506	626	626	3445	3445	0	0	44161
Qlat (W)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qtotat (W)	31320	2192	2506	626	626	3445	3445	0	0	44161
Qtotat (W)	51043	3498	3017	880	884	5029	5033	490	507	70380
Ratio (W/m²)	41	98	491	96	93	100	100	42	44	



7.5. Recuperadores de energía

Se realiza el cálculo de los recuperadores de energía atendiendo al Documento Técnico de Instalaciones en la edificación, DTIE 8.01.

Se entiende por recuperador de energía aquel dispositivo que permite la reutilización del calor residual de un sistema y cuyo objetivo final es alcanzar la eficiencia máxima de la instalación.

El empleo de recuperadores de calor en instalaciones de climatización permite utilizar el calor sensible y latente residual del propio proceso, consiguiendo así:

- Reducir los costes de inversión.
- Reducir los costes de explotación.

De modo general se define la eficiencia de un recuperador de calor como:

$$\varepsilon = \text{Cantidad de energía recuperada} / \text{Cantidad máxima de energía recuperable}$$

Dado que vamos a estudiar dos fluidos que es necesario identificar en todo momento, se utiliza un sistema de notación formado por dos subíndices:

- Primer subíndice: para indicar la corriente de fluido que estamos considerando. "1" para todas las propiedades correspondientes al fluido que entra por primera vez en el recuperador. "2" para el fluido que entra por segunda vez en el recuperador.
- Segundo subíndice: para indicar en qué punto del recuperador se considera la propiedad utilizada. "1" para la entrada y "2" para la salida.

Se puede expresar la eficiencia como:

$$\varepsilon = \frac{Q_{ren} (x_{12} - x_{11})}{Q_{min} (x_{21} - x_{11})} = \frac{Q_{ext} (x_{22} - x_{21})}{Q_{min} (x_{11} - x_{21})}$$

- Q_{ren} : caudal de aire de renovación (m^3/s).
- Q_{ext} : caudal de aire de extracción (m^3/s).
- Q_{min} : caudal de aire menor entre los de renovación y extracción (m^3/s).
- x : puede ser temperatura de bulbo seco, humedad absoluta o entalpía.

Para nuestra instalación vamos a seleccionar un intercambiador de placas ya que permite obtener una gran eficiencia con un bajo coste y escaso mantenimiento, con el inconveniente de que sólo permite recuperar calor sensible. Sus características son las siguientes:

- $\varepsilon = 55.7 \%$

7.5.1. Refrigeración

Qren (m³/s)	1,410
Qext (m³/s)	6,773
Qmin (m³/s)	1,410
T11 (°C)	35,2
T21 (°C)	26,0
T12 (°C)	30,1
T22 (°C)	27,1
Qmax,rec (W)	57363
Qrec (W)	31951
Qtotal (W)	74210

7.5.2. Calefacción

Qren (m³/s)	1,410
Qext (m³/s)	3,631
Qmin (m³/s)	1,410
T11 (°C)	-6,1
T21 (°C)	20,0
T12 (°C)	8,4
T22 (°C)	14,4
Qmax,rec (W)	70380
Qrec (W)	39201
Qtotal (W)	31178

8. SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

8.1. Sistema primario

Entendemos por sistema primario la producción y distribución del efecto de refrigeración y de calefacción.

8.1.1. Bomba de calor

Un equipo de producción de frío y una bomba de calor (para la producción de frío y calor) tienen el mismo principio de funcionamiento. La diferencia existente radica en la capacidad que tiene esta última de invertir el ciclo debido a que incorpora una válvula de inversión de cuatro vías.

Una bomba de calor, funcionando en régimen de calefacción, es capaz de transportar calor del exterior (foco frío) al interior (foco caliente). En régimen de refrigeración transporta calor del interior (foco frío) al exterior (foco caliente). Para ello utiliza un fluido, el refrigerante, con propiedades termodinámicas especiales relativas a la temperatura y presión a la que este cambia de estado.

El tipo de bomba de calor se indica en función de los focos externo e interno con los que intercambia calor.

8.1.1.1. Foco externo

8.1.1.1.1. Agua

Puede proceder de ríos, pozos, lagos o mares, o agua caliente procedente de algún proceso industrial. Tiene una buena relación entre precio y potencia, y permite la instalación en interiores, pero interesa que tenga un rango de temperaturas entre 10 y 20°C para obtener un buen rendimiento.

8.1.1.1.2. Aire

Puede ser el aire exterior o aire extraído de un local calefactado. El mayor problema está en calefacción ya que cuando la temperatura del aire desciende de 7°C es necesario el desescarche en el evaporador lo que implica una pérdida importante en el rendimiento de la máquina. Además el tamaño de los equipos es elevado.

8.1.1.1.3. Suelo

El calor es extraído mediante un circuito de agua glicolada, lo que nos lleva al primer caso. Se utiliza raramente, pues requiere trabajos de instalación importantes, además de excavar zanjas para los tubos del evaporador, que deben enterrarse a una profundidad de 1,3 a 2 metros.

8.1.1.2. Foco interno

8.1.1.2.1. Agua

Permite un fácil traslado de energía a las zonas de consumo y la relación tamaño-potencia del equipo es excelente. Exige un intercambio posterior agua-aire disminuyendo la capacidad global y la temperatura máxima de salida del agua no debe ser superior a 55°C.

8.1.1.2.2. Aire

Los equipos son de sencilla instalación y mantenimiento, tienen una capacidad elevada y tienen un buen rendimiento.

8.1.1.3. Ventajas e inconvenientes

Para la climatización del pabellón polideportivo estudiaremos una bomba de calor aire-agua. El aire como foco externo es obligado ya que no disponemos de ninguna fuente de agua en esta ubicación y seleccionamos agua como foco interno ya que tiene mejores características que el aire en cuanto a rendimientos, flexibilidad de combinar con los equipos de tratamiento de aire y relación precio/potencia de la máquina.

Tiene la ventaja de acondicionar el edificio con una única instalación. Además, aunque los costes iniciales son mayores que los sistemas tradicionales, puede competir en costo con la realización de instalaciones separadas para calefactar y refrigerar.

Pero este equipo tiene grandes inconvenientes en cuanto a la obtención de un buen rendimiento, ya que este está directamente relacionado con el intervalo de temperaturas al que trabaja, y en la localización del edificio existen unas altas temperaturas en verano y muy bajas en invierno. Éstas últimas hacen muy difícil que obtengamos del equipo un buen rendimiento ya que cuando en condiciones de calefacción la temperatura exterior desciende de 7°C, es necesario el desescarche del evaporador bien por una inversión de ciclo durante unos minutos, o bien mediante unas resistencias adicionales.

8.1.1.4. Equipo seleccionado

Bomba de calor Carrier Aquasnap 30RYH 080.

8.1.2. Caldera

Es un equipo en el cual se lleva a cabo la producción de calor y el proceso de calentamiento del agua. Pueden clasificarse en base a distintos tipos.

8.1.2.1. Tipo de combustible empleado

- Combustibles sólidos: puede quemar leña o carbón.
- Policombustibles: pueden utilizar combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.
- Gasóleo: son calderas de elevado rendimiento.
- Gas: puede ser butano, propano, gas natural o gas ciudad.
- Eléctricas: el agua lo calientan unas resistencias eléctricas.

8.1.2.2. Clasificación energética

- Baja temperatura: puede funcionar continuamente con una temperatura de agua de alimentación de 35 a 40°C.
- De gas de condensación: puede condensar de forma permanente una parte importante de los vapores de agua contenidos en los gases de combustión.

8.1.2.3. Ventajas e inconvenientes

La caldera a estudiar utilizará gasóleo como combustible ya que en la ubicación del edificio no hay posibilidad de gas natural. Será una caldera de baja temperatura.

Este tipo de calderas tiene mejores rendimientos que las que consumen combustibles sólidos o electricidad, aunque no alcanza los valores de las calderas de gas de condensación.

8.1.2.4. Equipo seleccionado

Caldera Viessmann Vitorond 100 VR2B 36.

8.1.3. Enfriadora

Es un equipo para la producción de frío.

8.1.3.1. Enfriadora por compresión

Es una bomba de calor sin válvula de cuatro vías, es decir, el ciclo de refrigerante se realiza en un solo sentido que es el de refrigeración. Se puede clasificar exactamente igual que lo explicado para las bombas de calor.

8.1.3.2. Enfriadora por absorción

Este equipo necesita un aporte de energía en forma de calor para producir frío. El calor se podría aportar por medio de un quemador de combustible, lo que supondría una disminución del rendimiento del equipo. Otra alternativa sería la instalación de un sistema de energía solar para la aportación de energía al equipo pero la instalación sería todavía más costosa.

Esta opción es la adecuada cuando disponemos de un proceso industrial en el que hay un calor residual que podemos utilizar para producir frío, ya que de esta manera si tiene un buen rendimiento el equipo porque solamente le tenemos que aportar un pequeño trabajo para la bomba.

8.1.3.3. Ventajas e inconvenientes

En nuestro caso estudiaremos la enfriadora por compresión ya que al no tener ningún aporte de calor de ningún tipo, la instalación de una enfriadora por absorción supondría un importante gasto económico y no tendría buenos rendimientos.

Con la enfriadora por compresión eliminamos el inconveniente del desescarche que tienen las bombas de calor en invierno.

8.1.3.4. Equipo seleccionado

Enfriadora Carrier Aquasnap 30RY 080.

8.1.4. Estudio comparativo

Para la elección de los equipos de producción de energía para realizar la climatización del pabellón polideportivo, se va a realizar un estudio comparativo de rendimientos y costes de energía de las dos posibles alternativas.

8.1.4.1. Bomba de calor

Carrier Aquasnap 30RYH 080

	Calefacción	Refrigeración
Tamb (°C)	-6,1	35,2
Tagua,ent (°C)	45	12
Tagua,sal (°C)	60	5
Capacidad calorífica instantánea (kW)	47,7	
Capacidad frigorífica instantánea (kW)		76
Potencia absorbida (kW)	29,8	33,4
COPEst	1,60	2,28
Ed	1,126	-0,909
F	5,913	-3,626
Hb	0,810	0,749
Nº horas funcionamiento/año	750	750
Potencia absorbida (kWh/año)	22350	25050
Precio energía (Euros/kWh)	0,077185	0,077185
Coste energía (Euros/año)	1725	1933

8.1.4.2. Caldera y enfriadora

Carrier Aquasnap 30RY 080

Tamb (°C)	35,2
Tagua,ent (°C)	12
Tagua,sal (°C)	5
Capacidad frigorífica instantánea (kW)	79
Potencia absorbida (kW)	33,2
COP	2,38
Ed	-0,903
F	-3,605
ηb	0,749
Nº horas funcionamiento/año	750
Potencia absorbida (kWh/año)	24900
Precio energía (Euros/kWh)	0,077185
Coste energía (Euros/año)	1922

Viessmann Vitorond 100 VR2B 36

Tamb (°C)	10
Tagua,ent (°C)	45
Tagua,sal (°C)	60
Potencia térmica útil (kW)	36
Gasóleo C	
ρ (kg/m ³)	900
PCS (kJ/kg)	42000
Rend.est (Hs)	0,89
mcomb (kg/s)	0,0010
COP	0,89
Ed	1,621
F	6,071
η_b	0,733
Nº horas funcionamiento/año	750
vcomb (l/año)	2889,2
Precio energía (Euros/l)	0,595
Coste energía (Euros/año)	1719

8.1.4.3. Equipo seleccionado

Realizado el estudio de rendimientos exergéticos de los equipos, se observa que en refrigeración se dan los mismos valores tanto para la bomba de calor como para la enfriadora. La diferencia se da en calefacción, ya que la bomba de calor tiene un rendimiento algo mayor que la caldera, 0.841 frente a 0.733.

Si atendemos a la comparación entre los costes de energía a lo largo del año, se observa que el coste para la bomba de calor asciende a 3658 Euros, mientras que utilizando enfriadora y caldera tenemos un gasto de 3641 Euros.

Ambas comparativas dan resultados semejantes y de los cuales no se puede sacar una conclusión definitiva de que equipo es el más adecuado.

La tecnología elegida para realizar la climatización del edificio es la de caldera y enfriadora, ya que el coste inicial de los equipos va a resultar más económico y además de esta manera vamos a tener dos circuitos independientes, lo que da seguridad en caso de avería de uno de ellos.

La decisión también está basada en la climatología de la ubicación, ya que en este lugar se da a lo largo del año una gran variación de temperaturas, razón que no ayuda a que la bomba de calor alcance su óptimo rendimiento, sobre todo con las bajas temperaturas durante la estación invernal.

8.2. Sistema secundario

Entendemos por sistema secundario el aprovechamiento del fluido calorífero para calentar o refrigerar el aire.

8.2.1. Sistemas "todo aire"

El aire de impulsión combate en su totalidad las cargas de calor.

8.2.1.1. Ventajas e inconvenientes

Mantiene lejos del espacio ocupado los equipos eliminando ruidos y vibraciones. Presenta la posibilidad de utilizar "free-cooling" y recuperación de calor, y permite lograr una buena calidad de aire interior.

En contra, requiere espacio para conductos, y puede resultar difícil en grandes edificios conseguir un equilibrado de presiones y una distribución correcta del aire.

8.2.2. Sistemas agua-aire

Estos sistemas combinan el efecto refrigerante del agua y del aire en las unidades terminales instaladas en los espacios a acondicionar. El aire y el agua se enfrían o calientan separadamente en centrales de frío o calor.

8.2.2.1. Ventajas e inconvenientes

El sistema de distribución requiere menos espacio que el sistema "todo aire", y el tamaño de la UTA es menor que en otros sistemas.

