

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS

ÁREA DE INGENIERÍA TÉRMICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Técnica Industrial: Mecánica

**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE
REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL**

AUTOR: IGNACIO CASTRO RUBIO

TUTOR: CAROLINA MARUGÁN CRUZ

JUNIO 2012

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MOTIVACIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO	5
3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	7
3.1 SUPERFICIES A CLIMATIZAR	8
3.2 HORARIO DE FUNCIONAMIENTO	9
3.3 OCUPACIÓN	9
3.4 NIVELES DE VENTILACIÓN	10
3.5 NIVELES DE ILUMINACIÓN	11
3.6 NIVELES SONOROS	11
3.7 NORMATIVA	12
4. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA	13
5. DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS. LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	16
5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS	16
5.2 LÍMITE DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	20
6. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	23
6.1 CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO	24
6.2 CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO	25
6.3 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN (VERANO)	25
6.3.1 CARGAS TÉRMICAS EXTERIORES	26
6.3.2 CARGAS TÉRMICAS INTERNAS	35
6.3.3 GANANCIAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN	37
6.3.4 COEFICIENTES DE SEGURIDAD	37
6.3.5 CÁLCULO TOTAL DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN	37
6.3.6 RESUMEN DEL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN	37
6.4 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN (INVIERNO)	39
6.4.1 GANANCIAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN	41
6.4.2 COEFICIENTES DE SEGURIDAD	41
6.4.3 CÁLCULO TOTAL DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN	41
6.4.4 RESUMEN DEL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN	42
6.5 RESUMEN DEL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	42
7. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	44
7.1 ELECCIÓN SISTEMA CLIMATIZACIÓN	44
7.2 INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN	48
7.2.1 UNIDAD EXTERIOR	49
7.2.2 UNIDADES INTERIORES	51
7.3 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	53
7.3.1 INTRODUCCIÓN	53
7.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	55
7.3.3 PRUEBAS	60
7.3.4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO	61
7.4 INSTALACIÓN DE A.C.S.	67
7.5 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN	70
7.5.1 INTRODUCCIÓN	70
7.5.2 MÉTODO DE CÁLCULO	71
7.5.3 FUNCIONAMIENTO	76

7.6 SISTEMA DE CONDUCTOS	77
7.6.1 ELEMENTOS TERMINALES	77
7.6.2 CONDUCTOS	80
7.7 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS	85
7.7.1 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO	85
7.7.1.1 BOMBA SUELO RADIANTE	86
7.7.1.2 BOMBA CIRCUITO A.C.S.	86
7.7.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN	86
7.7.2.1 VASO EXPANSIÓN SUELO RADIANTE	87
7.7.2.2 VASO DE EXPANSIÓN A.C.S.	88
7.7.3 DIMENSIONADO DE UNIDADES DE VENTILACIÓN	88
7.7.4 OTROS ELEMENTOS	89
7.7.4.1 VÁLVULAS	89
7.7.4.2 SISTEMA DE PURGA	89
7.7.4.3 TORNILLERÍA	90
7.7.4.4 SISTEMA DE LLENADO Y VACIADO	90
7.7.4.5 ELEMENTOS DE SUJECIÓN	90
7.7.4.6 APARATOS DE MEDIDA	90
7.8 JUSTIFICACIÓN EN LA ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	90
7.8.1 CUMPLIMIENTO DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	91
7.8.2 CUMPLIMIENTO DEL RITE	91
7.8.3 CUMPLIMIENTO DE IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE	91
7.8.4 CUMPLIMIENTO DE IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	93
7.8.5 CUMPLIMIENTO DE IT 1.3 EXIGENCIA DE SEGURIDAD	95
8. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	96
8.1 DEMANDA DE ENERGÍA	97
8.2 TIPOS DE INSTALACIÓN	97
8.3 EMISIÓN FUENTES DE ENERGÍA	98
8.3.1 INSTALACIÓN A: PREVISIÓN EMISIONES DE CO2	99
8.3.2 INSTALACIÓN B: PREVISIÓN EMISIONES DE CO2	100
8.3.3 INSTALACIÓN C: PREVISIÓN EMISIONES DE CO2	100
8.4 RESULTADO AHORRO DE EMISIONES	101
9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	103
9.1 INTRODUCCIÓN	103
9.2 PRESUPUESTO	103
9.3 ESTUDIO ECONÓMICO	107
9.3.1 AHORRO ECONÓMICO RESPECTO A OTRAS INSTALACIONES	108
9.3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA CON RESPECTO A INSTALACIÓN TIPO B	110
9.3.3 VIABILIDAD ECONÓMICA CON RESPECTO A INSTALACIÓN TIPO C	111
10. CONCLUSIONES	113
11. REFERENCIAS	115
ANEXOS	117
ANEXO 1: CÁLCULO DE CARGAS MÁXIMAS	116
ANEXO 2: HOJA DE CARACTERÍSTICAS	139
ANEXO 3: PLANOS	145



1. INTRODUCCIÓN

La climatización es el proceso encargado del tratamiento del aire controlando simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado. La base de la climatización consiste en el transporte de calor de un punto a otro.

Actualmente las exigencias para climatizar principalmente se deben a la búsqueda del confort humano o a la mejora y control de procesos industriales.

El confort buscado por el sistema de climatización depende principalmente de tres factores:

El factor humano: nivel de vestimenta, nivel de actividad y nivel de ocupación.

El espacio a climatizar: Características arquitectónicas, equipos instalados, radiación solar.

El aire: temperatura, velocidad y humedad relativa.

El factor humano es bastante variable, puesto que depende del gusto o actividad de los usuarios del espacio a climatizar, siendo los otros factores más fáciles de controlar para conseguir la sensación de confort.

Las condiciones higrométricas deben de controlarse puesto que pueden ocasionar efectos negativos en la salud de las personas. Estas condiciones ambientales de los espacios climatizados, concretamente la temperatura del aire, la radiación, la humedad y la velocidad del aire, junto con el nivel de actividad y la vestimenta, pueden originar situaciones de riesgo para la salud de los usuarios. Por este motivo el control de estas variables es un aspecto muy importante en la climatización.

Otro factor importante para una buena climatización es que se produzca una distribución y circulación uniforme del aire. También es necesario eliminar las partículas de polvo, por lo que es necesario el filtrado del aire circulante en los distintos espacios.

Es posible diferenciar dos modos diferentes de climatización dependiendo de las necesidades climáticas: modo refrigeración, característico de la época de verano y modo calefacción, habitualmente se da en invierno.

Existen diferentes tipos de clasificación de los sistemas de climatización. Una de ellas es la clasificación en función del fluido encargado de compensar la carga térmica en el recinto climatizado. De esta manera es posible diferenciar los sistemas como:

- **Todo aire:** Es un sistema en el que el aire es el encargado de compensar las cargas térmicas para el recinto a climatizar. Los sistemas convencionales todo aire son aquellos en los que se el aire se acondiciona directamente en un equipo centralizado,



que posteriormente se lleva a un climatizador o unidad de tratamiento de aire, donde el aire es impulsado a los locales a climatizar.

Dentro de los posibles sistemas todo aire se encuentran diferentes variantes en función del control de la temperatura efectuado:

- Un solo conducto con volumen de aire constante, sistema todo o nada.
- Un solo conducto con volumen de aire variable.
- Doble conducto: Volumen de aire constante
 Volumen de aire variable

- **Sistema todo agua:** El agua es el encargado de compensar las cargas térmicas de la estancia a climatizar. También llamados sistema hidrónicos. En los sistemas todo agua, el agua se enfría y calienta en unidades centralizadas y se lleva a los elementos terminales ubicados en los locales a climatizar.

Los sistemas todo agua pueden clasificarse en sistemas de tubería simple (cada unidad terminal recibe la entrada de agua fría o caliente, según la estación del año y termina en una tubería de retorno) y sistemas de varias tuberías (cada unidad terminal tiene una doble entrada de agua (caliente y fría) y una tubería o dos tuberías de retorno).

- **Sistema aire-agua:** Se trata de sistemas donde llega tanto agua como aire para compensar las cargas del local. En los sistemas aire-agua, el aire exterior es tratado separadamente. El agua (fría o caliente) se distribuye hasta los elementos terminales, donde pasa el aire tratado junto con el aire de recirculación en el mismo local.

- **Sistemas todo refrigerante:** Se trata de instalaciones donde el fluido que se encarga de compensar las cargas térmicas del local es el refrigerante procedente de una unidad condensadora. Son sistemas de expansión directa.

Entre los sistemas de todo refrigerante se pueden distinguir el sistema todo o nada y el sistema de caudal variable de refrigerante.

El más útil para conseguir unas condiciones de confort de los usuarios de las estancias climatizadas y busca del ahorro energético es el sistema de caudal variable de refrigerante, el cual se utilizará para la climatización de la Escuela Infantil desarrollado en el proyecto. A continuación se pasas a comentar los aspectos más importantes de este sistema.

Caudal variable de refrigerante

Los sistemas de caudal variable de refrigerante son sistemas divididos de expansión directa, formados por un condensador y varios evaporadores. Como su nombre indica, la variable que se modifica en estos sistemas es el caudal del refrigerante, que se regula gracias a diversas tecnologías en los compresores y a las válvulas de expansión electrónicas, incorporadas en unidades interiores y exteriores, con el fin de ajustar la capacidad a la demanda. La idea es entregar a cada unidad interior únicamente el refrigerante que demanda la zona que climatiza. De esta manera se consigue que el consumo no sea el total del sistema, sino que es función de la potencia que se entrega.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

Son sistemas relativamente novedosos en comparación con otros sistemas, aunque los primeros sistemas empezaron a desarrollarse hace tres décadas, fusionando varias tecnologías como la mecánica, electrónica y computación. En la actualidad el uso de estos sistemas se está generalizando en todo tipo de edificios, principalmente en oficinas, hospitales, hoteles o colegios, y los avances de este tipo de sistema son continuos debido al gran ahorro de energía que consiguen.

El ajuste de caudal de estos sistemas se consigue a través del compresor y las válvulas de expansión con tecnología “Inverter” que adaptan su velocidad en función de la demanda de la instalación. Con esta tecnología, se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias a la regulación del compresor, reducidos niveles sonoros, alta fiabilidad, se alcanza antes la temperatura deseada y se reducen las fluctuaciones de temperatura.

Los elementos fundamentales del sistema “Inverter” son el convertidor (transforma corriente alterna en continua), Inverter (dispositivo electrónico que varía la frecuencia) y el compresor (velocidad variable acorde con la carga).

El refrigerante utilizado en estos sistemas es R410A, el cual no es dañino para la capa de ozono.

Debido a que se pueden conectar numerosas unidades interiores en el mismo circuito de tuberías de cobre por donde circula el refrigerante, permiten disponer de una importante independencia climática, para obtener una amplia zonificación del sistema de climatización.

En el mercado existen en el mercado tres tipos de sistemas dentro del caudal variable de refrigerante:

-Sólo frío: la potencia que entrega es exclusivamente de refrigeración.

-Bomba de calor: todas las unidades interiores funcionan en modo frío o en modo calor.

-Recuperación de calor: proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente adecuándose a las necesidades de cada zona. Unas unidades interiores pueden aportar frío y otras calor al mismo tiempo, principalmente en épocas intermedias. Estos sistemas reducen los costos de operación al transferir energía a través del edificio.

Los más utilizados son los de bomba de calor, pero cada vez se instalan más sistemas con recuperación de calor. La inversión inicial es el gran problema de la recuperación de calor, pero es un mercado que está en continuo crecimiento debido a los beneficios energéticos que a su vez redundan en beneficios económicos.

Aparte de la inversión inicial, existen otro tipo de inconvenientes en la instalación de estos sistemas, como la posibilidad de fugas en la red de distribución del refrigerante mediante tuberías de cobre. Sin embargo son múltiples las ventajas, algunas de ellas se detallan a continuación:



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

- Control preciso por zona.
- Bajo nivel sonoro.
- Flexibilidad de trazado, fácil diseño, reducción de espacio.
- Alta eficiencia energética.
- Funcionamiento en modo calefacción a bajas temperaturas.
- Continua evolución del mercado.
- Sistemas de control específicos.
- Posibilidad de instalar unidades exteriores de menor potencia que la suma de las interiores.
- Gran variedad de unidades interiores.

Todas estas ventajas, hacen que este sistema sea uno de los más utilizados en la actualidad, siendo apropiado para el edificio del proyecto.



2. MOTIVACIÓN Y OBJETIVO DEL PROYECTO

La realización del proyecto de la instalación de climatización de una Escuela infantil viene motivada por el necesario uso de tecnologías innovadoras en el campo de la climatización y el consecuente ahorro de energía, cumpliendo las normativas vigentes en este campo de aplicación.

El Código Técnico de la Edificación promulga el aprovechamiento de la energía solar térmica para cubrir parte de la demanda de A.C.S. de los edificios de nueva construcción, exceptuando los que por motivos arquitectónicos sea imposible su instalación. El edificio del proyecto es uno de estos casos.

En la actualidad muchos edificios se construyen en el centro urbano de las ciudades y debido a las normativas de construcción locales no pueden sobrepasar una altura determinada. Los edificios colindantes de vieja construcción, por norma general, suele tener una mayor altura puesto que están supeditados a normativas anteriores menos restrictivas en cuanto a la altura de la edificación. Por esta razón es imposible la instalación de paneles para la captación de energía solar, puesto que la radiación solar que incide en este tipo de edificios es prácticamente nula, haciendo imposible la utilización de este tipo de tecnología.

Por todo lo explicado anteriormente, la motivación en la elección de un sistema de climatización de la Escuela Infantil vendrá dada por la imposibilidad de utilizar el aprovechamiento de la energía solar debido a la singularidad del edificio. A causa de ello se ha procurado en todo momento la elección de sistemas buscando la mayor reducción en la emisión de contaminantes y procurando un ahorro energético significativo. De esta manera se ha elegido un sistema de climatización de caudal de variable refrigerante con recuperación de calor. Este sistema es bastante innovador puesto que proporciona refrigeración y calefacción simultáneamente, consiguiendo una reducción del gasto energético.

Los sistemas de caudal variable de refrigerante con recuperación de calor son de uso reciente. Mayoritariamente se instalan en edificios de oficinas, colegios, hospitales, guarderías, hoteles o gimnasios. En definitiva en construcciones en las que se requieran diferentes necesidades dependiendo de la estancia o sala del edificio.

En base a los motivos explicados, el presente proyecto tiene por objeto el diseño de la instalación de climatización y la justificación de los cálculos de climatización de un edificio dotacional destinado a una Escuela Infantil. Dentro del diseño y justificación existen otros objetivos básicos y principales dentro del proyecto que son los siguientes:

-Diseñar la instalación de acuerdo a los reglamentos vigentes, consiguiendo condiciones de confort óptimas para los usuarios.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

-Conseguir una instalación con una elevada eficiencia energética debida al uso de equipos con alto COP.

-Ofrecer una mayor garantía de servicio y prestaciones de la instalación, reduciendo al mínimo los riesgos de deficiencias o indisponibilidad de servicio. Prestando especial atención a los elementos de la instalación necesarios para conseguir un entorno totalmente seguro a los usuarios del edificio, niños de corta edad.

-Determinar las emisiones contaminantes y cuantificar el ahorro energético debido al sistema de climatización instalado en comparación con sistemas tradicionales.

-Estudio económico del proyecto para verificar la viabilidad económica y el periodo de amortización del proyecto en comparación con otros sistemas de climatización.

La metodología seguida en la realización del proyecto basada en la consecución de los objetivos explicados será la descrita a continuación.

En primer lugar se describirán las características del edificio, así como las condiciones interiores y exteriores de diseño. Se definirán los coeficientes de transmisión de calor de cada uno de los cerramientos del edificio y se calculará la limitación de demanda energética del edificio. También se explicarán y determinarán las cargas térmicas máximas, tanto de refrigeración como de calefacción. A su vez se calcula la demanda de agua caliente sanitaria necesaria en el edificio.

A continuación se describirán los equipos de climatización elegidos, así como la instalación del suelo radiante y los equipos de tratamiento de aire primario.

Una vez presentado los cálculos y los equipos necesarios para la climatización del edificio, se calculará y diseñará los conductos y rejillas que servirán para la distribución del aire. Se adjuntarán planos detallados de las instalaciones.

Todo lo anterior está englobado en el estudio y diseño del sistema de climatización de la Escuela Infantil. Al terminar el estudio se presentará un estudio del ahorro energético del edificio. Además se expondrá un estudio de viabilidad económica del edificio. De esta manera se justificará la inversión inicial de este tipo de sistemas.

Finalmente se expondrán unas conclusiones finales valorando si el proyecto ha cumplido los objetivos marcados.



3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio objeto del presente proyecto de climatización se encuentra en la ciudad de Madrid. Su uso está destinado para albergar una Escuela Infantil con niños de 0 a 3 años.

El edificio consta de cuatro plantas habitables y una cubierta en la que se situará la maquinaria de climatización y ventilación necesaria. Cada planta está constituida por diferentes estancias destinadas a distintos fines. Las plantas están distribuidas de la siguiente manera:

Planta Sótano: Dedicada al área de servicio, en él se ubican la cocina, que da a un patio interior, la lavandería, vestuarios, aseos, cuarto de basuras y almacén.

Planta Baja: Es la planta de acceso al edificio, mediante unas escaleras y una rampa. Está destinada a las aulas de los niños más pequeños, en ella se sitúa un aula para niños de 0 a 1 años, junto a una zona como cambiador y biberonería, otro aula para niños de 1 a 2 años. También dispone de un aseo y un almacén de carritos y materiales. Por su cara oeste tiene una salida al patio recreativo.

Planta Primera: En ella se localizan dos aulas de niños de 2 a 3 años, con su aseo correspondiente.

Planta Segunda: En ella se encuentra la zona administrativa, en la que se incluye un despacho, una sala de reuniones y una sala polivalente, además de un aseo.

Al encontrarse la edificación en una zona céntrica, el entorno de la guardería es mayoritariamente urbano, linda en su cara norte y sur con edificios de viviendas. La cara este es la de acceso desde la calle al edificio y presenta la fachada principal del mismo. La cara oeste del edificio da a un patio utilizado por los usuarios de la guardería. En el siguiente esquema se observa la planta base del terreno y orientación donde está ubicada la Escuela Infantil:

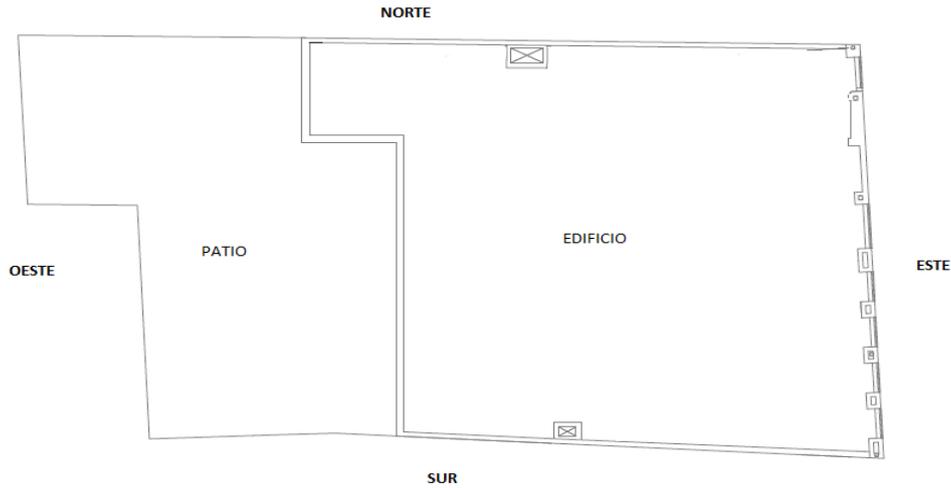


Figura 3.1: Detalle planta del edificio.

En la siguiente figura se observa el entorno que rodea la guardería. A ambos lados se encuentran los edificios residenciales de mayor altura, de construcción anterior a la guardería. Además se muestra en la cara posterior del edificio, el patio recreativo. La planta sótano está algo por debajo del nivel de la calle, por lo que la altura del edificio no es muy superior a los 10 metros. Por la altura del edificio, la instalación de paneles solares para el aprovechamiento de la energía solar es inviable, debido a que la radiación del sol en la cubierta de la Escuela Infantil es muy baja, siendo insuficiente para este uso.

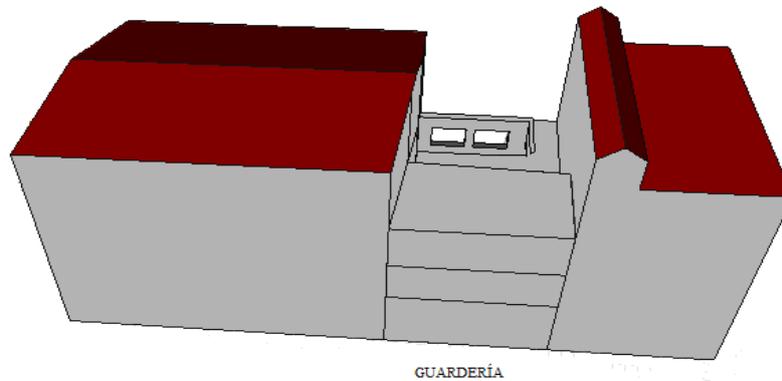


Figura 3.2: Esquema urbanístico Escuela Infantil.

3.1 SUPERFICIES A CLIMATIZAR

No todas las zonas del edificio van a ser objeto de climatización, tanto de refrigeración o calefacción, por lo que habrá estancias del edificio que no se computarán a la hora de diseñar el sistema de climatización.

A continuación se determinan las zonas del edificio que se tendrán en cuenta para diseñar el sistema de climatización de la Escuela Infantil:



SUPERFICIES A CLIMATIZAR					
PLANTA	SERVICIO	SUPERFICIE (m²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m³)	SUPERFICIE POR PLANTA (m²)
SÓTANO	Cocina	19,30	2,90	55,97	39,70
	Vestuarios	20,40	2,90	59,16	
BAJA	Aula (niños de 0 a 1 año)	25,00	2,90	72,5	78,70
	Aula (niños de 1 a 2 años)	35,60	2,90	103,24	
	Sala cunas	14,30	2,90	41,70	
	Biberonería/ Cambiador	3,80	2,90	11,02	
PRIMERA	Aula Este (niños de 2 a 3 años)	41,40	2,90	121,06	94,30
	Aula Oeste (niños de 2 a 3 años)	39,60	2,90	114,84	
	Aseos	13,3	2,90	38,57	
SEGUNDA	Sala de reuniones	19,30	2,90	55,97	80,70
	Despacho	14,40	2,90	41,76	
	Sala polivalente	42,40	2,90	122,96	
	Aseo	4,60	2,90	13,34	

Tabla 3.1: Relación de superficies a climatizar.

Puesto que no se instalará sistema de refrigeración en los aseos y cambiador, el resultado total de superficies a refrigerar de la Escuela Infantil es de **257,40 m²**, siendo superior la superficie calefactada e igual a **293,40 m²**.

3.2 HORARIO DE FUNCIONAMIENTO

Debido a la finalidad con la que está construido este edificio, su horario de funcionamiento será de uso diurno, se ha estimado un horario desde las 8h a las 20h.

3.3 OCUPACIÓN

La ocupación se ha estimado en función de la superficie de cada zona, teniendo en cuenta los metros cuadrados por persona típicos para el tipo de actividad que en ella se desarrolla, especificado en el DB SI:Seguridad en caso de incendio [1].



Además de los niveles de ocupación de cada zona que están descritos en la tabla siguiente, se dan los valores de las cargas sensibles y latentes típicas aportadas por persona a una temperatura ambiente de 25 °C, que posteriormente serán útiles para el cálculo de las cargas térmicas internas:

Zona	Actividad	Nº per.	m ² por per.	Cs (W)	Cl (W)
PS - Cocina	Oficio	3	6,4	100	130
PB – Aula (niños de 1 a 2 años)	Aula	20	1,8	60	40
PB – Sala cunas	Aula	9	1,6	60	40
PB – Aula (niños de 0 a 1 año)	Aula	11	2,3	60	40
P1 – Aula Este (niños de 2 a 3 años)	Aula	20	2,1	60	40
P1 – Aula Oeste (niños de 2 a 3 años)	Aula	20	2,0	60	40
P2 – Sala Reuniones	Salas de reuniones	6	3,2	65	55
P2 – Despacho	Oficinas	2	7,2	65	55
P2 – Sala polivalente	Aula	20	2,1	60	40
ESTIMACIÓN TOTAL DE OCUPACIÓN DEL EDIFICIO				111	

Tabla 3.2: Ocupación por zonas del edificio.

3.4 NIVELES DE VENTILACIÓN

El caudal de aire de ventilación se obtiene en función del uso del local, de su superficie y del número de ocupantes, aplicando la tabla 2.1 del Documento Básico HS3 del Código Técnico de la Edificación [1], y la norma UNE-EN 13779 [3] “Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos”. Los niveles de ventilación asignados a cada zona son los que aparecen en la siguiente tabla:

Zona	Aire primario (m ³ /h)
PS – Cocina	135,00
PS – Vestuarios	180,00
PB – Aula (niños de 1 a 2 años)	458,88
PB – Sala cunas	198,24
PB – Aula (niños de 0 a 1 año)	278,40
P1 – Aula Este (niños de 2 a 3 años)	486,72
P1 – Aula Oeste (niños de 2 a 3 años)	478,08
P2 – Sala Polivalente	491,52
P2 – Despacho	32,50
P2 – Sala Reuniones	60,63

Tabla 3.3: Niveles de ventilación por zonas del edificio.



3.5 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Los niveles de iluminación y de potencia de los equipos eléctricos que se emplearán en cada zona están enumerados en la tabla siguiente, que se utilizará para el cálculo de cargas internas del edificio:

Zona	Tipo de equipo eléctrico	W	W/m²
PS - Cocina	Alumbrado típico	10	10,0
PS - Vestuarios	Alumbrado típico	10	10,0
PB – Aula (niños de 1 a 2 años)	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	7,0
PB - Sala cunas	Alumbrado típico	15	15,0
PB - Aula (niños de 0 a 1 año)	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	10,0
PB – Biberonería/Cambiador	Alumbrado típico	15	15,0
P1 - Aula Este (niños de 2 a 3 años)	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	6,0
P1 - Aula Oeste (niños de 2 a 3 años)	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	6,3
P1 - Aseos	Alumbrado típico	15	15,0
P2 - Sala Polivalente	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	5,9
P2 - Aseo	Alumbrado típico	15	15,0
P2 - Despacho	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	17,4
P2 - Sala Reuniones	Alumbrado típico	20	20,0
	Ordenador PC-250w	250	13,0

Tabla 3.4: Tipo de equipo eléctrico y potencia de los mismos.

3.6 NIVELES SONOROS

De acuerdo con la normativa local de exigencias ambientales, así como con las especificaciones, se tomarán las medidas necesarias en aquellos puntos en los que los niveles de presión sonora superen los valores estipulados de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación [1].

La selección de los elementos de difusión de aire se realizará de forma que se adapte a los valores máximos indicados por la normativa de aplicación.



3.7 NORMATIVA

En el diseño y cálculo de las instalaciones descritas en este proyecto se ha llevado a cabo de acuerdo con las siguientes Normas y Reglamentos:

1. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas IT (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio).
2. Código Técnico de Edificación. (Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo) y en especial:

Sección HE 1. Limitación de la demanda energética.

Sección HE 2. Rendimiento de las instalaciones térmicas. (RITE)

Sección HE 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Sección HS 3. Calidad del aire interior.

Sección HS 4. Suministro de agua.

3. Normativa UNE de aplicación en instalaciones térmicas y suelo radiante.
4. Ordenanzas municipales del Ayto. de Madrid y de la Comunidad Autónoma.



4. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

En este apartado se calcula la demanda diaria y mensual de agua caliente sanitaria (A.C.S.) necesaria para el edificio objeto del proyecto, tal como prevé el Documento Básico HE4 [1]. Además se mostrarán los resultados de energía y potencia necesaria para poder cubrir la demanda de agua caliente sanitaria generada en la Escuela Infantil, de esta manera es posible dimensionar los equipos que cubrirán la producción de A.C.S. del edificio.

La tabla 3.1 recogida en el DB HE4 [1], indica los litros de A.C.S. por día a 60 °C para diferentes tipos de edificios. En ella se observa que la demanda de A.C.S. va en función de los niveles de ocupación del edificio, además de otro tipo de parámetros, como puede ser el número de comidas.

Para la temperatura de 60°C y el tipo de instalación del proyecto, muestra que la demanda es de 3 litros/día de A.C.S. por alumno. Al personal del centro se le considera como un alumno más para el cálculo de la demanda. Pero no es lo único que se debe tener en cuenta a la hora de calcular la demanda. Hay que tener en cuenta el gasto de A.C.S. generado en la cocina y la utilización del vestuario.

Teniendo en cuenta los datos de ocupación del edificio, el consumo de A.C.S. diario queda definido en la siguiente tabla:

Tipo de consumo	Unidad	Número	Consumo litros/día	Consumo total litros/día
Escuela Infantil	Alumno	110	3 a 60°C	330
Vestuario	Persona	10	15 a 60°C	150
Cocina	Servicio	50	3 a 60°C	150

Tabla 4.1: Consumo diario de A.C.S. en el edificio.

Los valores de la anterior tabla, han sido estimados considerando que debido a la edad de los usuarios del comedor, la cantidad de A.C.S. para las comidas, es menor que un restaurante cualquiera. Además de que la mayor parte de alimentos vendrán preparados y emplatados. Aún así se estiman ese número de comidas, porque también existe un cuarto de lavandería, pero su uso será limitado. Con lo que en el consumo de cocina se tiene en cuenta la posible utilización del cuarto de lavandería. El servicio de los vestuarios es de uso exclusivo para el personal del centro.

De la anterior tabla, se extrae una demanda diaria de agua caliente sanitaria de 630 l/día o 0,630 m³/día.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Se ha considerado un perfil de consumo de 100% durante todos los meses del año. Para calcular la demanda de energía mensual necesaria en el edificio hay que tener en cuenta la temperatura de suministro del agua de la red en la localidad de Madrid. Los datos de la temperatura de red han sido tomados de la norma UNE 94002 [4]. Además los datos facilitados en el DB HE4, están en función de una temperatura de acumulación o de servicio del A.C.S. de 60°C, que será la que se utilizará en la Escuela Infantil. Teniendo en cuenta estas puntualizaciones, la demanda de energía de A.C.S. mensual queda:

$$Q_{ACS} = Q_d \cdot n \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{ACS} - T_{red})$$

Donde:

- Q_{ACS} : demanda de energía mensual para A.C.S. (J/mes).
- Q_d : demanda de A.C.S. diaria (m^3 /día).
- n : número de días del mes.
- ρ : densidad del agua (kg/m^3).
- C_e : calor específico del agua ($4187 J/kg \cdot ^\circ C$).
- T_{ACS} : temperatura de servicio de A.C.S. ($^\circ C$).
- T_{red} : temperatura del agua de red ($^\circ C$).

En esta tabla se observa la demanda de energía y potencia calculada:

Mes	Perfil de consumo (%)	Consumo A.C.S. (l/día)	Consumo A.C.S. (l/mes)	Temperatura agua de red ($^\circ C$)	Demanda energía (MJ/mes)	Q_{ACS} (W)
Enero	100	630	19530	8	4252,15	1587,57
Febrero	100	630	17640	8	3840,65	1587,57
Marzo	100	630	19530	10	4088,61	1526,51
Abril	100	630	18900	12	3798,45	1465,45
Mayo	100	630	19530	14	3761,52	1404,39
Junio	100	630	18900	17	3402,78	1312,80
Julio	100	630	19530	20	3270,88	1221,21
Agosto	100	630	19530	19	3352,66	1251,74
Septiembre	100	630	18900	17	3402,78	1312,80
Octubre	100	630	19530	13	3843,29	1434,92
Noviembre	100	630	18900	10	3956,72	1526,51
Diciembre	100	630	19530	8	4252,15	1587,57
Media	100	630	19162,5	13	3768,55	1434,92

Tabla 4.2: Datos de la demanda mensual de A.C.S.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

De la tabla se extrae un consumo medio mensual de 19162,5 litros y una demanda media mensual de energía de 3768,55 MJ. Igualmente se observa la necesidad de instalar equipos capaces de suministrar la potencia por mes reflejada en la tabla, observando una media mensual de 1434,92 W.

En el Documento Básico HE4 [1], se especifica que, en edificios de nueva construcción o edificios rehabilitados ya existentes, tiene que haber una contribución solar mínima a través de una instalación solar térmica para el suministro de A.C.S. a la temperatura indicada. Sin embargo existen algunos casos en la que no es obligatoria esta instalación.

Dado que la guardería se ubica entre dos edificios de mayor altura, se observa que el acceso de sol a la cubierta se ve muy limitado, por lo que, tal como prevé en el punto 1.1.2.c del DB HE4, no es obligatoria la instalación de paneles solares para la producción de agua caliente sanitaria.

Debido a este impedimento para la utilización de energías renovables en la Escuela Infantil, el diseño de la instalación de climatización intentará ser lo más respetuoso con el medio ambiente y siempre intentando conseguir un ahorro energético alto.



5. DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS. **LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

En este apartado se detalla la composición de los cerramientos del edificio a estudio, se calcula los diferentes coeficientes de transmisión térmica. Además de verificar si la Escuela Infantil cumple con el Código Técnico de la Edificación [1].

5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CERRAMIENTOS

En la construcción, se entiende por cerramiento a las superficies envolventes que delimitan los espacios, cumpliendo funciones aislantes, protectoras y divisorias. Existen diversos tipos de cerramientos, pero este apartado se centrará en los cerramientos que presenta la Escuela Infantil.

Normalmente cada cerramiento está compuesto de distintos materiales, los cuales poseen características diferentes. Su composición está supeditada a cumplir las funcionalidades de dicho cerramiento. El cerramiento responderá a las siguientes exigencias:

Resistencia y estabilidad- Sea portante o no, interior o exterior, el cerramiento debe cumplir con la resistencia y estabilidad mecánica ante las cargas verticales, gravitatorias, horizontales, eólicas y en algunos casos sísmicas.

Aislamiento térmico y acústico- El cerramiento debe incorporar el aislamiento térmico suficiente que asegure un grado de confort adecuado y un ahorro energético suficiente.

Estanquidad al agua y al aire- El cerramiento debe actuar como de pantalla al agua de lluvia, evitando que ésta alcance el interior.

Para calcular los coeficientes de transmisión térmica de los diferentes cerramientos, se ha seguido el CTE, DB HE-1 Apéndice E, que establece que los coeficientes se calculan con la siguiente expresión:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_i}}$$



Donde:

- K: transmitancia térmica ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).
- e: espesor de la capa de material (m).
- λ : conductividad térmica del material ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$).
- h_e : coeficiente superficial de transmisión de calor exterior ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).
- h_i : coeficiente superficial de transmisión de calor interior ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).

Los valores estimados de los coeficientes superficiales de transmisión, tanto exterior como interior, se obtienen apéndice E del Documento Básico HE- Ahorro de Energía [1]. Estos valores dependen de la situación y posición del cerramiento y del sentido del flujo de calor a través del cerramiento, tal y como se muestran en las tablas E.1 (resistencias térmicas superficiales en contacto con el aire exterior) y E.6 (resistencias térmicas superficiales de particiones interiores) de dicho apéndice.

Los datos de la conductividad térmica del material se encuentran en el Código Técnico de la Edificación DB HE-1.

El edificio está constituido por distintos tipos de cerramientos, como fachada exterior, muro con aislamiento, forjado entre pisos, solera, cubierta transitable, tabiques, puertas y ventanas.

A continuación se describen los tipos de cerramientos utilizados en la construcción de la Escuela Infantil y se calcula su correspondiente transmitancia térmica. Los valores calculados en este apartado sirven para estimar tanto las cargas térmicas de refrigeración como de calefacción.

MURO CON AISLAMIENTO INTERIOR: Cerramiento vertical y flujo horizontal. Separación con espacio exterior.

MURO CON AISLAMIENTO INTERIOR			
$1/h_e$ ($\text{m}^2\text{C}/\text{W}$)	0,04		
$1/h_i$ ($\text{m}^2\text{C}/\text{W}$)	0,13		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$)	e/λ ($\text{m}^2\text{C}/\text{W}$)
BH convencional	0,2	0,923	0,217
XPS expandido con CO2	0,04	0,034	1,176
Betún	0,1	0,23	0,435
Placa de yeso laminado	0,013	0,25	0,052
K_{muro}	0,49 $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$		



FACHADA EXTERIOR: Cerramiento vertical y flujo horizontal. Separación con espacio exterior.

FACHADA EXTERIOR			
$1/h_e$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,04		
$1/h_i$ [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$]	0,13		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	e/λ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)
Enlucido de yeso	0,008	0,57	0,014
Mortero de cemento	0,02	1	0,02
1/2 pie LM métrico	0,115	0,991	0,116
Lana mineral	0,04	0,041	0,976
Cámara de aire sin ventilar vertical de 2cm	0,02	-	-
Barrera de vapor	0,001	500	0,000002
Placa de yeso laminado	0,026	0,25	0,104
K_{fachada}	0,64 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$		

La fachada exterior presenta una cámara de aire sin ventilar vertical de 2 cm. En el apéndice E del Documento Básico HE en la tabla E.2 se diferencian dos tipos de cámara de aire, ventiladas y sin ventilación. Los valores de la tabla están dados en función de la situación de la cámara de aire y del espesor de la cámara, con lo que se obtiene un valor para la resistencia térmica de la cámara de $0,17 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$.

CUBIERTA TRANSITABLE: Cerramiento horizontal y flujo descendente. Separación con espacio exterior.

CUBIERTA TRANSITABLE			
$1/h_e$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,04		
$1/h_i$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,17		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	e/λ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)
Plaqueta cerámica	0,01	1	0,01
Mortero de cemento	0,06	1	0,06
Polietileno alta densidad	0,004	0,5	0,008
XPS expandido con HFC	0,07	0,032	2,188
Betún	0,01	0,23	0,043
Hormigón con áridos ligeros	0,05	1,15	0,043
Mortero de cemento	0,02	1	0,02
Betún	0,01	0,23	0,043
Hormigón armado	0,3	2,5	0,12
Placa de yeso laminado	0,013	0,25	0,052
$K_{\text{transitable}}$	0,36 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$		



FORJADO ENTRE PISOS: Cerramiento horizontal y flujo ascendente.
Separación con otro local.

FORJADO ENTRE PISOS			
$1/h_e$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,10		
$1/h_i$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,10		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	e/λ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)
Plaqueta cerámica	0,01	1	0,01
Mortero de cemento	0,01	1	0,01
XPS expandido con CO2	0,03	0,034	0,882
Hormigón armado	0,2	2,5	0,08
Placa de yeso laminado	0,013	0,25	0,052
K_{forjado}	0,81 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$		

TABIQUES: Cerramiento vertical y flujo horizontal. Separación con otra sala.

TABIQUES			
$1/h_e$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,13		
$1/h_i$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)	0,13		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	e/λ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)
Enlucido de yeso	0,015	0,57	0,02631579
Tabicón de LH doble	0,07	0,432	0,16203704
Enlucido de yeso	0,015	0,57	0,02631579
K_{tabique}	2,11 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$		

SOLERA: Cerramiento horizontal y flujo ascendente. Separación con espacio exterior.

