



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO

Alumno: Juan Jiménez Amezcua

Tutor: Prof. D. Miguel Ángel García Gutiérrez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Octubre, 2015



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Informática

Don MIGUEL ÁNGEL GARCÍA GUTIÉRREZ, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO, que presenta JUAN JIMÉNEZ AMEZCUA, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, OCTUBRE de 2015

El alumno:

El tutor:

JUAN JIMÉNEZ AMEZCUA

MIGUEL ÁNGEL GARCÍA GUTIÉRREZ

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO	11
2. PROMOTOR	11
3. AUTOR	11
4. LOCALIZACIÓN	11
5. NORMATIVA APLICADA	12
6. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
7. PARÁMETROS DE CÁLCULO	13
7.1. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES	14
7.2. CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES	14
8. SOLUCIONES ADOPTADAS	15
8.1. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	15
8.1.1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	15
8.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	16
8.1.2.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	16
8.1.2.2. SUELO RADIANTE EN CADA HABITACIÓN	16
8.1.2.2.1. COMPONENTES SUELO RADIANTE	17
8.1.2.3. RED DE TUBERÍAS	18
8.1.2.4. BOMBA HIDRÁULICA	18
8.1.2.5. DEPÓSITO DE INERCIA	19
8.2. INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE	19
8.2.1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	19
8.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	19
8.2.3. PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN	19
8.3. INSTALACIÓN DE FAN COILS	21
8.3.1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	21
8.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	21
8.3.2.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	22
8.3.2.2. EQUIPOS FAN COILS EN INTERIOR	22
8.3.2.3. RED DE TUBERÍAS	22
8.3.2.4. BOMBA HIDRÁULICA	23

ÍNDICE PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	27
2. PLANO TUBERÍAS PLANTA BAJA.....	28
3. PLANO TUBERÍAS PLANTA PRIMERA	29
4. PLANO VENTILACIÓN PLANTA BAJA.....	30
5. PLANO VENTILACIÓN PLANTA PRIMERA	31
6. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA BAJA.....	32
7. PLANO DETALLE VENTILACIÓN SALÓN DE USOS MÚLTIPLES.....	33
8. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA PRIMERA	34
9. PLANO DETALLE COMEDOR PLANTA BAJA	35
10. PLANO SITUACIÓN ENFRIADORA	36

ÍNDICE DEL ANEJO: CÁLCULO DE SOLICITACIONES TÉRMICAS

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	40
2. DATOS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO	40
2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	41
2.2. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES	41
2.3. CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES	42
2.4. DATOS DE TRANSMITANCIA U DE LOS CERRAMIENTOS	42
2.5. DATOS DE APORTACIONES SOLARES	43
2.6. DATOS DE CALOR APORTADO DEBIDO A LA RENOVACIÓN DE AIRE	44
2.7. DATOS DE APORTACIÓN DE CALOR DEBIDAS A LOS OCUPANTES	44
2.8. DATOS ALUMBRADO	45
2.9. DATOS DE CALOR APORTADO POR EQUIPOS Y APARATOS	46
3. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTIDAS DE CALOR (CARGAS TÉRMICAS).....	46
3.1. CARGAS DE TRANSMISIÓN	46
3.2. CARGAS DE INSOLACIÓN.....	47
3.3. CARGAS DEBIDAS A LA RENOVACIÓN DEL AIRE	48
3.4. CARGAS POR OCUPACIÓN.....	48

3.5. CARGAS POR ALUMBRADO.....	48
3.6. CARGAS POR OTROS USOS.....	49

ÍNDICE DEL ANEJO: INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	53
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	53
3. PARÁMETROS DE CÁLCULO	53
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO	54
5. CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS.....	55
5.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....	55

ÍNDICE DEL ANEJO: INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	63
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	63
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	63
4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.....	64
4.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO DE AGUA.....	64
4.2. SUELO RADIANTE EN CADA HABITACIÓN	64
4.2.1. COMPONENTES DEL SUELO RADIANTE.....	64
4.2.2. RED DE TUBERÍAS	65
4.2.3. BOMBA HIDRÁULICA	66
4.2.4. DEPÓSITO DE INERCIA.....	66
4.3. CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS.....	66
4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.....	68

ÍNDICE DE ANEJO INSTALACIÓN DE FAN COILS

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	72
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	72
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	72
4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.....	72
4.1 FAN COILS PASILLO.....	73
4.2. CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS.....	73

4.3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.....	75
--	----

ÍNDICE DE MEDICIONES

1. EQUIPOS.....	80
2. TUBERÍAS PARA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y FAN COILS	82
3. CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	85
4. COMPONENTES DE SUELO RADIANTE	91