El suministro de aire primario normalmente es constante, sin control por parte del usuario.

8.2.3. Sistemas "todo agua"

Los sistemas de calefacción o refrigeración "todo agua" utilizan agua caliente o agua enfriada para el acondicionamiento del aire de los locales.

8.2.3.1. Ventajas e inconvenientes

Reducción del espacio ocupado por las tuberías de distribución, frente al sistema de conductos. Permiten utilizar en calefacción temperaturas relativamente bajas de agua cuando las unidades terminales sean adecuadas.

Tienen la dificultad de limpieza de baterías y filtros, y la ventilación se realiza frecuentemente mediante la apertura de la ventana o instalando rejillas en muros exteriores.

8.2.4. Selección del equipo

La climatización del edificio se va a realizar con un sistema secundario agua-aire. Esta elección está determinada por la mejor transferencia de calor que da el agua frente al aire como fluido primario, y como fluido secundario se opta por el aire ya que al ser un local dedicado al deporte, la ventilación cumple un papel importante en el bienestar de los usuarios.

El equipo utilizado es una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA), concretamente una UTA Trox TKM 50 Estándar.

8.3. Conexión entre sistema primario y secundario

La conexión entre el sistema primario y el sistema secundario lo podemos realizar mediante tres técnicas distintas:

- Intercambiador de placas.
- Botella rompepresiones.
- Conexión directa.

Seleccionamos la opción de intercambiador de placas como técnica de conexión, ya que, aunque la eficacia en la transferencia de energía entre los dos sistemas es algo menor que con las otras técnicas, al ser los dos sistemas independientes de esta manera, nos da mayor seguridad en caso de avería de uno de ellos.

8.3.1. Equipo seleccionado

Se va a contar con dos intercambiadores de placas Sedical UFPB, uno para realizar el intercambio entre caldera y UTA, y el segundo para el intercambio entre enfriadora y UTA.

9. CÁLCULO DE TUBERÍAS

Se realiza el cálculo de tuberías de la instalación de climatización atendiendo al Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación, DTIE 4.01.

Se hace referencia a las condiciones que ha de cumplir la red de tuberías cuyos cálculos aparecen detallados en el Anexo.

9.1. Velocidad del agua en las tuberías

Un límite de velocidad, para que no se produzcan ruidos, de 1.2 m/s en tuberías metálicas de diámetro igual o inferior a 50mm, es aceptable si en la red no existen alteraciones bruscas y no tienen aire.

9.2. Limitaciones del RITE

La diferencia entre los valores extremos de las presiones diferenciales en las acometidas de las distintas unidades terminales, no debe ser mayor del 15% del valor medio. Es normal proyectar con una velocidad que produzca una caída de presión de 250 Pa/m.

9.3. Equilibrado de la red

El circuito está equilibrado cuando cada elemento emisor o absorbente de calor recibe la cantidad de agua adecuada.

El equilibrado se consigue cuando en una red ramificada, circulando en cada tramo el caudal adecuado, las pérdidas de carga de los distintos ramales que concurren en cada nudo de la red, son iguales.

Al ser esto prácticamente imposible de conseguir, se disponen de válvulas de regulación para equilibrar los tramos, salvando con ellas las diferencias.

9.4. Cálculo del aislamiento térmico

Se reproducen a continuación las exigencias mínimas de aislamiento térmico para tuberías y accesorios según el RITE, validas para un material con una conductividad térmica de 0.04 W/m·K.

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior	Temperatura del fluido			
mm	°C			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D≤35	20	20	30	40
35<D≤60	20	30	40	40
60<D≤90	30	30	40	50
90<D≤140	30	40	50	50
140<D	30	40	50	60

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior	Temperatura del fluido			
mm	°C			
	10 a 20	9,9 a 0	0,1 a 10	>10
D≤35	20	20	30	40
35<D≤60	20	30	40	40
60<D≤90	30	30	40	50
90<D≤140	30	40	50	50
140<D	30	40	50	60

Tabla 22. Aislamiento térmico mínimo en tuberías y accesorios.

Por tanto en las tuberías de agua fría tendremos un espesor de aislamiento térmico de 50mm, mientras que en las de agua caliente tendremos 20mm de espesor.

9.5. Selección de bombas

Circuito			
Agua caliente	$\Delta P/m$ (Pa/m)	L (m)	ΔP (Pa)
Caldera			8500
Caldera-Intercambiador	180,1	5	901
Intercambiador			18000
Intercambiador-Caldera	181,4	5	907
		Bomba	28307
Intercambiador			30000
Intercambiador-UTA	190,4	8,5	1618
UTA			2000
UTA-Intercambiador	191,2	8,5	1625
		Bomba	35243
Agua fría	$\Delta P/m$ (Pa/m)	L (m)	ΔP (Pa)
Enfriadora			24000
Enfriadora-Intercambiador	63,7	3,5	223
Intercambiador			45000
Intercambiador-Enfriadora	63,7	3,5	223
		Bomba	69446
Intercambiador			45000
Intercambiador-UTA	67,0	8,5	569
UTA			17000
UTA-Intercambiador	67,0	8,5	569
		Bomba	63138

Las bombas seleccionadas son:

- Circuito de agua caliente:

- Caldera – Intercambiador: Sedical SM(D) 50/5-B.
- Intercambiador – UTA: Sedical SM(D) 50/5-B.

- Circuito de agua fría:

- Enfriadora – Intercambiador: Sedical SM(D) 100/11-B.
- Intercambiador – UTA: Sedical SM(D) 100/11-B.

Se trata de bombas dobles de rotor húmedo, con presión de trabajo de 10 bar a 1450 rpm, de diámetro nominal DN 50 para el circuito de agua caliente y DN 100 para el circuito de agua fría.

10. CÁLCULO DE CONDUCTOS

Se realiza el cálculo de conductos de la instalación de climatización atendiendo al Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación, DTIE 5.01.

El cálculo correcto del sistema de distribución de aire exigirá:

La selección y ubicación de los difusores de cada local en función de:

- Caudal de aire requerido.
- Su proyección o alcance.
- Su nivel de ruido.

El dimensionamiento de la red de conductos, el cual deberá:

- Repartir según las necesidades establecidas, el aire en todos y cada uno de los difusores.
- Trabajar con una caída de presión total del sistema que sea la adecuada a la máquina o ventilador seleccionado.
- Que cumpla con las características constructivas del edificio.
- Acercarse en lo posible a un óptimo dimensionamiento económico, minimizando la función suma del coste de inversión y mantenimiento.

Se realiza el dimensionado de la red de conductos atendiendo al método de pérdida de carga constante en toda la instalación.

10.1. Elementos de impulsión / extracción de aire

10.1.1. Elementos de impulsión de aire

Espacio	Elemento	Marca/Serie	Tamaño	Cantidad
Pista (zona de deportes)	Rejilla	Trox/TRS-K	325x1225	2
Pista (resto)	Rejilla	Trox/TRS-K	325x1225	7
Pasillo 1	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	10
Pasillo 2	Rejilla	Trox/TRS-K	125x325	5
Vestuario árbitro	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	4
Enfermería	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	4
Vestuario 1	Rejilla	Trox/TRS-K	225x425	8
Vestuario 2	Rejilla	Trox/TRS-K	225x425	7
Aseo 1	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	3
Aseo 2	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	3

10.1.2. Elementos de extracción de aire

Espacio	Elemento	Marca/Serie	Tamaño	Cantidad
Pista	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	5
Pasillo 1	Rejilla	Trox/TRS	125x825	2
Pasillo 2	Rejilla	Trox/TRS	125x825	1
Vestuario árbitro	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1
Enfermería	Rejilla	Trox/TRS	75x625	2
Vestuario 1	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	1
Vestuario 2	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	1
Aseo 1	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1
Aseo 2	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1

10.2. Dimensionado de la red de conductos

El método se basa en fijar para cualquier tramo de la red de conductos una pérdida de carga constante por metro, en torno a 1 Pa/m.

A partir de esta definición y mediante la siguiente ecuación, se tiene el diámetro en circular que debe tener el conducto en cada tramo:

$$D_i = [\alpha \cdot 0.02189 \cdot Q_i^{1.82} / (P_a - P_b) / L] ^ { (1 / 4.86)}$$

- $(P_a - P_b) / L$: pérdida de presión por metro en cualquier tramo (Pa/m).
- Q_i : caudal circulante en el tramo “i” (m³/s).
- α : parámetro dependiente del material utilizado.
- D_i : diámetro del conducto en circular en el tramo “i” (m).

Material	Rugosidad absoluta (ã en mm)	Valor medio de α (adimen.)
Acero inoxidable	0.05	0.835
Chapa galvanizada	0.14	0.9
Fibra de vidrio	0.58	1.125
Ladrillo enfoscado cemento	3.25	1.8

Tabla 23. Parámetros del material utilizado.

En caso de utilizar conductos circulares, la velocidad en cada tramo se puede obtener mediante la expresión:

$$v_i = 4 \cdot Q_i / \Pi \cdot D_i^2$$

- v_i : velocidad (m/s).

En caso de utilizar conductos rectangulares se obtienen sus dimensiones mediante la ecuación:

$$D_i = 1.3 \cdot [(a_i \cdot b_i) ^{ 0.6255 } / (a_i + b_i) ^{ 0.251 }]$$

- D_i : diámetro en circular del tramo “i” (m).
- a_i : altura conducto en rectangular del tramo “i” (m).
- b_i : base conducto en rectangular del tramo “i” (m).

Y sus velocidades se obtienen mediante la expresión:

$$v_i = Q_i / (a_i \cdot b_i)$$

Los cálculos y resultados del dimensionamiento de las redes de conductos, tanto de impulsión como de retorno de aire, están especificados en el Anexo de cálculos.

10.3. Cálculo del aislamiento térmico

Se reproducen a continuación las exigencias mínimas de aislamiento térmico para conductos y accesorios según el RITE, válidas para un material con una conductividad térmica de 0.04 W/m·K.

Aire	Espesor (mm)
Caliente	20
Frío	30

Tabla 24. Aislamiento térmico mínimo en conductos y accesorios.

Como por la red de conductos va a circular a lo largo del año tanto aire caliente como aire frío, se tiene que aislar cumpliendo el mínimo. Por lo tanto, los conductos tendrán una capa de aislamiento de 30mm, pero solamente los del circuito de impulsión, y los de retorno que están en el exterior del edificio.

10.4. Elección del ventilador y equilibrado del sistema

Una vez dimensionados los conductos y conocida la velocidad del aire por cada tramo, se procede a estimar las características necesarias del ventilador y a equilibrar el sistema.

Para que por la red ya dimensionada circule el caudal total propuesto, por cada uno de los tramos y ramas, se deberá cumplir:

- 1) El ventilador deberá poseer una presión total igual a la pérdida de presión máxima total de las ramas, tanto de impulsión como de retorno de aire.
- 2) Para que el sistema esté equilibrado en la impulsión, y por todos los difusores salgan los caudales deseados, se deberá cumplir que la presión total requerida por todas las ramas de impulsión sea la misma. De no ser así se deberán añadir los necesarios diafragmas, rejillas, o compuertas de regulación en cada uno de los tramos que dan a difusores.
- 3) El sistema deberá estar igualmente equilibrado en el retorno, procediéndose de forma análoga a como se ha especificado en las ramas de impulsión.

10.4.1. Red de impulsión de aire

	ΔP tramo (Pa)
Red	54,091
Difusores	222
TOTAL	276,091

El ventilador seleccionado para vencer la pérdida de carga dada en la red de conductos de impulsión de aire, es el ventilador TROX ADH 560 L. Sus características se especifican en la hoja de características técnicas de la UTA.

10.4.2. Red de retorno de aire

	ΔP tramo (Pa)
Red	91,342
Difusores	140
TOTAL	231,342

El ventilador seleccionado para vencer la pérdida de carga dada en la red de conductos de retorno de aire, es el ventilador TROX ADH 560 L. Sus características se especifican en la hoja de características técnicas de la UTA.

11. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

11.1. Equipos primarios

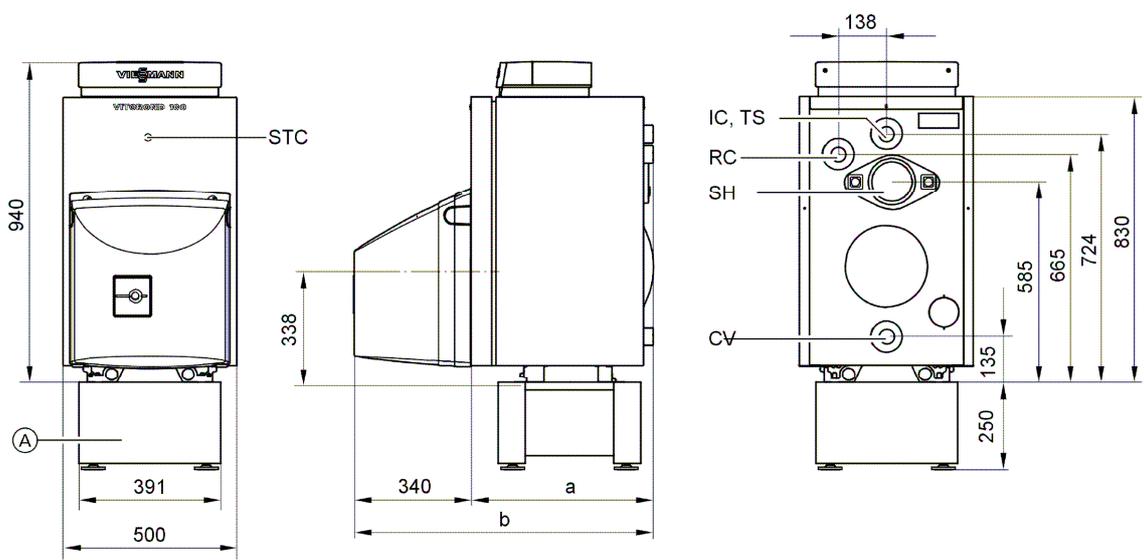
11.1.1. Caldera

11.1.1.1. Datos técnicos

Viessmann Vitorond 100 VR2B 36

Se trata de una caldera de fundición de baja temperatura a gasóleo, para descenso progresivo de la temperatura de caldera.