SOLERA			
$1/h_e$ [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$]	0,04		
$1/h_i$ [$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$]	0,10		
MATERIAL	espesor (m)	λ ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)	e/λ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)
Plaqueta cerámica	0,02	1	0,02
Mortero de cemento	0,05	1	0,05
XPS expandido con CO2	0,05	0,034	1,471
Hormigón armado	0,2	2,5	0,08
Arena y grava	0,4	2	0,2
K_{solera}	0,51 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$		



VENTANAS: Las ventanas instaladas en el edificio son de denominación Climalit 6-8-6, de cristal doble de 6 mm de espesor, con un espesor de cámara de aire de 8 mm, con marco metálico y con 90° respecto a la horizontal. Para este tipo de ventanas, el valor del coeficiente de transmisión de calor será:

$$K_{\text{ventana}} = 3,1 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5.2 LÍMITE DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Para una correcta aplicación del Código Técnico de la Edificación, se debe controlar la demanda energética del edificio. El propio CTE, en el DB HE-1 [1], describe la manera de verificación de la demanda. Existen dos opciones de verificación, la simplificada y la general. En el caso de la Escuela Infantil se ha decidido utilizar la opción simplificada, que trata de limitar la demanda energética de los edificios, de una manera indirecta, mediante el establecimiento de determinados valores límite de los parámetros de transmitancia térmica U y del factor solar modificado F de los componentes de la envolvente térmica.

Esta opción se puede aplicar a edificios de nueva construcción, como en el caso de la Escuela Infantil, además de cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

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

	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Área de fachada (m²)	238,4	115,3	215,9	184,4
Área de ventanas (m²)	0,0	19,6	0,0	35,2
Porcentaje de huecos (%)	0,0	17,0	0,0	19,1

Tabla 5.1: Porcentaje de huecos por orientación.

Como se observa en la tabla, cumple con la primera condición de aplicabilidad.

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

En la cubierta de la Escuela Infantil no existen lucernarios, por lo tanto, se cumple la otra condición de aplicabilidad.

Para la comprobación de la opción simplificada se deben seguir los pasos enumerados en el apartado 3.2.1.4. del Documento Básico HE Ahorro de Energía.



Zonificación climática:

La Escuela Infantil se encuentra en Madrid, que según el anexo D está en la zona climática D3.

Clasificación de los espacios

- Habitables/no habitables: todas las zonas del edificio están considerados como habitables.
- Zona de alta/baja carga interna del edificio: según el CTE, todas las zonas del edificio del proyecto se considerarán zona de alta carga interna.
- A efectos de comprobación de limitación de condensaciones: clase de higrometría del edificio es 3.

Definición de la envolvente térmica:

La envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el exterior y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el exterior. Los cerramientos de la Escuela Infantil que componen la envolvente térmica son:

- **Cubierta:** la escuela tiene una cubierta transitable de 226,8 m².
- **Suelos:** la escuela tiene un suelo en contacto con el terreno de 225,2 m².
- **Fachadas:** la escuela tiene fachadas exteriores en cuatro orientaciones y su superficie aparece en la tabla 5.1, mostrada anteriormente.
- **Cerramientos en contacto con el terreno:** la escuela tiene un muro en contacto con el terreno de 174,9 m².
- **Huecos:** la escuela tiene huecos en dos orientaciones y su superficie viene dada en la tabla 5.1.

Al principio de este capítulo se han calculado las transmitancias térmicas del edificio, faltaría el dato del factor solar medio de huecos, pero al tener un % de superficie de huecos entre el 11% y el 20%, no hace falta calcularlos, ya que no existe limitación.

Para verificar la demanda energética se debe comparar los coeficientes de transmisión del edificio con los valores límites de las transmitancias en función de la zona climática que aparecen en la tabla 2.1 del DB HE-1.

También se deben de tener en cuenta los valores límite medios de la zona climática D3 que aparecen en la tabla 2.2 del DB HE-1.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Con los datos obtenidos de los coeficientes de transmisión de calor y los valores límite en función de la zona climática, se observa el cumplimiento del CTE en la siguiente tabla recogida en el apéndice H:

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\text{máx}}$ (proyecto)	$U_{\text{máx}}$
Muros de fachada	0,64 W/m ² °C	≤ 0,86 W/m ² °C
Muros en contacto con el terreno	0,49 W/m ² °C	≤ 0,86 W/m ² °C
Suelos	0,51 W/m ² °C	≤ 0,64 W/m ² °C
Cubiertas	0,36 W/m ² °C	≤ 0,49 W/m ² °C
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	3,10 W/m ² °C	≤ 3,50 W/m ² °C

Tabla 5.2: Cumplimiento valores límite de la demanda energética.

Para completar la verificación de la demanda energética por la opción simplificada se han de comparar los valores obtenidos con los valores límites medios de la zona climática D3:

MUROS DE FACHADA		
ORIENTACIÓN	U_{Mm}	U_{Mlim}
N	0,64 W/m ² °C	≤ 0,66 W/m ² °C
E	0,64 W/m ² °C	≤ 0,66 W/m ² °C
O	0,64 W/m ² °C	≤ 0,66 W/m ² °C
S	0,64 W/m ² °C	≤ 0,66 W/m ² °C

Tabla 5.3: Validación transmitancias en muros.

HUECOS		
ORIENTACIÓN	U_{Hm}	U_{Hlim}
N	-	≤ 3,50 W/m ² °C
E	3,10 W/m ² °C	≤ 3,50 W/m ² °C
O	3,10 W/m ² °C	≤ 3,50 W/m ² °C
S	-	≤ 3,50 W/m ² °C

Tabla 5.4: Validación transmitancias en huecos.

CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO		
	U_{Tm}	U_{Tlim}
	0,49 W/m ² °C	≤ 0,66 W/m ² °C
SUELOS		
	U_{Sm}	U_{Slim}
	0,49 W/m ² °C	≤ 0,49 W/m ² °C
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS		
	U_{Cm}	U_{Clim}
	0,36 W/m ² °C	≤ 0,38 W/m ² °C

Tabla 5.5: Validación transmitancias resto envolvente térmica.



6. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

En este apartado se calcularán las cargas térmicas existentes en la Escuela Infantil. En estos cálculos se basará la elección de los equipos a instalar, y así poder cubrir la demanda necesitada por el edificio y conseguir mantener unas condiciones de confort para los usuarios del mismo.

A la hora de hablar del cálculo de cargas térmicas, se entiende como el proceso de determinar la cantidad de calor que hay que extraer o aportar a un local de unas determinadas características, y situado en una zona determinada, para mantener su interior en unas condiciones de confort para las personas. Las condiciones de confort en el ambiente son aquellas en las que las personas tienen la sensación de bienestar. Estas condiciones de confort dependen de varios factores, pero principalmente de la temperatura, la humedad del aire, y la velocidad del aire.

Para efectuar un balance correcto se debe tener en cuenta que las variables que afectan al cálculo de cargas son numerosas. Variarán dependiendo de las características de los cerramientos, de la localización del edificio, de la temperatura exterior y de la temperatura y humedad requerida en el interior. Para una estimación minuciosa de estas cargas se debe de estudiar las condiciones de cada una de las superficies a climatizar por separado.

En el cálculo se deben distinguir las cargas de refrigeración y calefacción, así como si es carga latente (que afectan a la cantidad de vapor de agua) o sensible (que afectan a la temperatura) y si se trata de una carga exterior o interior. En este documento se distinguen las cargas en exteriores e interiores:

Cargas exteriores:

- Cargas a través de paredes, suelos y techos (carga sensible)
- Cargas a través de superficies acristaladas (carga sensible)
- Cargas debidas a la ventilación (carga sensible y carga latente)
- Cargas por infiltraciones (carga sensible y carga latente)

Cargas interiores:

- Ocupantes (carga sensible y carga latente)
- Iluminación (carga sensible)
- Maquinaria/equipos (carga sensible)
- Instalación (carga sensible)



Para evaluar las cargas térmicas se requiere información de las condiciones exteriores e interiores de diseño, las cuales vienen definidas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) [2]. A continuación se describen las condiciones exteriores e interiores como partida para el cálculo de las cargas térmicas.

6.1 CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

Se tiene en cuenta la norma UNE 100-001 “Climatización. Condiciones climáticas para proyectos” [5], la cual establece las condiciones térmicas exteriores del proyecto, tanto en invierno como en verano, para la localización geográfica de Madrid, que quedan definidas de la siguiente manera:

Término municipal	Madrid
Altura sobre el nivel del mar	595,00 m
Latitud	40° 28' N
Longitud	3° 34' W
Temperatura seca verano	35,0 °C
Temperatura húmeda verano	20,8 °C
Percentil condiciones de verano	2,5 %
Temperatura seca invierno	-3,7 °C
Percentil condiciones de invierno	97,5 %
Humedad relativa en invierno	90 %
OMD	15,8 °C
OMA	39,7 °C
Grados acumulados en base 15°C	1403 días-grado
Velocidad del viento	4,4 m/s
Orientación del viento dominante	N

Se entiende por temperatura seca, la temperatura medida por un termómetro, donde se rodea el bulbo del termómetro con un cilindro de metal pulido que diste del bulbo alrededor de 1 cm de forma que estando en contacto con el aire ambiente no reciba los intercambios de calor por radiación entre el bulbo y el exterior.

La temperatura húmeda es la obtenida con un termómetro cuyo bulbo está rodeado por una camisa de algodón húmedo. El aire ambiente, cuya velocidad al pasar por el termómetro debe ser de 2 a 4 m/s, provoca una evaporación de la humedad de la camisa de algodón, y con esto un descenso de temperatura.

Se denomina humedad relativa al porcentaje de agua que tiene el aire, respecto al máximo que puede tener a su temperatura.

El nivel de percentil para las condiciones de invierno es del 97,5% y para las condiciones de verano del 2,5%. El nivel percentil indica el número de horas durante la estación en las que la temperatura ambiente es igual o superior a la temperatura indicada



anteriormente. En esos días la instalación resultará insuficiente, pero en el cálculo hay otros factores y coeficientes que pueden compensarlo. Para este proyecto se ha elegido de acuerdo con la normativa vigente un nivel percentil para las condiciones de verano, indicado para edificios y espacios de especial consideración.

El parámetro OMD “Oscilación Media Diaria”, hace referencia al valor medio de los valores que toma la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima que se registra en un día para un periodo determinado.

El parámetro OMA “Oscilación Media Anual”, hace referencia a la diferencia de temperaturas medias máximas entre el mes de mayor temperatura con el de menor temperatura.

El indicador climático “Grados acumulados”, es la suma de las diferencias de temperatura entre una temperatura base dada y la temperatura media del día, cuando esa temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base a lo largo de un definido periodo de tiempo. En la normativa se estima los grados/día anuales con base 15 °C.

6.2 CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Las condiciones climatológicas interiores han sido establecidas en función de la actividad metabólica de las personas, de su grado de vestimenta y del porcentaje estimado de insatisfechos, siempre de acuerdo con la IT 1.1.4.1.2. del RITE [2].

Para las horas consideradas punta han sido elegidas las siguientes condiciones interiores:

Verano		Invierno	
Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura seca (°C)	Humedad relativa (%)
25,0	50	21,0	45

Tabla 6.1: Condiciones interiores de diseño.

6.3 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN (VERANO)

En esta apartado se aborda el cálculo de las cargas térmicas para la época de demanda de frío. Para este periodo se prevé la existencia de cargas térmicas sensibles y latentes.



Se debe tener en cuenta los casos más restrictivos, es decir, realizar la estimación para carga máxima. Para el cálculo de las cargas térmicas de refrigeración, se considera que el momento de máxima carga se produce en el mes de Julio a las 15:00 h.

Conocida la carga máxima de refrigeración y de calefacción, es posible dimensionar los equipos necesarios para la climatización de la guardería.

Adicionalmente, se requiere una estimación mensual de las cargas requeridas por el edificio. Ante la imposibilidad de utilizar un software específico para el cálculo medio de cargas mensuales, la estimación se llevará a cabo apoyándose en datos de temperatura, humedades relativas y radiación obtenidas de diversas fuentes oficiales.

6.3.1 CARGAS TÉRMICAS EXTERIORES

Cargas térmicas por transmisión a través de paredes, suelos y techos

Se trata de una carga sensible, que se produce por la diferencia de temperatura entre dos puntos de una pared, suelo o techo, estableciendo un flujo de calor desde el punto más caliente hacia el punto más frío. Esta carga se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_{trans} = K \cdot S \cdot \Delta T_{eq}$$

Donde:

- Q_{trans} : carga térmica por transmisión (W).
- S: superficie del cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas (m^2).
- K: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2\text{°C}$).
- ΔT_{eq} : diferencia de temperaturas equivalente ($^{\circ}C$).

El flujo de calor de acuerdo a la ecuación anterior supone que el local se encuentra en condiciones de régimen permanente, sin embargo, en las instalaciones esto no es así, por dos razones fundamentales:

- La temperatura seca exterior varía a lo largo del día.
- Sobre la pared incide una radiación solar importante.

Por lo dicho en el párrafo anterior, el cálculo de la diferencia de temperaturas equivalente será distinto según el tipo de cerramiento.



Para los cerramientos tipo puertas o ventanas exteriores, la diferencia de temperaturas será la existente entre la temperatura exterior seca y la interior seca:

$$\Delta T_{eq} = T_{ext} - T_{int}$$

Donde:

- T_{ext}: temperatura seca exterior (°C).
- T_{int}: temperatura seca interior (°C).

En el caso de los cerramientos en contacto con locales no acondicionados, se calcula la diferencia de temperaturas equivalente como:

$$\Delta T_{eq} = \left[\frac{T_{ext} + T_{int}}{2} - T_{int} \right]$$

Por último, en el caso de cerramientos en contacto con el ambiente exterior, excepto ventanas, para aproximar el valor de la diferencia de temperaturas equivalentes se utiliza el método que ASHRAE [13] denomina *Transfer Function Method* (Método de la Función de Transferencia). Este método proporciona una tabla con una ΔT_{eq} (tabla) para un muro de composición tipo “medio”, que mediante una serie de modificaciones se utiliza para el cálculo de la ΔT_{eq} de este proyecto. Los datos de la tabla están se han tomado en las siguientes condiciones: temperatura exterior=35°C; temperatura interior=27°C; OMD=11°C; mes de Julio, 40° latitud norte [25].

ΔT_{eq} (tabla)	ORIENTACIÓN				
Hora Solar	Este	Oeste	Sur	Norte	Techo
6	2,8	3,9	2,2	0,5	5
7	2,8	3,9	2,2	0,5	4,4
8	3,3	3,3	1,1	0	3,3
9	4,4	3,3	1,1	0	3,9
10	7,8	3,3	1,1	0	4,4
11	11,1	3,3	1,7	0	6,1
12	13,3	3,3	2,2	0	8,9
13	13,9	3,9	4,4	0,5	12,2
14	13,3	4,4	6,7	1,1	15
15	11,1	5,5	8,3	1,7	17,2
16	10	6,7	8,9	2,2	19,4
17	8,9	9,4	10	2,8	21,2
18	7,8	11,1	10	2,8	21,7
19	7,8	13,9	8,3	2,8	21,1

Tabla 6.2: Variación de temperatura por orientación y por hora solar.



Como se ha dicho anteriormente, los valores de ΔT_{eq} (tabla) que interesan en el proyecto son los pertenecientes a una hora solar de 15:00, pero dado que estas tablas se han elaborado en unas condiciones determinadas del ambiente (tanto interior como exterior), para su aplicación a otras condiciones es necesario asignar una serie de coeficientes de corrección, para tener en cuenta otras temperaturas de diseño, y distintas variaciones diarias de temperatura (OMD). Para otras condiciones se deben aplicar los siguientes factores de corrección:

Corr=a	OMD en 24 h				
	8	10	12	14	16
$T_{ext} - T_{int}$					
0	-6,6	-7,6	-8,5	-9,4	-10,3
4	-2,7	-3,6	-4,6	-5,5	-6,4
8	1,2	0,3	-0,7	-1,6	-2,5
10	3,1	2,2	1,2	0,3	-0,6

Tabla 6.3: Factor de corrección a.

Con lo que finalmente:

$$\Delta T_{eq} = \Delta T_{eq} (\text{tabla}) + a.$$

En este proyecto, las condiciones exteriores para el mes de máxima carga (Julio), según la UNE100001 [5], la temperatura seca exterior en verano es $T_{ext} = 35,0^{\circ}\text{C}$, la temperatura seca interior en verano es $T_{int} = 25,0^{\circ}\text{C}$ y para un OMD = $15,8^{\circ}\text{C}$. Para este proyecto se tiene una diferencia de temperaturas $T_{ext} - T_{int} = 10,0^{\circ}\text{C}$ y con el dato de la OMD, interpolando en la tabla anterior, se obtiene un factor de corrección de -0,51. A continuación se detalla dicha interpolación:

$$\frac{16 - 14}{-0,6 - 0,3} = \frac{15,8 - 14}{a - 0,3} \rightarrow a = -0,51$$

Las mayores diferencias de temperaturas equivalentes en el caso de cerramientos en contacto con el ambiente exterior y dependiendo de su orientación, serán las mostradas en la siguiente tabla:

Mes: Julio	ORIENTACIÓN				
	Este	Oeste	Sur	Norte	Techo
ΔT_{eq} ($^{\circ}\text{C}$)	10,59	4,99	7,79	1,19	16,69

Tabla 6.4: Diferencia de temperaturas máxima equivalente para cerramientos en contacto con el exterior según su orientación en el mes de Julio.

Con los valores de ΔT_{eq} , los coeficientes globales de transferencia hallados anteriormente y las áreas correspondientes, se obtienen las cargas por transmisión a través de las paredes, suelos y techos para climatización.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Para realizar la estimación de cargas mensuales, se ha considerado la utilización del sistema de refrigeración para los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Se decide utilizar para estos meses los datos de temperatura media seca máxima de Madrid obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología [19], siendo estos datos los recogidos en la siguiente tabla:

Junio	Julio	Agosto	Septiembre
28,7 °C	33,4 °C	33,0 °C	28,0 °C

Tabla 6.5: Temperatura media seca máxima.

El cálculo de las cargas térmicas mensuales por transmisión será idéntico al cálculo de la carga máxima por transmisión. La variación se produce en la diferencia de temperaturas.

Para el caso de los cerramientos en contacto del ambiente exterior, se utiliza el mismo método, variando únicamente la temperatura exterior. Tomando como base el mes de Julio y las 15:00 h, se obtendría un factor de corrección de -2,5.

Este factor sólo es útil para el mes de Julio, pero gracias a la tabla de correcciones de temperatura en función del mes facilitada en la norma UNE100014 [6], es posible el cálculo para otros meses, conociendo su OMA. La tabla es la siguiente:

OMA (°C)	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
45	13,5	8,9	4,4	1,7	0	0	2,4	6,7	11,5
40	7,5	5,0	2,2	0,6	0	0	1,3	3,9	8,0
35	5,7	4,2	2,0	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	1,1	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 6.6: Correcciones de temperatura seca exterior en función del mes.

Con una OMA aproximada de 40 °C se obtienen las siguientes temperaturas para los meses en los que funcionará el sistema de refrigeración en función de su orientación.

ΔT_{eq} (°C)	ORIENTACIÓN				
	Este	Oeste	Sur	Norte	Techo
Junio	8,0	2,4	5,2	-1,4	14,1
Julio	8,6	3	5,8	-0,8	14,7
Agosto	8,6	3	5,8	-0,8	14,7
Septiembre	7,3	1,7	4,5	-2,1	13,4

Tabla 6.7: Diferencia de temperaturas equivalente para cerramientos en contacto con el exterior según su orientación, para diferentes meses.



Cargas térmicas a través de superficies acristaladas

En las superficies acristaladas se producen dos tipos de cargas térmicas. Las primeras se producen por la transmisión por conducción/convección y las segundas por radiación solar.

Las producidas por la conducción/convección se calculan de la siguiente manera:

$$Q_{trans} = K \cdot S \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Donde:

- Q_{trans} : carga térmica por transmisión (W).
- S: superficie del cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas (m^2).
- K: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- T_{ext} : temperatura seca exterior ($^\circ C$).
- T_{int} : temperatura seca interior ($^\circ C$).

Para realizar las cargas en los meses de refrigeración, se utilizarán las temperaturas exteriores mostradas anteriormente.

En el segundo tipo de cargas que se producen a través de superficies acristaladas, la radiación solar atraviesa las superficies traslucidas y transparentes e incide sobre las superficies interiores de los locales, calentándolas, lo que a su vez incrementa la temperatura del ambiente interior. Las cargas por radiación se obtienen como:

$$Q_{rad} = S \cdot I \cdot f$$

Donde:

- Q_{rad} : carga térmica por radiación (W).
- S: superficie translucida expuesta a la radiación (m^2).
- I: radiación incidente sobre superficies acristaladas (W/m^2).
- f: factor de corrección para elementos adicionales.

Para conocer la radiación incidente que atraviesa un vidrio, se ha consultado la página del Instituto de Energía y Transportes (IET) de la Unión Europea (PVGIS) [20], donde se han obtenido en función de la localización del edificio, los datos de irradiación por mes, por orientación e inclinación de las superficies acristaladas del edificio.

Como se ha mencionado anteriormente, la hora solar donde se producirán las cargas térmicas máximas es la 15:00. Se ha tomado la misma hora para el cálculo de los meses de refrigeración. Los valores de radiación incidente según su orientación y mes son:



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

I (W/m ²)	Este	Oeste
Junio	100	470
Julio	95	500
Agosto	95	500
Septiembre	80	500

Tabla 6.8: Radiación solar por orientación.

Únicamente se muestran los resultados obtenidos en la orientación Este y Oeste, puesto que serán las únicas fachadas del edificio con superficies acristaladas.

Los valores de radiación de la tabla 6.8 deben corregirse, utilizando factores de corrección, si no se trata de un vidrio simple o tiene efectos de materiales adicionales. En este proyecto se ha utilizado un vidrio doble de 6 mm para las ventanas y en ellas, unas persianas exteriores. Los valores de estos factores utilizados para el cálculo son [25]:

ELEMENTOS ADICIONALES	FACTOR DE CORRECCIÓN
Vidrio doble de 6 mm	0,80
Elementos de sombra exteriores	0,90

Tabla 6.9: Factores de corrección

Cargas debidas a la ventilación

Estas cargas se producen por la necesidad de una renovación del aire para asegurar una calidad del aire interior de la Escuela Infantil. El aire exterior introducido será compensado con el mismo caudal de aire extraído o expulsado por ventanas y puertas, para mantener la misma cantidad de aire seco en el interior del local.

Estas cargas tienen dos componentes, uno sensible, que está en función de la diferencia de temperaturas existente entre el exterior y el interior y el otro latente, función de la diferencia de humedad entre el aire interior y exterior.

La carga sensible debida a la ventilación es:

$$Q_{vent_sen} = V_{vent} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Donde:

- Q_{vent_sen} : carga sensible debida a la ventilación (W).
- V_{vent} : caudal de ventilación introducido en un local (m³/s).
- ρ : densidad del aire de ventilación (kg/m³).
- c_p : calor específico del aire (J/kg °C).
- T_{ext} : temperatura seca exterior (°C).



- T_{int} : temperatura seca interior ($^{\circ}\text{C}$).

Y la carga latente debida a la ventilación se calcula como:

$$Q_{vent_lat} = V_{vent} \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (w_{ext} - w_{int})$$

Donde:

- Q_{vent_lat} : carga latente debida a la ventilación (W).

- h_{fg} : calor latente de cambio de fase del agua (J/kg).

- w_{ext} : relación de humedad del aire exterior (kg/kg).

- w_{int} : relación de humedad del aire interior (kg/kg).

Anteriormente, en el proyecto se ha detallado el cálculo del caudal de ventilación de aire requeridas en cada local o estancia de la Escuela Infantil.

Con los datos de partida acerca de las condiciones exteriores e interiores y mediante el diagrama psicrométrico representado en la figura, se obtiene la relación de humedad:

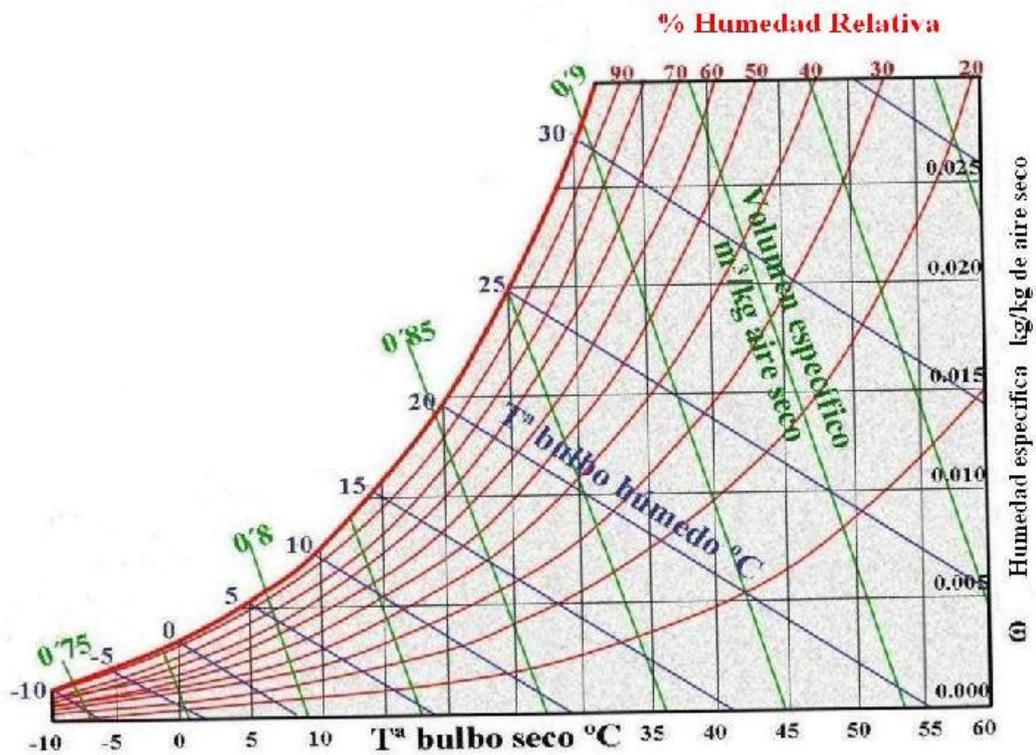


Figura 6.1: Diagrama psicrométrico.



Datos de partida:

Exterior: -T_{bs}= 35 °C → w_{ext}= 0,0099 kg/kg
 -T_{bh}= 20,8 °C

Interior: -T_{bs}= 25 °C → w_{int}= 0,0096 kg/kg
 -HR= 50%

De acuerdo con el RITE [2] la simple ventilación por apertura manual de las ventanas ya no está permitida en las escuelas infantiles, al no poder garantizar los niveles adecuados de calidad de aire interior. Por ese motivo se obliga a que las aulas de enseñanza dispongan de un sistema de ventilación que garanticen los niveles de calidad de aire exigidos y aporte el suficiente caudal de aire exterior que evite la formación de elevadas concentraciones de contaminantes. En capítulos posteriores se detallará el sistema de ventilación elegido para poder cumplir con las exigencias de la Escuela Infantil.

Al igual que para el cálculo de cargas por transmisión, se ha utilizado las temperaturas reflejadas en la tabla x, para el cálculo de las cargas de ventilación mensuales. Y para el caso de la carga latente por ventilación se han utilizado los valores de humedad relativa media, obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología [19]. Con esos datos se obtiene la humedad específica gracias al diagrama psicrométrico. Este mismo procedimiento se ha utilizado para las cargas por infiltraciones.

Cargas por infiltraciones

La infiltración es el flujo de aire no controlado a través de grietas, intersticios y otras aberturas no intencionales. Las cargas por infiltraciones son debidas al aire infiltrado en el local debido a la diferencia de presiones entre el exterior e interior por efecto del viento y a la diferencia de densidades. Por este motivo es una carga difícil de estimar ya que es bastante subjetiva.

Al igual que las cargas debidas a ventilación, tienen dos componentes, sensible y latente, ya que afectan a la temperatura y la humedad.

La carga sensible debida a las infiltraciones es:

$$Q_{inf_sen} = V_{inf} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ext} - T_{int})$$



Donde:

- Q_{inf_sen} : carga sensible debida a las infiltraciones (W).
- V_{inf} : caudal de aire infiltrado en un local (m^3/s).
- ρ : densidad del aire de ventilación (kg/m^3).
- c_p : calor específico del aire ($J/kg\ ^\circ C$).
- T_{ext} : temperatura seca exterior ($^\circ C$).
- T_{int} : temperatura seca interior ($^\circ C$).

Y la carga latente debida a las infiltraciones se calcula como:

$$Q_{inf_lat} = V_{inf} \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (w_{ext} - w_{int})$$

Donde:

- Q_{inf_lat} : carga latente debida a la ventilación (W).
- h_{fg} : calor latente de cambio de fase del agua (J/kg).
- w_{ext} : relación de humedad del aire exterior (kg/kg).
- w_{int} : relación de humedad del aire interior (kg/kg).

Según el Documento Básico DB-HE1 [1], las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire. Así la permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- Permeabilidad del aire para las zonas climáticas A y B: $50\ m^3/h\ m^2$.
- Permeabilidad del aire para las zonas climáticas C, D y E: $27\ m^3/h\ m^2$.

Sabiendo que la zona climática en la que se encuentra la Escuela Infantil es la zona D y se asume una permeabilidad al aire límite de $27\ m^3/h\ m^2$, se realiza el cálculo del volumen de aire infiltrado mediante la siguiente expresión:

$$V_{inf} = V_{lim} \cdot A_c$$

Donde:

- V_{inf} : caudal de aire infiltrado en un local (m^3/s).
- V_{lim} : permeabilidad al aire límite ($m^3/s\ m^2$).
- A_c : área del cerramiento (m^2).



Para calcular el área del cerramiento, hay que sumar el área de cada ventana que este en la zona de estudio de la carga. Sumando área de cada ventana por zona, se obtiene unos valores de V_{inf} iguales a:

Zona	A_c (m ²)	V_{inf} (m ³ /s)
PS- Cocina	2,80	0,0210
PB- Aula bebés	8,20	0,0615
PB- Aula (0 a 1 año)	7,00	0,0525
P1- Aula Este	2,80	0,0210
P1- Aula Oeste	12,10	0,0908
P2- Sala polivalente	12,10	0,0908
P2- Despacho	2,80	0,0210
P2- Sala reuniones	7,00	0,0525

Tabla 6.10: Valores resultantes del caudal infiltrado.

6.3.2 CARGAS TÉRMICAS INTERNAS

Estas cargas se originan en el interior del edificio, dentro del local a climatizar, por tres motivos:

- La ocupación de las zonas a climatizar.
- Iluminación.
- Equipos eléctricos en funcionamiento.

Cargas por ocupación

Las personas que ocupan el espacio que debe ser acondicionado aportan calor sensible y calor latente en función de la actividad que desarrollen dentro del edificio.

Anteriormente, en la tabla 3.2 se muestran los valores de ocupación por zonas del edificio, de acuerdo con los valores establecidos en el Documento Básico SI 3 [1], y los valores estimados de calor sensible y calor latente aportado por persona. Con los datos de esa tabla, el cálculo de calor sensible por ocupación es:

$$Q_{ocup_sen} = Q_{pers_sen} \cdot n$$



Donde:

- Q_{ocup_sen} : carga sensible por ocupación (W).
- Q_{pers_sen} : carga sensible aportado por persona (W).
- n: número de personas estimadas por local.

Y el cálculo de la carga latente por ocupación es:

$$Q_{ocup_lat} = Q_{pers_lat} \cdot n$$

Donde:

- Q_{ocup_lat} : carga sensible por ocupación (W).
- Q_{pers_lat} : carga sensible aportado por persona (W/).
- n: número de personas estimadas por local.

Para este proyecto se ha tomado un factor de simultaneidad de las personas presentes igual a 1. Al tratarse de una Escuela Infantil, la ocupación del edificio será de niños y trabajadores del centro, con lo que durante el horario de funcionamiento de la escuela, se supone un porcentaje de ocupación del 100%.

Cargas debidas a la iluminación

Son las debidas al calor desprendido por las fuentes de luz. El calor generado es sensible, ya que sólo afecta a la temperatura.

De la tabla 3.4, se toman los niveles de iluminación por zona a climatizar para calcular la carga térmica de la siguiente manera:

$$Q_{ilum} = P_{ilum} \cdot S$$

Donde:

- Q_{ilum} : carga sensible debida a los niveles de iluminación (W).
- P_{ilum} : potencia de iluminación por unidad de área (W/m^2).
- S: superficie del local a climatizar (m^2).

Cargas debidas a equipos

Una fuente de calor en el interior del edificio son los equipos eléctricos o electrónicos. En el caso de la Escuela Infantil sólo se ha tenido en cuenta los ordenadores de las diferentes salas a climatizar, como se observa en la tabla 3.4. Se ha estimado una contribución de carga sensible por ordenador de $Q_{equip}=250$ W.



6.3.3 GANANCIAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN

Pueden aparecer cargas no contabilizadas anteriormente, como la energía desprendida por los ventiladores de los equipos. Esta energía se transforma en carga sensible. En este proyecto se ha aproximado al 3% de la suma de todas las cargas sensibles.

6.3.4 COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Se debe utilizar un coeficiente de seguridad para tener en consideración las cargas no contabilizadas o que se han estimado de una manera aproximada. Al realizarse un cálculo detallado de las cargas térmicas, se da por válido utilizar un coeficiente de seguridad del 7% de la suma de todas las cargas, sensibles y latentes.

6.3.5 CÁLCULO TOTAL DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN

Primero se deben tener en cuenta sólo las cargas producidas por calor sensible:

$$Q_{sen} = \left(\sum Q_{trans} + Q_{rad} + Q_{vent_{sen}} + Q_{inf_{sen}} + Q_{ocup_{sen}} + Q_{ilum} + Q_{equip} \right) \cdot 1,03$$

Por otro lado la suma de cargas producidas por calor latente de la siguiente expresión:

$$Q_{lat} = Q_{vent_{lat}} + Q_{inf_{lat}} + Q_{ocup_{lat}}$$

Finalmente las cargas totales, aplicándole el coeficiente de seguridad del 7%, de cada zona será:

$$Q_{total} = (Q_{sen} + Q_{lat}) \cdot 1,07$$

6.3.6 RESUMEN DEL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del cálculo de cargas sensibles de refrigeración:



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Zona	CARGAS EXTERIORES				CARGAS INTERIORES			Total sensible (W)
	Cerramientos (W)	Rad. (W)	Vent. (W)	Infilt. (W)	Ocup. (W)	Illum. (W)	Equip. (W)	
PS- Cocina	253,1	1008,0	447,8	250,8	300,0	193,0	0,0	2783,8
PS- Vestuarios	468,5	0,0	597,1	0,0	360,0	204,0	0,0	1678,5
PB- Aula (0 a 1 año)	511,1	2952,0	917,8	734,4	660,0	500,0	250,0	6721,0
PB- Aula (1 a 2 años)	714,8	478,8	1518,8	626,9	1200,0	712,0	250,0	5666,4
P1- Aula Este	574,0	191,5	1614,0	250,8	1200,0	828,0	250,0	5055,6
P1- Aula Oeste	642,3	4356,0	1578,1	1083,7	1200,0	792,0	250,0	10199,1
P2- Despacho	408,5	191,5	107,8	250,8	130,0	288,0	250,0	1675,4
P2- Sala polivalente	560,2	4356,0	1629,0	1083,7	1200,0	848,0	250,0	10224,7
P2- Sala reuniones	367,7	478,8	201,9	626,9	390,0	386,0	250,0	2782,3

Tabla 6.11: Resumen cargas sensibles de refrigeración.

A continuación, se muestran los valores de las cargas latentes en el edificio:

Zona	CARGAS EXTERIORES		CARGAS INTERIORES	Total Latente (W)
	Ventilación (W)	Infiltración (W)	Ocupación (W)	
PS- Cocina	-20,9	-11,8	390,0	357,3
PS- Vestuarios	-28,0	0,0	380,0	352,0
PB- Aula (0 a 1 año)	-43,0	-34,4	440,0	362,2
PB- Aula (1 a 2 años)	-71,1	-29,4	800,0	699,5
P1- Aula Este	-75,6	-11,6	800,0	712,7
P1- Aula Oeste	-73,9	-50,8	800,0	675,3
P2- Despacho	-5,1	-11,8	110,0	93,2
P2- Sala polivalente	-76,3	-50,8	800,0	673,0
P2- Sala reuniones	-9,5	-29,4	330,0	291,2

Tabla 6.12: Resumen cargas latentes de refrigeración.

La siguiente tabla muestra un resumen de los datos de carga sensible y latente, así como de la carga total por zona, habiéndole aplicado el coeficiente de seguridad elegido. Además en la última columna se detalla la carga por unidad de superficie:



Zona	Carga sensible (W)	Carga latente (W)	Carga total (W)	Ratio (W/m ²)
PS- Cocina	2783,8	357,3	3361,0	174,1
PS- Vestuarios	1678,5	352,0	2172,6	106,5
PB- Aula (0 a 1 año)	6721,0	362,2	7579,5	303,2
PB- Aula (1 a 2 años)	5666,4	699,5	6811,5	191,3
P1- Aula Este	5055,6	712,7	6172,0	149,0
P1- Aula Oeste	10199,1	675,3	11635,7	293,8
P2- Despacho	1675,4	93,2	1892,4	131,4
P2- Sala polivalente	10224,7	673,0	11660,5	275,0
P2- Sala reuniones	2782,3	291,2	3288,6	170,4

Tabla 6.13: Resumen cargas térmicas de refrigeración total.

En el anexo se muestra en detalle los resultados obtenidos tanto de las cargas térmicas de refrigeración como las de calefacción.

6.4 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN (INVIERNO)

Al contrario que con una carga de refrigeración, una carga térmica de calefacción se considera como una pérdida de calor, ya que mantiene una temperatura ambiente superior a la exterior.

La estimación de las cargas térmicas de calefacción es muy similar al cálculo de las de refrigeración. La diferencia se encuentra, en que sólo se consideran las cargas por transmisión de calor a través de los cerramientos y la debida a la ventilación del aire. No se consideran los efectos de la radiación puesto que el cálculo se realiza en la situación más desfavorable, es decir, con radiación nula. Las posibles cargas internas tampoco, ya que son ganancia de calor, las cuales, si se consideraran, disminuirían las necesidades de los equipos propuestos. Además no se tienen en cuenta las debidas a infiltraciones, las cuales se compensarán con el coeficiente de seguridad.

Como en refrigeración, el cálculo se realiza para la situación más desfavorable. En este caso, el momento de carga máxima en invierno se produce a las 7:00 h solares del mes de Enero.

El sistema de calefacción que se instalará en la guardería será por suelo radiante, el cual es más eficaz si trabaja continuamente durante los meses en los que se necesite la utilización de calefacción. Por este motivo se han utilizado los valores de temperatura y humedad relativa correspondientes a Madrid recogidos el Documento Básico HE-1 Apéndice G [1]. Los valores recogidos en el apéndice, se refieren a valores medios mensuales. Con los datos mostrados en la siguiente tabla se han estimado las cargas



mensuales de calefacción, suponiendo la utilización del sistema para los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Octubre, Noviembre y Diciembre, debido a que la temperatura media exterior es inferior a la que se pretende conseguir en el interior del edificio.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Octubre	Noviembre	Diciembre
T _{ext} (°C)	6,2	7,4	9,9	12,2	16,0	14,7	9,4	6,4
HR (%)	71	66	56	55	51	63	70	73

Tabla 6.14: Valore medios mensuales de temperatura y humedad relativa de Madrid

Cargas por transmisión a través de paredes, techos, suelos y superficies acristaladas

Se utiliza la misma fórmula que en el cálculo de transmisión a través de cerramientos son las mismas que en verano. Únicamente varían los valores de temperatura, salvo para las cargas por transmisión a través de paredes en contacto con el exterior.

Para un mejor dimensionamiento de las cargas a través de paredes en contacto con el exterior, se tiene en cuenta dos tipos de coeficientes. El primero es el coeficiente por orientación, se emplea para tener en cuenta la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos sobre los muros. Dependiendo de la orientación de la fachada se debe hacer una mayoración de cargas de acuerdo con la siguiente tabla:

ORIENTACIÓN	c _o
Norte	1,2
Sur	1,0
Este	1,1
Oeste	1,1

Tabla 6.15: Coeficientes por orientación.