ÍNDICE DE PRESUPUESTO

1. PRECIOS SIMPLES	95
2. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.....	96
3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA Y PRECIOS DESCOMPUESTOS	97
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	108
4.1. CAPÍTULO 1: EQUIPOS.....	108
4.2. CAPÍTULO 2: TUBERÍAS PARA FAN COIL Y SUELO RADIANTE	109
4.3. CAPÍTULO 3: CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	110
4.4. CAPÍTULO 4: ELEMENTOS SUELO RADIANTE	111
5. RESUMEN DE PRESUPUESTO	112

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1. MATERIALES Y EQUIPOS	117
1.1. TUBERÍAS PARA CIRCUITO DE FAN COILS	117
1.2. VALVULERÍA	117
1.3. BOMBAS DE CIRCULACIÓN	118
1.4. PURGADORES	119
1.5. MATERIAL CHAPA CONDUCTOS VENTILACIÓN.....	119
1.6. FILTROS DE AIRE	119
1.7. RECUPERADORES DE CALOR	120
2. RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES	120
3. INSTALACIÓN DE LOS MATERIALES	120

4. PRUEBAS,PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN	123
4.1. GENERAL.....	123
4.2. PRUEBAS PARCIALES.....	124
4.2.1. PRUEBAS DE EQUIPOS	124
4.2.2.- PRUEBAS DE ESTANQUIDAD DE REDES HIDRÁULICAS.....	124
4.3. PUESTA ENMARCHA Y PRUEBAS FUNCIONALES	125
4.4. COMPROBACIONES FINALES	127

ÍNDICE DE ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

1. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	131
1.1. RIESGO DE DAÑOS A TERCEROS.....	131
1.2. ASISTENCIA A ACCIDENTADOS	131
1.3. RECEPCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL Y MAQUINARIA	131
1.4. MONTAJE DE TUBERÍAS	132
1.5. MONTAJE DE CONDUCTOS Y REJILLAS	132
1.6. PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS	132
2. GESTIÓN DE RESIDUOS	132
2.1. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	133

Autor:
Juan Jiménez Amezcua

MEMORIA

Climatización de un Edificio
Universidad de Jaén

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO	11
2. PROMOTOR	11
3. AUTOR.....	11
4. LOCALIZACIÓN	11
5. NORMATIVA APLICADA	12
6. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
7. PARÁMETROS DE CÁLCULO	13
7.1. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES	14
7.2. CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES	14
8. SOLUCIONES ADOPTADAS	15
8.1. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	15
8.1.1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	15
8.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	16
8.1.2.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	16
8.1.2.2. SUELO RADIANTE EN CADA HABITACIÓN	16
8.1.2.2.1. COMPONENTES SUELO RADIANTE	17
8.1.2.3. RED DE TUBERÍAS	18
8.1.2.4. BOMBA HIDRÁULICA	18
8.1.2.5. DEPÓSITO DE INERCIA.....	19
8.2. INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE	19
8.2.1 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	19
8.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	19
8.2.3 PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN	19
8.3. INSTALACIÓN DE FAN COILS.....	21
8.3.1 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN	21
8.3.2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	21
8.3.2.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA	22
8.3.2.2. EQUIPOS FAN COILS EN INTERIOR	22
8.3.2.3. RED DE TUBERÍAS	22
8.3.2.4. BOMBA HIDRÁULICA	23

1. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto de la realización de este proyecto como Trabajo fin de Grado es proyectar la climatización de un edificio proponiendo las soluciones que satisfagan las exigencias de bienestar, ahorro energético y seguridad, y comprobar tales exigencias por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

La metodología a desarrollar en el proyecto es la siguiente:

- Cálculo de las necesidades térmicas.
- Diseño del sistema de climatización.
- Cálculo de los diferentes elementos del proyecto.
- Justificación de la solución adoptada.
- Redacción de documentos básicos: memoria, anexos, planos, pliego de condiciones, mediciones, presupuesto y estudios de entidad propia.

2 PROMOTOR.

Este proyecto se realizará únicamente como trabajo fin de grado.

3 AUTOR.

El autor del proyecto es Juan Jiménez Amezcua estudiante de Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Jaén.

4 LOCALIZACIÓN.

Este edificio está ubicado en las afueras de la ciudad de Jaén, al que se puede acceder por la salida de la autovía de “Carretera de Jaén a Torrequebradilla JV -3012”.

El edificio es una residencia de ancianos que consta de 2 plantas:

- La *planta baja* consta de 41 habitaciones para los residentes, la sala de dirección, la consulta del psicólogo, la consulta del asistente social, la consulta del médico, 2 salas de enfermería, una sala de juntas, 2 salas de visitas, 2 salas de estar, un salón de usos múltiples y un comedor.
- La *primera planta* consta de 54 habitaciones para los residentes, una sala de estar, una enfermería, un comedor y una sala de visitas.