Potencia térmica útil (kW)	36
Dimensiones totales	
Longitud (b) (mm)	1165
Anchura (mm)	500
Altura (mm)	940
Peso total (kg)	202
Volumen de agua de la caldera (l)	44
Presión de servicio (bar)	3
Conexiones de la caldera	
Impulsión y retorno de caldera (mm)	40
Llenado y vaciado (mm)	40
Índice de humos	
Caudal másico con gasóleo C (kg/h)	46
Rendimiento estacional (%)	89(Hs)/94,5(Hi)



- A: bastidor.
- SH: salida de humos.
- CV: conexión de vaciado y depósito de expansión.
- RC: retorno de caldera.
- STC: sonda de temperatura de caldera.
- IC: impulsión de caldera.
- TS: toma de seguridad.

11.1.1.2. Otros datos

La caldera estará ubicada en el espacio denominado sala de máquinas, que además contará con un depósito de combustible, tal como se indica en los planos.

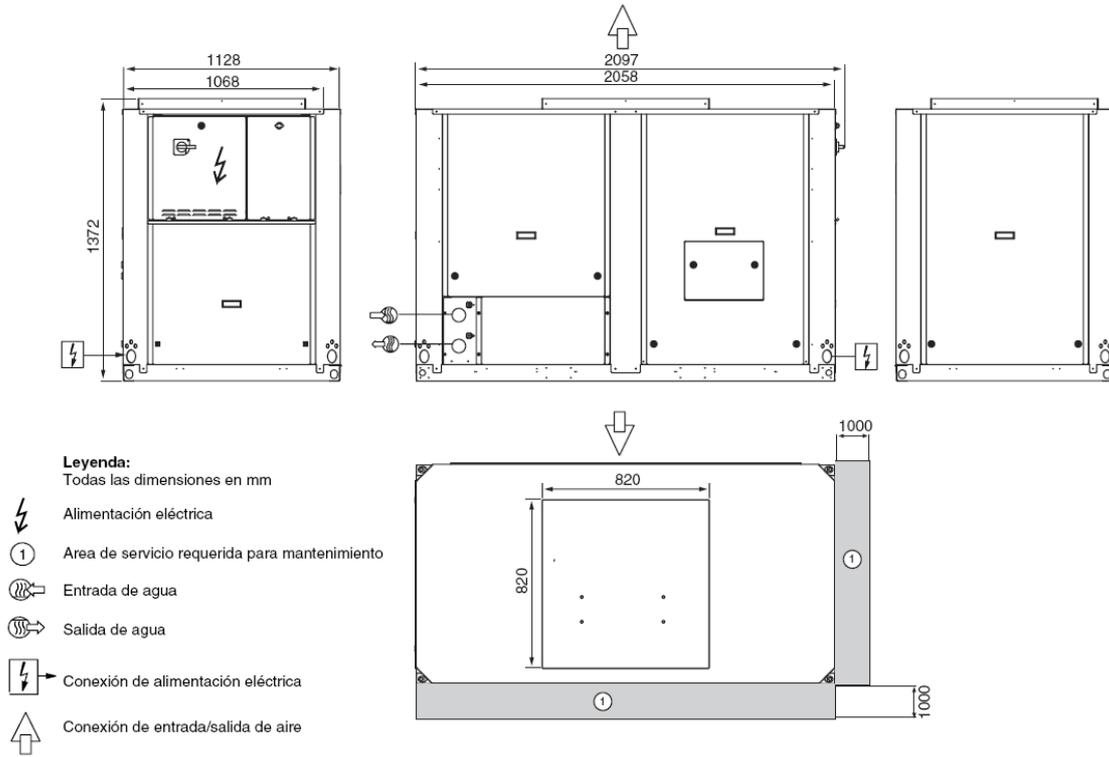
11.1.2. Enfriadora

11.1.2.1. Datos técnicos

Carrier Aquasnap 30RY 080

Se trata de una enfriadora de agua de condensación equipada con compresores de scroll herméticos, un ventilador con presión útil, control autoadaptativo por microprocesador y funcionamiento con refrigerante HFC-407C, que no afecta a la capa de ozono.

Capacidad frigorífica nominal (kW)	79
Temp.salida agua (°C)	5
Temp.entrada aire (°C)	35,2
Capacidad frigorífica neta (kW)	74
Potencia absorbida (kW)	32,5
Peso en funcionamiento (kg)	649
Carga de refrigerante (kg)	17
Compresores (hermético de scroll)	
Cantidad	2
Condensador	
Tubos de cobre ranurados, aletas de aluminio	
Ventilador (axial con presión disponible)	
Evaporador	
Intercambiador de placas soldado de expansión directa	
Conexiones de agua (mm)	50
Potencia de sonido (dB(A))	91



11.1.2.2. Otros datos

Este equipo estará ubicado en la cubierta que queda directamente sobre la sala de máquinas, tal como se indica en los planos.

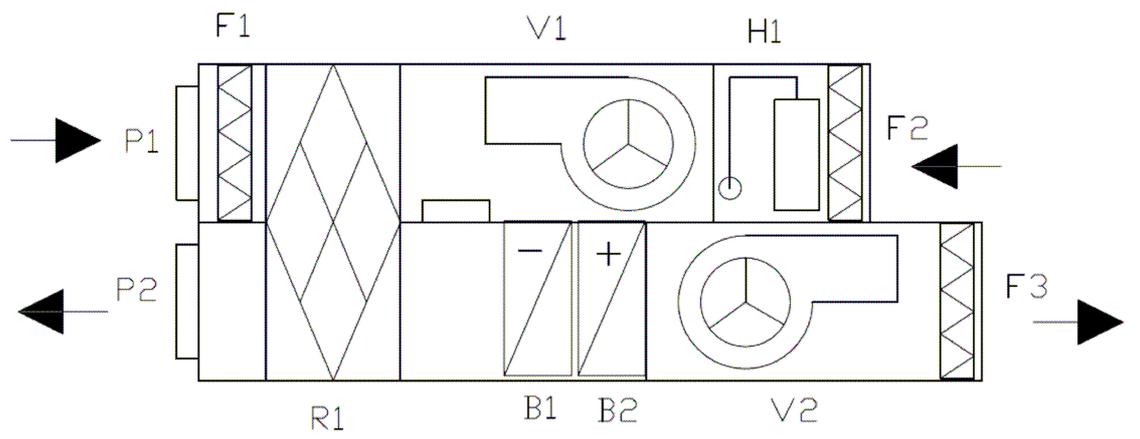
11.2. Unidad de tratamiento de aire

Todos los cálculos necesarios para la elección de este equipo están especificados en el Anexo.

11.2.1. Datos técnicos

Trox TKM 50 Estándar

Se trata de una unidad de tratamiento de aire con carcasa formada por bastidor de perfil de chapa de acero galvanizada y pintada, con junta de estanqueidad perimetral, paneles de cierre tipo sándwich de 25mm. de espesor con chapa galvanizada interior y chapa prelavada exterior, aislamiento de poliuretano y puertas de intervención con cierres rápidos, apta para su colocación en intemperie.



Datos generales del climatizador	
Peso (kg)	3050
Ancho (m)	2,15
Alto (m)	2,86
Largo (m)	6,99

P1: Compuerta	
Trox JZ-B/1550x675	
Preparada para motorizar	
Velocidad de paso de aire (m/s)	1,3

F1: Filtro	
Tipo	Plano
Clase	G3

H1: Humectador	
Eficiencia (%)	62,31
Velocidad de paso de aire (m/s)	3,8
Espesor de panel (mm)	100
Tipo de panel	Celulósico

V1: Ventilador	
Trox ADH 560 L	
Caudal de aire (m ³ /h)	24383
Presión total (mm ca)	76
Potencia nominal del motor (kW)	9,2
Nivel sonoro radiado (dBA)	73
Eficiencia (%)	67

P2: Compuerta	
Trox JZ-B/1550x675	
Preparada para motorizar	
Velocidad de paso de aire (m/s)	1,3

F2: Filtro	
Tipo	Plano
Clase	G3

R1: Recuperador estático	
Trox PWT10-1000/2100-9,0	
Caudal de aire exterior (m ³ /h)	5076
Caudal de aire expulsado (m ³ /h)	5076
Eficacia (%)	55,7
Temperatura seca aire exterior (°C)	35,2
HR aire exterior (%)	18
Temperatura seca aire expulsado (°C)	27,1
HRaire expulsado (%)	62
Temperatura seca aire de entrada (°C)	30,7
HRaire de entrada (%)	23
Compuerta de recirculación	
Trox JZ-B/1550x675	
Preparada para motorizar	

B1: Batería de agua fría	
Trox 19T 4R 1800	
Nº filas	4
Nº tubos	19
Caudal de aire (m ³ /h)	24383
Velocidad de paso de aire (m/s)	3,3
Temperatura seca entrada aire (°C)	27
HR entrada aire (%)	68
Temperatura seca salida aire (°C)	18
HR salida aire (%)	92
Caudal de agua (l/h)	25434
Temperatura entrada agua (°C)	7
Diámetro colector (mm)	65
Incluye separador de gotas	

B2: Batería de agua caliente	
Trox 19T 2R 1800	
Nº filas	2
Nº tubos	19
Capacidad térmica (kW)	101,24
Caudal de aire (m ³ /h)	24383
Velocidad de paso de aire (m/s)	3,3
Temperatura seca entrada aire (°C)	15,5
Temperatura seca salida de aire (°C)	27,6
Caudal de agua (l/h)	8707
Temperatura entrada agua (°C)	50
Temperatura salida agua (°C)	40
Diámetro colector (mm)	50

V2: Ventilador	
Trox ADH 560 L	
Caudal de aire (m ³ /h)	24383
Presión total (mm ca)	104
Potencia del motor (kW)	15
Nivel sonora radiado (dBA)	76
Eficiencia (%)	66

F3: Filtro	
Tipo	Plano
Clase	G3

11.2.2. Otros datos

Este equipo estará ubicado en la cubierta, encima del pasillo 1, tal como se indica en los planos.

11.3. Intercambiadores de placas

11.3.1. Intercambiador caldera-UTA

11.3.1.1. Datos técnicos

Sedical UFPB

Se trata de un intercambiador de placas para estaciones de transferencia de redes de suministro de agua caliente. Cuenta con placa del intercambiador de calor y conexiones de acero inoxidable de alta aleación y con aislamiento térmico.

Dimensiones	
Longitud (mm)	386
Anchura (mm)	272
Altura (mm)	600
Peso (kg)	22,4
Capacidad	
Primaria/secundaria (l)	4,09/4,20
Presión máxima admisible (bar)	30
Conexiones (mm)	50
Potencia térmica	
Primario 60/45°C	
Secundario 40/50°C	
Potencia térmica (kW)	46

11.3.1.2. Otros datos

Este equipo estará ubicado en la sala de máquinas tal como se indica en los planos. Recibe agua caliente procedente de la caldera a una temperatura de 60°C e intercambia calor con el agua procedente de la batería de calor de la UTA, que llega a una temperatura de 40 °C. Consigue aumentar la temperatura del agua que sale hacia la UTA hasta los 50°C, disminuyendo a 45°C la temperatura del agua que sale hacia la caldera.

11.3.2. Intercambiador enfriadora-UTA

11.3.2.1. Datos técnicos

Sedical UFPB

Se trata de un intercambiador de placas para estaciones de transferencia de redes de suministro de agua fría. Cuenta con placa del intercambiador de calor y conexiones de acero inoxidable de alta aleación y con aislamiento térmico.

Dimensiones	
Longitud (mm)	386
Anchura (mm)	272
Altura (mm)	600
Peso (kg)	22,4
Capacidad	
Primaria/secundaria (l)	4,09/4,20
Presión máxima admisible (bar)	30
Conexiones (mm)	50
Potencia térmica	
Primario 5/11°C	
Secundario 12/7°C	
Potencia térmica (kW)	81

11.3.2.2. Otros datos

Este equipo estará ubicado en la sala de máquinas tal como se indica en los planos. Recibe agua fría procedente de la enfriadora una temperatura de 5°C e intercambia calor con el agua procedente de la batería de frío de la UTA, que llega a una temperatura de 12°C. Consigue disminuir la temperatura del agua que sale hacia la UTA hasta los 7°C, aumentando a 11°C la temperatura del agua que sale hacia la enfriadora.

12. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA

12.1. Mejora de los cerramientos del local

Para conseguir un ahorro de demanda energética, son precisos unos cerramientos que cumplan de la manera más amplia posible con las exigencias del CTE. Puede suponer un incremento en el coste inicial del proyecto pero si el edificio tiene un uso prolongado y de suficientes horas al año, supone un gran ahorro en el consumo de energía.

Una mejora importante en el caso del pabellón polideportivo del que se ha estudiado su climatización sería la colocación de sombras en las puertas de entrada y la mejora de la cubierta de la pista ya que cumple de forma muy ajustada con el límite.

También podría mejorar algo la demanda energética del edificio si éste estuviera rodeado de árboles que le dieran sombra.

12.2. Selección adecuada de los equipos de producción

La selección de unos equipos con un rendimiento elevado supone un ahorro de energía consumida por los mismos. En nuestro caso la combinación de la enfriadora por compresión y la caldera supone una mejora del rendimiento frente a la posible instalación de una bomba de calor, o la instalación de una enfriadora de absorción y caldera.