El segundo coeficiente que se debe aplicar, es el coeficiente de intermitencia, que en el proyecto se estimac₁=1,15. Gracias a este coeficiente se tiene en cuenta la posible intermitencia en el uso de la calefacción a lo largo del día.

De esta forma el cálculo para las cargas de transmisión a través de paredes en contacto con el exterior, quedará de la siguiente manera:

$$Q_{trans} = K \cdot S \cdot (T_{ext} - T_{int}) \cdot c_o \cdot c_i$$



Donde:

- Q_{trans} : carga térmica por transmisión (W).
- S: superficie del cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas (m^2).
- K: coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2\text{°C}$).
- T_{int} : temperatura seca interior ($^{\circ}\text{C}$).
- T_{ext} : temperatura seca exterior ($^{\circ}\text{C}$).
- c_o : coeficiente por orientación.
- c_i : coeficiente por intermitencia.

Cargas debidas a la ventilación

Va a tener dos componentes, sensible y latente, ya que se calcula igual que lo explicado anteriormente para las cargas de refrigeración. Sólo varían los datos de temperatura y humedad específica correspondientes a invierno.

Con los siguientes datos y utilizando el diagrama psicrométrico se obtiene una relación de humedad interior y exterior de:

	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Humedad relativa (%)	Relación de humedad (kg/kg)
Exterior	-3,7	90	0,0024
Interior	21,0	45	0,0070

Tabla 6.16: Condiciones exteriores e interiores en invierno.

6.4.1 GANANCIAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN

Al igual que en refrigeración, las ganancias debidas a la propia instalación se estiman en el 3% de la suma de todas las cargas sensibles de calefacción.

6.4.2 COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Se utiliza un coeficiente de seguridad del orden del 8% de la suma de cargas totales.

6.4.3 CÁLCULO TOTAL DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN

La suma de cargas sensibles será el resultado de:

$$Q_{sen} = \left(\sum Q_{trans} + Q_{vent_{sen}} \right) \cdot 1,03$$

En el caso de cargas latentes, sólo se tendrán las debidas a la ventilación de aire:

$$Q_{lat} = Q_{vent_{lat}}$$



Aplicando el coeficiente de seguridad del 8%, la carga de calefacción total de cada zona será:

$$Q_{total} = (Q_{sen} + Q_{lat}) \cdot 1,08$$

6.4.4 RESUMEN DEL CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN

La siguiente tabla muestra los valores de cada tipo de carga y la carga total necesaria para dimensionar el sistema de calefacción de la Escuela Infantil:

Zona	CARGAS EXTERIORES						
	Cerramientos (W)	Ventilación (W)		Carga sensible (W)	Carga latente (W)	Carga total (W)	Ratio (W/m ²)
		Sensible	Latente				
PS- Cocina	773,0	1106,1	459,4	1935,4	459,4	2586,4	134,0
PS- Vestuarios	1226,3	1474,8	612,6	2782,8	612,6	3666,4	179,8
PB- Aula (0 a 1 año)	1795,8	2266,8	941,5	4184,6	941,5	5536,2	221,5
PB- Sala de cunas	943,2	1602,6	665,6	2622,2	665,6	3550,9	248,3
PB- Aula (1 a 2 años)	1935,5	3751,5	1558,2	5857,6	1558,2	8009,0	225,0
PB- Aseo,camb/biber	38,0	0,0	0,0	39,2	0,0	42,3	11,1
P1- Aula Este	1575,8	3986,7	1655,9	5729,4	1655,9	7976,1	192,7
P1- Aula Oeste	2254,8	3897,8	1618,9	6337,1	1618,9	8592,5	217,0
P1- Aseo	312,7	0,0	0,0	322,1	0,0	347,8	26,2
P2- Despacho	1028,1	266,3	110,6	1333,3	110,6	1559,4	108,3
P2- Sala polivalente	2091,8	4023,6	1671,2	6298,9	1671,2	8607,7	203,0
P2- Sala reuniones	1062,8	498,6	207,1	1608,2	207,1	1960,5	101,6
P2- Aseo	334,2	0,0	0,0	344,2	0,0	371,7	80,8

Tabla 6.17: Resumen cargas térmicas de calefacción total.

6.5 RESUMEN DEL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las cargas térmicas máximas totales del edificio, tanto en invierno como en verano, que serán la base para la elección de la unidad exterior con recuperación de calor situada en la cubierta.

CLIMATIZACIÓN	CARGA SENSIBLE (W)	CARGA LATENTE (W)	CARGA TOTAL (W)	RATIO (W/m ²)
REFRIGERACIÓN	46741,8	4216,4	54573,8	212,0
CALEFACCIÓN	39395,0	9501,0	52806,8	180,0

Tabla 6.18: Resumen resultados cargas térmicas de climatización.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

Con los datos de temperatura utilizados para la estimación de la carga durante los distintos meses del año, se obtienen los siguientes resultados para el sistema de climatización:

MES	CARGA (W)	SISTEMA
Enero	31070,03	Calefacción
Febrero	28556,85	
Marzo	24250,53	
Abril	19619,54	
Mayo	11536,51	
Junio	41579,14	Refrigeración
Julio	51209,94	
Agosto	50457,12	
Septiembre	40562,59	
Octubre	11965,36	Calefacción
Noviembre	22210,95	
Diciembre	30725,16	

Tabla 6.19: Estimación cargas climatización mensual.

En la siguiente gráfica se representa la estimación de potencia requerida por el edificio para poder abastecer la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración.

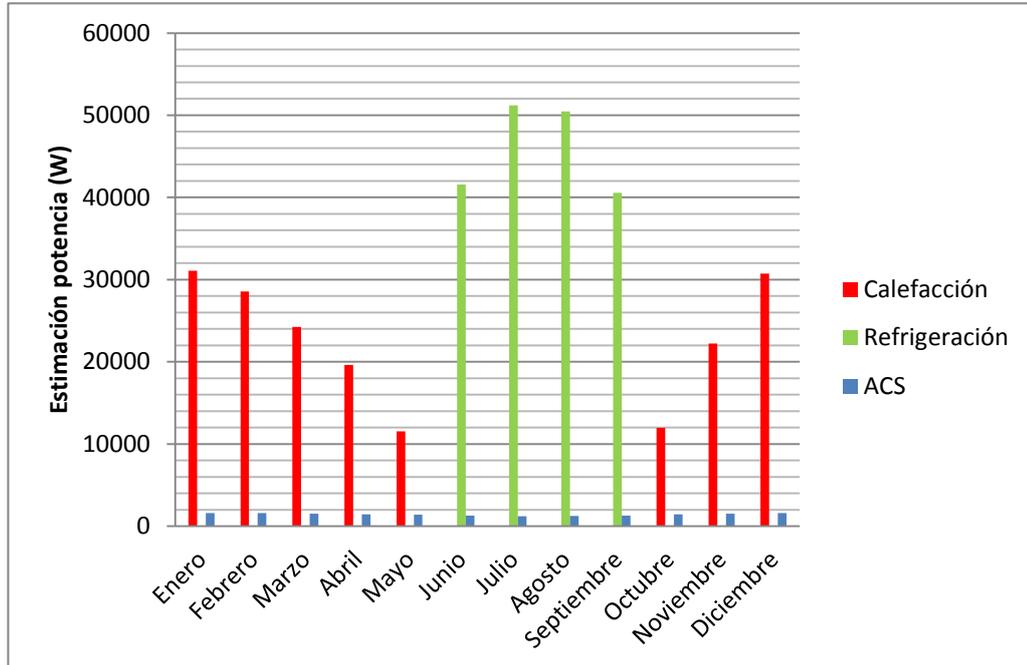


Figura 6.2: Estimación potencia requerida por la Escuela Infantil.

Se observa una demanda de refrigeración bastante alta, el motivo se debe al diseño del edificio y a la utilización de los datos de temperaturas secas medias máximas. El consumo de A.C.S. es relativamente pequeño debido al uso del edificio.



7. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

7.1 ELECCIÓN SISTEMA CLIMATIZACIÓN

En este capítulo se aborda la elección del sistema de climatización, tanto de refrigeración como de calefacción. Una vez elegidos los sistemas que harán posible la climatización de la guardería, se presentarán más detalladamente y se dimensionará los elementos que componen el sistema de climatización. Igualmente se determinará el sistema de producción del agua caliente sanitaria (A.C.S.).

La correcta elección del sistema de climatización pretende conseguir ciertos objetivos. Entre ellos destaca crear unas condiciones de confort y calidad del aire óptima para los usuarios del edificio. Principalmente los usuarios del edificio son niños de corta edad, por lo que se debe de poner especial atención en las necesidades tanto de confort como de seguridad a la hora de elegir los equipos.

Obviamente otro objetivo prioritario es diseñar la instalación en función de la reglamentación vigente. De esta manera se tiene en cuenta la zonificación, el tipo de edificio, las cargas térmicas, de invierno y verano, y el ahorro energético.

El edificio para el que se diseña la instalación presenta varios inconvenientes para reducir el consumo de energía, buscando un ahorro monetario e intentando reducir el impacto ambiental. Lo más conveniente es intentar utilizar energías gratuitas o renovables para satisfacer las demandas de A.C.S., calefacción y refrigeración.

Se ha explicado anteriormente, que debido a las construcciones colindantes es inviable la utilización de paneles solares, que además, con su excedente de energía permitirían un ahorro de potencia para conseguir las condiciones de confort demandadas en el edificio.

Ante la imposibilidad de la instalación de paneles solares para la Escuela Infantil se ha barajado otras formas de energías renovables. En la búsqueda de soluciones, destaca que en los últimos años se está desarrollando con más frecuencia la utilización de la energía geotérmica que aprovecha la temperatura del subsuelo como foco para el intercambio de calor. Esta solución finalmente no se ha considerado, puesto que la inversión inicial en la compra de equipos y los estudios previos son de un coste muy elevado.

Otra alternativa, sería la instalación de una máquina de absorción que utiliza la energía térmica para su funcionamiento. El mayor inconveniente de estas máquinas es su baja eficiencia, que sería compensada con la utilización de energías gratuitas como energía básica. Ante la imposibilidad de utilizar estas energías, se descarta la utilización de la máquina de absorción por su baja competitividad en el proyecto de la guardería.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

Debido a todas las limitaciones en la elección del sistema de abastecimiento de generación de calor para la climatización de la guardería, la solución más óptima para el proyecto es utilizar energía eléctrica capaz de generar la energía suficiente para cubrir las necesidades del edificio. Por este motivo se han seleccionado los equipos de la instalación intentando que sean lo más eficientes posible, respetando el medio ambiente y así conseguir un ahorro energético satisfactorio.

En la actualidad existen varios sistemas para cubrir la demanda de climatización de un edificio, pero la más adecuada para la Escuela Infantil es un sistema de climatización de caudal variable de refrigerante, basado en los sistemas de expansión directa. En los sistemas de climatización por expansión directa, los intercambios de energía se realizan directamente del refrigerante al medio exterior y a los locales a climatizar sin utilizar otros fluidos intermedios de transporte, evitando de esta forma un salto térmico lo que se traduce en un aumento del rendimiento de la instalación. El sistema está formado por una unidad exterior, que distribuye el refrigerante por una red de tuberías frigoríficas a las unidades interiores de forma variable, adaptándose en todo momento a la potencia necesaria para climatizar cada uno de los espacios. Conexiona la unidad exterior con las unidades interiores mediante tubos de cobre por los que circula refrigerante. Esta unidad exterior genera y consume únicamente la energía, controlando la cantidad de refrigerante, que la instalación está demandando en cada momento.

Gracias a este sistema se eliminan etapas de intercambio de calor entre diferentes medios porque para el transporte de energía entre el ambiente exterior y el espacio a climatizar utiliza gas refrigerante que se ajusta exactamente a la necesidad de potencia térmica demandada en cada estancia. Con el sistema CVR, disminuye el número de componentes consiguiendo mayor simplicidad en la instalación y menor ocupación del espacio, el motivo es que los refrigerantes tienen una mayor capacidad calorífica que el agua. También se evitan problemas de corrosión, ruidos, y en general se simplifica notablemente la ejecución y mantenimiento de la instalación. Debido a este funcionamiento se obtienen unas prestaciones que hacen de los sistemas CVR los más sofisticados del mercado.

Dentro de las diversas posibilidades encontradas en el mercado, se ha optado por utilizar un sistema de expansión directa tipo CVR de bomba de calor, con recuperación de calor a dos tubos, marca Mitsubishi Electric gama CITY MULTY serie R2 High COP [27] como unidad exterior para cubrir las necesidades de frío y calor. Esta decisión se basa en la elección de sistemas con altos C.O.P. y en minimizar el impacto ambiental producido por la instalación.

La bomba de calor es una máquina térmica capaz de transferir calor de una fuente fría a bajas temperaturas a otra más caliente aportando una cantidad de trabajo externo mediante el accionamiento de un compresor. Consiste en un circuito cerrado compuesto principalmente por un compresor, un evaporador, un condensador y una



válvula de expansión. El circuito aloja en su interior un refrigerante circulando en estado líquido y gaseoso.

Las etapas del ciclo son las siguientes:

- 1- En el evaporador la temperatura del fluido refrigerante se mantiene por debajo de la temperatura del foco frío, de esta manera el fluido refrigerante absorbe el calor del foco frío propiciando la evaporación del refrigerante.
- 2- En el compresor, el vapor que sale del evaporador es comprimido elevando su presión y temperatura.
- 3- El vapor caliente accede al condensador. En este cambiador, el fluido cede el calor de condensación producido.
- 4- Finalmente, el líquido a alta presión obtenido a la salida del condensador se expande mediante la válvula de expansión hasta alcanzar la presión y temperatura del evaporador. En este punto el fluido comienza de nuevo el ciclo accediendo al evaporador.

En el esquema de la figura está representado un ciclo de una bomba de calor de compresión simple:

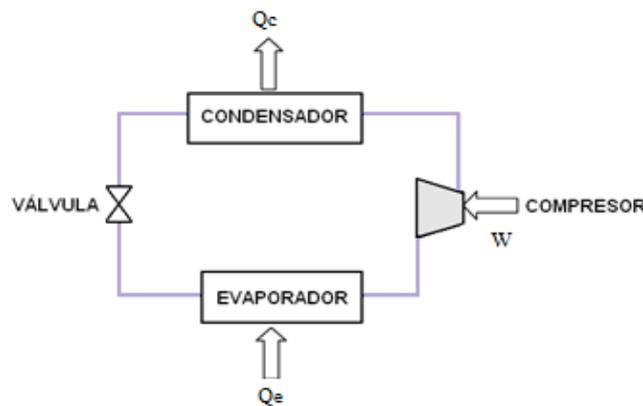


Figura 7.1: Esquema del ciclo de una bomba de calor de compresión simple.

Para la Escuela Infantil, se ha decidido instalar una bomba de calor con recuperación de calor que permite proporcionar calefacción y refrigeración simultáneamente. En el ciclo de refrigeración se realiza una transferencia de calor en sentido contrario al explicado, ya que el calor fluye de forma natural desde un foco caliente a un foco frío.

Como se ha mencionado anteriormente la gran ventaja de las bombas de calor es su gran eficiencia energética. Esta eficiencia se mide a través del COP “Coefficient of performance” (Coeficiente de rendimiento). Este coeficiente mide cuanta energía útil cedida por el sistema con la energía invertida o consumida. Se calcula dividiendo la potencia de salida por el consumo del sistema. En este cálculo no se incluyen los consumos auxiliares de energía eléctrica necesarios para el funcionamiento de la bomba



de calor. Cuanto mayor sea el COP, más eficiente se considera el sistema, obteniendo una reducción considerable en los costes de funcionamiento.

Actualmente las bombas de calor con recuperación de calor pueden llegar a unos valores de COP que oscilan entre 4 y 5. Esto quiere decir que produce hasta cinco veces más energía que la electricidad que consume. Haciendo de este sistema el apropiado para conseguir un ahorro energético importante y reducir las emisiones de CO₂.

La bomba de calor con recuperación de calor y las unidades interiores son suministradas por la empresa Mitsubishi Electric. La bomba de calor con recuperación de calor ubicada en la cubierta del edificio. Esta unidad exterior da servicio a las siguientes unidades interiores:

- Seis unidades interiores de tipo conductos.
- Dos unidades interiores de tipo cassette.
- Dos unidades interiores, tipo “Air to Water”, capaz de producir agua caliente para el suelo radiante.
- Una unidad interior, tipo “Air to Water”, capaz de producir agua caliente sanitaria (A.C.S.).

Se debe de realizar un tratamiento de aire primario, ya que el RITE insta a que las aulas de enseñanza cumplan unas exigencias mínimas de ventilación y de calidad del aire interior. De acuerdo con el RITE, la simple ventilación por apertura manual de las ventanas no está permitida. El tratamiento del aire primario se realiza mediante equipos SIAV, según se describe más adelante. Este sistema de filtración y atemperación del aire provoca un ahorro significativo de energía tanto en verano como en invierno, debido a que la potencia necesaria para llegar a las temperaturas óptimas será menor.

Para el sistema de calefacción se ha decidido la instalación del suelo radiante con una distribución de colectores por plantas y varios circuitos por cada estancia, se describe con más detalle en páginas posteriores.. Sólo existen dos estancias del edificio que no tendrán una distribución de suelo radiante. Estas zonas son la denominada zona administrativa que está compuesta por el despacho y la sala de reuniones situados en la segunda planta del edificio. El aporte de calor necesario se conseguirá a través de las unidades interiores de tipo cassette instaladas en dichas salas.

Para la producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.) se instalará una unidad interior capaz de aprovechar el calor cedido por las unidades dispuestas para la refrigeración, consiguiendo un importante ahorro energético en comparación con otros sistemas.

Con la instalación de estas unidades interiores capaces de calentar agua para calefacción y A.C.S. se ha evitado la instalación de una caldera de gas. Entre las ventajas de esta decisión destacan que el contenido energético por unidad de volumen del gas es bajo y el mantenimiento de las calderas es más costoso.

En la siguiente figura se muestra un esquema de los diferentes elementos que componen el sistema y la función para la que son instalados, todo ello compone la instalación de climatización general de la Escuela Infantil desarrollada en este proyecto:

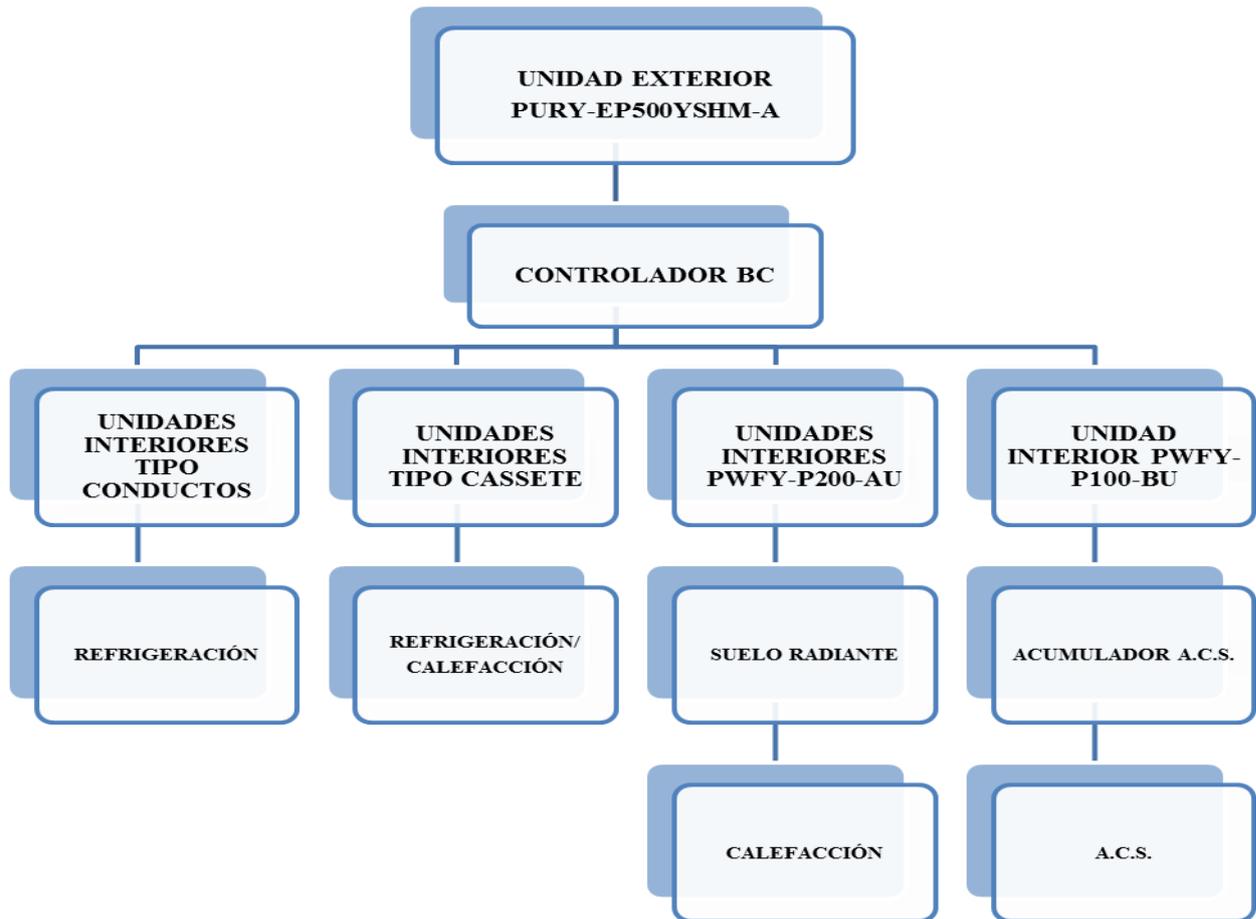


Figura 7.2: Esquema general de la instalación de climatización.

En vista de la elección de los diferentes sistemas para la instalación de climatización del edificio destinado a Escuela Infantil, se ha querido conseguir adaptarse lo mejor posible a las características del edificio, intentando una alta eficiencia energética de acuerdo con la reglamentación vigente y crear unas condiciones de confort y bienestar para los usuarios de la guardería.

7.2 INSTALACIÓN DE REFRIGERACIÓN

En este apartado se describe la instalación de refrigeración, detallando el dimensionamiento de los diferentes elementos que lo componen.



7.2.1 UNIDAD EXTERIOR

Para un correcto dimensionamiento se tienen en cuenta las cargas térmicas tanto de refrigeración como de calefacción. Una vez calculadas se debe elegir una bomba de calor que tenga una potencial nominal superior a las cargas térmicas máximas totales de la Escuela Infantil. De esta manera se ha elegido la bomba de calor con recuperación de calor de la marca Mitsubishi Electric dentro de los sistemas de caudal variable de refrigerante de la serie CITY MULTY R2 High COP el modelo PURY-EP500YSJM-A [27]. Su capacidad, consumo y COP se muestran en la siguiente tabla:

PURY-EP500YSJM-A	Capacidad (kW)	Consumo (kW)	COP
Frío	56,0	13,62	4,11
Calor	63,0	14,38	4,38

Tabla 7.1: Características principales de la bomba de calor PURY-EP500YSJM-A.

Las cargas térmicas totales del edificio obtenidas en capítulos anteriores son:

- Carga térmica total máxima de refrigeración: $Q_{\text{refrigeración}} = 54573,8 \text{ W}$
- Carga térmica total máxima de calefacción: $Q_{\text{calefacción}} = 52806,8 \text{ W}$

Por lo tanto la bomba de calor con recuperación de calor se ajusta adecuadamente a la demanda de la Escuela Infantil, tanto de calefacción como de refrigeración y para el suministro de A.C.S.

Estas unidades productoras son condensadas por aire y constan de un ventilador superior de tipo axial. Al igual que su funcionamiento, el circuito frigorífico es complejo, puesto que consta de diferentes elementos como válvulas eléctricas de expansión, compresor, acumulador o evaporador.

Con estos sistemas se consigue una flexibilidad muy amplia y un elevado nivel de confort, dando un funcionamiento completamente independiente a cada unidad interior, pudiendo adaptarse éstas a los requerimientos de confort de una zona determinada del edificio.

Para conseguir adaptarse a las demandas de cada estancia, estos sistemas se basan en la tecnología “Inverter” desarrollada en la gama de bombas de calor elegida para este proyecto. Esta tecnología adapta la velocidad del compresor a las necesidades en cada momento y en consecuencia únicamente consume la energía necesaria. La regulación de la velocidad es posible por un sistema electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, adaptándose a la potencia demandada. Se consigue gracias a una válvula de expansión electrónica, que mediante impulsos puede mantener el caudal de refrigerante en un nivel óptimo para cada equipo, y reaccionar de inmediato a las variaciones de carga demanda por los equipos. Cuando están a punto de



alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor.

Consumen menos potencia eléctrica, mayor fiabilidad y menor tiempo para calentar o enfriar una estancia que los sistemas con compresor de velocidad fija. Al variar la velocidad y adaptarse a la temperatura, la potencia no fluctúa tan drásticamente con lo que el uso de potencia es más eficiente. Con los sistemas tradicionales, al funcionar el compresor de manera todo o nada, el gasto en electricidad para el arranque es mucho mayor.

Estos equipos consiguen un rendimiento eficaz en cargas parciales, que se darán en la gran parte de su ciclo de vida de trabajo (representan el 97% del tiempo de funcionamiento), como a plena carga. Esta capacidad de adaptarse a los cambios de demanda en el edificio, consigue alcanzar unos consumos de energía más bajos que otros sistemas.

La tecnología “Inverter” también se aplica sobre el del ventilador de condensación que ayuda aún más a la variación de la potencia suministrada para adaptarse a la demanda de las unidades interiores.

Entre las mejoras de la bomba de calor con recuperación de calor cabe destacar que el circuito de intercambio de calor tiene una subrefrigeración adicional en función de la diferencia entre temperatura ambiente y temperatura de consigna, permitiendo que se controle con mayor exactitud la distribución del refrigerante, así se obtiene un mayor rendimiento. También el diseño del compresor scroll consigue reducir las pérdidas por fricción en el motor.

El sistema elegido garantiza un amplio rango de temperaturas, en modo calefacción, funciona desde una temperatura exterior de -20°C hasta $15,5^{\circ}\text{C}$ y en refrigeración desde -5°C hasta 43°C .

La recuperación de calor en dos tubos, es gracias a controlador donde se aloja un separador de líquido y gas, que permite que la unidad exterior produzca una mezcla de gas caliente para la calefacción y líquido para la refrigeración, todo ello a través del mismo tubo. Cuando dicha mezcla llega al controlador, se separa y se transfiere la fase correcta a cada una de las unidades interiores, en función de los requisitos individuales de calefacción o refrigeración. Para esta instalación se necesita un Controlador BC modelo CMB-P1016V-GA [27].

De la unidad exterior parte la red de tuberías que transporta el refrigerante hasta las unidades interiores pasando por el controlador BC. Las líneas frigoríficas son de tubos de cobre, perfectamente aislado, donde circula el refrigerante R410A. Este fluido refrigerante posee buenas propiedades termodinámicas y gran rendimiento en modo calor. Con este tipo de refrigerante se consigue un gran ahorro energético, ya que el



transporte de la energía térmica se realiza de la forma más eficiente puesto que la capacidad de transporte de calor del refrigerante es 10 veces superior a la del agua, y 20 veces superior a la del aire.

Estos sistemas funcionan simultáneamente en modo calefacción y refrigeración, y además el calor absorbido por los equipos de refrigeración es cedido a los equipos encargados de calefactar y la bomba de calor instalada sólo disipa o cede el calor que falta, consiguiendo un alto rendimiento térmico y un ahorro significativo en su funcionamiento anual. Al presentarse un edificio como el del proyecto, es decir, compartimentado, puede dar lugar a diferentes necesidades de calor o frío en diferentes estancias a la vez. También es útil, porque la guardería, en su cara oeste, da a un patio rodeado de edificios de mayor altura, provocando que la radiación solar se vea muy limitada en esta cara del edificio, lo cual aumenta la eficiencia del sistema por las diferentes demandas de las estancias dependiendo de su orientación. Por tanto, en la época de primavera y otoño, será cuando mejor se aproveche la simultaneidad de calor y frío. Es muy interesante la recuperación de calor para la Escuela Infantil, ya que los usuarios, mayoritariamente niños, permite adecuarse más fácilmente a sus preferencias de temperatura dependiendo en la sala en la que estén. Gracias al sistema se consigue una mayor flexibilidad y eficacia para mantener un mayor confort en el edificio.

Haciendo un resumen de las ventajas que presenta estos sistemas:

- Flexibilidad en las condiciones de confort de cada zona, atendiendo a exigencias individuales de calor o frío. Rápida respuesta a la demanda.
- Facilidad en la instalación y ahorro de espacio por un menor número de componentes.
- Ahorro energético producido por un control de la cantidad de refrigerante que se envía a cada unidad interior.
- Posibilidad de un control individual por unidad interior.
- Bajo nivel sonoro. Se elimina el factor de contaminación ambiental por ruido, debido a que las máquinas instaladas tienen un bajo nivel sonoro.
- Posibilidad de obtener frío y calor simultáneo con una misma unidad exterior en las unidades interiores.
- Uso del refrigerante ecológico R-410a.
- Mantenimiento prácticamente nulo y funciones de autodiagnóstico de la instalación.

7.2.2 UNIDADES INTERIORES

El edificio del presente proyecto está destinado a Escuela Infantil, dividida en cuatro plantas. La mayoría de estancias son aulas en la que los usuarios son niños. Gracias a esta división y al sistema de climatización elegido es más sencillo conseguir una gran eficiencia energética.



Atendiendo a la demanda de refrigeración del edificio se han elegido las unidades interiores tipo conductos y cassette, instaladas en el falso techo, para las diferentes zonas del edificio.

La elección de tipo cassette se debe a que para las zonas donde se instalarán no habrá niños. Con lo que no se debe tener tanto interés en conseguir una temperatura adecuada en poco tiempo. Con esta solución se ahorra en circuitos de suelo radiante y se aprovecha mejor la instalación de esa unidad exterior y de la bomba de calor con recuperación de calor.

El modelo elegido de la marca Mitsubishi Electric para la sala de reuniones y el despacho es el PLFY-P20-VCM-E [27] de la serie Inverter.

Las unidades interiores de conductos [27] diseñadas para atender la demanda frigorífica de gran parte del edificio, son de modelos diferentes, para adaptarlos a las necesidades de cada zona.

-Planta Segunda:

-Sala Polivalente: Modelo: PEFY-P50VMA-E

-Planta Primera:

-Aula Este de 2 a 3 años: Modelo: PEFY-P40VMA-E

-Aula Oeste de 2 a 3 años: Modelo: PEFY-P50VMA-E

-Planta Baja:

-Aula de 0 a 1 año: Modelo: PEFY-P50VMA-E

-Aula de 1 a 2 años: Modelo: PEFY-P50VMA-E

-Planta Sótano:

-Cocina y vestuarios: Modelo: PEFY-P40VMA-E

Estas unidades también son capaces de producir calor, ya que también funcionan con sistema Inverter, pero debido a las características del edificio y a los usuarios del mismo, se ha decidido que sólo funcionen para cubrir la demanda de frío, siendo más adecuada la distribución de calor para calefacción mediante circuitos de suelo radiante.

Las unidades interiores elegidas incorporan una válvula de expansión electrónica y unidades de control remoto que permite ajustar el flujo de refrigerante y la temperatura, convirtiéndolas en unidades “independientes” de la unidad exterior.



7.3 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

7.3.1 INTRODUCCIÓN

Este apartado tiene por objeto estudiar el sistema de calefacción utilizado y su dimensionamiento en este proyecto. Para la Escuela Infantil se ha utilizado un sistema de calefacción de suelo radiante, excepto para la denominada zona administrativa que para cubrir la demanda de calefacción utilizará dos unidades interiores de tipo cassette.

En primer lugar se pasa a describir el funcionamiento y las ventajas que conlleva la instalación de suelo radiante para este proyecto.

El principio básico del sistema de suelo radiante consiste en la impulsión de agua a media temperatura a través de circuitos de tuberías de polietileno reticulado. Las tuberías discurren por toda la superficie del local a calefactar, embebidas en una capa de mortero, situadas bajo el pavimento, disipan calor al mortero de cemento siendo éste el que cede la energía precisa al local mediante radiación, y en menor grado convención natural, de esta manera se consigue la climatización del local. Para evitar pérdidas hacia abajo, se colocan las tuberías encima de una capa de aislamiento térmico. Utiliza colectores de impulsión y retorno para el paso de agua por el circuito de tuberías que es controlado desde ambos extremos.

Este sistema en comparación con los sistemas de calefacción tradicionales mediante radiadores de pared supone un gran ahorro energético. En los sistemas tradicionales se necesita quemar combustible a temperaturas superiores a 800°C para obtener energía que caliente el agua de los radiadores hasta los 70 u 80°C y así poder mantener una temperatura de confort de unos 20°C . Sin embargo mediante el sistema de suelo radiante el agua que circula por las tuberías oscila entre 35 y 45°C , el suelo se mantiene a una temperatura comprendida entre 20 y 31°C , de esta manera se alcanza una temperatura de confort en el local de unos 20°C . Se observa que los saltos térmicos son mucho mayores en los sistemas tradicionales, por tanto produce pérdidas de calor mucho más altas.

Además del ahorro energético, existen otro tipo de ventajas para justificar aún más la elección de este sistema de calefacción en la Escuela Infantil. A continuación se describen alguna de estas ventajas:

- **Distribución ideal de la temperatura:** El suelo radiante es el sistema de distribución de calor que mejor se ajusta al perfil óptimo de temperatura del cuerpo humano. Si se observa la figura 7.3, que representa la distribución de temperatura típica de diferentes sistemas de calefacción, para una mayor sensación de confort de las personas es conveniente conseguir ligeramente una mayor temperatura en los pies que a la altura de la cabeza. Este objetivo se

consigue con la distribución por suelo radiante, al revés que con los demás sistemas que acumulan el calor a la altura del techo, provocando pérdidas de energía. El suelo radiante al no crear bolsas de aire caliente en el techo, es capaz de distribuir el calor para locales con grandes volúmenes, como pueden ser las aulas de la Escuela Infantil.

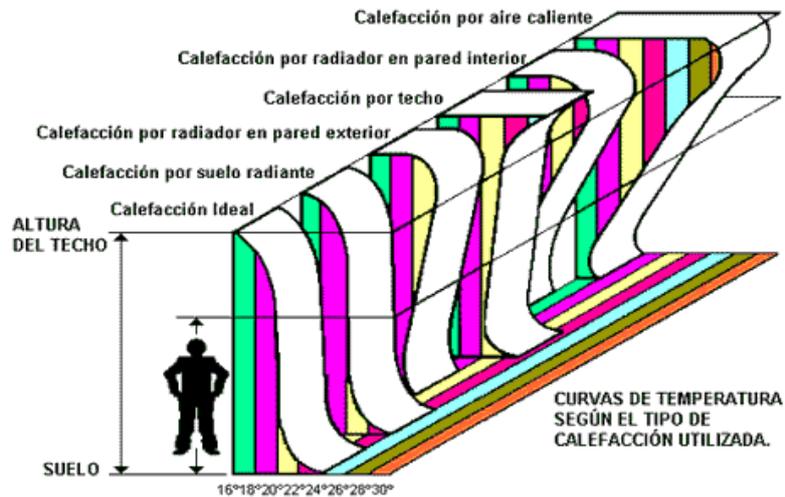


Figura 7.3: Distribución vertical de temperaturas para diferentes sistemas de calefacción.

- **Temperatura uniforme:** Al distribuir uniformemente el circuito de tuberías se consigue una temperatura uniforme en el local, evitando la aparición de zonas frías y calientes típicas de los sistemas con radiadores.
- **Limpio:** Debido a la ausencia de movimiento de aire, a causa de una diferencia de temperaturas entre el suelo y el aire baja, existe un menor movimiento de polvo creando un entorno más limpio y saludable. Lo contrario ocurriría con la instalación de radiadores, que generarían corrientes de aire provocando un ennegrecimiento de la pared por acumulación de polvo quemado.
- **Seguridad:** La seguridad es un factor muy importante en la elección del suelo radiante para este proyecto. Al tratarse de un edificio donde los principales usuarios son niños de corta edad, es necesario evitar todo tipo de peligros como pudiera ser el riesgo de quemaduras con la utilización de radiadores. También se considera un sistema muy seguro debido a que el circuito de tuberías no existen empalmes, ya que todos los circuitos comienzan y terminan en un sistema colector de agua.
- **Estética:** No existen aparatos de calefacción visible, lo que permite aprovechar toda la superficie del local calefactado, además es compatible con todo tipo de pavimentos.



- **Calefacción confortable:** Debido a que este sistema no reseca el ambiente, permite una mejor respiración. Además es un sistema de calefacción silencioso debido a la baja velocidad a la que circula el agua de las tuberías. Estas características ayudan a crear un ambiente más confortable.
- **Ecológico:** Por limitaciones del edificio del proyecto, no es posible la instalación de paneles solares, pero debido a que la temperatura de impulsión del agua que necesita el suelo radiante es relativamente baja, hace que este sistema sea compatible con cualquier fuente de energía.

7.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de suelo radiante está compuesto por circuitos de tuberías de polietileno reticulado con barrera antidifusión de oxígeno, por ellas circula el fluido caloportador, en este caso, agua caliente. La barrera antidifusión consiste en una delgada película de etilvinil-alcohol aplicada a una tubería base durante el proceso de fabricación que evita los problemas de corrosión en los elementos metálicos de la instalación. Estas tuberías se utilizan tanto en tuberías emisoras, como en montantes y tuberías de distribución. Las tuberías, al estar fabricadas con polietileno reticulado tienen unas propiedades adecuadas en cuanto a la resistencia a la temperatura y a la presión. Para evitar problemas de funcionamiento debe revisarse que las tuberías se encuentren en condiciones óptimas antes de su instalación.

Para el suministro de materiales y su instalación en este proyecto se ha elegido al fabricante Uponor[28]. Todos los elementos mencionados en este capítulo serán suministrados por este fabricante, excepto el grupo de impulsión y la unidad interior. La instalación de suelo radiante para la guardería se realiza siempre de acuerdo con la norma UNE-EN 1264 [7].

Para el proyecto se ha elegido la tubería UponorWirsbo-evalPEX de 20x1,9 mm basándose en aspectos de diseño, requerimientos de calor por circuito, caudal y caída de presión. Para la Escuela Infantil la separación entre tuberías de los circuitos emisores es de 20 cm. Este paso entre centros de tubería es utilizado comúnmente, además evita un mayor gasto en tuberías al no utilizarse un paso menor. En todos los sistemas para calefacción por suelo radiante el tipo de tubería emisora y la separación entre tubos son factores de diseño que permanecen constantes a lo largo de toda la instalación. Para el circuito que une el grupo de impulsión con su colector correspondiente, se utiliza la tubería UponorWirsbo-evalPEX de 50x4,6 mm. Esta elección se basa en el caudal que debe ser impulsado por cada colector y en base a una pérdida de carga fija por metro lineal de 0,2 kPa/m. Con esos datos se introduce en diagrama de pérdidas de carga en tuberías Uponor [28] y se elige el tipo de tubería. En la parte de cálculo de la instalación, se reflejará la longitud necesaria de tubería que une la bomba de circulación y cada colector.

La distribución de los circuitos puede realizarse por doble serpentín, que consiste en que las tuberías de impulsión y retorno se disponen en paralelo. Esta configuración proporciona una temperatura media uniforme. Permite saltos mayores sin afectar a la uniformidad de la temperatura del suelo. La configuración en espiral es una variante de la configuración de doble serpentín pero con curvas menos pronunciadas. Con estas configuraciones se consigue una mayor homogeneización de la temperatura del suelo. Como se muestra en la siguiente figura los circuitos nunca se cruzan.