5 NORMATIVA APLICADA.

Para la realización de este proyecto se ha seguido la normativa indicada RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) contenido en el Real Decreto 1027/2007, el que regula las instalaciones de climatización.

Además son de necesaria aplicación normas UNE y algunas otras normas contenidas en documentos del Código Técnico de la Edificación.

Debido a esta gran cantidad de normativa dispersa a consultar se ha seguido un libro: "El proyecto de las instalaciones de climatización", cuyo autor es Miguel Ángel García Gutiérrez y el cual unifica y resume toda la normativa citada en el RITE, las normas UNE relativas a instalaciones de climatización y las normas englobadas en los documentos DB SI, HS, HR y HE del Código Técnico de la Edificación.

El RITE dicta la normativa a seguir para cumplir tres exigencias en las instalaciones de climatización:

1. Exigencia de bienestar e higiene (calidad térmica, calidad de aire interior e higiene entre otras)
2. Exigencia energética (rendimiento energético, distribución de frío y calor y recuperación de calor entre otras)
3. Exigencias de seguridad

A continuación expongo a modo de resumen, diferentes aspectos del

proyecto y la normativa que los regula:

- Condiciones climatológicas exteriores: norma UNE 100014 y guía técnica “Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto”.
- Condiciones del interior del local: I.T.1.1.4.1.2 del RITE.
- Cálculo del caudal mínimo de renovación de aire: IT.1.1.4.2.3 del RITE.
- Cálculo de los valores de transmitancia en cerramientos: CTE, desarrollado en el Documento Básico HE de Ahorro de Energía.
- Datos de aportaciones solares: manual CARRIER sobre aire acondicionado.

6 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto queda justificado por lo estipulado en el artículo 15 del RITE:

“Cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 70 kW, se requerirá la realización de un proyectogeneral de producción de frío o calor según verano e invierno. Para ello, primero se calculará las solicitudes térmicas de cada planta.

También se le dotará a cada planta de una instalación de renovación de aire para mantener las condiciones de confort del aire en cada habitación”.

7 PARÁMETROS DE CÁLCULO.

En este apartado solo se describe superficialmente los parámetros más importantes que son comunes al cálculo de todas las instalaciones. Todos los demás parámetros utilizados en cada instalación en particular vienen detalladamente descritos en los anejos “Cálculo de solicitudes térmicas”, “Cálculo de la instalación de fan coils, “Cálculo de la instalación de suelo radiante” y “Cálculo de la instalación de renovación de aire”.

8 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES.

Los datos de condiciones climatológicas exteriores para los cálculos han sido tomados de acuerdo a la norma UNE 100014 y de la guía técnica “Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto” editada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Jaén	Verano	Invierno
	35 °C	2.6 °C

Tabla 1. Temperaturas exteriores

Los datos tomados son los referentes a un tipo de edificio NO de especial consideración por no incluirse universidades entre éstos. En cuanto a la humedad relativa exterior considerada: HR% Jaén – **74.7 %** que es la media para Jaén.

9 CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES.

Tanto la temperatura como la humedad relativa que proporcionan condiciones de confort vienen definidas según la I.T.1.1.4.1.2 del RITE.

Los valores tomados acorde a esta norma para los cálculos en el proyecto son:

	Temperatura °C	Humedad relativa %
Verano	22	50
Invierno	24	45

Tabla 2. Condiciones interiores

10 SOLUCIONES ADOPTADAS.

Para climatizar el edificio se dota al mismo de una instalación de suelo radiante, el cual aporta una potencia frigorífica de 48.95 W/m^2 en verano y una potencia calorífica de 98.96 W/m^2 en invierno tal y como dice la norma UNE EN 1264-2 para suelos radiantes con 15cm de separación entre las tuberías, la potencia que aporta el suelo radiante se suministra mediante un equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados; además de una instalación de renovación de aire independiente en cada planta que consta de dos recuperadores de calor con baterías de enfriamiento-calentamiento; para la planta baja ambos deben tener una potencia de 40kW, para la primera planta la potencia de los dos recuperadores debe ser de 35kW.

También el comedor de la primera baja está climatizado por un recuperador de calor con una batería de enfriamiento-calentamiento de una potencia de 50kW y el salón de usos múltiples con otro de 35 kW, ambas situadas en sus respectivas cubiertas.

A parte hemos climatizado el pasillo de ambas plantas con fan coils no autónomos.

8.1. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.

8.1.1 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de la instalación es climatizar poco a poco, de forma continua y eficiente todas las habitaciones de cada una de las dos plantas de nuestro edificio, instalando un circuito de tuberías capaz de aportar la potencia necesaria para alcanzar la habitabilidad y condiciones de confort dentro de las habitaciones del mismo.