Estos rendimientos todavía se podrían mejorar si se tuviera la posibilidad de condensar en la enfriadora a través de agua, por ejemplo de un pozo o río ya que el agua tiene unas variaciones de temperatura más suaves que el aire. También se podría mejorar el rendimiento de la caldera con la utilización de gas como combustible ya que se instalaría una caldera de condensación que puede condensar de forma permanente una parte importante de los vapores de agua contenidos en los gases de combustión, y de esta manera aumentar el rendimiento.

12.3. Instalación de recuperador de calor en la UTA

Con la instalación del recuperador de calor se ha conseguido una reducción de la potencia a instalar en los equipos de producción muy importante, ya que éste permite la reutilización del calor residual de un sistema alcanzando la eficiencia máxima de la instalación.

12.4. “Free-Cooling”

Un procedimiento que permite un importante ahorro energético es el empleo las energías gratuitas.

El sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior consiste en sustituir por aire del exterior, simplemente filtrado, el aire de retorno que se impulsa a un local refrigerado, pudiendo emplearse este sistema siempre y cuando la entalpía del aire exterior no supere a la del aire de impulsión precisado. De esta forma, si el aire que atraviesa la batería ya reúne las condiciones necesarias, no precisa de aportación energética alguna, y si no llegara a conseguir las se le aporta sólo la diferencia.

Además aporta una sobreventilación que mejora la calidad del aire interior y permite la posterior reducción de esta carga, cuando las condiciones exteriores no son favorables.

Estos sistemas son interesantes en locales que demandan refrigeración durante muchas horas al año, incluso en invierno, debido a la alta carga interna de iluminación y personas.

PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN DEL PABELLÓN POLIDEPORTIVO DE LA PUEBLA DE HÍJAR (TERUEL)

ANEXO

AUTOR: MIGUEL REPULLÉS LAMBEA
TUTORA: MARÍA BELÉN ZALBA NONAY

SEPTIEMBRE DE 2010



ÍNDICE

1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA	3
1.1. Descripción de espacios	3
1.2. Cálculo de los parámetros característicos de la demanda	4
1.2.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior	4
1.2.2. Cerramientos en contacto con el terreno	5
1.2.3. Particiones interiores	5
1.2.4. Huecos y lucernarios	7
1.3. Condensaciones	9
1.3.1. Condiciones para el cálculo de condensaciones	9
1.3.2. Condensaciones superficiales	9
1.3.3. Condensaciones intersticiales	10
2. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO	12
2.1. Condiciones estivales	12
2.2. Condiciones invernales	13
3. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO	14
4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS	15
4.1. Cargas de refrigeración	15
4.1.1. Pista	15
4.1.2. Pasillo 1	17
4.1.3. Pasillo 2	18
4.1.4. Vestuario árbitro	20
4.1.5. Enfermería	21

4.1.6. Vestuario 1	23
4.1.7. Vestuario 2	25
4.1.8. Aseo 1	26
4.1.9. Aseo 2	28
4.2. Cargas de calefacción	30
4.2.1. Pista	30
4.2.2. Pasillo 1	31
4.2.3. Pasillo 2	32
4.2.4. Vestuario árbitro	33
4.2.5. Enfermería	34
4.2.6. Vestuario 1	36
4.2.7. Vestuario 2	37
4.2.8. Aseo 1	38
4.2.9. Aseo 2	39
5. CÁLCULO DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE	41
5.1. Cálculo de los caudales de impulsión y extracción	41
5.1.1. Refrigeración	41
5.1.2. Calefacción	42
6. CÁLCULO DE TUBERÍAS	44
6.1. Cálculo de caudales	44
6.2. Pérdida de presión	44
7. CÁLCULO DE CONDUCTOS	45
7.1. Red de impulsión	45
7.2. Red de retorno	48

1. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA

1.1. Descripción de espacios

Zona climática	Espacio	Área(m ²)		Higrometría
E1	Pista	1247,00	Hab.-Alta carga int.	4
	Pasillo 1	35,53	Hab.-Baja carga int.	3
	Pasillo 2	6,14	Hab.-Baja carga int.	3
	Vestuario árbitro	9,19	Hab.-Alta carga int.	4
	Enfermería	9,53	Hab.-Alta carga int.	4
	Vestuario 1	50,21	Hab.-Alta carga int.	4
	Vestuario 2	50,21	Hab.-Alta carga int.	4
	Almacén	25,30	No habitable	
	Aseo 1	11,53	Hab.-Alta carga int.	4
	Aseo 2	11,53	Hab.-Alta carga int.	4
	Sala máquinas	11,05	No habitable	
	Total	1467,2		

1.2. Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

1.2.1. Cerramientos en contacto con el aire exterior

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
Muro exterior 1	0,250	Capa de aire exterior			0,0400
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,030	0,0230	1,3043
		Cámara de aire	0,020		0,1600
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			1,8975
		U(W/m ² K)			0,5270
Muro exterior 2	0,275	Capa de aire exterior			0,0400
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,030	0,0230	1,3043
		Cámara de aire	0,020		0,1600
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			1,9177
U(W/m ² K)			0,5214		
Muro exterior 3	0,200	Capa de aire exterior			0,0400
		Chapa perfilada	0,010	0,4600	0,0217
		Poliestireno extrusionado	0,180	0,0400	4,5000
		Chapa perfilada	0,010	0,4600	0,0217
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			4,7135
		U(W/m ² K)			0,2122
Cubierta 1	0,200	Capa de aire exterior			0,0400
		Chapa perfilada	0,010	0,4600	0,0217
		Poliestireno extrusionado	0,180	0,0400	4,5000
		Chapa perfilada	0,010	0,4600	0,0217
		Capa de aire interior			0,1000
		Rtotal(m ² K/W)			4,6835
		U(W/m ² K)			0,2135
Cubierta 2	0,410	Capa de aire exterior			0,0400
		Capa de grava	0,050	0,8100	0,0617
		Láminas bituminosas	0,010	0,1800	0,0556
		Arlita	0,050	0,1110	0,4505
		Forjado	0,250	1,6500	0,1515
		Espuma de poliuretano	0,030	0,0230	1,3043
		Mortero de cemento	0,010	1,4000	0,0071
		Enlucido de yeso	0,010	0,3000	0,0333
		Capa de aire interior			0,1000
		Rtotal(m ² K/W)			2,2041
		U(W/m ² K)			0,4537
Cubierta 3	0,090	Capa de aire exterior			0,0400
		Vidrio celular	0,090	0,0440	2,0455
		Capa de aire interior			0,1000
		Rtotal(m ² K/W)			2,1855
		U(W/m ² K)			0,4576

1.2.2. Cerramientos en contacto con el terreno

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
Solera 1	0,290	Solera de hormigón	0,170	0,1160	1,4655
		Arlita	0,050	0,1110	0,4505
		Mortero cementado	0,070	1,4000	0,0500
		Rtotal(m ² K/W)			1,9660
		A(m ²)			1247,0000
		P(m)			144,0000
		B'(m)			17,3194
		U(W/m ² K)			0,2311
Solera 2	0,290	Solera de hormigón	0,170	0,1160	1,4655
		Arlita	0,050	0,1110	0,4505
		Mortero cementado	0,050	1,4000	0,0357
		Baldosa cerámica	0,020	1,0500	0,0190
		Rtotal(m ² K/W)			1,9707
		A(m ²)			220,2000
		P(m)			93,9400
		B'(m)			4,6881
		U(W/m ² K)			0,4632

1.2.3. Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias)

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
Tabique 1	0,250	Capa de aire exterior			0,1300
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,030	0,0230	1,3043
		Cámara de aire	0,020		0,1600
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			1,9875
		Up(W/m ² K)			0,5031
		b			0,9000
U(W/m ² K)			0,4528		
Tabique 2	0,275	Capa de aire exterior			0,1300
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,030	0,0230	1,3043
		Cámara de aire	0,020		0,1600
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			2,0077
U(W/m ² K)			0,4981		
Tabique 3	0,150	Capa de aire exterior			0,1300
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,025	0,0230	1,0870
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			1,4988
		U(W/m ² K)			0,6672

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m²K/W)
Tabique 4	0,150	Capa de aire exterior			0,1300
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,025	0,0230	1,0870
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			1,4988
		Up(W/m ² K)			0,6672
		b			0,8700
		U(W/m ² K)			0,5805
Tabique 5	0,120	Capa de aire exterior			0,1300
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Ladrillo hueco	0,070	0,4900	0,1429
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			0,4433
		U(W/m ² K)			2,2556
		Tabique 6	0,250	Capa de aire exterior	
Ladrillo perforado	0,100			0,7600	0,1316
Espuma de poliuretano	0,030			0,0230	1,3043
Cámara de aire	0,020				0,1600
Ladrillo perforado	0,100			0,7600	0,1316
Capa de aire interior					0,1300
Rtotal(m ² K/W)					1,9875
U(W/m ² K)					0,5031
Tabique 7	0,095			Capa de aire exterior	
		Ladrillo hueco	0,070	0,4900	0,1429
		Mortero cementado	0,015	1,4000	0,0107
		Baldosa cerámica	0,010	1,0500	0,0095
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			0,4231
		U(W/m ² K)			2,3635
Tabique 8	0,150	Capa de aire exterior			0,1300
		Ladrillo perforado	0,100	0,7600	0,1316
		Espuma de poliuretano	0,040	0,0230	1,7391
		Mortero de cemento	0,010	1,4000	0,0071
		Capa de aire interior			0,1300
		Rtotal(m ² K/W)			2,1379
		Up(W/m ² K)			0,4678
		b			0,8700
		U(W/m ² K)			0,4070

1.2.4. Huecos y lucernarios

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
Hueco 1		Marco de madera			
		Cristal doble			
		Cámara aire	0,012		
		Sombra	0,150		
		Uh,v(W/m ² K)			2,8000
		Uh,m(W/m ² K)			2,8000
		Uh,v(W/m ² K)	2,8000		
		Uh,m(W/m ² K)	2,8000		
		FM	0,1		
		Uh(W/m ² K)	2,8		
		Fs	S		0,39
			SE/SO		0,47
			E/O		0,61
		g		0,61	
		Abs		0,4	
	F	S		0,2159	
		SE/SO		0,2601	
		E/O		0,3376	
Hueco 2		Marco de madera			
		Cristal doble			
		Cámara aire	0,006		
		Sombra	2,150		
		Uh,v(W/m ² K)			2,8000
		Uh,m(W/m ² K)			2,8000
		Uh,v(W/m ² K)	2,8		
		Uh,m(W/m ² K)	2,8		
		FM	0,8		
		Uh(W/m ² K)	2,8		
		Fs	S		0,35
			SE/SO		0,38
			E/O		0,53
		g		0,61	
		Abs		0,2	
	F	S		0,0490	
		SE/SO		0,0532	
		E/O		0,0742	

Cerramiento	e(m)	Material	e(m)	λ (W/mK)	R(m ² K/W)
Hueco 3		Marco de madera			
		Cristal doble			
		Cámara aire	0,006		
		Sombra	1,180		
		Uh,v(W/m ² K)			2,8000
		Uh,m(W/m ² K)			2,8000
		Uh,v(W/m ² K)	2,8		
		Uh,m(W/m ² K)	2,8		
		FM	0,8		
		Uh(W/m ² K)	2,8		
		Fs	S		0,27
			SE/SO		0,36
			E/O		0,51
		g		0,61	
		Abs		0,2	
		F	S		0,0378
		SE/SO		0,0504	
		E/O		0,0714	
Hueco 4		Marco de madera			
		Cristal doble			
		Cámara aire	0,012		
		Sombra	2,000		
		Uh,v(W/m ² K)			2,8000
		Uh,m(W/m ² K)			2,8000
		Uh,v(W/m ² K)	2,8000		
		Uh,m(W/m ² K)	2,8000		
		FM	0,5		
		Uh(W/m ² K)	2,8		
		Fs	S		0,27
			SE/SO		0,32
			E/O		0,48
		g		0,61	
		Abs		0,2	
		F	S		0,0854
		SE/SO		0,1012	
		E/O		0,1518	
Hueco 5		Marco de madera			
		Sombra	0,150		
		Uh,m(W/m ² K)			2,8000
		Uh,v(W/m ² K)	-		
		Uh,m(W/m ² K)	2,8000		
		FM	1		
		Uh(W/m ² K)	2,8		
		Fs	S		1
			SE/SO		1
			E/O		1
		g		0,61	
		Abs		0,2	
		F	S		0,0224
			SE/SO		0,0224
			E/O		0,0224

1.3. Condensaciones

1.3.1. Condiciones para el cálculo de condensaciones

Condiciones exteriores (Enero)	
Tmed (°C)	3,8
HRmed (%)	72
Condiciones interiores (Enero)	
Tint (°C)	20
Hrint (%)	50

1.3.2. Condensaciones superficiales

Cerramiento		U (W/m²K)	frsi	Pi (Pa)	Psat (Pa)	Tsi,min (°C)	frsi,min
Muro exterior 1		0,5270	0,8682	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Muro exterior 2		0,5214	0,8696	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Muro exterior 3		0,2122	0,9470	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Cubierta 1		0,2135	0,9466	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Cubierta 2		0,4537	0,8866	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Cubierta 3		0,4576	0,8856	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Hueco 1	Vidrio	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
	Marco	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Hueco 2	Vidrio	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
	Marco	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Hueco 3	Vidrio	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
	Marco	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Hueco 4	Vidrio	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
	Marco	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
Hueco 5	Vidrio	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893
	Marco	2,8000	0,3000	1168,50	1460,63	5,3	0,2893