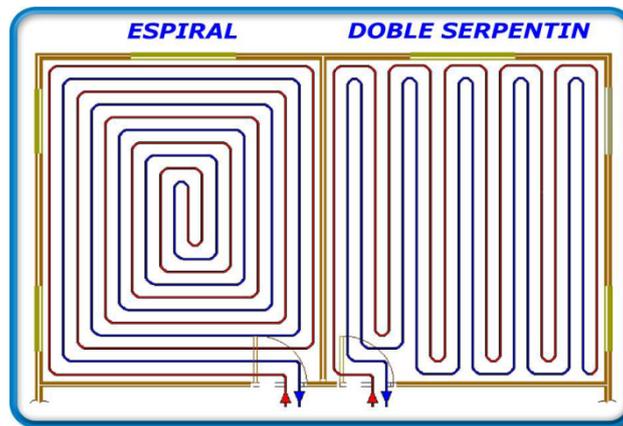


Figura 7.4: Tipos de distribución de circuitos de suelo radiante.

El trazado de los sistemas de distribución elegido para la Escuela Infantil es el de doble serpentín, ya que el edificio presenta dificultades en el diseño como para poder utilizar el sistema en espiral. En los espacios marcadamente rectangulares se colocarán los serpentines con sus tramos rectos en sentido paralelo al eje menor de la zona calefactada, de esta manera se minimiza el salto térmico. Con la distribución elegida se consigue una mayor homogeneidad en la temperatura, tal y como se muestra en el siguiente gráfico facilitado por el fabricante:



Figura 7.5: Variación de temperaturas con la configuración de doble serpentín.

Las tuberías serán instaladas sobre paneles, en poliestireno extruido que tienen la misión de sujetar las tuberías emisoras y actuar como aislamiento térmico para minimizar las pérdidas de calor. Estos paneles tienen unos tetones que permiten fijar las tuberías gracias a la presión ejercida por dichos tetones. Los paneles se colocan sobre toda la superficie del local a calefactar. Al tratarse de planchas con un acoplamiento machihembrado evita la aparición de puentes térmicos.



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL

Antes de la colocación de los paneles, se coloca sobre el forjado del local a calefactar una lámina de polietileno de alta densidad que actúa como barrera evitando la formación de humedad por capilaridad entre el forjado y los paneles con su respectiva red de tuberías. Justamente encima de este film, se coloca una banda perimetral de espuma de polietileno que evita la penetración del mortero entre los paneles aislantes y esta banda, favoreciendo la absorción de las dilataciones producidas por el mortero debido a su calentamiento/enfriamiento.

Desde los colectores de alimentación y retorno parten los circuitos emisores. Estos colectores están fabricados en polisulfona, un material plástico que a su bajo peso añade una alta resistencia mecánica incluso a altas temperaturas. En la Escuela Infantil el montaje de cada colector se realiza mediante el acoplamiento de un kit colector básico, el cual tiene dos salidas, una de ellas para impulsión y otra para retorno a los conjuntos básicos, de una salida, necesarios para completar el número deseado de salidas del colector. Cada kit básico se suministra junto con todos los elementos necesarios para correcto funcionamiento: válvulas de paso, termómetros, purgadores automáticos, llave de llenado, llave de vaciado, tapones, soportes y adaptadores para unir a los circuitos. Los colectores serán suministrados con caudalímetros para su equilibrado hidráulico.

Durante la realización del proyecto se ha de tener en cuenta la ubicación de los colectores distribuidos por planta, para situarlos lo más céntrico posible de las zonas que alimenta, para que la longitud de las tuberías que unen los colectores y los locales a calefactar sea mínima. De esta manera se consigue equilibrar el sistema y mejorar el control de temperatura en cada zona.

Los colectores se alojarán en unas cajas metálicas de diferentes tamaños dependiendo del número de salidas del colector. Estas cajas serán de fácil acceso para que en caso de ser necesario, poder realizar las oportunas labores de mantenimiento o reparación.

En las instalaciones de calefacción por suelo radiante se deben considerar ciertos parámetros para conseguir una regulación del sistema con el fin de conseguir el mayor confort posible para los usuarios del edificio y conseguir una mayor eficiencia energética del mismo.

La regulación de la instalación consiste en controlar la temperatura del agua en las tuberías, de esta manera se podrá conseguir la temperatura ambiente deseada en cada una de las zonas calefactadas del edificio y conseguir una sensación de bienestar para los usuarios del edificio. Para la Escuela Infantil se ha optado por un sistema de regulación y control de la instalación basado en mantener fija la temperatura de impulsión, variando el caudal de agua de entrada en cada circuito en función de la temperatura ambiente de la sala.



Por motivos de un ahorro en el presupuesto, se ha elegido un sistema de regulación electrónico por cable específicamente diseñado para lograr una temperatura óptima en cada estancia calefactada, independiente de la temperatura de otras salas. Este sistema consiste en una caja de conexiones electrónica y hasta un máximo de seis termostatos conectados a ella por cable. Los termostatos están conectados a sondas de suelo con el fin de limitar la temperatura del pavimento.

El funcionamiento del sistema es el siguiente, la caja de conexiones recibe la señal eléctrica procedente de cada termostato, la analiza y envía una señal eléctrica a un cabezal electrotérmico correspondiente para que este, mediante la regulación del caudal entrante al circuito, contrarreste la demanda generada. Gracias a las sondas conectadas a los termostatos se consigue limitar el valor de la temperatura del suelo entre unos valores límites elegidos por los usuarios, así se consigue un sistema más eficiente y seguro. El termostato funcionará como esclavo y el sensor como maestro, es decir, cuando el sensor de suelo demande calor los ajustes del termostato no tendrán efecto.

La caja de conexiones es el elemento de toma de decisiones. Hace posible la conexión entre los termostatos y los cabezales electrotérmicos. También es la encargada de hacer parar al sistema de circulación de agua si ninguno de los termostatos demanda energía. Sólo se volvería a poner en marcha cuando alguno de los termostatos conectados demande energía.

Los cabezales electrotérmicos se colocan en las salidas de cada colector. Dependiendo de la señal recibida del correspondiente termostato, permitirá una regulación independiente del aporte térmico necesario en cada local a calefactar controlando de esta manera la temperatura de cada sala. Se dispondrá de tantos cabezales electrotérmicos como número de circuitos haya.

Se necesitará de un termostato en cada zona a calefactar, independientemente de los circuitos existentes en esa zona. Debido a la utilización del edificio, los termostatos poseerán una carcasa exterior para evitar su manipulación y se situarán a una altura de 1,5 m, alejados de puertas, escaleras y elementos generadores de calor o frío. Este tipo de calefacción se basa en la acumulación de temperatura y en la inercia térmica siendo esta una de las razones por las que obtiene un gran ahorro energético. Por esta razón el generador debe de estar conectado en continuo. El control modula el aporte de energía a la instalación de manera que regula igualmente el funcionamiento del generador sin que el usuario tenga que intervenir en ningún momento.

Se instalará un grupo de impulsión con conexión directa a la salida del generador. Está provisto de una válvula de dos vías cuya misión es mezclar el agua proveniente del generador con el agua de retorno para obtener la temperatura óptima del agua de impulsión para el funcionamiento del suelo radiante.

La climatización del edificio se lleva a cabo a través de una bomba de calor con recuperación de calor situada en la cubierta del edificio. Esta unidad exterior da servicio a dos unidades interiores tipo Air to Water. Estas unidades son capaces de producir agua caliente a 45 °C para el suelo radiante, utilizando la tecnología de recuperación de calor. El combustible utilizado por las unidades interiores es la energía eléctrica.

En el dimensionamiento de la bomba de calor, se ha tenido en cuenta que cubra toda la demanda de calefacción del edificio. En base a los resultados de cargas térmicas tanto de refrigeración como calefacción, se ha instalado la bomba de calor con recuperación de calor descrita anteriormente.

Las unidades interiores son de la marca Mitsubishi de la serie “Air to Water”, modelo PWFY-P200VM-AU [27] la cual garantiza el cumplimiento del RITE [2], ya que esta unidad adecúa el consumo energético a las demandas del edificio. Se consigue unos costes inferiores de funcionamiento y menor impacto ambiental. Servirán para calentar agua a la temperatura requerida por los circuitos de tuberías de suelo radiante. Las principales características de este modelo se muestran en la siguiente tabla:

Modelo	PWFY-P200VM-E-AU
Capacidad (kW)	25,00
Caudal (m ³ /h)	1,2 ~ 4,3
Nivel sonoro (dB(A))	29
Peso (kg)	38

Tabla 7.2: Características unidad interior.

Esta unidad permite diferentes modos de funcionamiento. Destaca por el sistema de regulación elegido para este proyecto el modo calefacción que es capaz de impulsar agua hasta 45 °C al sistema de tuberías de la instalación de suelo radiante. Además en las estaciones de primavera y otoño, en la que es posible diferente demanda en las aulas de la guardería dependiendo de la orientación, gracias a la recuperación de calor producida por el aprovechamiento de las pérdidas de calor de la condensadora, se obtiene una potencia “gratuita” aproximadamente equivalente a la producida para refrigerar las otras estancias. En la siguiente figura se presenta un esquema de la unidad interior:

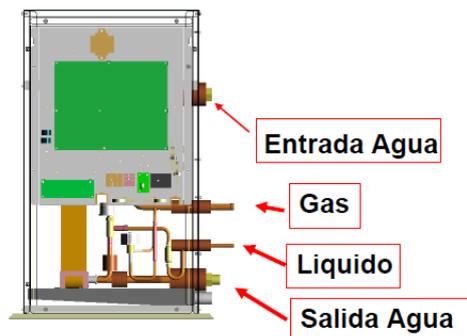


Figura 7.6: Esquema de la unidad PWFY.



El refrigerante R-410a viene del controlador por dos tubos, estado gaseoso y líquido, se produce un intercambio de calor y la unidad impulsa agua a la temperatura deseada hacia la instalación de suelo radiante, para luego regresar y seguir con el intercambio.

La unidad intercambiadora se debe instalar en un ambiente donde la temperatura del bulbo húmedo no sobrepase los 32 °C. Se ha decidido instalarlo junto a las demás unidades interiores de tipo “Air to Water”, en una sala situada en la cubierta del edificio.

7.3.3 PRUEBAS

Antes de la puesta en marcha de la instalación de suelo radiante deben realizarse ciertas comprobaciones que se describen a continuación.

En primer lugar, antes del vertido de mortero, se realiza el llenado de agua de la instalación a través de las llaves de llenado/vaciado que incorporan los colectores. Se efectúa circuito a circuito, abriendo únicamente la llave manual de unos de los circuitos y cerrando las demás llaves así como las llaves de corte del colector. Siguiendo esta rutina es cada uno de los circuitos se asegura la ausencia de bolsas de aire en la instalación durante su puesta en marcha.

Después se lleva a cabo la prueba de estanqueidad que especifica el RITE en su ITE 6.4.1 [2], se realiza con la presión de prueba especificada en la norma.

Una vez realizado el llenado de la instalación, la prueba de estanqueidad y el vertido del mortero, existen otros tipos de comprobaciones para asegurar la puesta en marcha correcta de la instalación. Estos chequeos son necesarios por si hubiera defectos en los materiales o en la instalación. Los realizados para este proyecto son los siguientes:

-Agua circulante sin bolsas de aire: se cierran las llaves de todos los circuitos menos el circuito en cuestión y se conecta la bomba a la máxima velocidad durante un periodo de 1 hora. De este modo se facilita el arrastre de las posibles bolsas de aire y su expulsión.

-Comprobar que el salto térmico es igual al indicado en el proyecto: Si el salto térmico es mayor, significa que la velocidad de la bomba es insuficiente por lo que se aumenta la velocidad de la bomba. Si es menor, significa que la velocidad de la bomba es excesiva, entonces se disminuye la velocidad de la bomba.



7.3.4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

En este apartado se presentan los cálculos necesarios para diseñar la instalación de suelo radiante capaz de cubrir la demanda de calor en la Escuela Infantil. Anteriormente ya se comentó que el control y regulación de la instalación se llevará a cabo a través del suministro de agua con caudales variables a una temperatura de impulsión constante.

El factor más significativo a la hora de dimensionar el suelo radiante es la demanda calorífica en cada zona del edificio pero existen limitaciones del fabricante y limitaciones debidos al propio edificio, que deben ser consideradas para un correcto dimensionamiento. El diámetro de la tubería y el paso de tubería se consideran valores fijos.

Debido a las limitaciones del fabricante, el salto de temperatura entre la tubería de impulsión y retorno debe ser de 10 °C, de esta manera se favorece una distribución uniforme de la temperatura del suelo. Considerando que la temperatura de impulsión para todos los circuitos también es constante y de valor 43 °C, para hacer frente a la demanda máxima de calefacción, la temperatura de retorno al colector será de 33 °C. Esta temperatura de impulsión se ha elegido basándose en el valor de la demanda calorífica máxima, por las condiciones interiores en invierno para la escuela, por el tipo de suelo y por el espesor de la capa de mortero por encima del tubo.

Según las condiciones interiores de temperatura, 21 °C como temperatura ambiente interior del edificio en invierno, existe la limitación del fabricante de poder conseguir una potencia máxima por unidad de superficie de 100 W/m², salvo en casos especiales en los que puede llegar a potencias por encima de los 140 W/m². Esta limitación es la más complicada de cumplir debido a las cargas de calefacción del edificio. En algunas dependencias de la Escuela Infantil la carga térmica de calefacción es muy alta y además el área de alguna de esas dependencias es muy grande. Como se ha visto en el capítulo de cargas térmicas la demanda energética en W/m² de algunas zonas supera ampliamente la limitación del fabricante. Para solucionar este problema, se ha impuesto que el circuito de tuberías no sobrepase los 100 m, aunque el fabricante para este diámetro de tubería permite la instalación de circuitos de mayor longitud. En base a esta decisión se consigue que la demanda energética que tiene que tener que asumir cada circuito no supere una demanda de 125 W/m² y tampoco sobrepase los 29°C de temperatura media del suelo, establecida por la norma UNE-EN 1264-2 [7].

Para el cálculo de la longitud del circuito se ha utilizado el área total de cada sala. Según el fabricante la longitud de los circuitos se calcula de la siguiente manera:

$$L = \frac{A}{e} + 2 \cdot l$$



Donde:

- L: longitud del circuito (m).
- A: superficie a climatizar por el circuito (m²).
- e. distancia entre tubos (m).
- l: distancia entre el colector y la superficie a climatizar (m).

Y la temperatura media del suelo se calcula de la siguiente manera:

$$T_{ms} = \frac{Q}{\alpha} + T_{int}$$

Donde:

- T_{ms}: temperatura media del suelo (°C).
- T_{int}: temperatura interior (°C).
- Q: carga térmica por unidad de superficie (W/m²).
- α: coeficiente de transmisión de calor del suelo (W/m² °C).

Para el rango de temperaturas del sistema, el coeficiente de transmisión de calor puede oscilar entre 10 y 12, y para este proyecto el valor es de 12 W/m² °C.

A la vista de los resultados obtenidos, algunas zonas del edificio, para poder cumplir con las limitaciones de Uponor y las impuestas en el proyecto, deberán tener más de un circuito, evitando superar 100 metros de longitud por circuito de suelo radiante instalado. La forma de realizar la división de cada zona en circuitos ha sido la siguiente:

- Se ha calculado la longitud del circuito por cada sala. Si el resultado obtenido supera los 100 m de longitud, el circuito se divide en dos circuitos, y a su vez la potencia térmica por unidad de longitud y el área de la sala. Si la longitud de tubería a instalar supera los 200 m, el circuito se divide en tres actuando igualmente con la potencia térmica y el área de cada sala. Seguidamente con las nuevas áreas calculadas se obtiene la temperatura media del suelo y la longitud de tubería a instalar en cada circuito.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el dimensionamiento de los circuitos de suelo radiante:



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Zona	Nº circuitos	Temp. media del suelo (°C)	Carga térmica por unidad de superficie (W/m ²)	Long. circuitos (m)
PS- Cocina	2	26,6	67,01	53,3
			67,01	55,3
PS- Vestuarios	2	28,5	89,88	53,0
			89,88	55,0
PB- Aula (0 a 1 año)	2	28,7	110,72	66,5
			110,72	68,5
PB- Sala de cunas	2	29,0	124,16	45,8
			124,16	47,8
PB- Aula (1 a 2 años)	2	28,8	112,49	95,0
			112,49	95,0
PB- Cambiador	1	21,9	11,13	21,0
P1- Aula Este	3	26,4	64,22	71,0
			64,22	73,0
			64,22	74,5
P1- Aula Oeste	3	27,0	72,33	70,0
			72,33	72,0
			72,33	75,0
P1- Aseo	1	23,2	26,15	74,5
P2- Sala polivalente	3	26,6	67,67	72,7
			67,67	74,7
			67,67	76,2
P2- Aseo	1	27,7	80,81	33,0

Tabla 7.3: Resultado dimensionamiento suelo radiante.

Debido a las cuatro plantas del edificio, se instalará un colector por planta. Con el cálculo de circuitos realizado obtenemos una distribución de los circuitos por planta de la siguiente manera:

-Colector Planta Sótano- 4 circuitos

-Colector Planta Baja- 7 circuitos

-Colector Planta Primera- 7 circuitos

-Colector Planta Segunda- 4 circuitos

Otro parámetro necesario para el dimensionamiento es el caudal máximo de agua a través de cada circuito. Estará en función de la carga térmica y del salto térmico entre la tubería de impulsión y la de retorno. Como el salto térmico es de valor fijo e igual a 10 °C, el



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

caudal de cada circuito únicamente estará en función de la carga térmica. Se calcula de la siguiente manera:

$$c = Q \cdot 0,86 \cdot \frac{1}{T_{imp} - T_{ret}} \cdot \frac{1}{3600}$$

Donde:

- c: caudal (l/s).
- Q: carga térmica (W).
- T_{imp}: temperatura de impulsión (°C).
- T_{ret}: temperatura de retorno (°C).

Con los resultados obtenidos de caudal y con el tipo de tubería elegida, gracias al diagrama de pérdida de carga en tuberías Uponor [28], se calcula la pérdida de carga por circuito.

El diagrama está basado para una temperatura de impulsión de 40 °C, pero existen unos factores de corrección para otras temperaturas. En el caso de la Escuela Infantil la temperatura de impulsión es de 43 °C, por lo que habrá que aplicar un factor de 1,015 a la pérdida de carga de cada circuito.

A las pérdidas de carga de las tuberías de distribución se debe sumar las pérdidas de cargas de los colectores. Sabiendo el caudal total del colector y el número de circuitos a los que abastece, con el diagrama de pérdidas de carga en colectores, se hallan dichas pérdidas de carga [28].

Los resultados obtenidos de las diferentes plantas que conforman el edificio se muestran en las siguientes tablas:

PLANTA SÓTANO				
Zona	Longitud de los circuitos (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga por unidad de superficie (kPa/m)	Pérdida de carga de las tuberías (kPa)
PS- Cocina	53,3	0,031	0,029	1,57
	55,3	0,031	0,029	1,63
PS- Vestuarios	53,0	0,044	0,049	2,58
	55,0	0,044	0,049	2,68
Total	216,6	0,150	0,156	8,46



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PLANTA BAJA				
Zona	Longitud de los circuitos (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga por unidad de superficie (kPa/m)	Pérdida de carga de las tuberías (kPa)
PB- Aula (0 a 1 año)	66,5	0,066	0,096	6,41
	68,5	0,066	0,096	6,61
PB- Sala de cunas	45,8	0,042	0,044	2,00
	47,8	0,042	0,044	2,09
PB- Aula (1 a 2 años)	95,0	0,096	0,185	17,55
	95,0	0,096	0,185	17,55
PB- Aseo,camb/biber	21,0	0,001	0,005	0,11
Total	439,6	0,409	0,655	52,31

PLANTA PRIMERA				
Zona	Longitud de los circuitos (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga por unidad de superficie (kPa/m)	Pérdida de carga de las tuberías (kPa)
P1- Aula Este	71,0	0,064	0,088	6,27
	73,0	0,064	0,088	6,45
	74,5	0,064	0,088	6,58
P1- Aula Oeste	70,0	0,068	0,104	7,25
	72,0	0,068	0,104	7,45
	75,0	0,068	0,104	7,77
P1- Aseo	74,5	0,008	0,007	0,53
Total	510,0	0,404	0,583	42,29

PLANTA SEGUNDA				
Zona	Longitud de los circuitos (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga por unidad de superficie (kPa/m)	Pérdida de carga de las tuberías (kPa)
P2- Sala polivalente	72,7	0,069	0,108	7,82
	74,7	0,069	0,108	8,04
	76,2	0,069	0,108	8,20
P2- Aseo	33,0	0,008	0,007	0,23
Total	256,6	0,215	0,330	24,29



En resumen, los siguientes resultados globales de longitud, caudal y pérdida de carga, son los obtenidos en los circuitos de la instalación de suelo radiante para todo el edificio, mostrados en la siguiente tabla:

ESCUELA INFANTIL					
Planta	Longitud de los circuitos (m)	Caudal (l/s)	Pérdida de carga de las tuberías (kPa)	Pérdida de carga del colector (kPa)	Pérdida de carga total (kPa)
Sótano	216,6	0,150	8,46	2,20	10,66
Baja	439,6	0,409	52,31	4,95	57,26
Primera	510,0	0,404	42,29	4,88	47,17
Segunda	256,6	0,215	24,29	3,61	27,9
Total	1422,8	1,178	127,35	15,64	142,99

Para un cálculo correcto, además de conocer la longitud de los circuitos que van desde los colectores a las diferentes estancias, se necesita la longitud y pérdida de carga producida en el circuito que impulsa agua desde la bomba de circulación hasta cada colector por planta. La longitud de tuberías de este circuito es de 15 metros y la tubería elegida de medidas 50x4,6 mm es capaz de suministrar un caudal máximo de 1,178 l/s. Con estos datos, de la gráfica de pérdidas de carga de tuberías (de 32x2,9 hasta 110x10) [28] se obtiene una pérdida de carga de 0,18 kPa/m, por lo que finalmente en el edificio se tiene:

	Pérdida de carga (kPa)
Circuito con tuberías de 16x1,8 mm	142,99
Circuito con tuberías de 50x4,6 mm	2,70
Total	145,69

Tabla 7.4: Pérdida de carga total de suelo radiante.

Después del dimensionamiento de los circuitos de suelo radiante, se pasa a detallar los equipos que cubrirán la potencia calorífica necesaria en la zona administrativa, compuesta por el despacho y la sala de reuniones.

El modelo para cada estancia es la unidad tipo cassette es PLFY-P20-VCM-E, capaz de cubrir dicha demanda. Este modelo tiene una potencia para calefactar de 2,5 kW, suficiente en comparación con la carga térmica máxima de calefacción de estas salas mostrada a continuación.

-Sala de reuniones: $Q_{\text{calefacción}} = 1960,53 \text{ W}$

-Despacho: $Q_{\text{calefacción}} = 1559,36 \text{ W}$



7.4 INSTALACIÓN DE A.C.S.

En este apartado se pasa a describir el sistema capaz de producir agua caliente sanitaria. En otro capítulo se calculó la potencia necesaria para cubrir la demanda de A.C.S. del edificio.

Conocidas las limitaciones de cobertura solar disponible en el edificio, la instalación debe intentar conseguir un ahorro energético considerable eligiendo un equipo que mejor se adapte al edificio y a estas exigencias. Además la instalación se diseña acorde con el RITE [2].

De acuerdo con lo dicho anteriormente se propone una instalación de producción de A.C.S. con sistemas de acumulación, así se consigue reducir la potencia necesaria para la producción y se obtiene un funcionamiento más homogéneo debido a la utilización de depósitos que mantiene el agua a una temperatura alta para poder utilizarla cuando se requiera. El agua acumulada no necesita de excesiva potencia para llegar a la temperatura de utilización del A.C.S. haciendo que sea óptima la acumulación para el ahorro energético buscado.

En la ITE 02.5.1 se dispone que la temperatura de preparación y acumulación debe seguir los criterios de la Norma UNE 100030 “Prevención de la legionela en instalaciones de edificios” [8]. El sistema escogido cumple con las siguientes condiciones expuestas en la norma:

- El agua se debe acumular a una temperatura de al menos 60 °C.
- Se deben asegurar los 50 °C en los puntos más alejados.
- La instalación permitirá que el agua alcance los 70 °C para su pasteurización.
- Los depósitos estarán aislados para evitar el descenso de la temperatura.
- Disponer en el agua de aporte de sistemas de filtración según la norma UNE-EN 13443 [9].
- Facilitar la accesibilidad a los equipos para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.
- Disponer de un sistema de válvulas de retención según la norma UNE-EN 1717 [10], que evite retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado y, en especial, cuando sea necesario, para evitar mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.

La elección del depósito se justifica en función de la demanda, el servicio y el uso lógico de la energía, tal y como se indica en la ITE 02.5.2 [2].

El depósito seleccionado es de la marca Lapesa, serie Coral Vitro modelo M1, el cual está fabricado de acero vitrificado y tendrá una capacidad de A.C.S. de 500 litros, suficiente para las exigencias del edificio. En el tanque se acumula el agua caliente

procedente del intercambiador de calor. Por su parte inferior se introduce el agua de red y por su parte superior se manda el agua a los puntos de consumo. Este modelo incorpora un serpentín interno que permite que el intercambio de calor se produzca en el interior del depósito. El depósito garantiza que la presión y temperatura de trabajo cumplen la normativa vigente. Irá instalado verticalmente en una sala acondicionada para este uso, esta sala se encuentra en la planta sótano de la guardería.

Como se ha dicho al principio del capítulo, para la demanda de frío y calor del edificio se ha instalado una bomba de calor con recuperación de calor. El fabricante de estos equipos ofrece una unidad interior tipo Booster conectable a la bomba de calor, que gracias al aprovechamiento de la energía del aire es capaz de calentar agua sin gasto energético adicional en los momentos de producción de frío. Esta unidad es de la marca Mitsubishi Electric de la serie “Air to Water” y el modelo es el PWFY-P100-BU [27], capaz de calentar el agua hasta una temperatura de 70°C. Este equipo tiene una capacidad de hasta 12,5 kW, y la estimación del mes con mayor demanda de A.C.S. no supera los 2000 W.

Esta unidad lleva incluido un pequeño compresor rotativo con un circuito de refrigerante R134A y un intercambiador de gas/agua que produce agua a 45°C. Ese gas es el que proviene de la unidad exterior. El compresor se encarga de subir hasta 70°C cuando se necesita hacer un tratamiento de pasteurización. En el siguiente esquema se muestran las partes principales de la unidad, en el anexo se mostrará con más detalle.

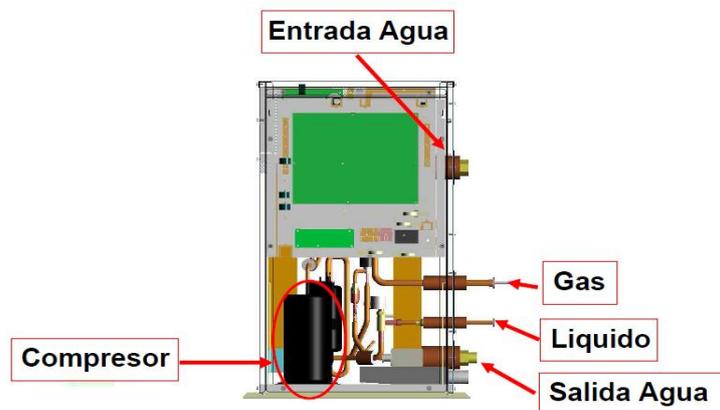


Figura 7.7: Esquema de la unidad PWFY-P100-BU.

Al igual que el acumulador, esta unidad se encontrará en una sala previamente proyectada para este uso, habilitada en la planta sótano del edificio.

Debido a las características de la unidad interior, se ha considerado totalmente adecuada para la producción de agua caliente sanitaria, puesto que el ahorro en la producción hace de ella una elección acorde con los objetivos principales del proyecto. La utilización de este sistema aporta una alta eficiencia en la instalación, siendo uno de los sistemas más avanzados para el suministro de agua caliente sanitaria en la actualidad.

Para el control de las temperaturas se instalan distintos tipos de válvulas. A la salida de la unidad se colocará una válvula de corte, al igual que a la salida de A.C.S. del acumulador y en la entrada de agua a dicho depósito. También se utiliza una electroválvula de tres vías (retorno, agua fría y distribución de ACS) que actúa mediante un motor comandado por un regulador que recibe la señal de una sonda de temperatura. La conexión del retorno de A.C.S. al depósito y a la tercera vía consigue que en los momentos de bajo consumo, solo circule el caudal estrictamente necesario.

En la instalación, la circulación de agua se llevará a cabo a través la bomba de circulación, a través del circuito de suministro y retorno de A.C.S., puesto que la producción se realiza por acumulación. En páginas posteriores se dimensionará y justificará la elección de bombas de circulación en el proyecto al igual que los vasos de expansión, también necesario para esta instalación.

El sistema de producción de A.C.S incorpora todos los elementos, como filtros, manómetros, sondas o contadores, necesarios para el control y regulación de la instalación. El siguiente esquema representa en líneas generales el circuito de A.C.S. diseñado para la Escuela Infantil.

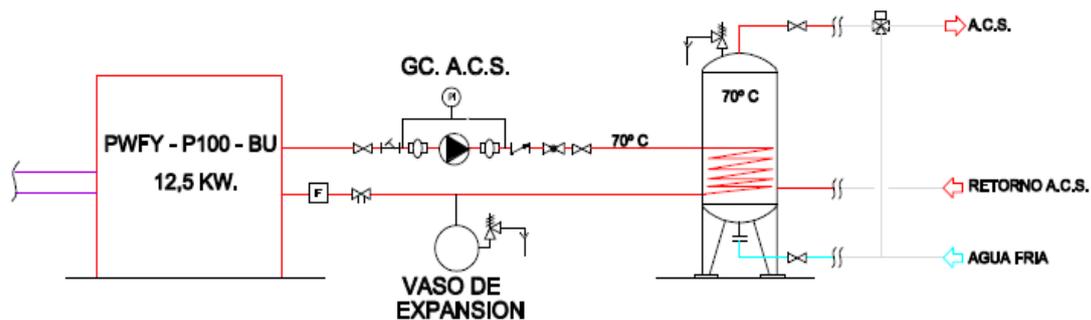


Figura 7.8: Esquema del circuito de A.C.S.

Desde la sala de la planta sótano donde se encuentra el tanque de acumulación y la unidad PWFY-P100-BU parte una red de conductos para la distribución de A.C.S. a los puntos del edificio que lo requieran, análoga a la red de agua fría.

La instalación dispondrá de una red de retorno compuesta por un colector de retorno y columnas de retorno. Se dispondrá de válvulas de asiento para regular y equilibrar hidráulicamente el retorno impidiendo que el agua una vez suministrada pueda volver hacia otros puntos de consumo.

Se diseña la instalación permitiendo un posible vaciado de la misma, de manera que se puedan efectuar reparaciones parciales sin necesidad de cortar el servicio al conjunto de la instalación.



7.5 INSTALACIÓN DE VENTILACIÓN

7.5.1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente estudio es definir y precisar los requisitos y características de la instalación de ventilación del edificio.

Al tratarse de una escuela infantil, se dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del caudal de aire suficiente, para elevadas concentraciones de contaminantes de acuerdo con el apartado de 1.4.2.2 del RITE [2]. El sistema se diseña según el procedimiento marcado en la norma UNE-EN 13779 [3]. De esta manera se eliminarán los contaminantes producidos por el uso normal del edificio y se aportará aire exterior, garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

En cumplimiento de la IT 1.1.4.2.4[2] se establecerá un nivel de filtración del aire exterior mínimo de ventilación, en función de la calidad del aire interior (IDA) y en función de la calidad del aire exterior (ODA).

El edificio se encuentra localizado en el centro de Madrid, por lo que la contaminación del aire exterior es alta. Se ha considerado un nivel de calidad de aire exterior para toda la instalación ODA 4, aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Las estancias a ventilar se encuentran distribuidas en tres plantas, baja, primera y segunda. En la planta baja se encuentran un aula, una sala de cunas y una aula de bebés. En la planta primera dos aulas para niños de 2 a 3 años. Y en la segunda, la zona administrativa compuesta por un despacho y una sala de reuniones, además de una sala polivalente, que a efectos de cálculo también se considerará como aula. En todas las plantas existen además espacios auxiliares, como aseos, almacenes, cocina, etc. que contarán con un sistema de ventilación independiente mediante extractores.

Según el apartado 1.1.4.2.2 del RITE [2], este tipo de edificio según su utilización debe tener la siguiente clasificación de calidad del aire interior:

Aulas de infantil y bebés:	Clase IDA1 (aire de óptima calidad)
Despacho y sala de reuniones:	Clase IDA 2 (aire de buena calidad)

El aire recirculado, en función del apartado 1 de la I.T.1.1.4.2.5 [2], puede clasificarse tipo AE1, bajo nivel de contaminación, aire extraído de oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones, espacios de uso, escaleras y pasillos. Por lo que tal y como se indica en el apartado 3 de la misma instrucción del RITE, puede ser retornado al local.



Por otro lado, la I.T.1.2.4.5.2 [2] sobre recuperación de calor del aire de extracción indica que cuando el caudal de aire expulsado al exterior por medios mecánicos supera $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1800 \text{ m}^3/\text{h}$) la energía del aire expulsado ha de recuperarse.

Las clases de filtración empleadas en la instalación cumplen con lo establecido en la tabla 1.4.2.5 del RITE [2] para filtros previos y finales. Utilizando como filtros previos para las aulas los F6 y finales los F9, y para el despacho y la sala de reuniones, previos F6 y finales F8. La elección se debe a la calidad del aire interior (IDA) y la calidad del aire exterior (ODA).

7.5.2 MÉTODO DE CÁLCULO

El caudal de aire exterior mínimo de ventilación se puede calcular de acuerdo con diversos procedimientos:

- Caudal de aire exterior por persona.
- Caudal de aire exterior basado en la calidad del aire percibido.
- Caudal de aire exterior basado en la concentración de dióxido de carbono.
- Caudal de aire exterior por superficie.
- Caudal de aire exterior por el método de dilución.

Para el caso que de la Escuela Infantil, con el fin de lograr la mejor calidad de aire posible, con el menor caudal de aire primario y la mejor ventilación posible se ha utilizado el método por calidad de aire percibido [2].

A continuación se procede al cálculo de las necesidades de ventilación de la Escuela Infantil. Se considera el edificio construido con materiales convencionales con las siguientes superficies y la ocupación estimada con la que se han calculado las cargas térmicas:

Planta	Descripción	Ocupación (personas)	Superficie (m^2)	IDA
2 ^a	Sala polivalente	20	42,40	1
2 ^a	Despacho	2	14,40	2
2 ^a	Sala reuniones	6	19,30	2
1 ^a	Aula Este	20	41,40	1
1 ^a	Aula Oeste	20	39,60	1
Baja	Aula (0 a 1 año)	11	25,00	1
Baja	Sala Cunas	9	14,30	1
Baja	Aula (1 a 2 años)	20	35,60	1
TOTAL		108	232,00	

Tabla 7.5: Características por zonas del edificio. Ocupación, superficie y clasificación de aire exterior.



Para lograr la reducción de la carga sensorial se utiliza el concepto de los sumideros de contaminación, DITE Calidad de Aire [14]. La manera de lograr la reducción de la carga sensorial es utilizando un sistema de purificación de aire. Esto implicará una reducción de los caudales de aire primario de ventilación que se precisan para mantener la calidad del aire necesaria en cumplimiento con el RITE. A su vez conseguirá un menor coste energético.

Por lo explicado anteriormente se dispondrá de una instalación de renovación de aire mediante Sistemas Integrados para el Ahorro de la Ventilación (SIAV) [29], distribuyendo la ventilación en las distintas estancias mediante conductos, rejillas de difusión y de extracción a través del falso techo.

Gracias a las características de estos equipos se consigue una mejora considerable del nivel de confort del aire interior evitando la reducción en incidencia de enfermedades cíclicas, alergias y otras patologías, dando cumplimiento a los requerimientos de ventilación del RITE.

Los SIAV darán servicio a todas las dependencias del centro excepto los cuartos de instalaciones, aseos, cocina y cuartos de servicio como almacenes.

La instalación de ventilación aportará el caudal necesario para mantener la calidad del aire necesaria para cumplir los requerimientos del RITE teniendo en cuenta la calidad del aire percibido.

Para que los SIAV tengan la eficacia anteriormente reseñada, se deben dimensionar para un número determinado de recirculaciones de aire. Este cálculo viene dado por los siguientes factores:

- Volumen del espacio a tratar.
- Caudal de aire primario.
- Tasa de emisión de contaminantes exterior e interior
- Eficacia del sistema de filtración.

Utilizando el método de calidad del aire percibido, el caudal de aire de ventilación necesario es:

$$Q = 10 \cdot \frac{G_o}{C_{api} - C_{ape}} \cdot E_p$$

Donde:

- G_o : carga sensorial total (olf).
- C_{api} : calidad del aire interior percibida (decipol).
- C_{ape} : calidad del aire exterior percibida (decipol).
- E_p = Ratio de eficacia de purificación.



El olf y el decipol son dos unidades de medida de tasa de contaminantes producidos por una persona y la tasa de contaminación de una persona con una tasa de ventilación de 10 l/s de aire no contaminado, respectivamente. El factor 10 es por la conversión de olf a decipol.

Dado que las estancias tienen distinta IDA, se dividen los cálculos agrupando las estancias en función de esta, tal y como se muestra a continuación.

Aulas infantiles:

La carga sensorial total en olf es función de los siguientes factores:

Carga sensorial debida a los ocupantes: guardería: 1,2 olf/ocupante.
100 ocupantes x 1,2 olf/ocupante = 120 olf

Carga sensorial debida al edificio: guardería: 0,4 olf/m²
198,30 m² x 0,4 olf/m² = 79,32 olf

Carga sensorial total: 199,32 olf

La calidad del aire exterior corresponde a ODA 4 por lo que se le asignan 0,5 decipol y para una IDA1 calidad del aire interior percibida será 0,8 decipols [2]. El ratio de reducción de contaminantes del SIAV es de 0,10 puesto que la combinación de filtros arroja unos valores de eliminación de contaminantes del 90%.

$$Q = 10 \cdot \frac{G_0}{C_{api} - C_{ape}} \cdot E_p = 10 \cdot \frac{199,32}{0,8 - 0,5} \cdot 0,1 = 664,4 \text{ l/s}$$

De acuerdo al método de calidad del aire percibido, el caudal de aire de ventilación para el conjunto de las estancias será de 664,4 l/s. El caudal de ventilación resultante es de 6,64 l/s persona.

De acuerdo con los cálculos de requerimiento de aire primario de ventilación se deben instalar unidades SIAV que consigan los siguientes caudales:

-Caudal total de aire primario $Q = 664,4 \text{ l/s} = 2391,84 \text{ m}^3/\text{h}$

-Caudal de recirculación del SIAV: para obtener valores de retención de contaminación del orden del 90%, los SIAV deben recircular el aire de las estancias teniendo en cuenta la calidad del aire exterior ODA, interior IDA y el caudal de aire primario, en este caso:



Para ODA4 e IDA1:

- Caudal de Aire total a tratar = 3 x Q
- Q total = 3 x 2391,84= 7193,52 m³/h

Despacho y sala de reuniones

La carga sensorial total en olf es función de los siguientes factores:

Carga sensorial debida a los ocupantes: actividad sedentaria: 1 olf/ocupante.
8 ocupantes x 1 olf/ocupante = 8 olf

Carga sensorial debida al edificio: oficina: 0,3 olf/m²
33,70 m² x 0,3 olf/m² = 10,11olf

Carga sensorial total: 18,11olf

La calidad del aire exterior corresponde a ODA 4 por lo que se le asignan 0,5 decipol y para una IDA2 calidad del aire interior percibida será 1,2 decipols [2]. El ratio de reducción de contaminantes del SIAV es de 0,10 puesto que la combinación de filtros arroja unos valores de eliminación de contaminantes del 90%.

$$Q = 10 \cdot \frac{G_0}{C_{api} - C_{ape}} \cdot E_p = 10 \cdot \frac{18,11}{1,2 - 0,5} \cdot 0,1 = 25,87 \text{ l/s}$$

De acuerdo al método de calidad del aire percibido, el caudal total de aire de ventilación para el despacho y la sala de reuniones será de 25,87 l/s. El caudal de ventilación resultante es de 3,23 l/s persona.