1.3.3. Condensaciones intersticiales

Cerramiento	Capa	R (m ² K/W)	T (°C)	Psat (Pa)	e (m)	u	Sd (m)	P (Pa)
Muro exterior 1	Capa de aire exterior	0,0400	4,1	820,98				591,10
	Ladrillo perforado	0,1316	5,3	888,11	0,100	36,0	3,600	795,08
	Espuma de poliuretano	1,3043	16,4	1864,32	0,030	96,0	2,880	958,27
	Cámara de aire	0,1600	17,8	2032,77	0,020	5,5	0,110	964,50
	Ladrillo perforado	0,1316	18,9	2181,14	0,100	36,0	3,600	1168,48
	Capa de aire interior	0,1300	20	2336,95				1168,48
	Total	1,8975					10,190	
Muro exterior 2	Capa de aire exterior	0,0400	4,1	820,77				590,96
	Ladrillo perforado	0,1316	5,2	887,16	0,100	36,0	3,600	769,57
	Espuma de poliuretano	1,3043	16,3	1848,59	0,030	96,0	2,880	912,46
	Cámara de aire	0,1600	17,6	2013,98	0,020	5,5	0,110	917,92
	Ladrillo perforado	0,1316	18,7	2159,55	0,100	36,0	3,600	1096,53
	Mortero cementado	0,0107	18,8	2171,80	0,015	60,0	0,900	1141,19
	Baldosa cerámica	0,0095	18,9	2182,74	0,010	55,0	0,550	1168,48
	Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
Total	1,9177					11,640		
Muro exterior 3	Capa de aire exterior	0,0400	3,9	809,28				582,68
	Chapa perfilada	0,0217	4,0	813,55	0,010	39,0	0,390	585,09
	Poliestireno extrusionado	4,5000	19,5	2262,57	0,180	523,0	94,140	1166,07
	Chapa perfilada	0,0217	19,6	2273,09	0,010	39,0	0,390	1168,48
	Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
	Total	4,7135					94,920	
Cubierta 1	Capa de aire exterior	0,0400	3,9	809,33				582,72
	Chapa perfilada	0,0217	4,0	813,62	0,010	39,0	0,390	585,12
	Poliestireno extrusionado	4,5000	19,6	2276,73	0,180	523,0	94,140	1166,07
	Chapa perfilada	0,0217	19,7	2287,38	0,010	39,0	0,390	1168,48
	Capa de aire interior	0,1000	20,0	2336,95				1168,48
	Total	4,6835					94,920	
Cubierta 2	Capa de aire exterior	0,0400	4,1	818,24				589,13
	Capa de grava	0,0617	4,5	844,72	0,050	49,0	2,450	641,36
	Láminas bituminosas	0,0556	5,0	869,19	0,010	145,0	1,450	672,26
	Arlita	0,4505	8,3	1091,85	0,050	34,0	1,700	708,50
	Forjado	0,1515	9,4	1177,28	0,250	70,0	17,500	1081,51
	Espuma de poliuretano	1,3043	19,0	2191,70	0,030	96,0	2,880	1142,90
	Mortero de cemento	0,0071	19,0	2198,89	0,010	60,0	0,600	1155,69
	Enlucido de yeso	0,0333	19,3	2232,72	0,010	60,0	0,600	1168,48
	Capa de aire interior	0,1000	20,0	2336,95				1168,48
	Total	2,2041					27,180	
Cubierta 3	Capa de aire exterior	0,0400	4,1	818,39				589,24
	Vidrio celular	2,0455	19,3	2231,85	0,090	27,0	2,430	1168,48
	Capa de aire interior	0,1000	20,0	2336,95				1168,48
	Total	2,1855					2,430	

Proyecto de climatización del pabellón polideportivo de La Puebla de Híjar (Teruel). ANEXO

Hueco 1	Vidrio	Capa de aire exterior	0,0400	5,7	917,94				660,92
		Cristal	0,0070	6,1	939,79	0,007	36,0	0,252	889,73
		Cámara de aire	0,1500	13,4	1532,08	0,010	5,5	0,055	939,67
		Cristal	0,0070	13,7	1566,34	0,007	36,0	0,252	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,3340					0,559	
	Marco	Capa de aire exterior	0,0400	5,1	877,72				631,96
		Madera	0,3300	15,8	1792,82	0,050	55,0	2,750	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,5000					2,750	
Hueco 2	Vidrio	Capa de aire exterior	0,0400	5,7	917,94				660,92
		Cristal	0,0070	6,1	939,79	0,007	36,0	0,252	889,73
		Cámara de aire	0,1500	13,4	1532,08	0,010	5,5	0,055	939,67
		Cristal	0,0070	13,7	1566,34	0,007	36,0	0,252	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,3340					0,559	
	Marco	Capa de aire exterior	0,0400	5,1	877,72				631,96
		Madera	0,3300	15,8	1792,82	0,050	55,0	2,750	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,5000					2,750	
Hueco 3	Vidrio	Capa de aire exterior	0,0400	5,7	917,94				660,92
		Cristal	0,0070	6,1	939,79	0,007	36,0	0,252	889,73
		Cámara de aire	0,1500	13,4	1532,08	0,010	5,5	0,055	939,67
		Cristal	0,0070	13,7	1566,34	0,007	36,0	0,252	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,3340					0,559	
	Marco	Capa de aire exterior	0,0400	5,1	877,72				631,96
		Madera	0,3300	15,8	1792,82	0,050	55,0	2,750	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,5000					2,750	
Hueco 4	Vidrio	Capa de aire exterior	0,0400	5,7	917,94				660,92
		Cristal	0,0070	6,1	939,79	0,007	36,0	0,252	889,73
		Cámara de aire	0,1500	13,4	1532,08	0,010	5,5	0,055	939,67
		Cristal	0,0070	13,7	1566,34	0,007	36,0	0,252	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,3340					0,559	
	Marco	Capa de aire exterior	0,0400	5,1	877,72				631,96
		Madera	0,3300	15,8	1792,82	0,050	55,0	2,750	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,5000					2,750	
Hueco 5	Marco	Capa de aire exterior	0,0400	5,1	877,72				631,96
		Madera	0,3300	15,8	1792,82	0,050	55,0	2,750	1168,48
		Capa de aire interior	0,1300	20,0	2336,95				1168,48
		Total	0,5000					2,750	

2. CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

2.1. Condiciones estivales

Momento de máxima carga sobre las 15 horas solares del 31 de Julio

Temperatura seca

NP	0,05
Ts,ext,máx,NP (°C)	29
OMD (°C)	17,3
OMA (°C)	39,7
$\Delta T_{s,ext,hora}$ (°C)	0
$\Delta T_{s,ext,mes}$ (°C)	0
$\Delta T_{s,ext,altura}$ (°C)	4,2
$\Delta T_{s,ext,ciudad}$ (°C)	2
Ts,ext (°C)	35,2

Temperatura húmeda

Th,ext,máx,NP (°C)	18,1
$\Delta T_{h,ext,hora}$ (°C)	0
$\Delta T_{h,ext,mes}$ (°C)	0
Th,ext (°C)	18,1

Radiación solar

	Radiación solar máxima (W/m ²)
Horizontal	707
N	165
NE	165
E	165
SE	165
S	242
SO	535
O	612
NO	426

Temperatura del suelo

No es significativa

2.2. Condiciones invernales

Momento de máxima carga sobre las 7 horas solares del mes de enero

Temperatura seca

NP	0.975
Ts,ext (°C)	-6,1

Temperatura húmeda

No es significativa	
θ_{rel}	0.85

Radiación solar

Nula

Temperatura del suelo

Tsuelo (°C)	5
-------------	---

3. CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Verano

Ts (°C)	26
θ	0,63
w (kg/kg as)	0,0138

Invierno

Ts (°C)	20
θ	0,45
w (kg/kg as)	0,0065

4. CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TÉRMICAS

4.1. Cargas de refrigeración

4.1.1. Pista

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	1	1103,00	0,2135	32,5	26,0	1531
	3	66,00	0,4576	32,5	26,0	196
Vertical						
Muros con el exterior						
N	1	258,00	0,5270	30,9	26,0	666
	3	43,00	0,2122	29,7	26,0	34
E	1	102,88	0,5270	39,9	26,0	754
	3	43,50	0,2122	37,0	26,0	102
S	1	258,00	0,5270	35,0	26,0	1224
	3	43,00	0,2122	33,0	26,0	64
O	1	132,48	0,5270	31,2	26,0	363
	3	43,50	0,2122	30,0	26,0	37
Tabique recinto no acondicionado						
E	1	10,88	0,4528	33,0	26,0	34
Qsen total (W)						4967

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

	N	E	S	O
Tseq stand (°C)	28,4	37,4	32,5	28,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29	29	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630	-630	-630
ρg	0,15	0,15	0,15	0,15
CRA	14	14	14	14
Tseq corregida (°C)	30,9	39,9	35	31,2

Muro ligero, color claro	N	E	S	O	
Tseq stand (°C)		27,2	34,5	30,5	27,5
Ts,ext,más,NP (°C)		29	29	29	29
ΔTseq,mes (°C)		0	0	0	0
ΔTciudad (°C)		2	2	2	2
ΔTseq,hora (°C)		-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
Δz (m)		-630	-630	-630	-630
ρg		0,15	0,15	0,15	0,15
CRA		14	14	14	14
Tseq corregida (°C)		29,7	37	33	30

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
	2	2,8000	35,2	26,0	25,76	6 155
	5	2,8000	35,2	26,0	25,76	16 412
Qsen total (W)						567

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
E		165	16 2640
O		612	6 3672
Qsen total (W)			6312

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26	Qsen (W)	11040
θL	0,63	Qlat (W)	23419
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qtotal (W)	34459
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m²/persona)	40		
	2,5		
np (personas)	20		
	80	100	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m³/s)	1		
Vev (m³/s)	1		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	109	Qsen (W)	8420
	78	Qlat (W)	8640
QPlat (W)	248	Qtotal (W)	17060
	46		

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia	
PT (W)	8000
FS	0,8

Qsen (W) 7680

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración 0,05

Cálculo total:

Qsen (W) 38986

Qlat (W) 32059

Qsen seguridad (W) 1949

Qlat seguridad (W) 1603

Ptérmica total (W) 74597

4.1.2. Pasillo 1

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta		2	30,09	0,4537	32,5	89
		3	1,92	0,4576	32,5	6
Vertical						
Muros con el exterior						
N		1	13,95	0,5270	30,9	36
Tabique recinto no acondicionado						
S		8	13,50	0,4070	30,5	25
Qsen total (W)						149

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

	N	S
Tseq stand (°C)	28,4	32,5
Ts,ext,más,NP (°C)	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630
ρg	0,15	0,15
CRA	14	14
Tseq corregida (°C)	30,9	35

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
-------	------------------------	----------	----------	-------------------------	---------------------	----------

4	2,8000	35,2	26,0	25,76	8,4	216
					Qsen total (W)	216

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
N	165	8,4	1386
		Qsen total (W)	1386

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26		Qsen (W)	773
θL	0,63		Qlat (W)	1639
WL (kg/kg a.s.)	0,0138		Qtotal (W)	2412
Tse (°C)	35,2			
θe	0,16			
We (kg/kg a.s.)	0,006			
coef. Ocup. (m ² /persona)	5			
np (personas)	6,402	7		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m ³ /s)	0,07			
Vev (m ³ /s)	0,07			

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	78	Qsen (W)	546
QPlat (W)	46	Qlat (W)	322
		Qtotal (W)	868

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia

PT (W)	500
FS	0,8
Qsen (W)	480

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:

Qsen (W)	3551
Qlat (W)	1961
Qsen seguridad (W)	178
Qlat seguridad (W)	98
Ptérmica total (W)	5788

4.1.3. Pasillo 2

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						

Cubierta	2	6,14	0,4537	32,5	26,0	18
					Qsen total (W)	18

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,máx,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
	3	2,8000	35,2	26,0	25,76	6,00
						155
					Qsen total (W)	155

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
E	165	6,00	990
		Qsen total (W)	990

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26	Qsen (W)	221
θL	0,63	Qlat (W)	468
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qtotal (W)	689
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m²/persona)	5		
np (personas)	1,228	2	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m³/s)	0,02		
Vev (m³/s)	0,02		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	78	Qsen (W)	156
QPlat (W)	46	Qlat (W)	92
		Qtotal (W)	248

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia

PT (W)	100
FS	0,8
Qsen (W)	96

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:	
Qsen (W)	2298
Qlat (W)	1965
Qsen seguridad (W)	115
Qlat seguridad (W)	98
Ptémica total (W)	4477

4.1.4. Vestuario árbitro

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta		2	9,19	0,4537	32,5	27
Vertical						
Muros con el exterior						
N		2	6,42	0,5214	30,9	16
					Qsen total (W)	44

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

N

Tseq stand (°C)	28,4
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8
Δz (m)	-630
ρg	0,15
CRA	14
Tseq corregida (°C)	30,9

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	35,2	26,0	25,76	0,78	20
					Qsen total (W)	20

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
N	165	0,78	129
		Qsen total (W)	129

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26		Qsen (W)	221
θL	0,63		Qlat (W)	468
WL (kg/kg a.s.)	0,0138		Qtotal (W)	689
Tse (°C)	35,2			
θe	0,16			
We (kg/kg a.s.)	0,006			
coef. Ocup. (m²/persona)	5			
np (personas)	1,838	2		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m³/s)	0,02			
Vev (m³/s)	0,02			

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	109		Qsen (W)	218
QPlat (W)	248		Qlat (W)	496
			Qtotal (W)	714

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia				
PT (W)	170			
FS	0,8			
Qsen (W)	163			

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05			
-------------------------	-------------	--	--	--