De acuerdo con los cálculos de requerimiento de aire primario de ventilación se deben instalar unidades SIAV que consigan los siguientes caudales:

-Caudal total de aire primario $Q = 25,87 \text{ l/s} = 93,13 \text{ m}^3/\text{h}$

-Caudal de recirculación del SIAV: Para obtener valores de retención de contaminación del orden del 90%, los SIAV deben recircular el Aire de las estancias teniendo en cuenta la calidad del Aire exterior ODA, interior IDA y el caudal de Aire primario, en este caso:

Para ODA4 e IDA2:

- Caudal de Aire total a tratar = 3 x Q
- Q total = 3 x 93,13= 279,39 m³/h



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

En total para las diferentes estancias con diferentes calidades del aire se tiene:

-Caudal total de aire primario: 2484,97 m³/h

-Caudal total de aire: 7472,91 m³/h

Diferenciación por zonas

En la siguiente tabla se especifican los caudales de aire primario a impulsar, de aire necesario a recircular y el total por zona del edificio y los equipos SIAV que dan servicio a cada zona o conjunto de ellas:

Planta	Descripción	Caudal de aire primario calculado (m ³ /h)	Caudal de aire total calculado (m ³ /h)	Caudal de aire primario instalado (m ³ /h)	Caudal de aire total instalado (m ³ /h)	Caudal de aire de recirculación (m ³ /h)	SIAV
2 ^a	Sala polivalente	491,52	1474,56	491,52	1400	908,48	AL-25.16G
2 ^a	Despacho	32,50	97,51	32,50	100	67,50	
2 ^a	Sala reuniones	60,63	181,90	60,63	100	39,37	
1 ^a	Aula Este	486,72	1460,16	486,72	1600	1113,28	AL-25.16G
1 ^a	Aula Oeste	478,08	1424,34	478,08	1600	1121,92	AL-25.16G
Baja	Aula (0 a 1 año)	278,40	835,20	278,40	800	521,60	AL-25.16G
Baja	Sala Cunas	198,24	594,72	198,24	800	601,76	
Baja	Aula (1 a 2 años)	458,88	1376,64	458,88	1600	1141,12	AL-25.16G

Tabla 7.6: Relación de caudales de aire por zonas del edificio.

En consecuencia de los cálculos realizados se necesita instalar 5 unidades SIAV para lograr los caudales mostrados en la tabla. Estas unidades SIAV serán de la marca Aire Limpio, modelo AL25-16G, capaces de aportar y procesar el aire necesario según el método de diseño de calidad de aire percibido.

Los SIAV dan servicio a las distintas estancias de la siguiente manera:

-Impulsión de 1.600 m³/h de aire desde los SIAV hasta las rejillas de impulsión.

-Aire primario 500 m³/h
-Aire de recirculación 1.100 m³/h

-Retorno de aire: desde las rejillas de retorno de cada aula hasta el equipo.

-Toma de aire primario.



El trazado de la red de conductos de ventilación desde la unidad de aportación y tratamiento de aire a las distintas dependencias se realizará por los falsos techos en montaje suspendido del forjado.

Se necesitan tomas de aire para introducir el aire exterior necesario para el funcionamiento de estos equipos. Para ello se instalarán unas persianas de toma de aire en la zona perimetral del edificio, de la marca Koolair del modelo 210 TA. Para cada unidad es necesaria una toma de aire primario, y el caudal de aire primario máximo necesario para el SIAV es de $500 \text{ m}^3/\text{h}$, con lo que se eligen todas las persianas de toma de aire del mismo tamaño. Según tabla de selección [30] resulta necesario la instalación de cinco rejillas de medida $500 \times 200 \text{ mm}$, suficiente para la entrada de aire primario deseada.

Los sistemas SIAV AL-25.16G se han diseñado con filtros que mejoran sustancialmente las condiciones del aire interior en entornos escolares. Estos filtros eliminan las partículas en suspensión de los contaminantes que de otro modo se concentrarían en la superficie o serían inhalados por los ocupantes de la Escuela Infantil.

7.5.3 FUNCIONAMIENTO

El sistema introduce aire primario, lo mezcla con el aire extraído del aula (AE1) y lo devuelve al aula tratado, en función de las exigencias IDA/ODA del RITE. De esta forma el aire AE1 se convierte en caudal de recirculación no siendo expulsado al exterior. En el siguiente esquema se observa el conexionado de las tuberías hacia el sistema elegido.

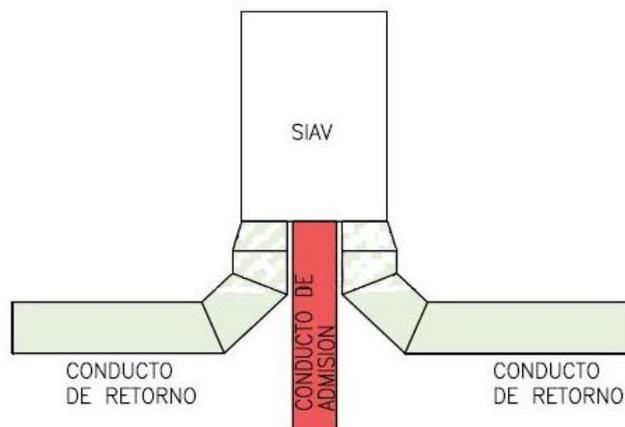


Figura 7.9: Detalle del conexionado de los conductos.

De la figura se aprecia que en el SIAV junta el aire impulsado desde el exterior, aire primario, con el aire recirculado de las estancias donde da servicio el sistema de ventilación correspondiente. Este aire mezclado y purificado, vuelve a las distintas zonas del edificio a través del sistema de conductos y de las rejillas de impulsión.



La recirculación del aire de extracción ofrece muchas ventajas, entre las que destacan:

- Es una fuente de calor excelente por los niveles térmicos, que se sitúan entre 21 y 25 °C. En este rango de temperaturas se moverá el edificio del proyecto, tanto en invierno como en verano.
- Las temperaturas de trabajo son constantes.
- La calidad del fluido es buena, puesto que se trata del aire procedente de local climatizado.
- Es fácilmente accesible en el caso de instalaciones centralizadas de climatización.

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos recogidos en la IT 1.2.4.3.1 [2]. En el proyecto se ha empleado el método IDA-C3, control por tiempo, donde el sistema funciona de acuerdo a un determinado horario adaptándose al funcionamiento de la Escuela Infantil.

Con este método se mantiene una calidad del aire aceptable, consiguiendo unas condiciones confortables para los usuarios, así se produce una reducción notable del nivel de ruido. Este ahorro es debido a la reducción de potencia necesaria para acondicionar la cantidad de aire que se introduce en la instalación y a la reducción de potencia eléctrica consumida por los ventiladores.

7.6 SISTEMA DE CONDUCTOS

En la guardería, el sistema de conductos tiene como misión transportar el aire desde las unidades interiores hasta las distintas estancias a climatizar, mediante sobrepresiones generadas por las climatizadoras. También abarca los conductos de recirculación y retorno. Dentro de los elementos que constituyen el sistema se distinguen los conductos, los elementos terminales y los sistemas que impulsan el aire, ventiladores, unidades interiores y los equipos del sistema de ventilación.

7.6.1 ELEMENTOS TERMINALES

Los diferentes tipos de elementos terminales instalados en un local tienen como función distribuir el aire en el mismo. Además de cumplir esa función, también deben homogeneizar el aire, evitar estratificaciones y compensar las cargas térmicas.

La correcta elección de los elementos de difusión conlleva a tener una instalación confortable, para ello se necesita conseguir velocidades de aire correctas, temperaturas homogéneas y ruidos admisibles.



En el proyecto se han utilizado diferentes tipos de rejillas y difusores. El aire tratado es impulsado a través de los conductos y se impulsa al local a través de unos difusores, que dependiendo de las exigencias calentará o enfriará la sala, en este proyecto se utilizarán para refrigerar. Ese aire será absorbido a través de unas rejillas de retorno y extractores, que se encargaran de reconducir el aire hacia el exterior o hacia los sistemas de purificación de aire.

Para la elección de los elementos terminales, existen diferentes parámetros a tener en cuenta, como:

- **Caudal:** caudal máximo que admite el difusor.
- **Velocidad efectiva:** Es la velocidad de paso de aire en la boca de impulsión. Una diferente velocidad efectiva viene dada por las limitaciones de alcance, pérdida de carga y nivel sonoro. Esta velocidad viene definida en las tablas de selección [30].
- **Nivel sonoro:** se debe tener en cuenta la cantidad de ruido que produce el aire al pasar por el difusor. Este es uno de los criterios a la hora de seleccionar un difusor. La normativa al respecto (I.T.E. 02.2.3.1 Ruidos) [2] exige que los niveles sonoros en el ambiente interior no sean superiores a los valores máximos admisibles que figuran la tabla 3 de ese mismo documento, para este tipo de edificio es de 45 dBA.
- **Pérdida de carga:** Es la pérdida de presión que sufre el aire al atravesar el difusor. Se evitará la elección con elevada pérdida de carga.
- **Alcance:** Es la distancia desde la unidad de impulsión al punto en el que la velocidad en el centro de la vena de aire alcanza un valor mínimo final. Este dato es proporcionado por el fabricante e indica hasta donde llega la vena de aire y la zona que es capaz de climatizar el elemento de difusión.

Para realizar el dimensionamiento correcto de los difusores y rejillas de impulsión se debe tener en cuenta estos cinco parámetros.

Se han elegido las rejillas de impulsión de doble deflexión para la impulsión de aire de los equipos SIAV. Sin embargo el aire generado por las unidades climatizadoras será impulsado a cada local a climatizar a través de difusores circulares. Las características principales de estos elementos terminales se describen a continuación.

- **Rejillas de impulsión de doble deflexión:** Dispone de dos filas de aletas, una en horizontal y otra en vertical. Las aletas son regulables variando su orientación, incluso una vez instaladas. Deben ser reguladas manualmente.



- **Difusores circulares:** Suministra el aire en varios planos y direcciones. Su montaje se realiza en falsos techos o suspendidos del techo. Su forma circular garantiza una difusión uniforme del aire en todas direcciones, lo que proporciona un elevado índice de inducción del aire ambiente.

En la elección de rejillas de retorno y bocas de extracción sólo se tiene en cuenta el caudal de aire a retornar, la pérdida de carga y el nivel sonoro.

Para el retorno de aire que se utilizará para la recirculación hacia el sistema de ventilación se han seleccionado rejillas de retorno de lamas fijas. También estas rejillas de retorno se utilizan para las estancias de la escuela que no requieren recirculación ni impulsión de aire, pero si requieren de su extracción, como son almacenes, cuartos de basura, despensa, lavandería, etc. Todas estas salas se encuentran en la planta sótano.

La extracción necesaria en aseos se soluciona mediante la colocación de bocas de extracción circulares situadas en el techo de los aseos. Todas las bocas de extracción estarán conectadas a una red de conductos hasta un conducto central que discurre por un patinillo interior desde la planta sótano hasta la cubierta del edificio, recogiendo las extracciones de cada planta. Para evitar olores se expulsará la totalidad del aire extraído.

A continuación se describen los elementos utilizados para la extracción y retorno.

- **Rejillas de retorno de lamas fijas:** Se utilizan para captar el aire de retorno hacia la unidad climatizadora y para la extracción de aire en locales. Sus aletas están unidas al marco sin posibilidad de ser reguladas. Son fijas ya que no tienen como misión la de dirigir el aire en ninguna dirección en concreto. En el proyecto se utilizan las de aletas horizontales fijas a 45°.
- **Bocas de extracción:** Se utilizan para la extracción de aire viciado en baños, aseos y cocinas.

Para el suministro de rejillas, difusores y bocas de extracción se ha elegido la marca Koolair [30].

Es importante en la elección de difusores circulares no sobrepasar los límites de ruido estipulados y elegir una velocidad efectiva adecuada para el confort del usuario. Pero además hay que tener en cuenta el caudal, que en este caso se toma como el máximo que es capaz de impulsar el ventilador de la unidad interior correspondiente a cada sala. Se ha elegido como difusor circular el modelo 43 SF. Para elegir el tamaño adecuado, se acude al catálogo de Koolair [30] y con los criterios de caudal, ruido y velocidad se elige el adecuado para cada estancia. Debido a la gran superficie de algunas salas y a la limitación de alcance de los difusores, en la mayoría de estancias se ha de instalar más de un difusor.



El modelo elegido de rejillas de impulsión es el 20-DH-O. Como en el caso de los difusores circulares, hay que tener en cuenta el nivel de ruido, la velocidad efectiva y el caudal a la hora de adentrarse en el catálogo de rejillas de impulsión de doble deflexión. Pero aquí el caudal a tener en cuenta será el total que debe introducir el sistema de purificación para cumplir con las exigencias de calidad del aire. El caudal que aporta cada unidad de renovación de aire es de $1600 \text{ m}^3/\text{h}$.

Muy similar son los pasos a seguir para la elección de las rejillas de extracción. Solo que aquí el valor de caudal con el que se debe introducir en la tabla de selección del catálogo es el caudal de recirculación, excepto las estancias de la planta sótano antes mencionadas. Varía dependiendo del aire primario a impulsar en cada sala. El modelo elegido de rejilla de retorno es el 20-45-HO.

La extracción de las salas de la planta sótano que no requieren recirculación del aire se realiza de una forma similar a la extracción de aseos. Irá unidas por una red de conductos que da a parar a un conducto vertical que discurre por un patinillo interior hasta la cubierta del edificio donde se expulsará el aire de las distintas estancias situadas en la planta sótano. La extracción se realizará mediante ventiladores y a la salida de los mismos se colocan sus correspondientes rejillas de expulsión de aire de la serie 25 H.

En cuanto a las bocas de extracción, la marca suministradora da diferentes opciones. Se ha optado por utilizar el modelo GPD 010. Los datos de las bocas de extracción se han extraído suponiendo una apertura de reglaje de 0 mm.

La selección de elementos terminales de difusión de aire se ha realizado de forma que, cumpliendo las condiciones de alcance y velocidad residual de aire en la zona ocupada, el nivel de presión sonora en el elemento terminal, se adapte a los valores máximos indicados por la normativa aplicada. En el anexo se encuentran las tablas de resultados de los elementos terminales instalados en la guardería.

7.6.2 CONDUCTOS

Los conductos son los encargados de distribuir el caudal de aire por las diferentes zonas del edificio. La red de conductos se puede clasificar en función de diferentes características:

- | | |
|-------------------------------|---|
| La velocidad del aire: | <ul style="list-style-type: none">– Baja velocidad: $v < 6 \text{ m/s}$– Media velocidad: $6 \text{ m/s} < v < 10 \text{ m/s}$– Alta velocidad: $v > 10 \text{ m/s}$ |
| El aire transportado: | <ul style="list-style-type: none">– Conducto de impulsión– Conducto de extracción– Conducto de retorno |



- El material empleado:**
- Metálicos
 - De fibras de vidrio
 - Textiles
- La forma:**
- Circulares
 - Rectangulares

Los conductos de impulsión y retorno utilizados en el proyecto son rectangulares a partir de paneles de fibra de vidrio de alta densidad, marca Isover, tipo Climaver Plus R [31], regulados por la norma UNE-EN 13403 [11]. Estos conductos tendrán un acabado exterior en chapa de aluminio y también estará aislado exteriormente con malla de fibra de vidrio tipo IBR, contribuyendo a disminuir el ruido causado por el paso de aire. Los espesores del aislamiento, en función de la conductividad de éste, cumplirán con lo exigido en la IT 1.2.4.2.2 [2]. El cumplimiento de los espesores de aislamiento es importante puesto que reduce el consumo energético, evitando pérdidas de energía por filtraciones y transmisión de calor.

Los conductos de extracción, para aseos y almacenes, se realizarán en chapa galvanizada con bridas METU según norma UNE-100-102 [12].

Un conducto de aire queda definido por una serie de parámetros que se detallan a continuación:

Sección de paso: Es el área interior perpendicular al paso del aire. En el proyecto se utilizarán conductos rectangulares, con lo que la sección de paso será:

$$S = a \cdot b$$

Donde:

S: superficie (m²)

a: ancho (m)

b: alto (m)

Rugosidad: La rugosidad indica si el interior de un conducto es más o menos liso. La circulación será más sencilla si el conducto es más liso. Normalmente los conductos de chapa y plástico son menos rugosos.

Velocidad: La velocidad máxima depende del tipo de conducto y del tipo de instalación. Un aumento de la velocidad por encima de los valores recomendados aumentará el nivel de ruido y la pérdida de carga en los conductos.



Presión: La presión en el interior de un conducto se puede clasificar en:

- Baja presión (clase I): Hasta 90 mm c.a.
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 mm c.a.
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 mm c.a.

Caudal: El caudal es el volumen de aire por unidad de tiempo. Este caudal viene determinado por la máquina de aire acondicionado elegida o por la impulsión de aire del sistema de recirculación. Gracias al cálculo de cargas térmicas se conoce el aire necesario a impulsar en cada zona a climatizar.

Estos parámetros permiten un diseño correcto del sistema de conductos, poniendo especial atención a la pérdida de presión, puesto que al circular el aire por un conducto se provocan choques y rozamientos con las paredes que provocan su frenado. Cuanto mayor sea dicho roce y la fuerza de los choques, mayor presión necesitará aportar el ventilador para que circule el caudal necesario, es decir el roce provoca una pérdida de presión o de carga. Esta pérdida de carga se mide igual comparando la presión existente al principio del tramo a medir y la presión del final y depende de la velocidad del aire y de la forma y material del conducto.

La pérdida de carga sufrida por el aire se divide en pérdida de carga en el conducto y pérdida de carga por singularidades.

Para el cálculo de la pérdida de carga en el conducto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D_{eqv}} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Donde:

- ΔP : pérdida de carga por fricción en el conducto (Pa).
- f : factor de fricción adimensional.
- L : longitud del conducto (m).
- D_{eqv} : diámetro equivalente (m).
- ρ : densidad del aire (kg/m^3).
- v : velocidad del aire (m/s).

Estas pérdidas se producen a lo largo de toda la extensión lineal del conducto. Para facilitar el cálculo de pérdida de carga, se utilizan los gráficos de pérdidas por rozamiento con la que se averigua la pérdida de carga unitaria que se produce en un conducto por el que pasa un determinado caudal.



La pérdida de carga sufrida en los conductos se obtiene del gráfico de pérdidas por rozamiento en conductos redondos suministrado por la Ashrae [13].

El gráfico se ha realizado para conductos redondos. En el proyecto se han utilizado rectangulares, por este motivo se ha de definir un diámetro equivalente para poder adentrarse en el gráfico. El diámetro equivalente queda definido con la siguiente expresión:

$$D_{eqv} = 1,3 \cdot \frac{(a \cdot b)^{0,625}}{(a+b)^{0,25}}$$

Conocido el caudal y el diámetro equivalente, se obtiene la pérdida de carga unitaria y si se multiplica por la longitud del tramo, se obtiene la pérdida de carga total en el conducto.

Las pérdidas de carga por singularidades son debidas a las turbulencias producidas por los codos, bifurcaciones y cambios de sección. Es posible realizar el cálculo de estas pérdidas de dos formas, por longitud equivalente o por el empleo de coeficientes de pérdida.

Para este proyecto se ha utilizado el método de coeficientes de pérdida. Consiste en sumar las pérdidas producidas por cada accesorio. Estas pérdidas se calculan con la siguiente expresión:

$$\Delta P = k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

En esta expresión el valor k es un coeficiente adimensional, llamado coeficiente de pérdida, que depende del tipo de accesorio considerado. Los coeficientes k de pérdida de carga están tabulados para los distintos tipos de accesorios habitualmente utilizados en las redes de conductos [31].

Además de los accesorios mencionados, los elementos terminales también producen pérdidas, que se muestran en las tablas de elementos terminales en el anexo.

Otro dato importante para el dimensionado de los conductos, es el nivel sonoro. Anteriormente se ha explicado, que debido al uso docente del edificio, el nivel sonoro no debe sobrepasar los 45 dBA, para mantener el confort adecuado de los usuarios del centro. Este dato es importante a la hora de elegir la velocidad por la que atraviesa el aire los conductos.



Después de comentar los diferentes parámetros que afectan al cálculo de la red de conductos, hay que distinguir diversos métodos posibles para dimensionar cada tramo. Existen varios métodos que permiten diseñar las redes de conductos de aire, entre ellos se encuentran:

- Método de reducción de velocidad
- Método de pérdida de carga constante
- Método de recuperación estática
- Método T

Para el dimensionado del sistema de conductos de la Escuela Infantil se ha utilizado el método de pérdida de carga constante. Consiste en calcular los conductos de forma que la pérdida de carga por unidad de longitud máxima en todos los tramos del sistema sea idéntica. El área de la sección de cada conducto está relacionada únicamente con el caudal de aire que transporta, por tanto, a igual porcentaje de caudal sobre el total, igual área de conductos.

El dimensionado de los conductos se realizará a baja velocidad, tomando como criterios de diseño que la pérdida de carga por metro lineal de conducto sea inferior a 0,06 mm.c.a. y la velocidad sea inferior a 7 m/s en los tramos verticales y horizontales. En los tramos de los conductos próximos a los patinillos, algunos conductos situados en la planta sótano y procedentes de climatizadoras, se ha admitido pérdidas de carga lineal superiores a 0,06 mm.c.a., en cualquier caso la velocidad se mantendrá por debajo de los 7 m/s. Esta velocidad se encuentra dentro de las recomendaciones de nivel de ruido establecidas.

Considerando lo dicho en el párrafo anterior, el procedimiento en la selección de conductos se ha basado en conocer el caudal a impulsar o extraer. El caudal impulsado desde las unidades interiores viene dado por el fabricante y se ha considerado el caudal correspondiente para alta velocidad, puesto que se ha dimensionado para poder vencer las cargas térmicas máximas. En los sistemas de ventilación, el caudal también ha sido suministrado por el fabricante, tanto en impulsión como en recirculación. Con este dato, se ha introducido en la gráfica de pérdidas por rozamiento, sin sobrepasar la pérdida unitaria máxima y la velocidad límite, y se ha seleccionado un diámetro máximo. Con este dato se han seleccionado los conductos en base a la limitación de espacio en el edificio y también se ha tenido en cuenta la utilización de conductos de menor sección puesto que implica una reducción del coste de la instalación. Una vez elegida la sección que esté dentro de los límites establecidos y de las singularidades del edificio, se calcula el diámetro equivalente y la velocidad, y con el caudal necesario se obtiene la pérdida de carga unitaria. Esta manera de seleccionar los conductos es más engorrosa pero permite una adaptación total al espacio del edificio y se consigue un gran ahorro en material.



Al adaptarse al edificio, las redes de conductos de distribución de aire contarán con bastantes bifurcaciones, codos y contracciones a lo largo del falso techo. La medida del falso techo en todo el edificio es de 30 cm, por lo que se debe adaptar la altura de los conductos a esta limitación del edificio.

Como consecuencia de la instalación de los sistemas de ahorro en ventilación, el sistema de conductos es mayor y más complejo, siendo necesario el ahorro de espacio y material.

El sistema de conductos de la Escuela Infantil se puede diferenciar en tres subsistemas. Uno de ellos es el de impulsión de aire desde las unidades interiores hasta cada estancia, otro el de extracción de aire viciado y por último la recirculación del aire llevada a cabo por los sistemas de ventilación.

La extracción del aire viciado se realizará a través de dos patinillos interiores, uno para la planta baja y otro para los demás aseos, tal y como se muestran en los planos. La extracción de aire se realiza en la cubierta del edificio donde irán instalados los tres ventiladores capaces de extraer el aire de estas redes de conductos. Por este motivo es necesario un correcto cálculo para poder seleccionar los ventiladores adecuados para esta función.

En el anexo se encuentran los resultados de los conductos de impulsión, recirculación y extracción y los planos correspondientes.

7.7 DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

En este apartado se detallan y dimensionan otros elementos que también componen la instalación de climatización y son totalmente necesarios para el funcionamiento global de la misma.

7.7.1 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo está formado por todas las bombas que hacen posible la circulación del fluido caloportador por el resto de sistemas que componen la instalación. Las bombas son accionadas por un motor eléctrico que suministra la energía requerida para hacer circular al fluido a una determinada presión. Para dimensionar correctamente la bomba necesaria para cada propósito se debe conocer las temperaturas con la que trabajan los fluidos a impulsar, el caudal de los mismos y las pérdidas de carga que aparecen a lo largo de los circuitos. Las pérdidas de carga experimentadas en los circuitos se deben a la fricción del fluido con las tuberías y con los diferentes elementos que componen el sistema como válvulas, codos, elementos terminales, filtros, etc.



En la guardería, en la instalación encargada de cubrir la gran parte de las necesidades de calor del edificio es necesaria la instalación de una bomba de circulación capaz de hacer circular el agua por los distintos circuitos de suelo radiante instalados.

En el circuito de A.C.S. la aportación de calor para calentar agua proviene de una unidad tipo booster y se necesitará una bomba para hacer circular el agua desde esta unidad hasta el acumulador de agua caliente sanitaria.

7.7.1.1 BOMBA SUELO RADIANTE

Para dimensionar la bomba encargada de hacer circular el agua por los diferentes circuitos de suelo radiante de debe calcular la pérdida de carga provocada por la fricción entre el agua y las tuberías por las que fluye. Además es necesario conocer el caudal máximo y la temperatura de trabajo del agua

En el sistema de suelo radiante, se distinguen dos circuitos por donde circula el agua, el que fluye desde la bomba hasta los colectores situados en cada planta y el que va desde cada colector hasta las diferentes estancias calefactadas.

Los cálculos de las pérdidas de carga ya han sido calculados en el apartado de instalación de calefacción, resultando de una pérdida de carga del circuito de 145,69 kPa y el caudal máximo que circulará será de 1,178 l/s a una temperatura de 43°C. En base a estos datos se ha elegido una bomba de la marca Sedical, SAP 30/20T [32].

7.7.1.2 BOMBA CIRCUITO A.C.S.

Se necesita una bomba que impulse el agua desde la unidad que suministra calor al agua hasta el serpentín situado en el interior del tanque de acumulación. Al encontrarse el depósito y la unidad encargada de calentar el agua en la misma sala, la tubería que une a los dos elementos es relativamente pequeña, en consecuencia, la pérdida de carga será reducida.

La tubería utilizada es de 32x3 mm multicapa, con una pérdida de carga de 297 Pa/m dada por el fabricante. Se necesitará bombear un caudal de agua simultáneo de 1,6 m³/h como caudal simultáneo. Considerando que la es de aproximadamente 5 metros, se tiene una pérdida de carga de 1,48 kPa. Con estos datos la bomba elegida es de la marca Sedical, modelo SAM 25/2T [32].

7.7.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN

Son los elementos encargados de absorber las variaciones de volumen del fluido circulante provocadas por un aumento de temperatura, manteniendo la presión dentro de los límites establecidos. Su funcionamiento está basado en la compresión de una cámara de aire situada en el interior que se separa del agua por una membrana flexible. Al



augmentar la temperatura del agua se produce un aumento de presión en el circuito que es absorbida por el vaso de expansión y retorna al sistema al disminuir la temperatura. Para el proyecto de ha decidido optar por vasos de expansión cerrado.

Con lo dicho anteriormente, en la guardería es necesaria la instalación de dos vasos de expansión, uno para cada circuito con agua caliente, A.C.S, y suelo radiante. Estarán instalados en la tubería de retorno de agua de las unidades que calientan dicho fluido y la conexión a la red se realiza de manera que no se creen bolsas de aire en el vaso. Todos los vasos de expansión del edificio se dimensionarán de la misma manera.

7.7.2.1 VASO EXPANSIÓN SUELO RADIANTE

Para caracterizar el vaso de expansión es necesario conocer el volumen del circuito y las temperaturas máxima y mínima que puede tener el agua dentro del circuito. Con esos datos, gracias a la siguiente ecuación se puede conocer la expansión máxima que sufrirá el fluido.

$$V_{vaso} = \frac{V_{circuito}}{\rho_{min}} (\rho_{min} - \rho_{max})$$

Donde:

- V_{vaso} : volumen total de expansión del vaso (l).
- $V_{circuito}$: volumen total de agua del circuito (l)
- ρ_{min} : densidad del agua a la temperatura mínima de la instalación (kg/m^3).
- ρ_{max} : densidad del agua a la temperatura máxima de la instalación (kg/m^3).

Para el caso del circuito de suelo radiante el volumen será la suma de volúmenes de los circuitos con distintas dimensiones de tubería, donde L es la longitud en metros del circuito y D es el diámetro interior de la tubería:

-Tubería 20x1,9 mm:

$$V = L \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) = 1423 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,0162^2}{4} \right) = 0,2933 \text{ m}^3 = 293,3 \text{ l}$$

-Tubería 50x4,6 mm:

$$V = L \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) = 15 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,0408^2}{4} \right) = 0,01961 \text{ m}^3 = 19,6 \text{ l}$$

-Volumen circuito suelo radiante:

$$V_{suelo\ radiante} = 312,9 \text{ l}$$



Suponiendo una temperatura máxima de 50°C y una mínima de 0°C, se obtiene:

$$V_{vaso} = \frac{V_{suelo\ radiante}}{\rho_{min}} (\rho_{min} - \rho_{max}) = \frac{312,9}{999,8} (999,8 - 988,1) = 3,66\ l$$

Como fabricante suministrador de los vasos de expansión se ha elegido a Salvador Escoda. Para el suelo radiante será el modelo 5 AMR-E [33], con capacidad para 8 litros.

7.7.2.2 VASO DE EXPANSIÓN A.C.S.

Se tiene un volumen del circuito de A.C.S igual a la suma de volúmenes de las tuberías de 9,7 litros. Suponiendo una temperatura máxima de 80°C y una mínima de 0°C, se obtiene:

$$V_{vaso} = \frac{V_{A.C.S.}}{\rho_{min}} (\rho_{min} - \rho_{max}) = \frac{9,7}{999,8} (999,8 - 971,8) = 0,27\ l$$

En este caso el modelo 5 AMR-E [33], con capacidad de 5 litros.

7.7.3 DIMENSIONADO DE UNIDADES DE VENTILACIÓN

Para la extracción del aire viciado es necesario la instalación de ventiladores capaces de extraer el aire de la red de conductos diseñada para este fin. Se han diseñado tres conductos diferentes para la extracción, cuarto de basuras, planta sótano y aseos, por lo que igualmente se deberán instalar tres ventiladores.

Ventilador cuarto de basuras: la selección se basa en el caudal de aire a extraer, la pérdida de presión que tiene que vencer y un límite en cuanto al nivel sonoro. En la tabla correspondiente del anexo se observa un caudal a extraer de 200 m³/h. Al ser un caudal bajo, y con poca pérdida de carga se ha seleccionado un extractor en línea de la marca Soler & Palau, modelo TD-350/125 [34].

Ventilador estancias planta sótano: Con los datos de caudal y las limitaciones de nivel sonoro en el edificio, se ha decidido instalar un caja de ventilación de la marca Soler & Palau, modelo CVTT 7/7 [34], capaz de extraer el caudal de aire viciado de la planta sótano de la guardería, manteniendo un nivel sonoro muy por debajo del límite.

Ventilador aseos: se ha seleccionado una caja de ventilación de la marca Soler & Palau, modelo CAB PLUS 160 [34], suficiente para hacer circular el aire extraído de los aseos, evitando humedades extrayendo el aire viciado.



7.7.4 OTROS ELEMENTOS

Además de los elementos mencionados a lo largo del capítulo, existen otros dispositivos que forman parte de la instalación de climatización del edificio. A continuación se detallan los más característicos.

7.7.4.1 VÁLVULAS

Son elementos encargados de regular el paso de los fluidos por las tuberías. Toda la red de tuberías está conexionada por válvulas que regulan el funcionamiento de la instalación. Existen diferentes tipos de válvulas dependiendo de la función que desempeñen, a continuación se presentan las más características:

Válvulas de corte: dentro de las válvulas de corte se incluyen en los diferentes circuitos del proyecto las de tipo bola y de tipo mariposa. Se encuentran a la entrada y salida de todos los componentes, de tal modo que permitan una fácil sustitución o reparación sin necesidad de realizar un vaciado completo de la instalación. Irán situadas en la aspiración e impulsión de la bomba, y en las entradas y salidas al depósito de acumulación de A.C.S.

Válvulas de equilibrado: utilizadas para conseguir una correcta distribución del fluido en los distintos circuitos, evitando sobrepresiones.

Válvulas antirretorno: se instalan para evitar la circulación del fluido en sentido inverso. Se encuentran instaladas a la salida del grupo circulador, es decir, de las bombas.

Válvulas de seguridad: se encuentran en todos los circuitos de tuberías. Evitan que se supere una presión máxima de trabajo. Irán situadas en elementos delicados de la instalación como los vasos de expansión.

Válvulas de tres vías: se usan para regular la circulación por distintas conducciones según el momento, están reguladas por una señal eléctrica procedente del un termostato. Esta válvula permite circular por una u otra vía, dependiendo de las necesidades y de la temperatura.

7.7.4.2 SISTEMA DE PURGA

El sistema de purga se encarga de la evacuación de los gases contenidos en el fluido, los cuales pueden dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación de fluido, además de provocar corrosiones. Se instalan en los puntos altos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado. Los sistemas de purga están compuestos por botellines de desaireación y purgadores automáticos.



7.7.4.3 TORNILLERÍA

Todas las piezas pequeñas y de tornillería necesarias para la conexión de componentes y demás particularidades de la instalación solar como abrazaderas y otros accesorios.

7.7.4.4 SISTEMA DE LLENADO Y VACIADO

En los circuitos de la instalación se utilizan los vasos de expansión, por este motivo se emplea un sistema de llenado automático que permite llenar el circuito y mantenerlo presurizado en caso de pérdidas.

Además se necesita de sistemas de vaciado y para conseguirlo de manera más rápida se realizará en el punto más bajo de la instalación.

7.7.4.5 ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

Tiene como función sujetar las tuberías a lo largo de los circuitos, pero también la de evitar la transmisión de ruidos y vibraciones a lo largo de todo el circuito de tuberías y conductos.

También se utilizan para las unidades interiores colgadas del techo mediante elementos antivibratorios. Al igual que la unidad exterior que irá apoyada en bancadas para evitar la vibración. Además todas las bombas de impulsión de agua se conectarán a las tuberías de distribución mediante manguitos antivibratorios.

7.7.4.6 APARATOS DE MEDIDA

Manómetros: Se encuentran en varios puntos del circuito y sirven para el control de los valores de presión en los distintos circuitos.

Termómetros: Los termómetros se encargan de dar la temperatura del fluido en los puntos característicos como puede ser a la entrada del grupo circulador o a la entrada y salida del circuito de suelo radiante.

7.8 JUSTIFICACIÓN EN LA ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

En este apartado del capítulo de climatización se justifica en base a la normativa vigente, las diferentes decisiones tomadas en este proyecto de climatización con el fin de conseguir un uso racional de la energía.



7.8.1 CUMPLIMIENTO DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

La exigencia de la limitación de la demanda energética recogida en el DB HE1 del Código Técnico de la Edificación [1], se ha justificado en el capítulo descripción de cerramientos contenido en este proyecto.

7.8.2 CUMPLIMIENTO DEL RITE

Los equipos de control previstos en el edificio permitirán la regulación de los siguientes parámetros:

- La temperatura de los fluidos portadores de la carga térmica según la demanda térmica.
- La temperatura de impulsión del aire o el agua en cada subsistema según la temperatura del ambiente o de retorno.
- La temperatura y el caudal del fluido refrigerante.
- La temperatura de impulsión del aire o del agua, o el caudal del aire de cada unidad térmica terminal según la temperatura de ambiente o retorno.

7.8.3 CUMPLIMIENTO DE IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

Justificación del cumplimiento de IT 1.1.4.1.2 exigencia de calidad del ambiente.

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica para la zona donde se encuentra situado el edificio. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

Las condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto son:

- Temperatura de verano: 25°C
- Temperatura de invierno: 21°C
- Humedad relativa interior verano: 50%
- Humedad relativa interior invierno: 45%



Justificación del cumplimiento de IT 1.1.4.2 exigencia de calidad del aire interior.

Al tratarse de una escuela infantil, se dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del caudal de aire suficiente, para elevadas concentraciones de contaminantes de acuerdo con el apartado 1.1.4.2.2 del RITE. El sistema se diseña según el procedimiento marcado en la norma UNE EN 13779.

Según el apartado 1.1.4.2.2 del RITE, por tratarse de un edificio donde se va a desarrollar una actividad de guardería se deberá tener una clasificación de aire exterior IDA 1.

El caudal de mínimo de aire de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior que se indican en la IT 1.1.4.2.2, se han especificado en el apartado de instalación de ventilación. Se ha utilizado el método directo de calidad de aire percibido recogido en la IT 1.1.4.2.3.

En cumplimiento de la IT 1.1.4.2.4 se establecerá un nivel de filtración del aire exterior mínimo de ventilación, en función de la calidad del aire interior (IDA) y en función de la calidad del aire exterior (ODA).

Se ha considerado un nivel de calidad de aire exterior para toda la instalación ODA 4, aire con altas concentraciones de partículas.

Las clases de filtración empleadas en la instalación cumplen con lo establecido en la tabla 1.4.2.5 del RITE para filtros previos y finales.

La IT 1.1.4.2.5 clasifica el aire exterior en función del uso del local o del edificio. El aire de extracción de la Escuela Infantil se clasifica de tipo AE1.

Justificación del cumplimiento de IT 1.1.4.3 exigencia de higiene.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS4 del Código Técnico de la Edificación.

Justificación del cumplimiento de IT 1.1.4.4 exigencia de calidad del ambiente acústico.

De acuerdo con IT 1.1.4.4 de exigencia de calidad del ambiente acústico del RITE, se toman las medidas de atenuación necesarias en aquellos puntos en los que los niveles de presión sonora superen los valores estipulados en dicha instrucción, al igual que se consideran las medidas de acuerdo con el DB-HR Protección frente al ruido del CTE.



La selección de elementos terminales de difusión de aire (rejillas, difusores, toberas, etc.) se realiza de forma que, cumpliendo las condiciones de alcance y velocidad residual de aire en la zona ocupada, el nivel de presión sonora en el elemento terminal, se adapte a los valores máximos indicados por la normativa de aplicación. Los valores se mantendrán por debajo de 45 dBA.

7.8.4 CUMPLIMIENTO DE IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.1 generación de calor y frío.

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

El caudal del fluido portador en los generadores podrá variar para adaptarse a la carga térmica instantánea, entre los límites mínimo y máximo establecidos por el fabricante.

Cuando se interrumpa el funcionamiento de un generador, deberá interrumpirse también el funcionamiento de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo aquellos que, por razones de seguridad o explotación, lo requiriesen.

Con todo esto se da cumplimiento a la IT 1.2.4.1 del RITE.

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.2 redes de tuberías y conductos.