Cálculo total:

Qsen (W)	795			
Qlat (W)	964			
Qsen seguridad (W)	40			
Qlat seguridad (W)	48			
Ptérmica total (W)	1847			

4.1.5. Enfermería

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m²)	K (W/m²K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta		2	9,53	0,4537	32,5	26,0
Vertical						
Muros con el exterior						
S		2	6,42	0,5214	35,0	26,0
						Qsen total (W)
						58

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro	
Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio	S	
Tseq stand (°C)		32,5
Ts,ext,más,NP (°C)		29
ΔTseq,mes (°C)		0
ΔTciudad (°C)		2
ΔTseq,hora (°C)		-2,8
Δz (m)		-630
ρg		0,15
CRA		14
Tseq corregida (°C)		35

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
1	2,8000	35,2	26,0	25,76	0,78	20
Qsen total (W)						20

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
S	242	0,78	189
Qsen total (W)			189

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26	Qsen (W)	221
θL	0,63	Qlat (W)	468
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qttotal (W)	689
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m²/persona)	5		
np (personas)	1,906	2	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m³/s)	0,02		
Vev (m³/s)	0,02		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	109	Qsen (W)	218
QPlat (W)	248	Qlat (W)	496
		Qttotal (W)	714

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia	
PT (W)	170
FS	0,8
Qsen (W)	163

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:

Qsen (W)	869
Qlat (W)	964
Qsen seguridad (W)	43
Qlat seguridad (W)	48
Ptérmica total (W)	1925

4.1.6. Vestuario 1

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	50,21	0,4537	32,5	26,0	148
Vertical							
Muros con el exterior							
S		2	35,81	0,5214	35,0	26,0	168
O		2	7,50	0,5214	31,2	26,0	20
Tabique recinto no acondicionado							
O		4	3,75	0,5805	28,6	26,0	6
					Qsen total (W)	322	

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,máx,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

	S	O
Tseq stand (°C)	32,5	28,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630
ρg	0,15	0,15
CRA	14	14
Tseq corregida (°C)	35	31,2

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	35,2	26,0	25,76	4,69	121
Qsen total (W)						121

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
S	242	4,69	1134
Qsen total (W)			1134

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26	Qsen (W)	1214
θL	0,63	Qlat (W)	2576
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qtotal (W)	3790
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m ² /persona)	5		
np (personas)	10,042	11	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	0,11		
Vev (m ³ /s)	0,11		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	109	Qsen (W)	1199
QPlat (W)	248	Qlat (W)	2728
		Qtotal (W)	3927

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia

PT (W)	900
FS	0,8
Qsen (W)	864

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:

Qsen (W)	4854
Qlat (W)	5304
Qsen seguridad (W)	243
Qlat seguridad (W)	265
Ptérmica total (W)	10666

4.1.7. Vestuario 2

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta		2	50,21	0,4537	32,5	148
Vertical						
Muros con el exterior						
N		2	35,81	0,5214	30,9	92
O		2	12	0,5214	31,2	33
Qsen total (W)						272

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

	N	O
Tseq stand (°C)	28,4	28,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630
ρg	0,15	0,15
CRA	14	14
Tseq corregida (°C)	30,9	31,2

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	35,2	26,0	25,76	4,69	121
Qsen total (W)						121

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
N	165	4,69	773
Qsen total (W)			773

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26		Qsen (W)	1214
θL	0,63		Qlat (W)	2576
WL (kg/kg a.s.)	0,0138		Qtotal (W)	3790
Tse (°C)	35,2			
θe	0,16			
We (kg/kg a.s.)	0,006			
coef. Ocup. (m²/persona)	5			
np (personas)	10,042	11		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m³/s)	0,11			
Vev (m³/s)	0,11			

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	109		Qsen (W)	1199
QPlat (W)	248		Qlat (W)	2728
			Qtotal (W)	3927

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia				
PT (W)	900			
FS	0,8			
Qsen (W)	864			

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05			
-------------------------	-------------	--	--	--

Cálculo total:

Qsen (W)	4444			
Qlat (W)	5304			
Qsen seguridad (W)	222			
Qlat seguridad (W)	265			
Ptérmica total (W)	10235			

4.1.8. Aseo 1

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m²)	K (W/m²K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	11,53	0,4537	32,5	26,0	34
Vertical							
Muros con el exterior							
E		2	8,20	0,5214	39,9	26,0	59
S		2	11,46	0,5214	35,0	26,0	54
					Qsen total (W)	147	

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,máx,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

E

S

Tseq stand (°C)	37,4	32,5
Ts,ext,máx,NP (°C)	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630
ρg	0,15	0,15
CRA	14	14
Tseq corregida (°C)	39,9	35

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
1	2,8000	32,5	26,0	18,2	1,17	21
Qsen total (W)						21

Transmisión de calor por radiación solar

	Rad. solar máx. (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
E	165	1,17	193
Qsen total (W)			193

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26	Qsen (W)	331
θL	0,63	Qlat (W)	703
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qtotal (W)	1034 PASILLO
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m²/persona)	5		
np (personas)	2,306	3	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m³/s)	0,03		
Vev (m³/s)	0,03		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	78	Qsen (W)	234
QPlat (W)	46	Qlat (W)	138
		Qtotal (W)	372

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia	
PT (W)	210
FS	0,8
Qsen (W)	202

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:

Qsen (W)	798
Qlat (W)	138
Qsen seguridad (W)	40
Qlat seguridad (W)	7
Ptérmica total (W)	982

4.1.9. Aseo 2

Carga a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	11,53	0,4537	32,5	26,0	34
Vertical							
Muros con el exterior							
E		2	8,20	0,5214	39,9	26,0	59
Tabique recinto no acondicionado							
N		4	11,46	0,5805	28,5	26,0	16
Qsen total (W)						110	

Temperatura equivalente exterior

Techo normal ligero, color claro

Tseq stand (°C)	29,7
Ts,ext,más,NP (°C)	29
ΔTciudad (°C)	2
ΔTseq,mes (°C)	0
ΔTseq,hora (°C)	-3,2
Δz (m)	-630
Tseq corregida (°C)	32,5

Muro ligero, color medio

	N	E
Tseq stand (°C)	28,4	37,4
Ts,ext,más,NP (°C)	29	29
ΔTseq,mes (°C)	0	0
ΔTciudad (°C)	2	2
ΔTseq,hora (°C)	-2,8	-2,8
Δz (m)	-630	-630
ρg	0,15	0,15
CRA	14	14
Tseq corregida (°C)	30,9	39,9

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	35,2	26,0	25,76	1,17	30
Qsen total (W)						30

Transmisión de calor por radiación solar

E	Rad. solar máx. (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
	165	1,17	193
Qsen total (W)			193

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	26,0	Qsen (W)	331
θL	0,63	Qlat (W)	703
WL (kg/kg a.s.)	0,0138	Qttotal (W)	1034 PASILLO
Tse (°C)	35,2		
θe	0,16		
We (kg/kg a.s.)	0,006		
coef. Ocup. (m ² /persona)	5		
np (personas)	2,306	3	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	0,03		
Vev (m ³ /s)	0,03		

Carga debida a los ocupantes

QPsen (W)	78	Qsen (W)	234
QPlat (W)	46	Qlat (W)	138
		Qttotal (W)	372

Carga debida a la iluminación

Luces halógenas con reactancia

PT (W)	210
FS	0,8
Qsen (W)	202

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración	0,05
-------------------------	-------------

Cálculo total:

Qsen (W)	769
Qlat (W)	138
Qsen seguridad (W)	38
Qlat seguridad (W)	7
Ptérmica total (W)	952

4.2. Cargas de calefacción

4.2.1. Pista

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	1	1103,00	0,2135	-6,1	20,0	-6147
	3	66,00	0,4576	-6,1	20,0	-788
Vertical						
Muros con el exterior						
N	1	258,00	0,5270	-6,1	20,0	-3549
	3	43,00	0,2122	-6,1	20,0	-238
E	1	102,88	0,5270	-6,1	20,0	-1415
	3	43,50	0,2122	-6,1	20,0	-241
S	1	258,00	0,5270	-6,1	20,0	-3549
	3	43,00	0,2122	-6,1	20,0	-238
O	1	132,48	0,5270	-6,1	20,0	-1822
	3	43,50	0,2122	-6,1	20,0	-241
Tabique recinto no acondicionado						
E	1	10,88	0,4528	-6,1	20,0	-129
Qsen total (W)						-18115

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
2	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	6	-438
5	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	16	-1169
Qsen total (W)						-1608

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20	Qsen (W)	-31320
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-31320
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		
We (kg/kg a.s.)	0,002		
coef. Ocup. (m ² /persona)	40		
	2,5		
np (personas)	20		
	80	100	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	1		
Vev (m ³ /s)	1		

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W) **-51043**
Qlat (W) **0**
Qsen seguridad (W) **-2552**
Qlat seguridad (W) **0**
Ptérmica total (W) **-53595**

4.2.2. Pasillo 1

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	2	30,09	0,4537	-6,1	20,0	-356
	3	1,92	0,4576	-6,1	20,0	
Vertical						
Muros con el exterior						
N	1	13,95	0,5270	-6,1	20,0	-192
Tabique recinto no acondicionado						
S	8	13,50	0,4070	-6,1	20,0	-143
Qsen total (W)						-692

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
4	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	8,4	-614
Qsen total (W)						-614

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20	Qsen (W)	-2192
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-2192
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		

We (kg/kg a.s.)	0,002	
coef. Ocup. (m ² /persona)	5	
np (personas)	6,402	7
Req. Mín. (l/s persona)	10	
Qv mín. (m ³ /s)	0,07	
Vev (m ³ /s)	0,07	

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración 0,05

Cálculo total:

Qsen (W)	-3498
Qlat (W)	0
Qsen seguridad (W)	-175
Qlat seguridad (W)	0
Ptérmica total (W)	-3673

4.2.3. Pasillo 2

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta		2	6,14	0,4537	-6,1	20,0
						Qsen total (W)
						-73

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
3	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	6,00	-438
						Qsen total (W)
						-438

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20		Qsen (W)	-626
θL	0,45		Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065		Qtotal (W)	-626
Tse (°C)	-6,1			
θe	0,85			
We (kg/kg a.s.)	0,002			
coef. Ocup. (m²/persona)	5			
np (personas)	1,228	2		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m³/s)	0,02			
Vev (m³/s)	0,02			

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W)	-3017
Qlat (W)	0
Qsen seguridad (W)	-151
Qlat seguridad (W)	0
Ptérmica total (W)	-3168

4.2.4. Vestuario árbitro

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m²)	K (W/m²K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	9,19	0,4537	-6,1	20,0	-109
Vertical							
Muros con el exterior							
N		2	6,42	0,5214	-6,1	20,0	-87
						Qsen total (W)	-196

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)	
1	2,8000		-6,1	20,0	-73,08	0,78	-57

Qsen total (W) -57

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20		Qsen (W)	-626
θL	0,45		Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065		Qtotal (W)	-626
Tse (°C)	-6,1			
θe	0,85			
We (kg/kg a.s.)	0,002			
coef. Ocup. (m ² /persona)	5			
np (personas)	1,838	2		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m ³ /s)	0,02			
Vev (m ³ /s)	0,02			

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W)	-880
Qlat (W)	0
Qsen seguridad (W)	-44
Qlat seguridad (W)	0
Ptérmica total (W)	-924

4.2.5. Enfermería

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	9,53	0,4537	-6,1	20,0	-113
Vertical							
Muros con el exterior							
S		2	6,42	0,5214	-6,1	20,0	-87
						Qsen total (W)	-200

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	0,8	-57
Qsen total (W)						-57

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20	Qsen (W)	-626
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-626
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		
We (kg/kg a.s.)	0,002		
coef. Ocup. (m ² /persona)	5		
np (personas)	1,906	2	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	0,02		
Vev (m ³ /s)	0,02		

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W)	-884
Qlat (W)	0
Qsen seguridad (W)	-44
Qlat seguridad (W)	0
Ptérmica total (W)	-928

4.2.6. Vestuario 1

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)	
Horizontal							
Cubierta		2	50,21	0,4537	-6,1	20,0	-595
Vertical							
Muros con el exterior							
S		2	35,81	0,5214	-6,1	20,0	-487
O		2	7,50	0,5214	-6,1	20,0	-102
Tabique con recinto no acondicionado							
O		4	3,75	0,5805	-6,1	20,0	-57
						Qsen total (W)	-1241

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	4,69	-343
					Qsen total (W)	-343

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20	Qsen (W)	-3445
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-3445
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		
We (kg/kg a.s.)	0,002		
coef. Ocup. (m ² /persona)	5		
np (personas)	10,042	11	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	0,11		
Vev (m ³ /s)	0,11		

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:	
Qsen (W)	-5029
Qlat (W)	0
Qsen seguridad (W)	-251
Qlat seguridad (W)	0
Ptérmica total (W)	-5280

4.2.7. Vestuario 2

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	2	50,21	0,4537	-6,1	20,0	-595
Vertical						
Muros con el exterior						
N	2	35,81	0,5214	-6,1	20,0	-487
O	2	12	0,5214	-6,1	20,0	-163
					Qsen total (W)	-1245

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000		-6,1	20,0	-73,08	4,69
					Qsen total (W)	-343

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20	Qsen (W)	-3445
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-3445
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		
We (kg/kg a.s.)	0,002		
coef. Ocup. (m ² /persona)	5		
np (personas)	10,042	11	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m ³ /s)	0,11		
Vev (m ³ /s)	0,11		

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W) **-5033**
Qlat (W) **0**
Qsen seguridad (W) **-252**
Qlat seguridad (W) **0**
Ptémica total (W) **-5285**