Se aislarán todos los conductos de impulsión entre las climatizadoras y los elementos terminales. Todo conducto de impulsión y retorno a los climatizadores será de chapa de acero galvanizado aislado exteriormente con manta de fibra de vidrio tipo IBR con acabado en chapa de aluminio, durante el trazado exterior. El trazado de los conductos por el interior se realizará con conductos rectangulares aislados interiormente según las especificaciones del RITE. Las tomas de aire de ventilación necesarios así como las descargas del aire viciado tendrán la terminación en forma de pico pato o flauta en la cubierta. Los espesores del aislamiento, en función de la conductividad de éste, cumplirán con lo exigido en la IT 1.2.4.2.2

La red de tubería del suelo radiante será de polietileno de alta densidad reticulado, barrera anti-oxígeno en conformidad a las normas UNE EN 15875. Todas las unidades de tratamiento y unidades terminales incorporarán válvulas de seccionamiento del tipo bola o mariposa según dimensiones de la tubería de conexión.



Las tuberías se aislarán exteriormente con espuma elastomérica tipo Armaflex y con los espesores necesarios según normativa RITE. En los recorridos exteriores irán recubiertas mediante chapa de acero inoxidable de 0,6 mm. de espesor.

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.3.1 control de instalaciones térmicas.

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa del proyecto, según las categorías descritas en la tabla 2.4.3.1 del RITE, es para todos los recintos de categoría THM-C1.

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2 del RITE. De acuerdo a esa tabla, en el proyecto se ha empleado el método IDA-C4.

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.5 recuperación de energía.

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.6 aprovechamiento de energías renovables.

La Escuela Infantil no cuenta con suficiente acceso al sol debido a barreras externas al mismo, por lo que, tal como prevé el punto 1.1.2.c del DB HE4, no es obligatoria la instalación de paneles solares para la producción de agua caliente sanitaria.

Justificación del cumplimiento de IT 1.2.4.7 limitación de la utilización de energía convencional.

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.



-No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.

7.8.5 CUMPLIMIENTO DE IT 1.3 EXIGENCIA DE SEGURIDAD

Se dotará a los circuitos de válvula de seguridad para impedir que se creen presiones superiores a las de trabajo.

Las condensadoras irán dotadas de presostatos de alta y baja, termostato de trabajo e interruptor de flujo, además de válvula de seguridad en el condensador.

En la cubierta donde se ubiquen las máquinas figurará un cartel que indique:

- Instrucciones claras y precisas para la parada de la instalación.
- Nombre, dirección y teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento. Se dispondrá en donde se ubiquen las máquinas de un esquema con la numeración y la señalización de las válvulas y los elementos de la instalación.



8. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Uno de los objetivos planteados en el proyecto es conseguir un ahorro energético, en consecuencia provocar un menor impacto ambiental reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero. Debido al aumento de la emisión de estos gases se están produciendo daños en la atmósfera, produciendo el llamado cambio climático.

El efecto invernadero es causado por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero. Entre los gases que provocan el efecto invernadero se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (N_2O), los clorofluorcarburos (CFC), el metano (CH_4) o el ozono de la troposfera (O_3). Estos gases se encuentran en las capas bajas de la atmósfera y absorben la radiación infrarroja reflejada por la superficie del suelo, transformándola en calor provocando el aumento de temperatura de la atmósfera por culpa de estos gases. El CO_2 es el principal causante del efecto invernadero.

Desde los diferentes gobiernos se están tomando medidas para la reducción de gases de efecto invernadero intentando un daño menor para el planeta. Muchas de estas medidas hacen referencia a los hábitos de vida de las personas o las empresas, pero también en lo referido a la construcción. Con la implantación de estas medidas se busca conseguir un desarrollo sostenible, buscando un ahorro energético que a la par contribuya a una reducción de gases contaminantes.

Los sistemas de climatización y de A.C.S., también se rigen por normas que buscan la sostenibilidad del proyecto y el ahorro de energía. El problema que se plantea en la Escuela Infantil, es un problema arquitectónico, puesto que es inviable la instalación de paneles solares para la producción de la potencia necesaria para cubrir parte de la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración. De esta manera se justifica la elección de un sistema de climatización y producción de A.C.S. para la guardería que intenta ser lo menos perjudicial para el medio ambiente e intentar una disminución notable de la energía utilizada, dentro de las posibilidades que ofrece el mercado y el edificio.

Por este motivo es adecuado hacer una comparación del sistema elegido para la guardería con otros sistemas que satisfagan las mismas necesidades, para observar si desde el punto de vista medio ambiental se consigue una reducción significativa de los gases de efecto invernadero, en concreto del dióxido de carbono. Mediante la estimación de la demanda energética del edificio es posible el cálculo de las emisiones de CO_2 derivadas del funcionamiento de las instalaciones de A.C.S., refrigeración y calefacción, en comparación con otros sistemas.



8.1 DEMANDA DE ENERGÍA

Los valores de potencia obtenidos en la estimación de cargas mensuales, se deben transformar en valores de energía, considerando la utilización de los sistemas. Anteriormente se dispuso que la instalación de suelo radiante, para que su uso fuera eficaz, debe estar en funcionamiento las 24 horas del día, al igual que la instalación de agua caliente sanitaria. Sin embargo, en la instalación de climatización no es necesario un uso continuo y se estima un uso durante los meses indicados de 8 horas diarias de utilización.

Con las pautas descritas en el párrafo anterior, se obtienen una demanda de energía necesaria en el edificio para los diferentes meses del año tal y como se muestra en la tabla.

MES	Demanda A.C.S. (kWh)	Demanda calefacción (kWh)	Demanda refrigeración (kWh)	Demanda total (kWh)
Enero	1182,10	23134,60	-	24316,69
Febrero	1067,70	219205,56	-	20273,26
Marzo	1136,63	18056,83	-	19193,46
Abril	1055,97	14137,37	-	15193,34
Mayo	1045,70	8590,03	-	9635,73
Junio	945,97	-	9986,98	10932,95
Julio	909,31	-	12710,23	13619,53
Agosto	932,04	-	12523,38	13455,42
Septiembre	945,97	-	9742,81	10688,78
Octubre	1068,43	8909,35	-	9977,78
Noviembre	1099,96	16004,68	-	17104,64
Diciembre	1182,10	22877,81	-	24059,90

Tabla 8.1: Demanda de energía de la Escuela Infantil.

8.2 TIPOS DE INSTALACIÓN

La comparación del cálculo de emisiones de CO₂, se realizará entre los siguientes tipos de instalación:

- **Instalación A:** es la instalación diseñada en el proyecto. Para abastecer la energía demandada de A.C.S., calefacción por suelo radiante y refrigeración mediante una bomba de calor con recuperación de calor. Además se instala una unidad PWFY, que aprovecha la recuperación de calor de la unidad exterior para calentar agua hasta 70 °C, produciendo gratuitamente el A.C.S. necesario en los meses en funcionamiento del sistema de refrigeración. Este sistema será alimentado por energía eléctrica.

- **Instalación B:** se trata de una instalación que utiliza una caldera de gas natural para abastecer la demanda de energía de A.C.S., calefacción por suelo radiante y la refrigeración mediante una máquina de absorción. La fuente de energía que se emplea es el gas natural.
- **Instalación C:** se trata de una instalación que utiliza una caldera de gas natural para abastecer la demanda de energía de A.C.S. y calefacción por suelo radiante, utilizará como fuente de energía el gas natural. Y para la refrigeración la demanda de energía la proporcionará una máquina de compresión mecánica que será alimentada por energía eléctrica.

8.3 EMISIÓN FUENTES DE ENERGÍA

Para poder comparar la generación de CO₂ de cada sistema es necesario conocer el coeficiente de emisiones de las diversas fuentes de energía utilizadas en las tres instalaciones. Por tanto es necesario conocer el coeficiente de emisiones de CO₂ de la energía eléctrica y del gas natural.

La cantidad de contaminantes que se generan para producir energía eléctrica se puede conocer a través del mix eléctrico español que se ha utilizado para generar dicha electricidad. En la siguiente figura se muestra la diferente contribución de cada fuente de energía a la producción total de electricidad durante el año 2011 en la península.

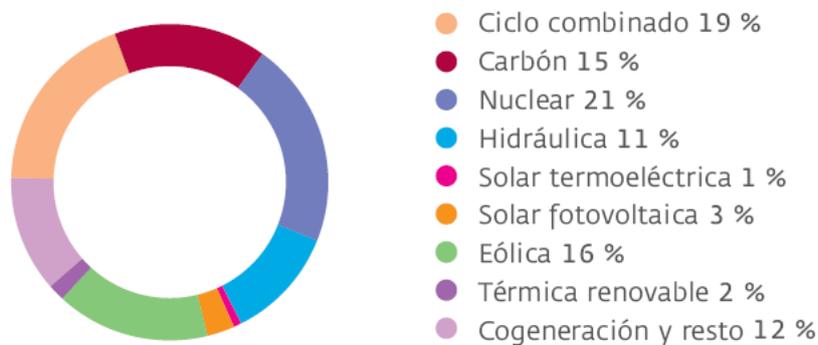


Figura 8.1: Mix eléctrico del año 2011 en la península.

Cada contribución lleva asociada un coeficiente de emisión de los diferentes gases invernadero, obteniéndose un coeficiente de emisión de CO₂ por generación de energía eléctrica. Esta gráfica y el dato del coeficiente de emisión de CO₂ de la energía eléctrica se han obtenido del informe anual de 2011 que elabora Red Eléctrica Española [21]. Y el coeficiente de emisión del gas natural se ha obtenido del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) [22], utilizando los siguientes resultados:



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Fuente de energía	Coefficiente de emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /kWh)
Gas natural	0,201
Electricidad	0,270

Tabla 8.2: Cantidad de CO₂ producido según tipo fuente de energía.

Debido al aumento de las energías renovables en la producción de electricidad, el coeficiente de emisiones de CO₂ ha disminuido notablemente en los últimos años, por este motivo la diferencia entre los coeficientes del gas natural y de la electricidad no es muy significativa en comparación con años anteriores en los que las energías renovables no estaban tan presentes en el panorama energético español.

8.3.1 INSTALACIÓN A: PREVISIÓN EMISIONES DE CO₂

Las emisiones de esta instalación serán las generadas por el consumo de electricidad generado por la unidad exterior recuperadora de calor para abastecer la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración de la guardería. Se debe tener en cuenta la instalación de la unidad PWFY, que evita el consumo eléctrico producido por el A.C.S. durante los meses en los que está en funcionamiento la instalación de refrigeración. Para la unidad exterior se considera un C.O.P. del sistema de 4,0 para frío y 4,2 para calor.

Con estas particularidades se obtiene un consumo de energía y una emisión de CO₂ para la instalación A, como la mostrada en la siguiente tabla:

INSTALACIÓN A					
MES	Emisión A.C.S. (kg CO ₂)	Emisión calefacción (kg CO ₂)	Emisión refrigeración (kg CO ₂)	Emisión total (kg CO ₂)	Consumo de energía (kWh)
Enero	57,90	1487,22	-	1545,12	5722,68
Febrero	52,30	1234,64	-	1286,94	4766,44
Marzo	55,67	1160,80	-	1216,47	4505,44
Abril	51,72	908,83	-	960,55	3557,60
Mayo	51,22	552,22	-	603,43	2234,94
Junio	-	-	674,12	674,12	2496,74
Julio	-	-	857,94	857,94	3177,56
Agosto	-	-	845,33	845,33	3130,84
Septiembre	-	-	657,64	657,64	2435,70
Octubre	52,33	572,74	-	625,08	2315,09
Noviembre	53,88	1028,87	-	1082,75	4010,18
Diciembre	57,90	1470,71	-	1528,62	5661,54

Tabla 8.3: Emisión de CO₂ en la instalación A.



De la tabla se obtiene la estimación anual de emisiones de CO₂ causadas por la instalación de climatización diseñada para el proyecto de la guardería. Las emisiones debidas a la instalación A son de 11883,98 kg de CO₂ anuales y un consumo de energía de 44014,75 kWh/año.

8.3.2 INSTALACIÓN B: PREVISIÓN EMISIONES DE CO₂

La caldera será la causante de las emisiones de la instalación tipo B, utilizando como fuente de energía el gas natural. Se considera un rendimiento térmico medio de la caldera de $\eta=0,9$. Debido a las características de este tipo de instalación, la estimación de emisiones del dióxido de carbono será el mostrado en la siguiente tabla:

INSTALACIÓN B					
MES	Emisión A.C.S. (kg CO ₂)	Emisión calefacción (kg CO ₂)	Emisión refrigeración (kg CO ₂)	Emisión total (kg CO ₂)	Consumo de energía (kWh)
Enero	264,00	5166,73	-	5430,73	27018,55
Febrero	238,45	4289,24	-	4527,69	22525,84
Marzo	253,85	4032,69	-	4286,54	21326,07
Abril	235,83	3157,35	-	3393,18	16881,49
Mayo	233,54	1918,44	-	2151,98	10706,37
Junio	211,27	-	2007,38	2218,65	11038,06
Julio	203,08	-	2554,76	2757,83	13720,57
Agosto	208,16	-	2517,20	2725,35	13558,98
Septiembre	211,27	-	1958,31	2169,57	10793,89
Octubre	238,62	1090,76	-	2228,37	11086,43
Noviembre	245,66	3574,38	-	3820,04	19005,16
Diciembre	264,00	5109,38	-	5373,38	26733,23

Tabla 8.4: Emisión de CO₂ en la instalación B.

La emisión anual de la instalación B que utiliza la caldera de gas natural para cubrir la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración mediante la máquina de absorción es de 41083,32 kg de CO₂ anuales y un consumo de energía de 204394,61 kWh/año.

8.3.3 INSTALACIÓN C: PREVISIÓN EMISIONES DE CO₂

En la instalación C, la generación de A.C.S. y calefacción se conseguirá a través de una caldera que utiliza como fuente de energía el gas natural. Se considera un rendimiento térmico medio de la caldera de $\eta=0,9$. Para la generación de frío se utiliza una máquina de compresión simple, considerando un C.O.P. de 3,5. Los datos de emisiones estimados aparecen en la siguiente tabla:



INSTALACIÓN C					
MES	Emisión A.C.S. (kg CO ₂)	Emisión calefacción (kg CO ₂)	Emisión refrigeración (kg CO ₂)	Emisión total (kg CO ₂)	Consumo de energía (kWh)
Enero	264,00	5166,73	-	5430,73	27018,55
Febrero	238,45	4289,24	-	4527,69	22525,84
Marzo	253,85	4032,69	-	4286,54	21326,07
Abril	235,83	3157,35	-	3393,18	16881,49
Mayo	233,54	1918,44	-	2151,98	10706,37
Junio	211,27	-	770,42	981,69	3904,50
Julio	203,08	-	980,50	1183,58	4641,83
Agosto	208,16	-	966,09	1174,24	4613,71
Septiembre	211,27	-	751,59	962,86	3834,74
Octubre	238,62	1090,76	-	2228,37	11086,43
Noviembre	245,66	3574,38	-	3820,04	19005,16
Diciembre	264,00	5109,38	-	5373,38	26733,23

Tabla 8.5: Emisión de CO₂ en la instalación C.

Para la instalación C se ha estimado una emisión de 35514,28 kg de CO₂ anuales y un consumo de energía de 172277,90 kWh/año.

8.4 RESULTADO AHORRO DE EMISIONES

Como se observa en la siguiente tabla y su correspondiente gráfica, desde un punto de vista medioambiental, la instalación diseñada en este proyecto para la Escuela Infantil es la más ventajosa con respecto a las otras dos instalaciones, evitando gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono.

Tipo de instalación	Emisión contaminante (kg CO ₂)
Instalación A	11883,98
Instalación B	41083,32
Instalación C	35514,28

Tabla 8.6: Emisión CO₂ dependiendo tipo instalación.

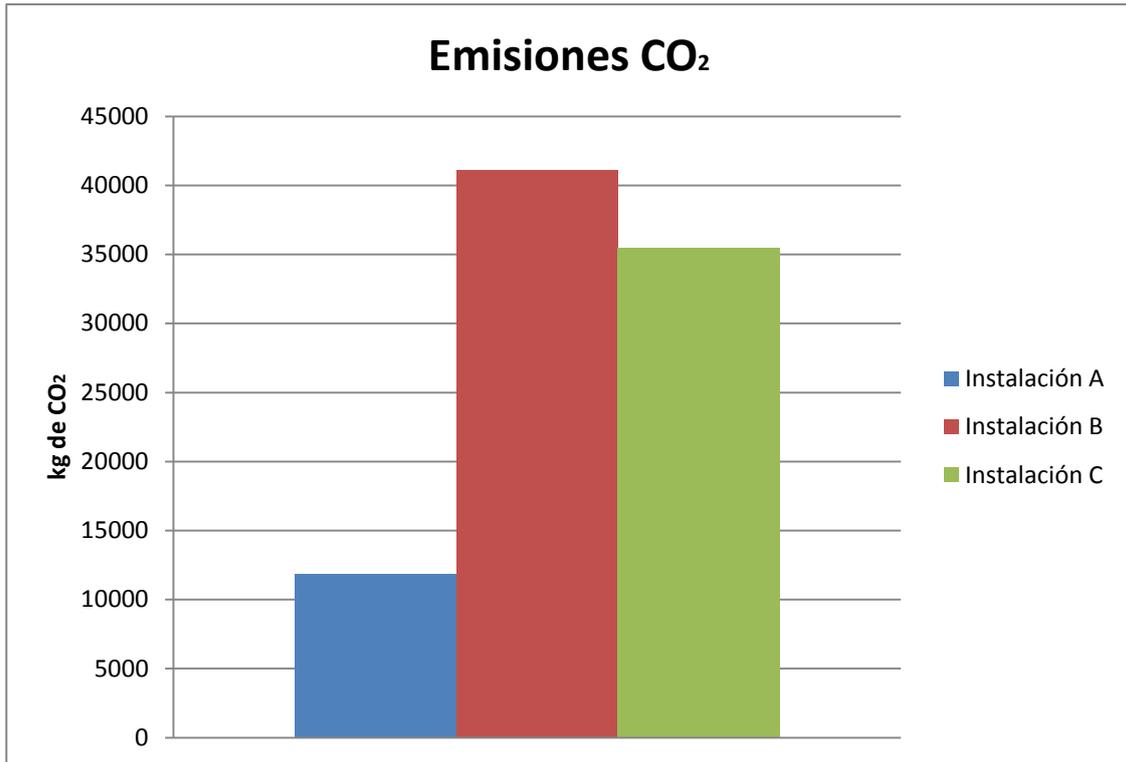


Figura 8.2: Emisión CO₂ dependiendo tipo instalación.

La instalación diseñada para el proyecto supone un ahorro anual de 29199,34 kg de CO₂ con respecto a la instalación B. Se consigue una reducción de emisiones del orden del 71,07 %.

Y con respecto a la instalación tipo C, el ahorro anual conseguido con la instalación diseñada es de 23630,30 kg de CO₂. Provocando una reducción de emisiones del 66,54%.



9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

9.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos del presente proyecto es la viabilidad económica y el periodo de amortización con respecto a otros tipos de instalación de climatización para la Escuela Infantil. Además de un ahorro energético, se busca que la inversión realizada con el tipo de instalación diseñada sea rentable desde el punto de vista económico.

La instalación del sistema de caudal variable de refrigerante supone una inversión mayor que otro tipo de instalaciones más convencionales, pero debido al ahorro energético generado de esta elección se espera que la instalación sea competitiva en términos monetarios. Para ello es necesario realizar un estudio económico, calculando el periodo de amortización de la inversión inicial suplementaria.

En primer lugar se realiza un presupuesto detallado de los principales componentes que integran el sistema de climatización del edificio. A continuación se realizará el estudio de amortización de la instalación en comparación con otras dos instalaciones tipo, como las vistas en el capítulo anterior.

9.2 PRESUPUESTO

A continuación se muestra el presupuesto final de la instalación donde se detalla el número de unidades que componen el sistema de climatización del edificio, su coste unitario y el total.

PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE ESCUELA INFANTIL				
Uds.	Resumen	Cantidad	€/ud	Precio total (€)
ud	CLIMATIZADOR AIRE LIMPIO Sistemas Integrados de Ahorro de la Ventilación, marca Aire Limpio, modelo AL-2516G	5,00	2864,08	14320,40
ud	MANOMETRO Manómetro con llaves de conmutación, marca Danfoss Socla	3,00	35,57	106,71
ud	TERMOMETRO Termómetro metálico, marca Roca	6,00	22,72	136,32
ud	CONJUNTO LLENADO Conjunto de llenado	1,00	567,99	567,99
ud	CONJUNTO DE VACIADO Conjunto de vaciado	1,00	239,99	239,99
ud	CONJUNTO DE DESAIRE Y PURGA Conjunto de desaire y purga	1,00	379,98	379,98



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

Uds.	Resumen	Cantidad	€/ud	Precio total (€)
m ²	CONDUCTO FIBRA DE VIDRIO Marca Isover mod.Climaver Plus R	150,00	30,15	4522,50
ud	REJILLA IMPULSION DOBLE DEF. 200x100 mm Marca Koolair, mod 20-DH-O	2,00	39,35	78,70
ud	REJILLA IMPULSION DOBLE DEF. 500x250 mm Marca Koolair, mod 20-DH-O	8,00	99,29	794,32
ud	REJILLA IMPULSION DOBLE DEF. 750x300 mm Marca Koolair, mod 20-DH-O	1,00	172,16	172,16
ud	REJILLA DE RETORNO 200x100 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	1,00	32,90	32,90
ud	REJILLA DE RETORNO 200x150 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	2,00	35,48	70,96
ud	REJILLA DE RETORNO 250x200 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	1,00	44,38	44,38
ud	REJILLA DE RETORNO 400x200 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	1,00	56,67	56,67
ud	REJILLA DE RETORNO 600x400 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	1,00	124,85	124,85
ud	REJILLA DE RETORNO 500x300 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	2,00	80,91	161,82
ud	REJILLA DE RETORNO 1000x300 mm Marca Koolair, mod. 20-45-HO	3,00	159,21	477,63
ud	DIFUSOR CIRCULAR Ø250 mm Marca Koolair, mod. 43-SF	3,00	47,66	142,98
ud	DIFUSOR CIRCULAR Ø315 mm Marca Koolair, mod. 43-SF	6,00	58,27	349,62
ud	DIFUSOR CIRCULAR Ø400 mm Marca Koolair, mod. 43-SF	4,00	93,20	372,80
ud	BOCA DE EXTRACCION Marca Koolair, mod. GPD-010	13,00	36,72	477,36
ud	REJILLA EXPULSIÓN 300x200 mM Marca Koolair, mod. 25-H	1,00	42,39	42,39
ud	REJILLA EXPULSIÓN 600x200 mm Marca Koolair, mod. 25-H	1,00	73,16	73,16
	REJILLA EXPULSIÓN 1000X300 MM Marca Koolair, mod. 25-H	1,00	133,68	133,68
ud	REJILLA TOMA AIRE 500x200 mm Marca Koolair, mod. 210-TA	5,00	48,00	240,00
ud	UNIDAD EXTERIOR Mod. PURY-EP500YSHM-A, marca Mitsubishi Electric	1,00	41408,56	41408,56
ud	DISTRIBUIDOR Mod. CMB-P1016V-GA Controlador BC principal, marca Mitsubishi Electric	1,00	10222,34	10222,34



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Uds.	Resumen	Cantidad	€/ud	Precio total (€)
ud	DISTRIBUIDOR Mod. CMY-R160-J, marca Mitsubishi Electric	3,00	123,90	371,70
ud	UNIDAD INTERIOR Mod. PEFY-P50VMA-E conductos, marca Mitsubishi Electric	4,00	1896,26	7585,04
ud	UNIDAD INTERIOR Mod. PEFY-P40VMA-E conductos, marca Mitsubishi Electric	2,00	1834,90	3669,80
ud	UNIDAD INTERIOR Mod. PLFY-P20VCM-E cassette, marca Mitsubishi Electric	2,00	1729,88	3459,76
ud	UNIDAD INTERIOR Mod. PWFY-P100VM-E-BU, tipo ATW, marca Mitsubishi Electric	1,00	6814,50	6814,50
ud	UNIDAD INTERIOR Mod. PWFY-P200VM-E-AU, tipo ATW, marca Mitsubishi Electric	2,00	3410,20	6820,40
ud	UNIDAD CONTROL REMOTO Mod. PAC-SC30GRA, marca Mitsubishi Electric	1,00	1064,36	1064,36
ud	UNIDAD CONTROL REMOTO Mod. PAR-21MAA, marca Mitsubishi Electric	8,00	122,72	981,76
ud	UNIDAD CONTROL REMOTO Mod. PAR-W21MAA-J, para unidades ATW, marca Mitsubishi Electric	3,00	310,34	931,02
ud	BOMBA CIRCULADORA Marca Sedical, mod. SAM 25/2T	1,00	312,62	312,62
ud	BOMBA CIRCULADORA Marca Sedical, mod. SAP 30/20 T	1,00	372,79	372,79
ud	VASO EXPANSION Marca Salvador Escoda, mod. 5 AMR-E.	2,00	42,72	85,44
ud	DEPOSITO PROD. A.C.S. Marca Lapesa, mod. CV-500-M1, 500 l	1,00	1550,51	1550,51
m	TUBERÍA EVALPEX Uponor evalPEX Ø=16 mm, e=1,8 mm	1500,00	2,72	4080,00
m	TUBERÍA EVALPEX Uponor evalPEX Ø=50 mm, e=4,6 mm	15,00	19,84	297,60
ud	PANEL PORTATUBOS Caja de panel portatubos 20 mm, Uponor	37,00	112,00	4144,00
kg	ADITIVO PARA MORTERO Garrafa aditivo 30 kg, Uponor	30,00	8,76	262,80
m	ZÓCALO PERIMETRAL Zócalo perimetral 150x7 mm, Uponor	200,00	1,72	344,00



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

Uds.	Resumen	Cantidad	€/ud	Precio total (€)
ud	KIT COLECTOR Kit colector con caudalímetro, 1" x 3/4", Uponor	4,00	233,19	932,76
ud	MÓDULO BÁSICO Módulo básico con caudalímetro, 1" x 3/4", Uponor	11,00	48,61	534,71
ud	CURVATUBOS Curvatubos plástico, Ø 16/17, Uponor	44,00	2,00	88,00
ud	CAJA METÁLICA PARA COLECTORES 2-4 SALIDAS Caja para colectores para 2 a 4 salidas, 80x500 mm, Uponor	2,00	126,59	253,18
ud	CAJA METÁLICA PARA COLECTORES 5-7 SALIDAS Caja para colectores para 5 a 7 salidas, 80x700 mm, Uponor	2,00	155,47	310,94
ud	CABEZAL ELECTROTÉRMICO Cabezal electrotérmico para kit colector, Uponor	20,00	45,27	905,40
ud	UNIDAD BASE DE CONTROL Unidad base control por cable, Uponor	1,00	207,59	207,59
ud	TERMOSTATO Termostato de control por cable recinto público, Uponor	10,00	48,20	482,00
ud	UNIDAD VENTILACIÓN Marca S&P, mod. CAB-PLUS 160	1,00	325,20	325,20
ud	UNIDAD VENTILACIÓN Marca S&P, mod. CVTT-7/7-1200	1,00	437,70	437,70
ud	UNIDAD VENTILACIÓN Marca S&P, mod. TD-350/125	1,00	125,44	125,44
m ²	CONDUCTO CHAPA GALVANIZADA Canalización de aire	70,00	30,01	2100,70
ud	CONJUNTO VÁLVULAS DE BOLA Válvulas de bola, marca Salvador Escoda	1,00	156,37	156,37
ud	CONJUNTO VÁLVULAS DE RETENCIÓN Válvulas de retención, marca AVK	1,00	50,34	50,34
ud	CONJUNTO VÁLVULAS EQUILIBRADO Válvulas equilibrado, marca Baeza	1,00	405,00	405,00
ud	CONJUNTO FILTROS DE ACERO INOX. Filtros acero inoxidable, marca Salvador Escoda	1,00	137,90	137,90



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

Uds.	Resumen	Cantidad	€/ud	Precio total (€)
ud	CONJUNTO MANGUITOS ANTIVIBRATORIOS Manguitos antivibratorios, marca Salvador Escoda	1,00	70,65	70,65
ud	CONJUNTO VÁLVULAS ASIENTO Válvulas asiento, marca Hard	1,00	540,06	540,06

<u>PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN</u>	127323,21 €
--	--------------------

9.3 ESTUDIO ECONÓMICO

Conocidos los costes totales de la instalación de climatización es posible determinar la viabilidad económica del proyecto. Para evaluar la rentabilidad del proyecto, se determinará el periodo de amortización de la inversión inicial en comparación con otras dos instalaciones. Estas instalaciones son las comparadas anteriormente en el impacto medioambiental.

En primer lugar se debe conocer dicha inversión inicial y a continuación se calculará el periodo de rentabilidad mediante el método Valor Actual Neto (VAN), el cual proporciona una relación entre los ingresos y gastos de la inversión inicial en función del tiempo. Con este método es posible conocer en qué año la inversión inicial iguala a los flujos de caja neto, año en que se empieza a obtener beneficios. Mediante la siguiente expresión se obtiene la relación mencionada.

$$VAN = A \cdot \sum_{n=1}^n \left[\frac{1+c}{1+i} \right]^n - C_m \cdot \sum_{n=1}^n \left[\frac{1+e}{1+i} \right]^n - I_o$$

Donde:

- VAN: valor actual neto.
- A: ahorro de combustible.
- n: número de años del estudio.
- c: incremento del coste del combustible.
- i: tasa de interés.
- C_m: costes de mantenimiento de la instalación.
- e: tasa de inflación.
- I_o: inversión inicial.



Ahorro de combustible: la cuantificación del ahorro de combustible se realiza en comparación con las otras dos instalaciones estudiadas en el capítulo anterior. Anteriormente se calculó la energía necesaria para cubrir las demandas de la guardería. En base a esos resultados y a los datos obtenidos de las empresas suministradoras de energía, se cuantificará el ahorro de combustible

Número de años: se estima que la vida útil de la instalación de climatización sea de unos 25 años. En este periodo de tiempo se observará si la instalación es rentable en comparación con las otras dos.

Incremento del coste de combustible: el coste del combustible, en este caso, el de la electricidad, varía desigualmente a lo largo del tiempo. Observando datos del año 2011, se estima un incremento del coste de la electricidad entorno al 10%.

Tasa de interés: es la tasa de interés anual por disponer de dinero ajeno. Como base para estimar esta tasa, se toma el Euribor. Tomando la media de los meses transcurridos de 2012, se obtiene una tasa de 1,5296%. Considerando un posible crecimiento, se estima una tasa del 2%.

Costes de mantenimiento de la instalación: son los costes asociados al mantenimiento de la instalación, teniendo en cuenta las posibles reparaciones o trabajos de mantenimiento. Se estiman unos costes de mantenimiento entorno al 0,5 % de la inversión inicial, por lo que se obtiene unos costes de mantenimiento de 332,84 €.

Tasa de inflación: la inflación mide el índice de precios de consumo. Tomando como estimación la media de los meses transcurridos de 2012, se obtiene una tasa de inflación de 1,91%.

Inversión inicial: en el cálculo de la inversión inicial, no se tiene en cuenta los elementos comunes que igualmente incorporarían las otras dos instalaciones analizadas, ya que se tiene en cuenta únicamente los costes asociados a la elección del sistema de caudal variable de refrigerante y la unidad exterior con recuperación de calor. Debido a este motivo, la inversión inicial tiene en cuenta la unidad exterior, las unidades interiores tipo “Air to Water”, los controladores asociados a estas unidades y sus unidades de control. De esta manera se obtiene una inversión inicial de 66568,52 €.

9.3.1 AHORRO ECONÓMICO RESPECTO A OTRAS INSTALACIONES

La instalación tipo B utiliza como única fuente de energía el gas natural, y la proyectada para la Escuela Infantil, únicamente la electricidad. La instalación C utiliza en los meses de refrigeración, parte eléctrica y parte gas natural para A.C.S. y en los demás meses, únicamente utiliza el gas natural como fuente de energía.



Para cuantificar el ahorro es necesario conocer el gasto de energía consumido por cada instalación, recogido en el capítulo anterior, y el coste asociado a las distintas energías.

El coste de dichas energías ha sido considerado a través de las tarifas vigentes de Iberdrola [23], suministradora de electricidad y gas natural.

Para el gas natural se considera un término fijo y otro variable:

-Término fijo: 78,37 €/mes

-Término variable: 0,050040 €/kWh

El término fijo hace referencia al coste de abastecimiento continuo de energía y el término variable hace referencia a la energía consumida en un periodo.

Esta tarifa equivale a las instalaciones que consumen más de 50000 kWh al año. Al precio total se le debe añadir el 18% de I.V.A. correspondiente.

La electricidad tiene un coste mayor que el gas natural, también se considera un término fijo y otro variable:

-Término fijo: 9,855674 €/kW año

-Término variable: 0,156454 €/kWh

Esta tarifa es para instalaciones que contratan una potencia mayor de 15 kW. Conocidas las demandas de energía de la instalación, se estima una contratación de potencia entorno a los 20 kW. Al precio total se le añade el 18% de I.V.A. y el impuesto eléctrico del 5,1127 %.

Gasto por consumo de instalación A

La instalación A es la proyectada para la guardería. Utiliza como fuente de energía la electricidad para cubrir la demanda de potencia a través de la bomba de calor con recuperación de calor y las unidades interiores.

-Consumo anual instalación A=44014,75 kWh/año

-Potencia contratada=20 kW

-Gasto anual total instalación A=8785,75 €/año



Gasto por consumo instalación B

Este tipo de instalación utiliza una caldera de gas natural para cubrir la demanda de A.C.S. y calefacción, y una máquina de absorción para cubrir la demanda de refrigeración. Por tanto la fuente de energía utilizada a lo largo del año es el gas natural.

-Consumo anual gas natural instalación B=204394,61 kWh/año

-Gasto anual total instalación B=13178,75 €/año

Gasto por consumo instalación C

La instalación tipo C cubre la demanda de A.C.S. y calefacción con una caldera de gas natural y la demanda de refrigeración con una máquina de compresión, la cual utiliza energía eléctrica.

-Consumo anual de gas natural instalación C=159431,22 kWh/año

-Consumo anual de electricidad instalación C=12846,68 kWh/año

-Potencia contratada=20 kW

-Gasto anual gas natural=10523,69 €/año

-Gasto anual electricidad=2574,45 €/año

-Gasto anual total instalación C=13098,13 €/año

Ahorro

-Ahorro respecto a B= 4392,90 €/año

-Ahorro respecto a C= 4312,39 €/año

Con estos datos, es posible obtener el periodo de amortización del proyecto respecto a la inversión inicial, mediante el cálculo del Valor Actual Neto.

9.3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA CON RESPECTO A INSTALACIÓN TIPO B

En la siguiente tabla se recogen los datos obtenidos del cálculo del VAN. Para saber cuando la inversión va a empezar a producir beneficios y por tanto el sistema es rentable, el VAN debe ser 0.

En la tabla se observa un cambio del Valor Actual Neto de negativo a positivo en el año 11, es decir a partir de ese año ya se ha recuperado la inversión inicial de 66568,52 € motivada por la elección del sistema de climatización del edificio.



Dado que la vida útil estimada para la instalación es de 25 años, en base a los resultados obtenidos, desde el año 11 todo será beneficio en comparación con la instalación B. Al final de la vida útil de la instalación se estima un ahorro total de 263705,40 € con respecto a la instalación de gas natural.

Estos datos se observan en la siguiente gráfica:



Figura 9.1: Periodo de amortización respecto instalación B.

9.3.3 VIABILIDAD ECONÓMICA CON RESPECTO A INSTALACIÓN TIPO C

En la siguiente tabla se recogen los datos obtenidos del cálculo del VAN con respecto a la instalación C.

Al igual que la comparación con la instalación B, en la tabla se observa un cambio del Valor Actual Neto de negativo a positivo en el año 11, es decir a partir de ese año ya se ha recuperado la inversión inicial. Esto se debe a que el ahorro de combustible debido a la elección del sistema de caudal variable de refrigerante es similar con respecto a las otras dos instalaciones.

Igualmente desde el año 11 todo será beneficio en comparación con la instalación C. Al final de la vida útil de la instalación se estima un ahorro total de 257501,21 € con respecto a la instalación C, que utiliza gas natural y electricidad como fuente de energía.



Estos datos se observan igualmente en la siguiente gráfica:

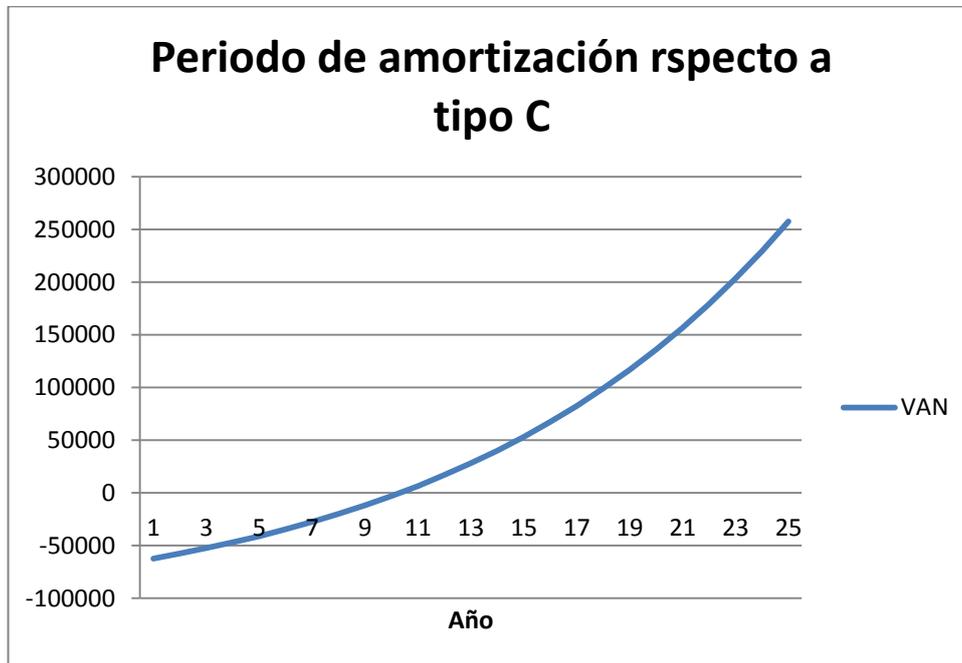


Figura 9.2: Periodo de amortización respecto instalación C.



10. CONCLUSIONES

Concluidos los diferentes estudios y cálculos detallados en el proyecto, se pasa a valorar el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del proyecto de climatización de la Escuela Infantil.

El objetivo principal del proyecto consiste en diseñar y justificar una instalación de climatización capaz de satisfacer la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración de una Escuela Infantil situada en Madrid, mediante un sistema de climatización que consiga un mayor ahorro energético y a su vez económico, teniendo en cuenta las características zonales y arquitectónicas del edificio. De esta manera se ha decidido la instalación de un sistema con caudal variable de refrigerante, apropiado para la zonificación dada en el edificio, propiciando un mayor bienestar a los usuarios del mismo.

En base a los datos calculados a lo largo del proyecto, utilizados para el diseño y justificación de la instalación, se considera satisfecho dicho objetivo

Además de este objetivo, existen otros objetivos del proyecto, los cuales también han sido abordados y justificados en el proyecto.

Todos los cálculos y decisiones vienen motivados por el cumplimiento de la normativa vigente actual en lo que se refiere a climatización, especialmente al RITE, y sus instrucciones técnicas, y al Código Técnico de la Edificación, justificado convenientemente en el capítulo de la instalación de climatización.

El confort de los usuarios se ha tenido en cuenta en la elección de los equipos, puesto que la elección de un sistema de caudal variable de refrigerante, permite una adaptación a las necesidades de cada estancia, lo que conlleva un mayor bienestar a los usuarios. Al igual que la elección del suelo radiante para el sistema de calefacción del edificio, el cual permite conseguir unas condiciones de distribución de temperatura similar a las ideal.

Conseguir una instalación con una elevada eficiencia energética es uno de los motivos principales de la elección de una unidad exterior capaz de cubrir la demanda de potencia de climatización del edificio mediante un sistema de caudal variable de refrigerante. Dentro de las opciones disponibles, el equipo instalado está entre los equipos con mayor eficiencia energética y mayor C.O.P. del mercado, llegando a un C.O.P. en calefacción de 4,38 y en refrigeración de 4,11.

Además gracias a la recuperación de calor de la unidad exterior y la instalación de las unidades interiores para la producción de calefacción permite suministrar calor y frío simultáneamente en diferentes estancias del edificio, es posible conseguir una



mayor eficiencia en meses intermedios entre invierno y verano. Debido a las características del edificio es probable la necesidad de calor y frío simultáneamente en distintas zonas del edificio. Igualmente ocurre con la producción de A.C.S., que en los meses de verano se conseguirá de manera gratuita.

En la búsqueda de garantizar el servicio y altas prestaciones se utiliza como fuente de energía la electricidad, la cual se suministra de manera continua evitando indisponibilidades en el servicio.

Debido a la utilización del edificio como guardería, la seguridad es un elemento clave en la elección de los distintos sistemas que componen la climatización del edificio, como por ejemplo la instalación del suelo radiante y sus elementos de control consiguen crear el entorno de seguridad buscado.

La instalación del sistema de caudal variable de refrigerante ha sido diseñada para reducir notablemente la emisión de gases contaminantes comparada con otras dos instalaciones. Para cuantificar el ahorro energético, ha sido necesario realizar un estudio medioambiental del sistema elegido respecto a otros sistemas posibles de climatización para el edificio.

Los datos del estudio permiten afirmar que la instalación diseñada es atractiva desde el punto de vista ambiental, puesto que evita la emisión anual de 29199,34 kg de CO₂ a la atmósfera en comparación con la instalación B y una emisión de 23630,30 kg de CO₂ anuales a la atmósfera en comparación con la instalación C.

También es necesario un estudio económico en comparación con otras instalaciones existentes en el mercado para justificar la inversión inicial superior que supone la instalación de sistemas CVR y considerar el proyecto atractivo en términos económicos.

El estudio ha permitido demostrar que gracias al ahorro de energía, se ahorra combustible y que a lo largo de la vida útil de la instalación se consiga amortizar dicha inversión inicial. El ahorro anual con respecto a la instalación B es de 4392,90 €. Con este ahorro se considera amortizada la inversión inicial antes de 11 años de funcionamiento de la instalación. Y respecto a la instalación C es de 4312,39 €, y con este ahorro se considera amortizada la inversión inicial antes de 11 años de la puesta en funcionamiento de la instalación.



11. REFERENCIAS

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE).
- [2] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- [3] Norma UNE-EN 13779 “Ventilación en edificios no residenciales”.
- [4] Norma UNE 94002 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica”.
- [5] Norma UNE 100001 “Climatización. Condiciones climáticas para proyectos”.
- [6] Norma UNE 100014 “Climatización. Condiciones exteriores de cálculo”.
- [7] Norma UNE-EN 1264 “Sistemas de calefacción y refrigeración de agua integrados en superficies.
- [8] Norma UNE 100030 “Prevención de la legionela en instalaciones de edificios”.
- [9] Norma UNE 13443 “Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios”.
- [10] Norma UNE 1717 “Protección contra la contaminación del agua potable en las instalaciones de agua”.
- [11] Norma UNE 13403 “Ventilación de edificios”.
- [12] Norma UNE 100102 “Conductos de chapa metálica”.
- [13] “Heating, ventilating, and air-conditioning: systems and equipment”, Ashrae Handbook.
- [14] DITE Calidad de Aire, Atecyr.
- [15] “Fundamentos de la transferencia de calor”, Incropera, Frank; Dewitt, Davis.
- [16] “Acondicionamiento del aire y refrigeración. Teoría y cálculo de las instalaciones”, Pizzetti, Carlos.
- [17] “Manual de climatización”, Pinazo, José Manuel.
- [18] “Manual de aire acondicionado”, Carrier.



- [19] Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- [20] Instituto de Energía y Transportes de la Unión Europea (IET). Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
- [21] Red Eléctrica Española. Avance informe 2011.
- [22] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA).
- [23] Iberdrola.
- [24] Apuntes asignatura “Calor y frío industrial”.
- [25] Apuntes asignatura “Ingeniería fluidomecánica”.
- [26] Apuntes asignatura “Ingeniería térmica I”.
- [27] Catálogo y tarifas Mitsubishi Electric.
- [28] Manual técnico de calefacción por suelo radiante Uponor.
- [29] Manual sistemas integrados ahorro ventilación Aire Limpio.
- [30] Catálogo y tarifas Koolair.
- [31] Manual de conductos de aire acondicionado Climaver, Isover.
- [32] Catálogo y tarifas bombas rotor húmedo Sedical.
- [33] Catálogo y tarifas de componentes Salvador Escoda.
- [34] Catálogo y tarifas unidades de ventilación Soler & Palau.
- [35] Proyecto de Climatización en un edificio de 42 viviendas y de un sistema de ventilación forzada de un garaje. Roberto Estébanez.
- [36] Proyecto de Diseño de una instalación solar térmica multipropósito para un edificio de viviendas en Granada. Ana Criado.



ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULO DE CARGAS MÁXIMAS

A continuación se muestran las tablas con el cálculo de las cargas máximas tanto de calefacción como de refrigeración.

En estas tablas se especifican todos los valores que se han de tener en cuenta para el cálculo de las necesidades máximas del edificio. Aparece las dimensiones de cada estancia, la superficie de los cerramientos y demás datos calculados para un correcto cálculo.

CÁLCULO DE CARGAS DE CALEFACCIÓN

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)					
UBICACIÓN	Madrid							
SISTEMA	Climatización							
PLANTA	Sótano		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Cocina		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Cocina		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	19,3 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	56,0 m ³							
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES								
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)	
Fachada	O	12,20	0,64	24,70	1,10	1,15	243,96	
Ventana	O	2,80	3,10	24,70	-	-	214,40	
								458,36
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES								
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)			
Muro		31,90	0,49	12,35	193,04			
Solera		19,30	0,51	12,35	121,56			
								314,60
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN								
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación		0,0375	1,18	1012	1106,09			
								1106,09
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE								
								1879,06 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %								
								56,37 W
TOTAL CALOR SENSIBLE								
								1935,43 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN								
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación		0,0375	1,18	2257000	459,41			
								459,41
TOTAL CALOR LATENTE								
								459,41
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN								
								2586,43 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%								
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE								
								134,01 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)					
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Sótano	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Vestuarios	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Vestuarios	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	20,4 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	59,2 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	N	3,50	0,64	24,70	1,20	1,15	76,35
							76,35
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		42,80	2,11	12,35	1115,30		
Solera		5,60	0,51	12,35	35,27		
							1150,58
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		0,050	1,18	1012	1474,49		
							1474,49
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							2701,72 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							81,05 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							2782,77 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		0,050	1,18	2257000	612,55		
							612,55
TOTAL CALOR LATENTE							612,55
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							3666,94 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							179,75 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Baja	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Aula (0 a 1 año)	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Aula	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	25,0 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	72,5 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)
Fachada	O	13,60	0,64	24,70	1,10	1,15	271,96
Fachada	N	18,50	0,64	24,70	1,20	1,15	403,58
Ventana	O	8,20	3,10	24,70	-	-	627,87
							1303,41
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)			Carga (W)
Forjado inf		25,00	0,81	12,35			250,09
Tabique		9,30	2,11	12,35			242,34
							653,67
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)			Carga (W)
Ventilación		0,0769	1,18	1012			2266,83
							2266,83
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							4062,68 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							121,88 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							4184,56 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)			Carga (W)
Ventilación		0,0769	1,18	2257000			941,52
							941,52
TOTAL CALOR LATENTE							941,52
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							5536,17 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							221,45 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Baja	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Sala cunas	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Aula	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	14,3 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	41,5 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	O	3,90	0,64	24,70	1,10	1,15	77,99
Fachada	S	23,30	0,64	24,70	1,00	1,15	423,58
Ventana	O	3,90	3,10	24,70	-	-	298,62
							800,19
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Forjado inf		14,3	0,81	12,35	143,05		
							143,05
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación	0,0543	1,18	1012	1602,60			
							1602,60
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							2545,84 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							76,38 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							2622,22 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación	0,0543	1,18	2257000	665,64			
							665,64
TOTAL CALOR LATENTE							665,64
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							3550,88 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							248,31 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)					
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Baja	FECHA CÁLCULO		7 Hora solar Enero			
ZONA	Aula (1 a 2 años)	CONDICIONES		T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Aula	Exteriores		-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	35,6 m ² x 2,90 m	Interiores		21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	103,2 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)
Fachada	E	9,30	0,64	24,70	1,10	1,15	185,97
Fachada	S	23,80	0,64	24,70	1,00	1,15	432,67
Ventana	E	7,00	3,10	24,70	-	-	535,99
							1164,63
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Forjado inf		35,60	0,81	12,35	185,97		
Tabique		16,30	2,11	12,35	424,75		
							780,88
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		0,1272	1,18	1012	3751,45		
							3751,45
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							5686,96 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							170,61 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							5857,57 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		0,1272	1,18	2257000	1558,16		
							1558,16
TOTAL CALOR LATENTE							1558,16
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							8009,00 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							224,97 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Baja		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero			
ZONA	Aseo, Cambiador, Biberonería		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Aseo y cuarto de baño		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	3,8 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	11,0 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)
-							
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Forjado inf		3,80	0,81	12,35	38,01		
38,01							
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		-	1,18	1012	-		
-							
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE 38,01 W							
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 % 1,14 W							
TOTAL CALOR SENSIBLE 39,15 W							
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		-	1,18	2257000	-		
-							
TOTAL CALOR LATENTE -							
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN 42,29 W							
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE 11,13 W/m²							



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)					
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Primera	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Aula Este (2 a 3 años)	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Aula	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	41,4 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	120,1 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	E	12,50	0,64	24,70	1,10	1,15	249,96
Fachada	S	20,00	0,64	24,70	1,00	1,15	363,58
Ventana	E	2,8	3,10	24,70	-	-	214,40
							1164,63
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		28,70	2,11	12,35	747,88		
							747,88
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		0,1352	1,18	1012	3986,68		
							3986,68
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							5562,50 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							166,88 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							5729,38 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		0,1352	1,18	2257000	1655,86		
							1655,86
TOTAL CALOR LATENTE							1655,86
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							7976,05 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							192,66 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Primera		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero			
ZONA	Aula Oeste (2 a 3 años)		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Aula		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	39,6 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	114,8 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	O	20,20	0,64	24,70	1,10	1,15	403,94
Fachada	S	9,70	0,64	24,70	1,00	1,15	176,34
Fachada	N	18,40	0,64	24,70	1,20	1,15	401,40
Ventana	O	12,10	3,10	24,70	-	-	926,50
							1908,17
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		13,30	2,11	12,35	346,58		
							346,58
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación	0,1321	1,18	1012	3897,78			
							3897,78
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							6152,53 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							184,58 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							6337,11 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación	0,1321	1,18	2257000	1618,94			
							1618,94
TOTAL CALOR LATENTE							1618,94
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							8592,53 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							216,98 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Primera		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero			
ZONA	Aseo		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Aseo y cuarto de baño		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	13,3 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	38,6 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)
Fachada	S	17,20	0,64	24,70	1,00	1,15	312,68
							312,68
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
					-		
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		-	1,18	1012	-		
							-
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							312,68 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							9,38 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							322,06 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		-	1,18	2257000	-		
							-
TOTAL CALOR LATENTE							-
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							347,83 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							26,15 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Segunda		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero			
ZONA	Despacho		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Oficina		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	14,4 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	41,8 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	E	5,90	0,64	24,70	1,10	1,15	117,98
Ventana	E	2,80	3,10	24,70	-	-	214,40
							332,38
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		26,70	2,11	12,35	695,76		
							695,76
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación	0,0090	1,18	1012	266,28			
							266,28
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							1294,42 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							38,83 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							1333,26 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación	0,0090	1,18	2257000	110,60			
							110,60
TOTAL CALOR LATENTE							110,60
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							1559,36 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							108,29 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)					
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Segunda	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero				
ZONA	Sala Polivalente	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Aula	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024		
DIMENSIONES	42,4 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070		
VOLUMEN	123,0 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	O	20,20	0,64	24,70	1,10	1,15	403,94
Fachada	S	16,50	0,64	24,70	1,00	1,15	299,96
Fachada	N	18,40	0,64	24,70	1,20	1,15	401,40
Ventana	O	12,10	3,10	24,70	-	-	926,50
							2031,79
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Forjado inf		6,00	0,81	12,35	60,02		
							60,02
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		0,1364	1,18	1012	4023,63		
							4023,63
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							6115,44 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							183,46 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							6298,91 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		0,1364	1,18	2257000	1671,21		
							1671,21
TOTAL CALOR LATENTE							1671,21
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							8607,72 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							203,01 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid						
SISTEMA	Climatización						
PLANTA	Segunda		FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero			
ZONA	Sala Reuniones		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Sala de reuniones		Exteriores	-3,7	90,0	0,0024	
DIMENSIONES	19,3 m ² x 2,90 m		Interiores	21,0	45,0	0,0070	
VOLUMEN	56,0 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C _o	C _i	Carga (W)
Fachada	E	4,80	0,64	24,70	1,10	1,15	95,99
Fachada	S	23,70	0,64	24,70	1,00	1,15	430,85
Ventana	E	7,00	3,10	24,70	-	-	535,99
							1062,82
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
-							
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación	0,0169	1,18	1012	498,56			
							498,56
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE							1561,38 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %							46,84 W
TOTAL CALOR SENSIBLE							1608,23 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación	0,0169	1,18	2257000	207,08			
							207,08
TOTAL CALOR LATENTE							207,08
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN							1960,53 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%							
CARGA DE CALEFACCIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE							101,58 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA CALEFACCIÓN (Máximas por Zona)						
UBICACIÓN	Madrid							
SISTEMA	Climatización							
PLANTA	Segunda	FECHA CÁLCULO	7 Hora solar Enero					
ZONA	Aseo	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)			
DESTINADA A	Aseo y cuarto de baño	Exteriores	-3,7	90,0	0,0024			
DIMENSIONES	4,6 m ² x 2,90 m	Interiores	21,0	45,0	0,0070			
VOLUMEN	13,3 m ³							
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES		Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	C ₀	C _i	Carga (W)
Fachada		S	7,20	0,64	24,70	1,00	1,15	130,89
								130,89
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES		Sup. (m ²)		K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		7,80		2,11	12,35	203,26		
								203,26
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación		-	1,18	1012	-			
								-
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE								334,15 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %								10,02 W
TOTAL CALOR SENSIBLE								344,17 W
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación		-	1,18	2257000	-			
								-
TOTAL CALOR LATENTE								-
CARGA TOTAL DE CALEFACCIÓN								371,70 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 8%								
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE								80,80 W/m²



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

CÁLCULO DE CARGAS DE REFRIGERACIÓN

PROYECTO		Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN		Madrid					
SISTEMA		Climatización					
PLANTA	Sótano	FECHA CÁLCULO	15 Hora solar Julio				
ZONA	Cocina	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)		
DESTINADA A	Cocina	Exteriores	35,0	28,8	0,0096		
DIMENSIONES	19,3 m ² x 2,90 m	Interiores	25,0	50,0	0,0099		
VOLUMEN	56,0 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Fachada	O	12,20	0,64	4,99	38,96		
Ventana	O	2,80	3,10	10,00	86,80		
						125,76	
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Muro		31,90	0,49	5,00	78,16		
Solera		19,30	0,51	5,00	49,22		
						127,37	
RADIACIÓN							
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)		
Ventana	O	2,80	0,72	500	1008,00		
						1008,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN							
	Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)			
Personas	100		3	300,00			
						300,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN							
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)	Carga (W)			
Alumbrado	10		19,30	193,00			
						193,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS							
	Potencia (W)		Número	Carga (W)			
Ordenador	250		0	0			
						0	
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Ventilación	0,0375	1,18	1012	447,81			
						447,81	
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN							
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)			
Infiltración	0,0210	1,18	2257000	250,77			
						250,77	
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE						2702,72 W	
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %						81,08 W	
TOTAL CALOR SENSIBLE						2783,80 W	
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN							
	Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)			
Personas	130		3	390,00			
						390,00	
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Ventilación	0,0375	1,18	1012	-20,87			
						-20,87	
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN							
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)			
Infiltración	0,0210	1,18	2257000	-11,75			
						-11,75	
TOTAL CALOR LATENTE						357,28 W	
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN						3360,95 W	
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %							
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE						174,14 W/m²	



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN Madrid					
SISTEMA Climatización					
PLANTA	Sótano	FECHA CÁLCULO	15 Hora solar Julio		
ZONA	Vestuarios	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
DESTINADA A	Vestuarios	Exteriores	35,0	28,8	0,0096
DIMENSIONES	20,4 m ² x 2,90 m	Interiores	25,0	50,0	0,0099
VOLUMEN	59,2 m ³				
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES					
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)
Fachada	N	3,50	0,64	1,19	2,67
					2,67
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES					
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)
Tabique		42,80	2,11	5,00	451,54
Solera		5,60	0,51	5,00	14,28
					465,82
RADIACIÓN					
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)
-					
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN					
	Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)	
Personas	90		4	360,00	
					360,00
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN					
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)	Carga (W)	
Alumbrado	10		20,4	204,00	
					204,00
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS					
	Potencia (W)		Número	Carga (W)	
Ordenador	250		0	0	
					0
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN					
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)	
Ventilación	0,05	1,18	1012	597,08	
					597,08
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN					
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)	
Infiltración	0	1,18	2257000	0	
					0
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					1629,57 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					48,89 W
TOTAL CALOR SENSIBLE					2678,45 W
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN					
	Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)	
Personas	95		4	380,00	
					380,00
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN					
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)	
Ventilación	0,05	1,18	1012	-27,96	
					-27,96
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN					
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)	
Infiltración	0	1,18	2257000	0	
					0
TOTAL CALOR LATENTE					352,04 W
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					2172,62 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %					
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					106,50 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid	FECHA CÁLCULO		15 Hora solar Julio		
SISTEMA	Climatización	CONDICIONES		T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
PLANTA	Baja	Exteriores		35,0	28,8	0,0096
ZONA	Aula (0 a 1 año)	Interiores		25,0	50,0	0,0099
DESTINADA A	Aula					
DIMENSIONES	25,0 m ² x 2,90 m					
VOLUMEN	72,5 m ³					
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES						
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Fachada	O	13,60	0,64	4,99	43,43	
Fachada	N	18,50	0,64	1,19	14,09	
Ventana	O	8,20	3,10	10,00	254,20	
					311,72	
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES						
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Forjado inf		25,00	0,81	5,00	101,25	
Tabique		9,30	2,11	5,00	98,12	
					199,37	
RADIACIÓN						
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)	
Ventana	O	8,20	0,72	500	2952,00	
					2952,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor sensible por persona (W)		Número		Carga (W)	
Personas	60		11		660,00	
					660,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN						
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)		Carga (W)	
Alumbrado	20		25,00		500,00	
					500,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS						
	Potencia (W)		Número		Carga (W)	
Ordenador	250		1		250,00	
					250,00	
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)		Carga (W)	
Ventilación	0,0769	1,18	1012		917,75	
					917,75	
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)		Carga (W)	
Infiltración	0,0615	1,18	2257000		734,41	
					734,41	
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					6525,24 W	
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					195,76 W	
TOTAL CALOR SENSIBLE					6721,00 W	
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor latente por persona (W)		Número		Carga (W)	
Personas	40		11		440,00	
					440,00	
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)		Carga (W)	
Ventilación	0,0769	1,18	1012		-42,98	
					-42,98	
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)		Carga (W)	
Infiltración	0,0615	1,18	2257000		-34,40	
					-34,40	
TOTAL CALOR LATENTE					362,62 W	
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					7579,47 W	
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %						
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					303,18 W/m²	



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN	Madrid					
SISTEMA	Climatización					
PLANTA	Baja		FECHA CÁLCULO	15 Hora solar Julio		
ZONA	Aula (1 a 2 años)		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
DESTINADA A	Aula		Exteriores	35,0	28,8	0,0096
DIMENSIONES	35,6 m ² x 2,90 m		Interiores	25,0	50,0	0,0099
VOLUMEN	103,2 m ³					
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES						
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Fachada	E	9,30	0,64	10,59	63,03	
Fachada	S	23,80	0,64	7,79	118,66	
Ventana	E	7,00	3,10	10,00	217,00	
					398,69	
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES						
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Forjado inf		35,60	0,81	5,00	144,18	
Tabique		16,30	2,11	5,00	171,97	
					316,15	
RADIACIÓN						
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)	
Ventana	E	7,00	0,72	95	478,80	
					478,80	
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor sensible por persona (W)			Número	Carga (W)	
Personas	60			20	1200,00	
					1200,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN						
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)		Carga (W)	
Alumbrado	20		35,60		712,00	
					712,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS						
	Potencia (W)		Número		Carga (W)	
Ordenador	250		1		250,00	
					250,00	
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación	0,1272	1,18	1012	1518,81		
					1518,81	
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Infiltración	0,0525	1,18	2257000	626,93		
					626,93	
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					5501,37 W	
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					165,04 W	
TOTAL CALOR SENSIBLE					5666,42 W	
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor latente por persona (W)			Número	Carga (W)	
Personas	40			20	800,00	
					800,00	
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación	0,1272	1,18	1012	-71,13		
					-71,13	
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Infiltración	0,0525	1,18	2257000	-29,36		
					-29,36	
TOTAL CALOR LATENTE					699,50 W	
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					6811,53 W	
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %						
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					191,34 W/m²	



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO		Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN		Madrid					
SISTEMA		Climatización					
PLANTA	Primera	FECHA CÁLCULO		15 Hora solar Julio			
ZONA	Aula Este (2 a 3 años)	CONDICIONES		T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Aula	Exteriores		35,0	28,8	0,0096	
DIMENSIONES	41,4 m ² x 2,90 m	Interiores		25,0	50,0	0,0099	
VOLUMEN	120,1 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Fachada	E	12,50	0,64	10,59	84,72		
Fachada	S	20,00	0,64	7,79	99,71		
Ventana	E	2,8	3,10	10,00	86,80		
					271,23		
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES							
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Tabique		28,7	2,11	5,00	302,79		
					302,79		
RADIACIÓN							
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)		
Ventana	E	2,80	0,72	95	191,52		
					191,52		
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN							
	Calor sensible por persona (W)			Número	Carga (W)		
Personas	60			20	1200,00		
					1200,00		
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN							
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)		Carga (W)		
Alumbrado	20		41,40		828,00		
					828,00		
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS							
	Potencia (W)		Número		Carga (W)		
Ordenador	250		1		250,00		
					250,00		
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)		Carga (W)		
Ventilación	0,1352	1,18	1012		1614,04		
					1614,04		
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN							
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)		Carga (W)		
Infiltración	0,0210	1,18	2257000		250,77		
					250,77		
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					4908,35 W		
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					147,25 W		
TOTAL CALOR SENSIBLE					5055,60 W		
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN							
	Calor latente por persona (W)			Número	Carga (W)		
Personas	40			20	800,00		
					800,00		
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN							
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)		Carga (W)		
Ventilación	0,1352	1,18	1012		-75,59		
					-75,59		
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN							
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)		Carga (W)		
Infiltración	0,0210	1,18	2257000		-11,75		
					-11,75		
TOTAL CALOR LATENTE					712,66 W		
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					6172,04 W		
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %							
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					149,08 W/m²		



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN	Madrid				
SISTEMA	Climatización				
PLANTA	Primera	FECHA CÁLCULO	15 Hora solar Julio		
ZONA	Aula Oeste (2 a 3 años)	CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
DESTINADA A	Aula	Exteriores	35,0	28,8	0,0096
DIMENSIONES	39,6 m ² x 2,90 m	Interiores	25,0	50,0	0,0099
VOLUMEN	114,8 m ³				
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES					
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)
Fachada	O	20,20	0,64	4,99	64,51
Fachada	S	9,70	0,64	7,79	48,36
Fachada	N	18,40	0,64	1,19	14,01
Ventana	O	12,10	3,10	10,00	375,1
					501,98
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES					
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)
Tabique		13,30	2,11	5,00	140,31
					140,31
RADIACIÓN					
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)
Ventana	O	12,10	0,72	500	4356,00
					4356,00
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN					
		Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)
Personas		60		20	1200,00
					1200,00
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN					
		Potencia (W/m ²)	Sup. (m ²)		Carga (W)
Alumbrado		20	39,60		792,00
					792,00
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS					
		Potencia (W)	Número		Carga (W)
Ordenador		250	1		250,00
					250,00
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN					
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)
Ventilación		0,1321	1,18	1012	1578,05
					1578,05
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN					
		V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)
Infiltración		0,0908	1,18	2257000	1083,70
					1083,70
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					9902,05 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					297,06 W
TOTAL CALOR SENSIBLE					10199,11 W
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN					
		Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)
Personas		40		20	800,00
					800,00
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN					
		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)
Ventilación		0,1321	1,18	1012	-73,91
					-73,91
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN					
		V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)
Infiltración		0,0908	1,18	2257000	-50,76
					-50,76
TOTAL CALOR LATENTE					675,34 W
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					11635,66W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %					
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					293,83W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN	Madrid					
SISTEMA	Climatización					
PLANTA	Segunda		FECHA CÁLCULO	15 Hora solar Julio		
ZONA	Despacho		CONDICIONES	T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
DESTINADA A	Oficina		Exteriores	35,0	28,8	0,0096
DIMENSIONES	14,4 m ² x 2,90 m		Interiores	25,0	50,0	0,0099
VOLUMEN	41,8 m ³					
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES						
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Fachada	E	5,90	0,64	10,59	39,99	
Ventana	E	2,80	3,10	10,00	86,80	
					126,79	
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES						
		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Tabique		26,70	2,11	5,00	281,69	
					281,69	
RADIACIÓN						
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)	
Ventana	E	2,80	0,72	95	191,52	
					191,52	
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)		
Personas	65		2	130,00		
					130,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN						
	Potencia (W/m ²)		Sup. (m ²)	Carga (W)		
Alumbrado	20		14,40	288,00		
					288,00	
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS						
	Potencia (W)		Número	Carga (W)		
Ordenador	250		1	250,00		
					250,00	
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación	0,0090	1,18	1012	107,81		
					107,81	
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Infiltración	0,0210	1,18	2257000	250,77		
					250,77	
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE						1626,57 W
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %						48,80 W
TOTAL CALOR SENSIBLE						1675,37W
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN						
	Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)		
Personas	55		2	110,00		
					110,00	
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN						
	V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación	0,0090	1,18	1012	-5,05		
					-5,05	
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN						
	V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Infiltración	0,0210	1,18	2257000	-11,75		
					-11,75	
TOTAL CALOR LATENTE						93,21 W
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN						1892,38 W
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %						
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE						131,42 W/m²



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO	Escuela Infantil	HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)				
UBICACIÓN	Madrid	FECHA CÁLCULO		15 Hora solar Julio		
SISTEMA	Climatización	CONDICIONES		T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)
PLANTA	Segunda	Exteriores		35,0	28,8	0,0096
ZONA	Sala Polivalente	Interiores		25,0	50,0	0,0099
DESTINADA A	Aula					
DIMENSIONES	42,4 m ² x 2,90 m					
VOLUMEN	123,0 m ³					
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES		Or.	Sup. (m²)	K (W/m²°C)	ΔT (°C)	Carga (W)
Fachada	O	20,20	0,64	4,99	64,51	
Fachada	S	16,50	0,64	7,79	82,26	
Fachada	N	18,40	0,64	1,19	14,01	
Ventana	O	12,10	3,10	10,00	375,1	
535,89						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES		Sup. (m²)	K (W/m²°C)	ΔT (°C)	Carga (W)	
Forjado inf		6,00	0,81	5,00	24,30	
24,30						
RADIACIÓN		Or.	Sup. (m²)	F	I (W/m²)	Carga (W)
Ventana	O	12,10	0,72	500	4356,00	
4356,00						
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN		Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)	
Personas		60	20	1200,00		
1200,00						
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN		Potencia (W/m²)	Sup. (m²)	Carga (W)		
Alumbrado		20	42,4	848,00		
848,00						
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS		Potencia (W)	Número	Carga (W)		
Ordenador		250	1	250,00		
250,00						
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN		V_{vent} (m³/s)	ρ (kg/m³)	c_p (J/kg°C)	Carga (W)	
Ventilación		0,1364	1,18	1012	1629,00	
1629,00						
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN		V_{inf} (m³/s)	ρ (kg/m³)	c_p (J/kg°C)	Carga (W)	
Infiltración		0,0908	1,18	2257000	1083,70	
1083,70						
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					9926,89 W	
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					297,81 W	
TOTAL CALOR SENSIBLE					10224,69 W	
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN		Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)	
Personas		40	20	800,00		
800,00						
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN		V_{vent} (m³/s)	ρ (kg/m³)	h_{fg} (J/kg)	Carga (W)	
Ventilación		0,1364	1,18	1012	-76,29	
-76,29						
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN		V_{inf} (m³/s)	ρ (kg/m³)	h_{fg} (J/kg)	Carga (W)	
Infiltración		0,0908	1,18	2257000	-50,76	
-50,76						
TOTAL CALOR LATENTE					672,95 W	
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					11660,48 W	
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %						
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					275,01 W/m²	



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**

PROYECTO		Escuela Infantil		HOJA DE CARGAS PARA REFRIGERACIÓN (Máximas por Zona)			
UBICACIÓN		Madrid					
SISTEMA		Climatización					
PLANTA	Segunda	FECHA CÁLCULO		15 Hora solar Julio			
ZONA	Sala Reuniones	CONDICIONES		T (°C)	HR(%)	w(kg/kg)	
DESTINADA A	Sala de reuniones	Exteriores		35,0	28,8	0,0096	
DIMENSIONES	19,3 m ² x 2,90 m	Interiores		25,0	50,0	0,0099	
VOLUMEN	56,0 m ³						
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS EXTERIORES							
	Or.	Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
Fachada	E	4,80	0,64	10,59	32,53		
Fachada	S	23,70	0,64	7,79	118,16		
Ventana	E	7,00	3,10	10,00	217,00		
					367,69		
TRANSMISIÓN CERRAMIENTOS INTERIORES		Sup. (m ²)	K (W/m ² °C)	ΔT (°C)	Carga (W)		
-							
RADIACIÓN							
	Or.	Sup. (m ²)	F	I (W/m ²)	Carga (W)		
Ventana	E	7,00	0,72	95	478,80		
					478,80		
CALOR SENSIBLE INTERNO: OCUPACIÓN		Calor sensible por persona (W)		Número	Carga (W)		
Personas		65		6	390,00		
					390,00		
CALOR SENSIBLE INTERNO: ILUMINACIÓN		Potencia (W/m ²)	Sup. (m ²)		Carga (W)		
Alumbrado		20	19,30		386,00		
					386,00		
CALOR SENSIBLE INTERNO: EQUIPOS		Potencia (W)	Número		Carga (W)		
Ordenador		250	1		250,00		
					250,00		
CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Ventilación		0,0169	1,18	1012	201,85		
					201,85		
CALOR SENSIBLE INFILTRACIÓN		V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg°C)	Carga (W)		
Infiltración		0,0525	1,18	2257000	626,93		
					626,93		
SUBTOTAL CALOR SENSIBLE					2701,27 W		
CARGAS DEBIDAS A LA PROPIA INSTALACIÓN (Aplicado al subtotal calor sensible): 3 %					81,04 W		
TOTAL CALOR SENSIBLE					2782,31W		
CALOR LATENTE INTERNO: OCUPACIÓN		Calor latente por persona (W)		Número	Carga (W)		
Personas		55		6	330,00		
					330,00		
CALOR LATENTE AIRE VENTILACIÓN		V _{vent} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Ventilación		0,0169	1,18	1012	-9,45		
					-9,45		
CALOR LATENTE INFILTRACIÓN		V _{inf} (m ³ /s)	ρ (kg/m ³)	h _{fg} (J/kg)	Carga (W)		
Infiltración		0,0525	1,18	2257000	-29,36		
					-29,36		
TOTAL CALOR LATENTE					291,18 W		
CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN					3288,64 W		
Coeficiente de seguridad (aplicado a la suma del total de calor sensible y latente): 7 %							
CARGA DE REFRIGERACIÓN POR UNIDAD DE SUPERFICIE					170,40 W/m²		



ANEXO 2: HOJA DE CARACTERISTICAS

ELEMENTOS TERMINALES

PLANTA SÓTANO										
Sala	Tipo	Nº	Modelo	Dimensión (mm)	Q (m ³ /h)		X (m)	V _{eff} (m/s)	ΔP (Pa)	L _{WA} (dB(A))
					Local	Elem. terminal				
Cocina	Impulsión	1	43 SF 10"	Ø 250	250	250	1,5	3,4	4,4	10
	Extracción	1	20-45-HO	400X200	250	250	-	2,0	4,7	22
	Extracción	1	GPD 010	Ø 100	90	90	-	-	50,0	26
Vestidores	Impulsión	2	43 SF 10"	Ø 250	250	250	1,5	3,4	4,4	10
	Extracción	6	GPD 010	Ø 100	540	90	-	-	50,0	26
Otras zonas	Extracción	4	20-45-HO	200x100	200	50	-	1,8	3,5	12
	Extracción	2	20-45-HO	200x150	200	100	-	2,3	5,8	26
	Extracción	1	20-45-HO	250x200	200	200	-	2,5	8,1	12

PLANTA BAJA										
Sala	Tipo	Nº	Modelo	Dimensión (mm)	Q (m ³ /h)		X (m)	V _{eff} (m/s)	ΔP (Pa)	L _{WA} (dB(A))
					Local	Elem. terminal				
Aula 0 a 1 año	Impulsión	2	43 SF 12"	Ø 315	840	450	2,2	4,0	6,3	20
	Impulsión	1	20-DH-O	500X250	800	800	5,4	3,4	5,4	26
	Retorno	1	20-45-HO	500X300	550	600	-	2,3	3,8	24
Cunas	Impulsión	1	20-DH-O	500X250	800	800	5,4	3,4	5,4	26
	Retorno	1	20-45-HO	500X300	550	600	-	2,3	3,8	24
Cambiador	Extracción	1	GPD 010	Ø 100	90	90	-	-	50,0	26
Aula 1 a 2 años	Impulsión	2	43 SF 12"	Ø 315	840	450	2,2	4,0	6,3	20
	Impulsión	2	20-DH-O	500X250	1600	800	5,4	3,4	5,4	26
	Retorno	1	20-45-HO	1000X300	1150	1500	-	2,8	5,6	32

PLANTA PRIMERA										
Sala	Tipo	Nº	Modelo	Dimensión (mm)	Q (m ³ /h)		X (m)	V _{eff} (m/s)	ΔP (Pa)	L _{WA} (dB(A))
					Local	Elem. terminal				
Aula 2 a 3 años(este)	Impulsión	2	43 SF 12"	Ø 315	840	450	2,2	4,0	6,3	20
	Impulsión	2	20-DH-O	500X250	1600	800	5,4	3,4	5,4	26
	Retorno	1	20-45-HO	1000X300	1100	1500	-	2,8	5,6	32
Aula 2 a 3 años(oeste)	Impulsión	2	43 SF 16"	Ø 400	1020	600	2,4	3,5	4,8	20
	Impulsión	2	20-DH-O	500X250	1600	800	5,4	3,4	5,4	26
	Retorno	1	20-45-HO	1000X300	1100	1500	-	2,8	5,6	32
Aseos	Extracción	4	GPD 010	Ø 100	360	100	-	-	50,0	26



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PLANTA SEGUNDA										
Sala	Tipo	Nº	Modelo	Dimensión (mm)	Q (m ³ /h)		X (m)	V _{eff} (m/s)	ΔP (Pa)	L _{WA} (dB(A))
					Local	Elem. terminal				
Sala polivalente	Impulsión	2	43 SF 16''	Ø 400	1020	600	2,4	3,5	4,8	20
	Impulsión	1	20-DH-O	750X300	1400	1400	7,0	3,2	5,0	27
	Retorno	1	20-45-HO	600X400	1000	1000	-	2,4	4,0	27
Sala reuniones	Impulsión	1	20-DH-O	200X100	100	100	1,8	2,8	3,9	12
	Retorno	1	20-45-HO	200X150	100	100	-	2,3	5,8	21
Despacho	Impulsión	1	20-DH-O	200X100	100	100	1,8	2,8	3,9	12
Aseo	Extracción	1	GPD 010	Ø 100	90	90	-	-	50,0	26

EXTRACCIÓN									
Sala	Tipo	Modelo	Dimensión (mm)	Q (m ³ /h)		X (m)	V _{eff} (m/s)	ΔP (Pa)	L _{WA} (dB(A))
				Local	Elem. terminal				
Basuras	Extracción	25-H	300x200	200	200	-	2,6	10,8	29
P. Sótano	Extracción	25-H	1000x300	1280	1600	-	3,3	17,2	41
Aseos	Extracción	25-H	600x200	540	600	-	3,5	19,6	39

Las abreviaturas de las tablas significan lo siguiente:

- Nº: número de cada tipo de elemento terminal.
- Q: caudal impulsado, extraído o recirculado.
- X: alcance del elemento terminal.
- V_{eff}: velocidad efectiva del elemento terminal.
- ΔP: pérdida de carga del elemento terminal.
- L_{WA}: nivel sonoro del elemento terminal.