4.2.8. Aseo 1

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m²)	K (W/m²K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	2	11,53	0,4537	-6,1	20,0	-137
Vertical						
Muros con el exterior						
E	2	8,20	0,5214	-6,1	20,0	-112
S	2	11,46	0,5214	-6,1	20,0	-156
Qsen total (W)						-404

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m²K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m²)	A (m²)	Qsen (W)
1	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	1,17	-86
Qsen total (W)						-86

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20,0	Qsen (W)	-940
θL	0,45	Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065	Qtotal (W)	-940 PASILLO
Tse (°C)	-6,1		
θe	0,85		
We (kg/kg a.s.)	0,002		
coef. Ocup. (m²/persona)	5		
np (personas)	2,306	3	
Req. Mín. (l/s persona)	10		
Qv mín. (m³/s)	0,03		
Vev (m³/s)	0,03		

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coefficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W) **-490**
Qlat (W) **0**
Qsen seguridad (W) **-24**
Qlat seguridad (W) **0**
Ptérmica total (W) **-514**

4.2.9. Aseo 2

Cargas a través de paredes, techos y suelos

	Tipo	A (m ²)	K (W/m ² K)	Tseq (°C)	TsL (°C)	Qsen (W)
Horizontal						
Cubierta	2	11,53	0,4537	-6,1	20,0	-137
Vertical						
Muros con el exterior						
E	2	8,20	0,5214	-6,1	20,0	-112
Tabique con recinto no acondicionado						
N	4	11,46	0,5805	-6,1	20,0	-174
					Qsen total (W)	-422

Transmisión de calor a través de superficies acristaladas

Transmisión de calor por conducción-convección

Tipos	K (W/m ² K)	Tse (°C)	Tsl (°C)	qcc (W/m ²)	A (m ²)	Qsen (W)
1	2,8000	-6,1	20,0	-73,08	1,17	-86
					Qsen total (W)	-86

Transmisión de calor por radiación solar

No se considera ya que la radiación solar incidente es nula

Carga debida a ventilación

Condiciones del local

TsL (°C)	20,0		Qsen (W)	-940
θL	0,45		Qlat (W)	0
WL (kg/kg a.s.)	0,0065		Qttotal (W)	-940 PASILLO
Tse (°C)	-6,1			
θe	0,85			
We (kg/kg a.s.)	0,002			
coef. Ocup. (m ² /persona)	5			
np (personas)	2,306	3		
Req. Mín. (l/s persona)	10			
Qv mín. (m ³ /s)	0,03			
Vev (m ³ /s)	0,03			

Carga debida a ocupantes

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente con la existencia de una única persona

Carga debida a iluminación

No se consideran ya que el sistema debe funcionar correctamente cuando no hay iluminación

Coeficiente de mayoración ó seguridad

Coef. Mayoración **0,05**

Cálculo total:

Qsen (W) **-507**

Qlat (W) **0**

Qsen seguridad (W) **-25**

Qlat seguridad (W) **0**

Ptérmica total (W) **-533**

5. CÁLCULO DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE

5.1. Cálculo de los caudales de impulsión y extracción

Realizada una primera estimación de la demanda con unos valores estándar para las condiciones interiores del local, se pueden calcular unos valores para estas condiciones que reflejen de una manera más precisa las condiciones reales que se tendrán durante su utilización.

5.1.1. Refrigeración

Conocidos los valores de las cargas térmicas del local, se puede obtener el Factor de Calor Sensible (FCS), calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\text{FCS} = \text{Qsen,int} / \text{Qtotal,int}$$

- Qsen,local: potencia térmica sensible de las cargas internas del local (kW).
- Qtotal,local: suma de las potencias sensible y latente de las cargas internas del local (kW).

Qsen int (kW)	41,734
Qlat int (kW)	15,374

$$\text{FCS} = 41,734 / (41,734 + 15,374) = 0,73$$

Llevamos este valor al diagrama psicrométrico y trazamos una recta que pase por dicho punto y por el foco (26,7°C; 50%). El siguiente paso es trazar una recta (recta de acción local) paralela a ésta que pase por el punto de impulsión de aire (19°C; 92%). El último paso es localizar el punto de corte entre la temperatura interior del local (26°C) y la recta de acción local. De esta manera obtenemos el punto de condiciones interiores.

El caudal de impulsión de aire se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{mimp (m}^3/\text{s)} = \text{Qtotal,int} / (\text{hint} - \text{himp})$$

- hint: entalpía en la saturación de las condiciones interiores (kJ/kg as).
- himp: entalpía en la saturación de las condiciones de impulsión (kJ/kg as).

Conocido el caudal de ventilación y el caudal de impulsión, ya podemos conocer los caudales de aire de extracción y de aire recirculado.

$$\begin{aligned} \text{mext (m}^3/\text{s)} &= \text{mimp} \\ \text{mrec (m}^3/\text{s)} &= \text{mext} - \text{mvent} \end{aligned}$$

mvent (m³/s) 1,41

Condiciones interiores		Condiciones exteriores		Condiciones de impulsión	
Tint (°C)	26	Text (°C)	35,2	Timp (°C)	19
Φint	0,63	Φext	0,180	Φimp	0,920
wint (kg/kg as)	0,0138	wext (kg/kg as)	0,006	wimp (kg/kg as)	0,013
hint (kJ/kg as)	60,5	hext (kJ/kg as)	51,100	himp (kJ/kg as)	52
vint (m³/kg as)	0,866	vext (m³/kg as)	0,811	vimp (m³/kg as)	0,844
				mimp (m³/s)	6,773
				mext (m³/s)	6,773
				mrec (m³/s)	5,363

5.1.2. Calefacción

Obtener el punto de condiciones interiores para calefacción es más sencillo que el anterior. Solamente hay que trazar una recta de contenido de humedad constante que pase por las condiciones de impulsión (24°C; 35%) y que corte con la temperatura interior del local. En ese punto tendremos las condiciones interiores.

El caudal de impulsión de aire se calcula mediante la expresión:

$$\mathbf{mimp (m^3/s) = Qint,total / (cp \cdot (Tint - Timp))}$$

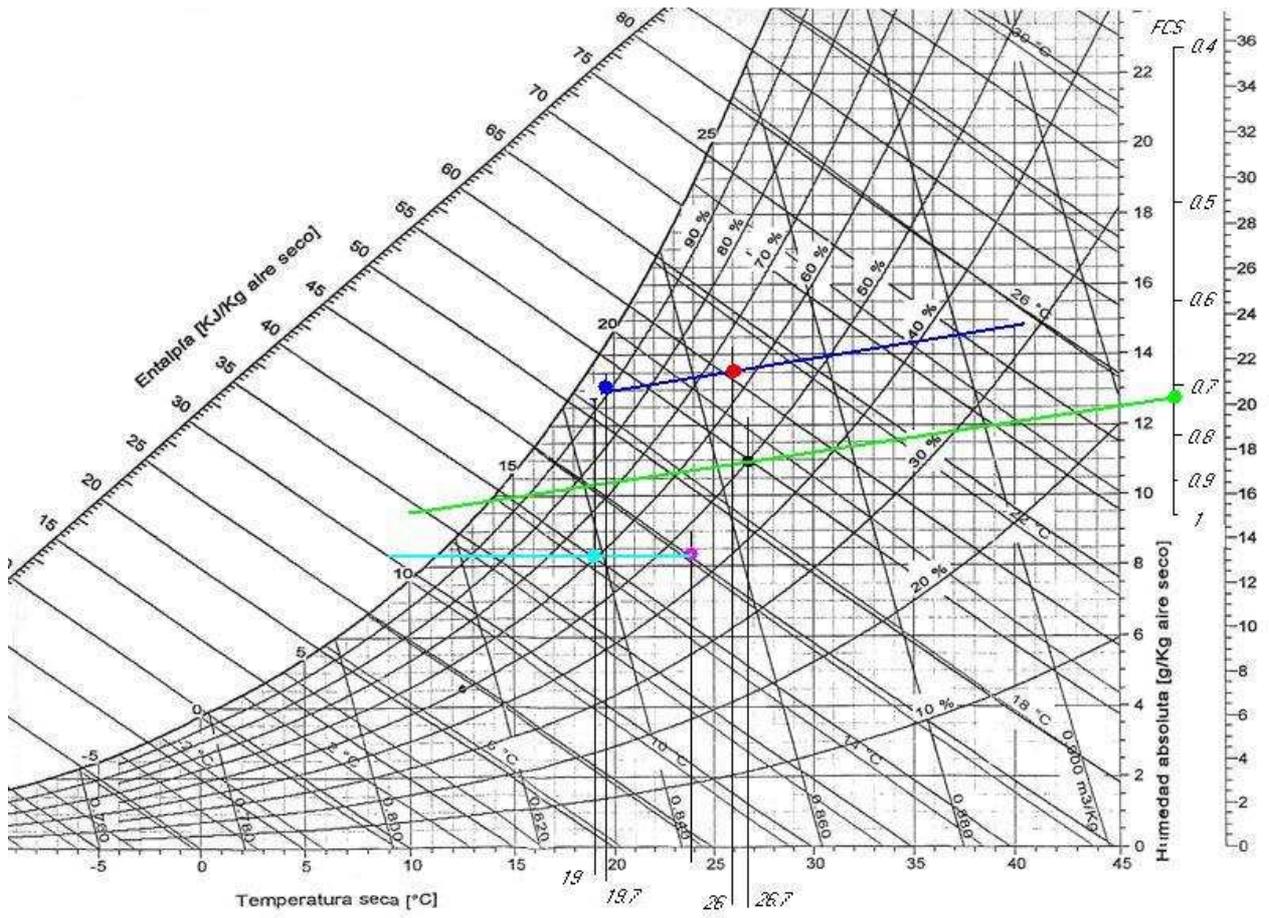
- cp: calor específico del aire (kJ/kg·K).
- Tint: temperatura del aire en el interior del local (°C).
- Timp: temperatura del aire de impulsión (°C).

Los caudales de extracción y recirculación de aire se calculan exactamente igual que lo explicado en el punto 5.1.1.

Qsen int (kW) 26,219
 Qlat int (kW) 0,000
mvent (m³/s) 1,41

Condiciones interiores		Condiciones exteriores		Condiciones de impulsión	
Tint (°C)	20	Text (°C)	-6,1	Timp (°C)	24
Φint	0,45	Φext	0,85	Φimp	0,350
wint (kg/kg as)	0,0065	wext (kg/kg as)	0,002	wimp (kg/kg as)	0,007
hint (kJ/kg as)	36,5	hext (kJ/kg as)	-1,000	himp (kJ/kg as)	41,3
vint (m³/kg as)	0,84	vext (m³/kg as)	0,760	vimp (m³/kg as)	0,851
				mimp (m³/s)	3,631
				mext (m³/s)	3,631
				mrec (m³/s)	2,221

Vamos a seleccionar una UTA capaz de tratar los caudales de aire máximos, es decir, los de refrigeración.



6. CÁLCULO DE TUBERÍAS

6.1. Caudales

A continuación se especifican los caudales y temperaturas de agua en los distintos circuitos de tuberías.

Circuito	T (°C)	ve (l/kg)	cp (kJ/kgK)	magua (m³/s)	magua (l/h)
Agua caliente					
Red-Caldera	10	1,000	4,193	0,001	2000
Caldera-Intercambiador	60	1,017	4,185	0,002	8489
Intercambiador-UTA	50	1,012	4,181	0,002	8707
UTA-Intercambiador	40	1,008	4,178	0,002	8707
Intercambiador-Caldera	45	1,010	4,180	0,002	8489
Agua fría					
Red-Enfriadora	10	1,000	4,193	0,001	2000
Enfriadora-Intercambiador	5	1,000	4,204	0,007	24798
Intercambiador-UTA	7	1,000	4,198	0,007	25434
UTA-Intercambiador	12	1,000	4,189	0,007	25434
Intercambiador-Enfriadora	11	1,000	4,184	0,007	24798

6.2. Pérdida de presión

Circuito	Material	k (mm)	Dn (mm)	Dint (mm)	Sección (m²)	f	ρ (kg/l)	v (m/s)	ΔP/m (Pa/m)
Agua caliente									
Red-Caldera	Acero galvanizado	0,15	40	41,9	0,00138	0,027	1,000	0,403	53,3
Caldera-Intercambiador	Acero negro	0,03	50	53,1	0,00221	0,017	0,983	1,065	180,1
Intercambiador-UTA	Acero negro	0,03	50	53,1	0,00221	0,017	0,988	1,092	190,4
UTA-Intercambiador	Acero negro	0,03	50	53,1	0,00221	0,017	0,992	1,092	191,2
Intercambiador-Caldera	Acero negro	0,03	50	53,1	0,00221	0,017	0,990	1,065	181,4
Agua fría									
Red-Enfriadora	Acero galvanizado	0,15	40	41,9	0,00138	0,027	1,000	0,403	53,3
Enfriadora-Intercambiador	Acero galvanizado	0,15	100	105,3	0,00871	0,021	1,000	0,791	63,7
Intercambiador-UTA	Acero galvanizado	0,15	100	105,3	0,00871	0,021	1,000	0,811	67,0
UTA-Intercambiador	Acero galvanizado	0,15	100	105,3	0,00871	0,021	1,000	0,811	67,0
Intercambiador-Enfriadora	Acero galvanizado	0,15	100	105,3	0,00871	0,021	1,000	0,791	63,7

7. CÁLCULO DE CONDUCTOS

Se va a dimensionar la red de conductos para el mayor caudal entre los de refrigeración y calefacción, es decir, para el caudal de refrigeración.

Espacio	Qint (kW)	mimp (m³/s)	mext (m³/s)
Pista (zona de deportes)	12,344	1,452	4,304
Pista (graderío)	24,242	2,852	
Pasillo 1	3,100	0,365	0,365
Pasillo 2	1,507	0,177	0,177
Vestuario árbitro	1,070	0,126	0,126
Enfermería	1,145	0,135	0,135
Vestuario 1	6,368	0,749	0,749
Vestuario 2	5,957	0,701	0,701
Aseo 1	0,936	0,110	0,110
Aseo 2	0,907	0,107	0,107

7.1. Red de impulsión

Espacio	mimp (m³/h)	Elemento	Marca/Serie	Tamaño	Cantidad	mimp,i (m³/h)	ΔP,i (Pa)	ΔP (Pa)
Pista (zona de deportes)	5228,0	Rejilla	Trox/TRS-K	325x1225	2	2614,0	24	48
Pista (graderío)	10267,2	Rejilla	Trox/TRS-K	325x1225	7	1466,7	24	168
Pasillo 1	1312,9	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	10	131,3	18	180
Pasillo 2	638,1	Rejilla	Trox/TRS-K	125x325	5	127,6	18	90
Vestuario árbitro	453,1	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	4	113,3	18	72
Enfermería	484,8	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	4	121,2	18	72
Vestuario 1	2697,0	Rejilla	Trox/TRS-K	225x425	8	337,1	20	160
Vestuario 2	2523,1	Rejilla	Trox/TRS-K	225x425	7	360,4	20	140
Aseo 1	396,2	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	3	132,1	18	54
Aseo 2	384,1	Rejilla	Trox/TRS-K	75x625	3	128,0	18	54
Total	24384,5							1038

Tramo	Caudal (m³/h)	Caudal (m³/s)	Sección (m²)	DH	Deq (mm)	a (mm)	b (mm)
AB	24384,5	6,773	0,600	0,874	874	800	800
BC	1312,9	0,365	0,070	0,299	299	250	300
CD	1181,6	0,328	0,070	0,299	299	250	300
DE	1050,3	0,292	0,070	0,299	299	250	300
EF	919,0	0,255	0,070	0,299	299	250	300
FG	787,7	0,219	0,070	0,299	299	250	300
GH	656,4	0,182	0,070	0,299	299	250	300
HI	525,2	0,146	0,070	0,299	299	250	300
IJ	393,9	0,109	0,070	0,299	299	250	300
JK	262,6	0,073	0,070	0,299	299	250	300
KL	131,3	0,036	0,070	0,299	299	250	300
BM	23071,6	6,409	0,600	0,874	874	800	800
MN	2697,0	0,749	0,131	0,409	409	350	400
NÑ	2359,9	0,656	0,131	0,409	409	350	400
ÑO	2022,8	0,562	0,131	0,409	409	350	400
OP	1685,6	0,468	0,131	0,409	409	350	400
PQ	1348,5	0,375	0,131	0,409	409	350	400
QR	1011,4	0,281	0,131	0,409	409	350	400
RS	674,3	0,187	0,131	0,409	409	350	400

ST	337,1	0,094	0,131	0,409	409	350	400
MU	2523,1	0,701	0,125	0,399	399	300	450
UV	2162,7	0,601	0,131	0,409	409	350	400
VW	1802,2	0,501	0,131	0,409	409	350	400
WX	1441,8	0,400	0,131	0,409	409	350	400
XY	1081,3	0,300	0,131	0,409	409	350	400
YZ	720,9	0,200	0,131	0,409	409	350	400
ZA'	360,4	0,100	0,131	0,409	409	350	400
MB'	17851,5	4,959	0,556	0,842	842	700	850
B'C'	484,8	0,135	0,037	0,218	218	200	200
C'D'	363,6	0,101	0,037	0,218	218	200	200
D'E'	242,4	0,067	0,037	0,218	218	200	200
E'F'	121,2	0,034	0,037	0,218	218	200	200
B'G'	453,1	0,126	0,037	0,218	218	200	200
G'H'	339,8	0,094	0,037	0,218	218	200	200
H'I'	226,5	0,063	0,037	0,218	218	200	200
I'J'	113,3	0,031	0,037	0,218	218	200	200
B'K'	16913,7	4,698	0,562	0,846	846	750	800
K'L'	5228,0	1,452	0,234	0,546	546	500	500
L'M'	2614,0	0,726	0,150	0,437	437	400	400
K'N'	11685,6	3,246	0,426	0,737	737	650	700
N'Ñ'	10218,9	2,839	0,393	0,707	707	600	700
Ñ'O'	8752,2	2,431	0,393	0,707	707	600	700
O'P'	7285,4	2,024	0,393	0,707	707	600	700
P'Q'	5818,7	1,616	0,393	0,707	707	600	700
Q'R'	4351,9	1,209	0,393	0,707	707	600	700
R'S'	2885,2	0,801	0,393	0,707	707	600	700
S'T'	1418,4	0,394	0,234	0,546	546	500	500
T'U'	396,2	0,110	0,098	0,354	354	300	350
U'V'	264,1	0,073	0,098	0,354	354	300	350
V'W'	132,1	0,037	0,098	0,354	354	300	350
T'X'	1022,2	0,284	0,190	0,492	492	450	450
X'Y'	638,1	0,177	0,150	0,437	437	400	400
Y'Z'	510,5	0,142	0,150	0,437	437	400	400
Z'A''	382,9	0,106	0,150	0,437	437	400	400
A''B''	255,2	0,071	0,150	0,437	437	400	400
B''C''	127,6	0,035	0,150	0,437	437	400	400
X'D''	384,1	0,107	0,098	0,354	354	300	350
D''E''	256,1	0,071	0,098	0,354	354	300	350
E''F''	128,0	0,036	0,098	0,354	354	300	350

Tramo	Sección (m ²)	ΔP/m (Pa/m)	v (m/s)	L (m)	L eq (m)	ΔP tramo (Pa)	Nº codos
AB	0,640	1,017	10,58	1,00		1,017	
BC	0,075	0,914	4,86	3,00	7,0	9,150	3
CD	0,075	0,754	4,38	1,75		1,320	
DE	0,075	0,609	3,89	1,75		1,066	
EF	0,075	0,478	3,40	1,75		0,836	
FG	0,075	0,361	2,92	1,75		0,631	
GH	0,075	0,259	2,43	1,75		0,453	
HI	0,075	0,172	1,95	1,75		0,302	
IJ	0,075	0,102	1,46	1,75		0,179	
JK	0,075	0,049	0,97	1,75		0,085	
KL	0,075	0,014	0,49	1,75		0,024	
BM	0,640	0,919	10,01	7,50		6,894	
MN	0,140	0,743	5,35	5,50	6,8	9,172	2
NÑ	0,140	0,583	4,68	0,60		0,350	
ÑO	0,140	0,440	4,01	0,60		0,264	
OP	0,140	0,316	3,34	0,60		0,190	
PQ	0,140	0,210	2,68	0,60		0,126	

QR	0,140	0,125	2,01	0,60		0,075	
RS	0,140	0,060	1,34	0,60		0,036	
ST	0,140	0,017	0,67	0,60		0,010	
MU	0,135	0,723	5,19	5,50	6,7	8,789	2
UV	0,140	0,497	4,29	0,75		0,373	
VW	0,140	0,357	3,58	0,75		0,268	
WX	0,140	0,238	2,86	0,75		0,178	
XY	0,140	0,141	2,15	0,75		0,106	
YZ	0,140	0,067	1,43	0,75		0,050	
ZA'	0,140	0,019	0,72	0,75		0,014	
MB'	0,595	0,689	8,33	11,50		7,923	
B'C'	0,040	0,686	3,37	2,50	3,2	3,903	2
C'D'	0,040	0,406	2,52	1,00		0,406	
D'E'	0,040	0,194	1,68	1,00		0,194	
E'F'	0,040	0,055	0,84	1,00		0,055	
B'G'	0,040	0,606	3,15	2,50	3,2	3,450	2
G'H'	0,040	0,359	2,36	0,80		0,287	
H'I'	0,040	0,172	1,57	0,80		0,137	
I'J'	0,040	0,049	0,79	0,80		0,039	
B'K'	0,600	0,611	7,83	3,00	8,3	6,917	1
K'L'	0,250	0,605	5,81	17,00	4,9	13,243	1
L'M'	0,160	0,507	4,54	20,00		10,142	
K'N'	0,455	0,611	7,13	23,50	7,0	18,644	1
N'Ñ'	0,420	0,582	6,76	6,50		3,780	
Ñ'O'	0,420	0,439	5,79	6,50		2,851	
O'P'	0,420	0,314	4,82	6,50		2,042	
P'Q'	0,420	0,209	3,85	6,50		1,356	
Q'R'	0,420	0,123	2,88	6,50		0,800	
R'S'	0,420	0,058	1,91	6,50		0,378	
S'T'	0,250	0,056	1,58	6,50	9,8	0,916	2
T'U'	0,105	0,046	1,05	1,00		0,046	
U'V'	0,105	0,022	0,70	1,00		0,022	
V'W'	0,105	0,006	0,35	1,00		0,006	
T'X'	0,203	0,052	1,40	4,00		0,207	
X'Y'	0,160	0,039	1,11	1,00		0,039	
Y'Z'	0,160	0,026	0,89	0,75		0,019	
Z'A''	0,160	0,015	0,66	0,75		0,012	
A''B''	0,160	0,007	0,44	0,75		0,006	
B''C''	0,160	0,002	0,22	0,75		0,002	
X'D''	0,105	0,043	1,02	5,00	2,9	0,339	1
D''E''	0,105	0,021	0,68	1,00		0,021	
E''F''	0,105	0,006	0,34	1,00		0,006	

	ΔP tramo (Pa)
Red	54,091
Difusores	222
TOTAL	276,091

7.2. Red de retorno

Espacio	mext (m³/h)	Elemento	Marca/Serie	Tamaño	Cantidad	mext,i (m³/h)	ΔP,i (Pa)	ΔP (Pa)
Pista	15495,2	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	5	3099,0	24	120
Pasillo 1	1312,9	Rejilla	Trox/TRS	125x825	2	656,4	20	40
Pasillo 2	638,1	Rejilla	Trox/TRS	125x825	1	638,1	20	20
Vestuario árbitro	453,1	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1	453,1	20	20
Enfermería	484,8	Rejilla	Trox/TRS	75x625	2	242,4	18	36
Vestuario 1	2697,0	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	1	2697,0	24	24
Vestuario 2	2523,1	Rejilla	Trox/TRS	325x1225	1	2523,1	24	24
Aseo 1	396,2	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1	396,2	20	20
Aseo 2	384,1	Rejilla	Trox/TRS	75x1025	1	384,1	20	20
Total	24384,5							324

Tramo	Caudal (m³/h)	Caudal (m³/s)	Sección (m²)	DH	Deq (mm)	a (mm)	b (mm)
AC	396,2	0,110	0,028	0,189	189	150	200
BC	638,1	0,177	0,041	0,228	228	150	300
CD	1034,3	0,287	0,064	0,286	286	200	350
ED	384,1	0,107	0,028	0,189	189	150	200
DF	1418,4	0,394	0,081	0,322	322	250	350
FG	4517,5	1,255	0,190	0,492	492	450	450
GH	7616,5	2,116	0,284	0,601	601	550	550
HI	10715,6	2,977	0,365	0,682	682	600	650
IJ	13814,6	3,837	0,459	0,765	765	700	700
JK	16913,7	4,698	0,562	0,846	846	750	800
LM	242,4	0,067	0,021	0,164	164	150	150
MK	484,8	0,135	0,037	0,218	218	200	200
NK	453,1	0,126	0,035	0,210	210	150	250
KÑ	17851,5	4,959	0,600	0,874	874	800	800
OÑ	2697,0	0,749	0,131	0,409	409	350	400
PÑ	2523,1	0,701	0,115	0,382	382	350	350
ÑQ	23071,6	6,409	0,759	0,983	983	900	900
RS	656,4	0,182	0,041	0,228	228	150	300
SQ	1312,9	0,365	0,084	0,328	328	300	300
QT	24384,5	6,773	0,801	1,010	1010	900	950

Tramo	Sección (m²)	ΔP/m (Pa/m)	v (m/s)	L (m)	L eq (m)	ΔP tramo (Pa)	Nº codos
AC	0,030	0,959	3,67	4,00	1,3	5,115	1
BC	0,045	0,865	3,94	2,00		1,730	
CD	0,070	0,708	4,10	2,00		1,415	
ED	0,030	0,906	3,56	2,00		1,813	
DF	0,088	0,726	4,50	15,00	5,1	14,599	2
FG	0,203	0,774	6,20	10,00		7,743	
GH	0,303	0,756	6,99	10,00		7,555	
HI	0,390	0,759	7,63	10,00		7,587	
IJ	0,490	0,692	7,83	10,00		6,916	
JK	0,600	0,611	7,83	11,50	16,6	17,196	2
LM	0,023	0,786	2,99	2,00		1,573	
MK	0,040	0,686	3,37	3,50	3,2	4,589	2
NK	0,038	0,716	3,36	3,50	3,0	4,683	2
KÑ	0,640	0,576	7,75	5,50		3,170	
OÑ	0,140	0,743	5,35	5,50	6,8	9,172	2
PÑ	0,123	0,910	5,72	5,50	6,3	10,747	2
ÑQ	0,810	0,519	7,91	14,75		7,649	

Proyecto de climatización del pabellón polideportivo de La Puebla de Híjar (Teruel). ANEXO

RS	0,045	0,911	4,05	10,00		9,108	
SQ	0,090	0,586	4,05	7,75	2,6	6,075	1
QT	0,855	0,503	7,92	4,00	20,6	12,397	2

	ΔP tramo (Pa)
Red	91,342
Difusores	140
TOTAL	231,342