CONDUCTOS

IMPULSIÓN Y RETORNO:

PLANTA SÓTANO

Unidad Terminal	Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (mm.c.a.)
P40 Cocina/ Vestuarios	A-B	250x150	0,038	210,0	0,3	840,0	6,22	0,176	0,053	0,405	0,458
	B-C	250x150	0,038	210,0	2,7	590,0	4,37	0,092	0,248	0,078	0,326
	C-D	250x150	0,038	210,0	5,0	590,0	4,37	0,092	0,460	0,078	0,538
	D-E	150X150	0,023	164,0	1,7	295,0	3,64	0,153	0,260	0,048	0,308
	D-F	150X150	0,023	164,0	0,8	295,0	3,64	0,153	0,122	0,048	0,170
	B-G	200X150	0,030	188,9	2,4	250,0	2,32	0,027	0,065	0,019	0,084
	G-H	200X150	0,030	188,9	5	250,0	2,32	0,027	0,135	0,019	0,154

PLANTA BAJA

Unidad Terminal	Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (m.m.c.a.)
SIAV Aula 0 a 1 año	1-2	200x200	0,040	218,6	7,2	1280,0	5,92	0,036	0,259	4,896	5,155
	2-3	200x200	0,040	218,6	4,0	780,0	4,81	0,036	0,144	0,152	0,296
	3-4	200x200	0,040	218,6	1,1	50,0	1,39	0,036	0,040	0,152	0,192
	5-6	250x200	0,050	244,1	1,4	550,0	3,06	0,040	0,056	0,357	0,413
	6-7	200x200	0,040	218,6	0,8	550,0	3,82	0,042	0,034	0,154	0,188
	7-8	200x200	0,040	218,6	2,3	550,0	3,82	0,042	0,097	0,184	0,281
	11-8	250x200	0,050	244,1	0,8	550,0	3,06	0,042	0,034	0,357	0,391
	8-9	450x200	0,090	321,5	0,9	1100,0	3,40	0,039	0,034	0,222	0,257
	9-10	450x200	0,090	321,5	0,6	1100,0	3,40	0,039	0,023	0,173	0,196
	12-13	350x200	0,070	286,4	1,3	800,0	3,18	0,043	0,056	0,148	0,204
	13-14	350x200	0,070	286,4	2,0	800,0	3,18	0,043	0,086	0,148	0,234
	14-15	350x200	0,070	286,4	3,8	800,0	3,18	0,043	0,163	0,551	0,714
	16-17	350x200	0,070	286,4	1,3	800,0	3,18	0,043	0,056	0,148	0,204
17-18	350x200	0,070	286,4	2,4	800,0	3,18	0,043	0,103	0,551	0,654	
P40 Aula 0 a 1 año	A-B	350x250	0,088	286,4	0,1	840,0	2,67	0,026	0,003	0,084	0,087
	B-C	200x200	0,040	218,6	1,5	420,0	2,92	0,038	0,057	0,643	0,700
	B-D	200x200	0,040	218,6	1,4	420,0	2,92	0,038	0,053	0,643	0,696
SIAV Aula 1 a 2 años	1'-2'	200x200	0,040	218,6	0,8	500,0	3,47	0,036	0,029	4,896	4,925
	2'-3'	200x200	0,040	218,6	4,0	500,0	3,47	0,036	0,144	0,152	0,296
	3'-4'	200x200	0,040	218,6	0,5	500,0	3,47	0,036	0,018	0,152	0,170
	5'-6'	450x200	0,090	321,5	1,5	1100,0	3,40	0,039	0,059	0,571	0,630
	6'-7'	450x200	0,090	321,5	0,8	1100,0	3,40	0,039	0,031	0,177	0,208
	8'-9'	300x200	0,060	266,4	1,7	800,0	3,70	0,050	0,085	0,196	0,281
	9'-10'	300x200	0,060	266,4	3,4	800,0	3,70	0,050	0,170	0,551	0,721
	11'-12'	300x200	0,060	266,4	3,4	800,0	3,70	0,050	0,170	0,196	0,366
12'-13'	300x200	0,060	266,4	6,8	800,0	3,70	0,050	0,340	0,551	0,891	
P40 Aula 1 a 2 años	A'-B'	350x250	0,088	322,2	0,8	840,0	2,67	0,026	0,021	0,084	0,105
	B'-C'	200x200	0,040	218,6	1,9	420,0	2,92	0,038	0,072	0,643	0,715
	B'-D'	200x200	0,040	218,6	1,3	420,0	2,92	0,038	0,049	0,643	0,692



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

PLANTA PRIMERA											
Unidad Terminal	Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (m.m.c.a.)
SIAV Aula 2 a 3 años Oeste	1-2	200x200	0,040	218,6	3,8	500,0	3,47	0,036	0,137	4,896	5,033
	2-3	200x200	0,040	218,6	1,2	500,0	3,47	0,036	0,043	0,152	0,195
	4-5	450x200	0,090	321,5	2,6	1100,0	3,40	0,039	0,101	0,571	0,672
	5-6	450x200	0,090	321,5	0,8	1100,0	3,40	0,039	0,031	0,177	0,208
	7-8	300x200	0,060	266,4	1,2	800,0	3,70	0,050	0,060	0,196	0,256
	8-9	300x200	0,060	266,4	0,6	800,0	3,70	0,050	0,030	0,196	0,226
	9-10	300x200	0,060	266,4	3,3	800,0	3,70	0,050	0,165	0,551	0,716
	11-12	300x200	0,060	266,4	0,9	800,0	3,70	0,050	0,045	0,196	0,241
P50 Aula 2 a 3 año Oeste	A-B	400x200	0,080	304,7	0,6	1020,0	3,54	0,045	0,027	0,121	0,148
	B-C	200x200	0,040	218,6	2,3	510,0	3,54	0,059	0,136	0,490	0,626
	B-D	200x200	0,040	218,6	3,0	510,0	3,54	0,059	0,177	0,490	0,667
SIAV Aula 2 a 3 años Este	1'-2'	200x200	0,040	218,6	6,5	500,0	3,47	0,036	0,234	4,896	5,120
	2'-3'	200x200	0,040	218,6	1,7	500,0	3,47	0,036	0,061	0,152	0,213
	4'-5'	450x200	0,090	321,5	5,3	1100,0	3,40	0,039	0,207	0,571	0,778
	5'-6'	450x200	0,090	321,5	1,3	1100,0	3,40	0,039	0,051	0,177	0,228
	7'-8'	300x200	0,060	266,4	0,8	800,0	3,70	0,050	0,040	0,196	0,236
	8'-9'	300x200	0,060	266,4	1,0	800,0	3,70	0,050	0,050	0,551	0,601
	10'-11'	300x200	0,060	266,4	3,0	800,0	3,70	0,050	0,150	0,196	0,346
	11'-12'	300x200	0,060	266,4	1,2	800,0	3,70	0,050	0,060	0,551	0,611
P40 Aula 2 a 3 año Este	A'-B'	350x250	0,088	322,2	0,6	840,0	2,67	0,026	0,016	0,084	0,100
	B'-C'	200x200	0,040	218,6	1,9	420,0	2,92	0,038	0,072	0,643	0,715
	B'-D'	200x200	0,040	218,6	1,8	420,0	2,92	0,038	0,684	0,643	1,327

PLANTA SEGUNDA											
Unidad Terminal	Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (m.m.c.a.)
SIAV Sala Polivalente	1-2	250x200	0,050	244,1	5,5	500,0	2,78	0,036	0,198	2,754	2,952
	2-3	250x200	0,050	244,1	1,3	500,0	2,78	0,036	0,047	0,105	0,152
	4-5	350x200	0,070	286,4	4,2	1000,0	3,97	0,058	0,244	0,408	0,652
	5-6	350x200	0,070	286,4	0,7	1000,0	3,97	0,058	0,041	0,231	0,272
	7-8	150x100	0,015	133,2	6,7	100,0	1,85	0,011	0,074	0,592	0,666
	8-9	150x100	0,015	133,2	2,0	100,0	1,85	0,011	0,022	0,049	0,071
	10-11	600x200	0,120	365,3	0,5	1400,0	3,24	0,035	0,018	0,166	0,184
	11-12	600x200	0,120	365,3	0,5	140,0	3,24	0,035	0,018	0,166	0,184
	12-13	600x200	0,120	365,3	4,0	1400,0	3,24	0,035	0,140	0,51	0,650
	14-15	150x150	0,023	164,0	0,3	200,0	2,47	0,028	0,008	0,077	0,085
	15-16	150x150	0,023	164,0	1,4	200,0	2,47	0,028	0,039	0,012	0,051
	16-17	150x100	0,015	133,2	1,2	100,0	1,85	0,011	0,013	0,398	0,411
	16-18	150x100	0,015	133,2	0,8	100,0	1,85	0,011	0,009	0,398	0,407
P50 Sala Polivalente	A-B	400x200	0,080	304,7	0,1	1020,0	3,54	0,045	0,005	0,121	0,126
	B-C	200x200	0,040	218,6	2,3	510,0	3,54	0,059	0,136	0,490	0,626
	B-D	200x200	0,040	218,6	3,0	510,0	3,54	0,059	0,177	0,490	0,667



EXTRACCIÓN:

EXTRACCIÓN CUARTO DE BASURAS										
Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (m.m.c.a.)
1'-2'	150x150	0,023	164,0	0,8	200,0	2,47	0,028	0,022	0,191	0,213
2'-3'	150x100	0,025	133,2	1,5	100,0	1,85	0,022	0,033	0,592	0,625
2'-4'	150x100	0,015	133,2	0,8	100,0	1,85	0,022	0,018	0,592	0,610
Vertical	150x150	0,023	164,0	12,0	200,0	2,47	0,022	0,264	0,0	0,264
Cond. Cubierta	150x150	0,023	164,0	1,0	200,0	2,47	0,022	0,022	0,076	0,098

EXTRACCIÓN PLANTA SÓTANO										
Tramo	Dim. (mm)	Área (m ²)	D _{eqv} (mm)	L (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP ₁ (mm.c.a.)	ΔP ₂ (mm.c.a.)	ΔP _T (m.m.c.a.)
1-2	500x150	0,075	286,4	0,3	1280,0	4,74	0,150	0,045	0,176	0,221
2-3	300x150	0,045	228,5	0,9	780,0	4,81	0,082	0,074	0,050	0,124
3-4	100x100	0,010	109,3	3,7	50,0	1,39	0,018	0,067	0,025	0,092
4-5	100x100	0,010	109,3	0,8	50,0	1,39	0,018	0,014	0,025	0,039
5-6	100x100	0,010	109,3	0,8	50,0	1,39	0,018	0,014	0,357	0,371
3-7	500x150	0,075	286,8	5,5	730,0	4,06	0,030	0,165	0,427	0,592
7-8	350x150	0,053	245,1	3,2	370,0	1,96	0,020	0,064	0,022	0,086
8-9	150x100	0,015	133,2	1,9	100,0	1,23	0,022	0,042	0,060	0,102
9-10	100x100	0,010	109,3	0,9	50,0	1,39	0,018	0,016	0,357	0,373
9-11	100x100	0,010	109,3	1,6	50,0	1,39	0,018	0,029	0,357	0,386
8-12	200x150	0,030	188,9	2,5	270,0	2,50	0,028	0,070	8,231	8,301
12-13	150x150	0,023	164,0	1,7	180,0	2,22	0,022	0,037	8,200	8,237
13-14	150x100	0,015	133,2	1,9	90,0	1,67	0,019	0,036	8,160	8,196
7-15	250x150	0,038	210,0	1,4	360,0	2,67	0,032	0,045	16,391	16,436
15-16	150x150	0,023	164,0	3,2	180,0	2,22	0,022	0,070	16,320	16,390
2-17	200x150	0,030	188,9	2,0	500,0	4,63	0,075	0,150	1,024	1,174
17-18	150x150	0,023	164,0	1,3	300,0	3,70	0,070	0,091	0,357	0,448
18-19	150x150	0,023	164,0	3,9	250,0	3,09	0,070	0,273	0,121	0,394
19-20	150x150	0,023	164,0	4,3	250,0	3,09	0,050	0,215	0,121	0,336
20-21	150x150	0,023	164,0	1,6	250,0	3,09	0,050	0,080	0,479	0,559
Vertical	400x250	0,100	343,3	12,0	1280,0	3,56	0,042	0,504	0,0	0,504
Cond. Cubierta	400x250	0,100	343,3	0,9	1280,0	3,56	0,042	0,038	1,421	1,459



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

EXTRACCIÓN ASEOS										
Tramo	Dim. (mm)	Área (m²)	D_{eqv} (mm)	L (m)	Q (m³/h)	v (m/s)	ΔP/m (mm.c.a./m)	ΔP₁ (mm.c.a.)	ΔP₂ (mm.c.a.)	ΔP_T (m.m.c.a.)
Horizontal P. Baja	100x100	0,010	109,3	2,0	90,0	2,50	0,045	0,090	0,079	0,169
Vertical P. Baja	200x200	0,040	218,6	3,0	90,0	0,63	0,001	0,003	0,0	0,003
Horizontal P. Primera	250x100	0,025	168,5	4,0	360,0	4,00	0,090	0,360	1,685	2,045
Vertical P. Primera	200x200	0,040	218,6	3,0	450,0	3,13	0,051	0,153	0,0	0,153
Horizontal P. Segunda	100x100	0,010	109,3	0,6	90,0	2,50	0,045	0,027	0,026	0,053
Vertical P. Segunda	200x200	0,040	218,6	3,0	540,0	3,75	0,065	0,195	0,0	0,195
Horizontal Cubierta	200x200	0,040	218,6	0,7	540,0	3,75	0,065	0,046	0,0	0,046

Los parámetros mostrados en las tablas son los siguientes:

- Dim.: dimensión del conducto (mm).
- Área: sección perpendicular del conducto (m²).
- D_{eqv}: diámetro equivalente (mm).
- L: longitud del tramo (m).
- Q: caudal de aire a extraer o impulsar (m³/h).
- v: velocidad del aire (m/s).
- ΔP/m: pérdida de carga unitaria (mm.c.a./m).
- ΔP₁: pérdida de carga por fricción (mm.c.a.).
- ΔP₂: pérdida de carga por accesorios y singularidades (mm.c.a.).
- ΔP_T: pérdida de carga total en el tramo (mm.c.a.)

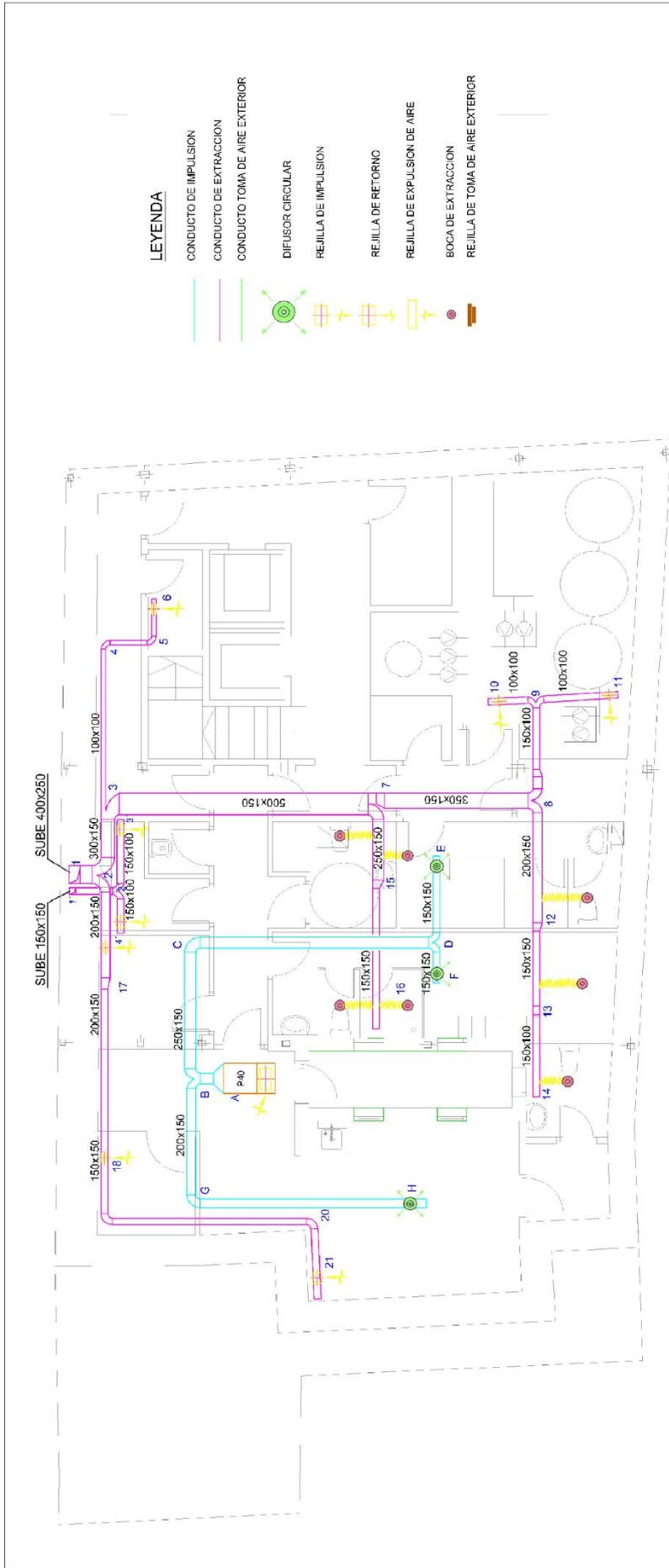
Todos los conductos señalados en las tablas aparecen correspondientemente numerados en los distintos planos mostrados en el anexo del proyecto. En estos planos están representadas las singularidades de cada tramo.



ANEXO 3: PLANOS



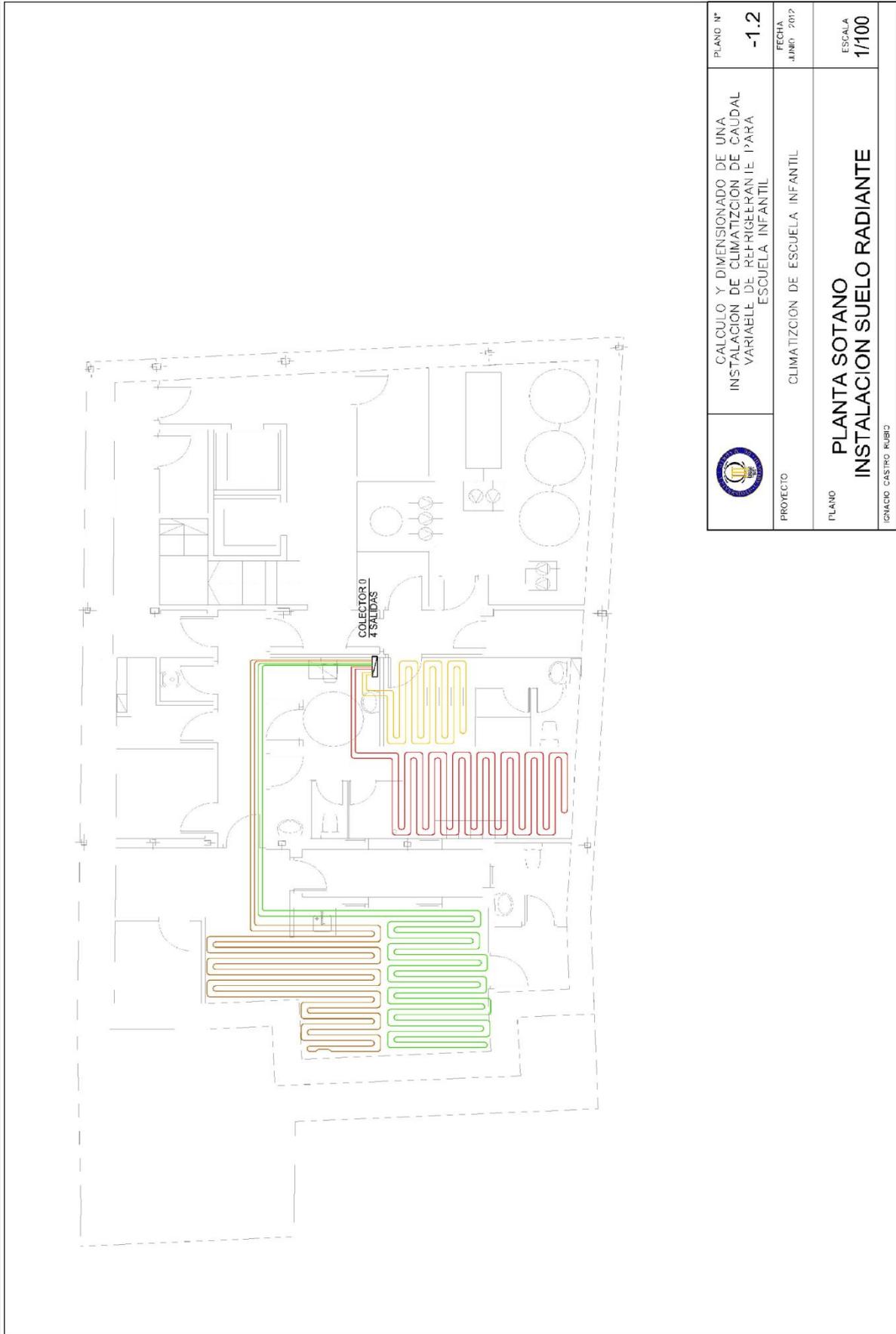
**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° -1.1
PROYECTO	CLIMATIZACION DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012
PLANO	PLANTA SOTANO INSTALACION EQUIPOS Y CONDUCTOS	ESCALA 1/100
IGNACIO CASTRO RUBIO		



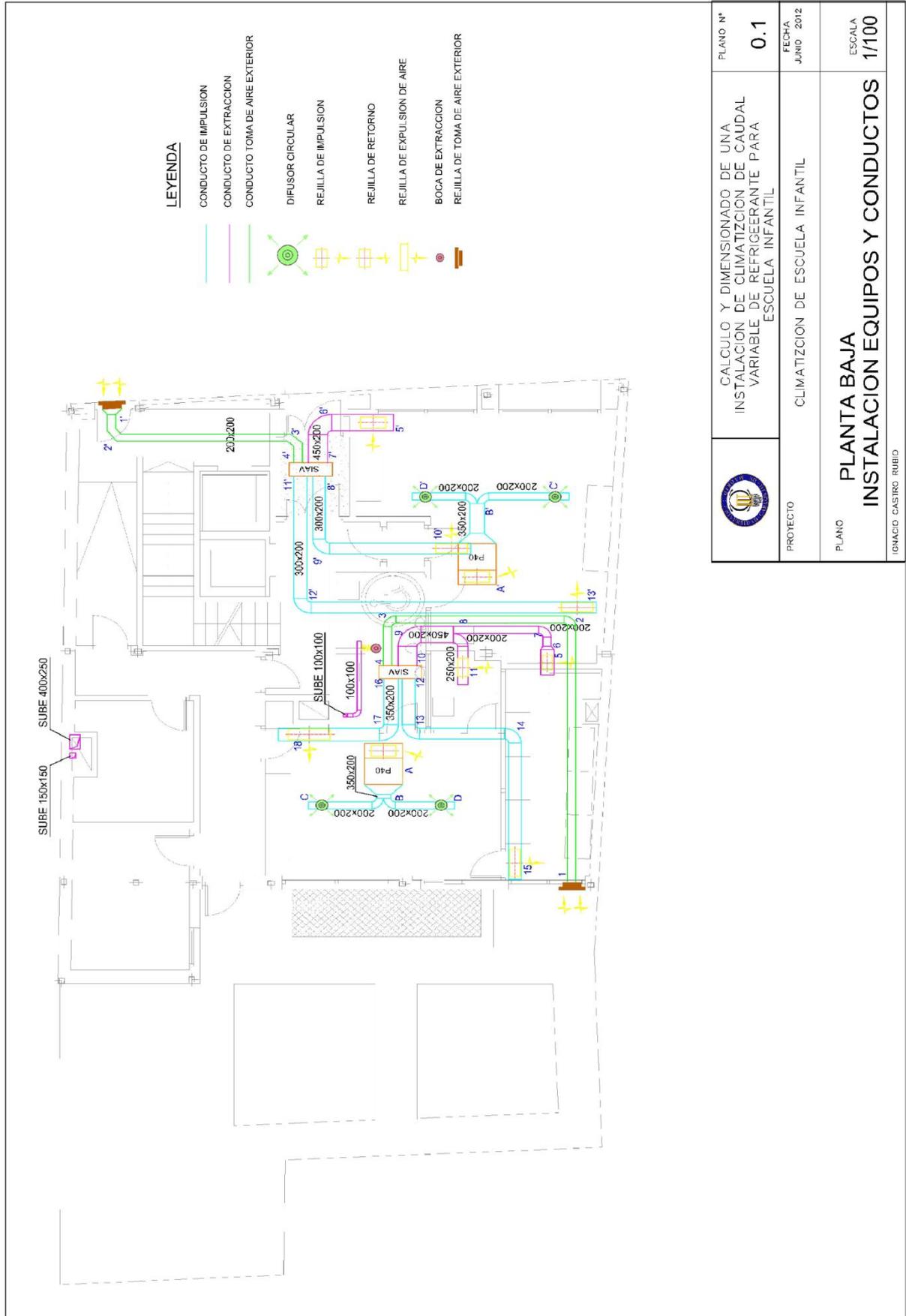
CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° -1.2
PROYECTO	CLIMATIZACIÓN DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012
PLANO	PLANTA SOTANO INSTALACION SUELO RADIANTE	ESCALA 1/100
IGNACIO CASTRO RUBIO		

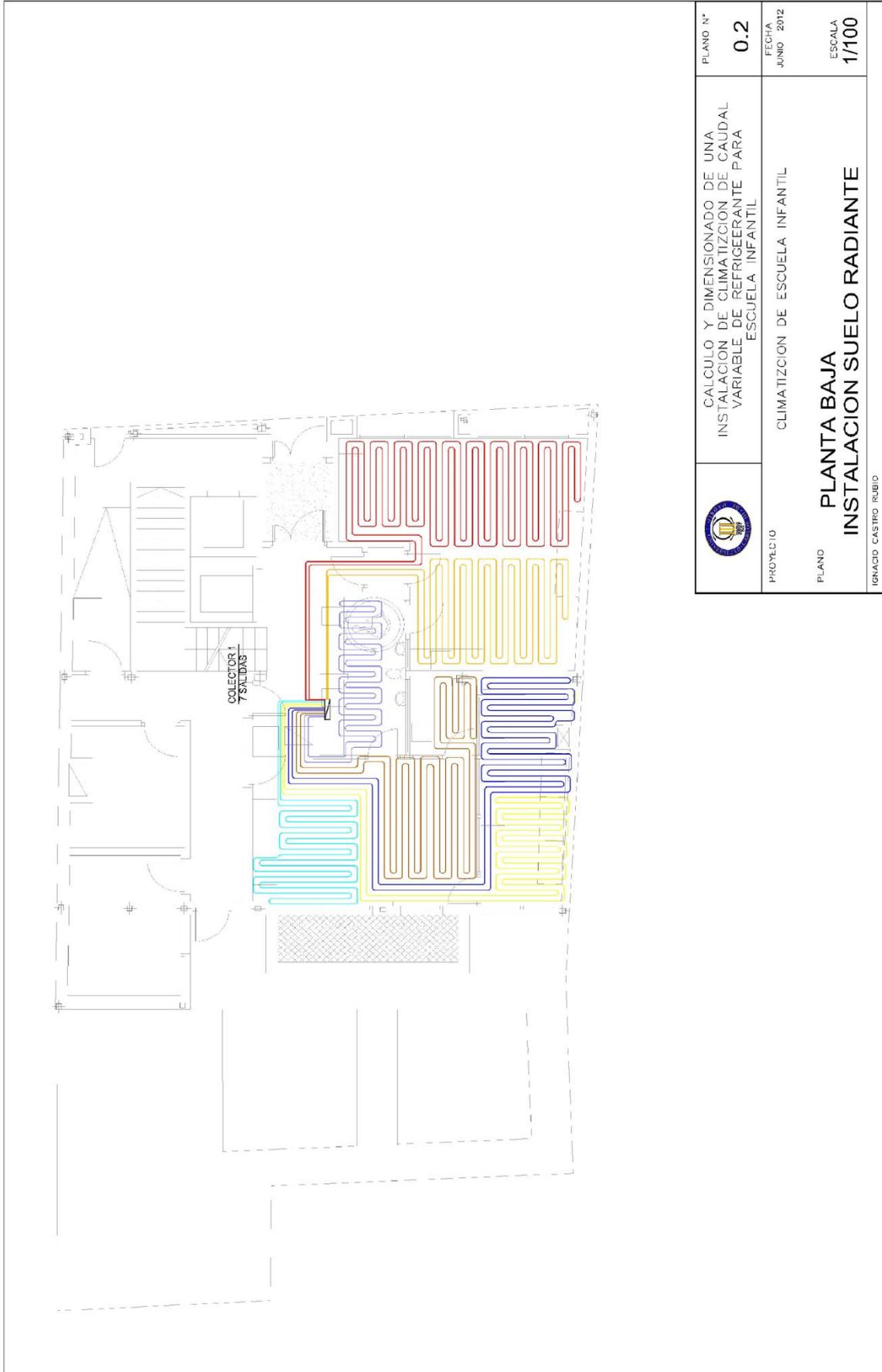


CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL





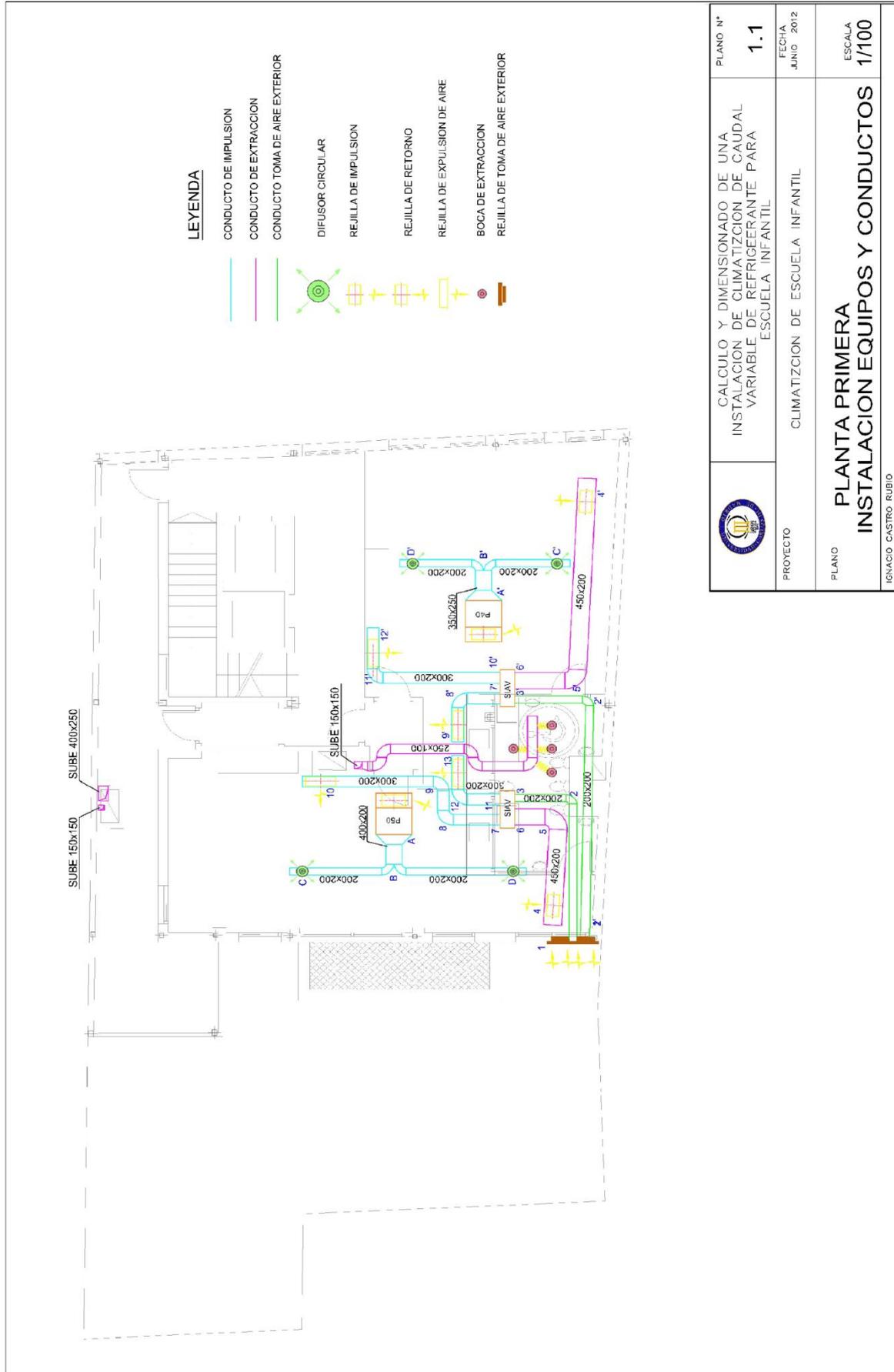
CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° 0.2
PROYECTO	CLIMATIZACION DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012
PLANO	PLANTA BAJA INSTALACION SUELO RADIANTE	ESCALA 1/100
IGNACIO CASTRO RUBIO		



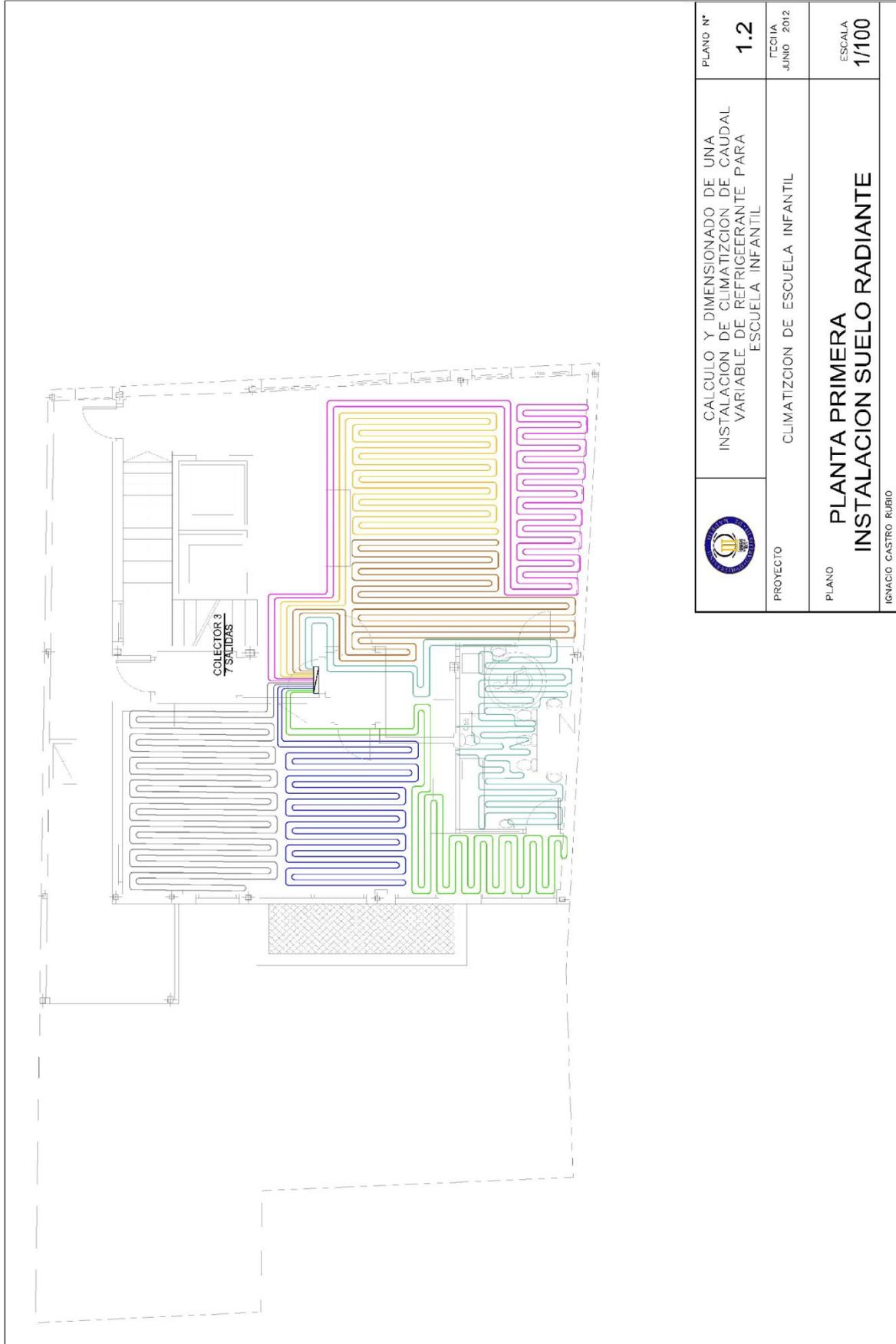
CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° 1.1
PROYECTO	CLIMATIZACION DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012
PLANO	PLANTA PRIMERA INSTALACION EQUIPOS Y CONDUCTOS	ESCALA 1/100
IGNACIO CASTRO RUBIO		



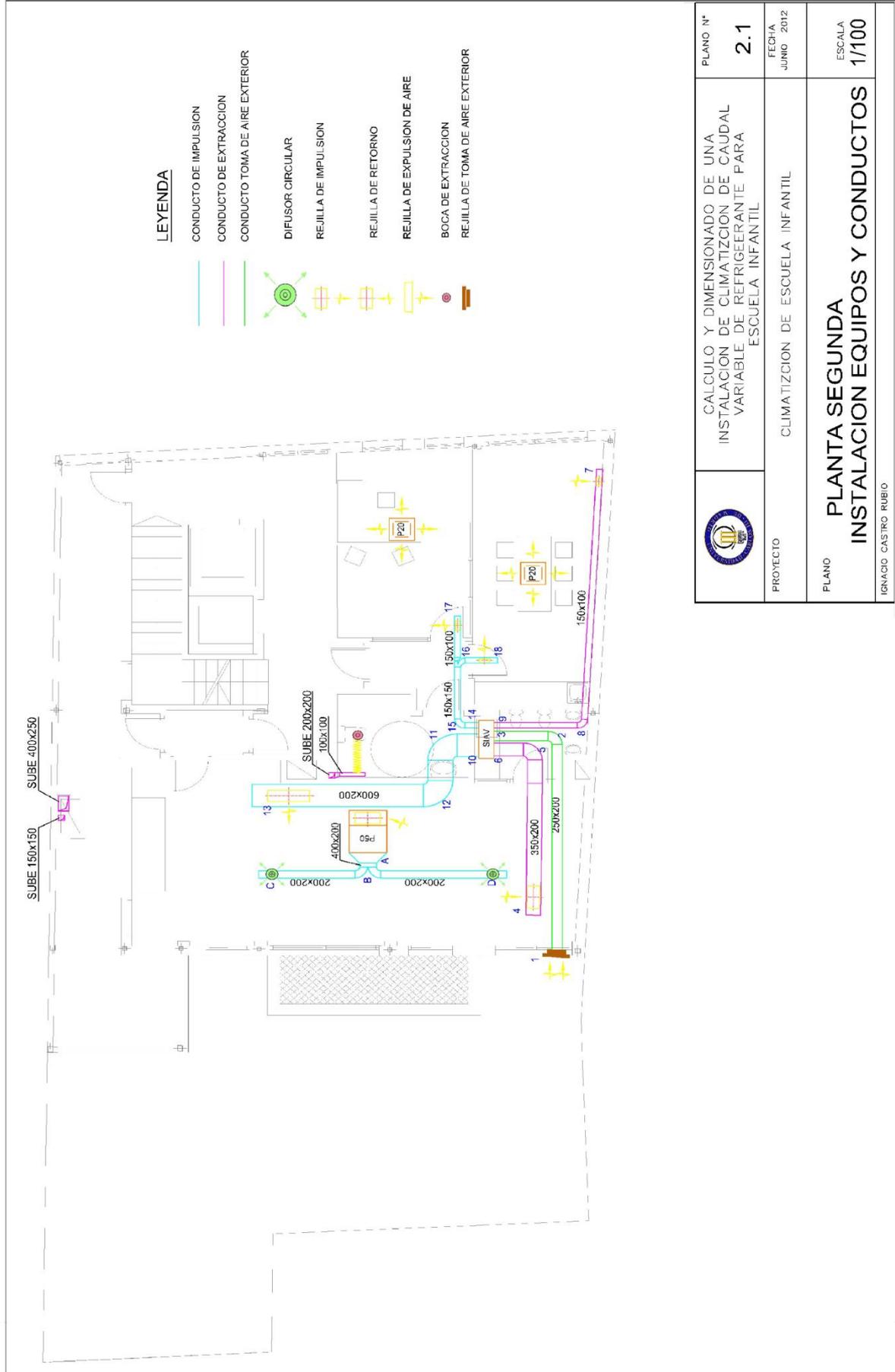
CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° 1.2
PROYECTO	CLIMATIZACION DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012
PLANO	PLANTA PRIMERA INSTALACION SUELO RADIANTE	ESCALA 1/100
IGNACIO CASTRO RUBIO		



**CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL**



	CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE PARA ESCUELA INFANTIL	PLANO N° 2.1
PROYECTO CLIMATIZACION DE ESCUELA INFANTIL	FECHA JUNIO 2012	
PLANO PLANTA SEGUNDA INSTALACION EQUIPOS Y CONDUCTOS	ESCALA 1/100	
IGNACIO CASTRO RUBIO		



CÁLCULO Y DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN
DE CLIMATIZACIÓN DE CAUDAL VARIABLE DE REFRIGERANTE
PARA ESCUELA INFANTIL