8.1.2 DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de suelo radiante está formada por un equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados que tiene una potencia de 140kW, que enfría o calienta el agua almacenada en su mismo depósito. Del depósito de inercia salen 4 tuberías de acero, dos de estas tuberías envían el agua a la temperatura adecuada a cada planta, mientras que las otras dos la recogen, hay dos tuberías que envían y recogen agua ya que cada una alimenta a un ala distinta de cada planta. Ya en cada planta, la acometida distribuye el caudal necesario a cada red de tuberías que pasa por cada habitación. Una vez realizada la transferencia de calor, el agua se recoge con una red de tuberías de retorno común. Esto quiere decir que el agua recogida en la planta primera desciende por una bajante común que va recogiendo el agua de retorno de las distintas plantas para retomar el depósito de inercia una vez recogidas la de ambas plantas. De esta forma nos queda 4 tuberías verticales, en dos de ellas desciende el agua que alimenta a cada planta, "Tramo de tubería de acometida" (dos tuberías porque cada una alimenta a un ala distinta del edificio) y las otras dos son las que retoman el agua después de haber recorrido todo el circuito, "tramo de tubería de retorno común".

La instalación está calculada para que el agua durante el invierno entre en cada habitación a una temperatura de 45°C y salga a 40°C, mientras que en verano el agua entra a 7°C y sale a 12°C.

8.1.2.1 EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO DE AGUA.

El equipo de enfriamiento/calentamiento de agua se realiza mediante un equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados que tiene una potencia máxima de 140kW. Esta enfriadora tiene dotada ya con un equipo de bombeo en paralelo para que, en caso de avería, el sistema siga funcionando, y con un depósito hidráulico que alimenta la red de tuberías.

8.1.2.2 SUELO RADIANTE DE CADA HABITACIÓN.

El sistema de suelo radiante instalado en cada habitación consiste en una red de tubos de polietileno reticulado o polibutileno, que se instalan debajo del

pavimento y de una capa de mortero autonivelante, por donde circula agua caliente a una temperatura de entre 30 y 45°.

En nuestro caso en particular todas las habitaciones de los residentes del edificio tienen aproximadamente la misma carga térmica, entre 1.29 y 1.4 kW, por tanto el circuito de tubería que circula por cada habitación posee el mismo diámetro, $\varnothing=18\text{mm}$ (a continuación se mostrará la forma de cálculo).

8.1.2.2.1 COMPONENTES SUELO RADIANTE

-Caja de colectores: son los colectores de donde parten los circuitos de suelo radiante, y suelen estar empotrados en la pared.

-Zócalo Perimetral: es una banda de espuma de polietileno cuya misión principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos emisores, debido a su calentamiento/enfriamiento. Así mismo genera un asilamiento lateral del sistema, Se fija a las paredes de todas las áreas a calefactar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento.

-Film Polietileno: es una barrera antihumedad entre el suelo base y la superficie emisora de suelo radiante colocada encima, de forma que evita el ascenso por capilaridad de humedades. Se suele instalar cuando existe riesgo de humedad en el forjado/solera. Puede venir incorporado en el panel aislante.

-Panel Aislante: el aislamiento térmico del sistema. Es imprescindible en cualquier instalación de calefacción de suelo radiante. Para ello se utilizan paneles aislantes sobre los que se instalan las tuberías. Éstos paneles, pueden ser moldeados, sujetando los circuitos y facilitando su tendido con la separación entre tubos proyectada.

-Tuberías: para realizar el tendido de circuitos desde los colectores, se utilizan tuberías de material plástico con barrera de difusión de oxígeno. Suelen ser tuberías de polietileno o polibutileno, especiales para este sistema de

calefacción.

-Mortero de cemento: una vez instalados los circuitos, se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie calefactable. El espesor recomendable es de 5 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería. Es muy importante añadir un aditivo al agua de amasado de la mezcla de mortero, para conseguir un contacto correcto con las tuberías emisoras, evitando inclusiones de aire, que aumentarían la resistencia térmica del sistema.

8.1.2.3 RED DE TUBERÍAS.

La red de tuberías lleva agua desde el depósito que alberga la enfriadora hasta las dos plantas del edificio que a su vez luego se subdividen en cada uno de los circuitos de las habitaciones.

Podemos distinguir dos tipo de tuberías, las tuberías *bajantes* (que llevan el flujo de agua desde la enfriadora hasta cada planta) y las tuberías en planta (que llevan el flujo de agua a cada circuito de suelo radiante de cada habitación).

La parte del circuito que va desde la enfriadora hasta las distintas plantas sólo está formada por dos tuberías, una de ida y otra de vuelta. Existe una tubería común que sale del depósito de inercia y baja a las distintas plantas, disminuyendo por tanto el diámetro de ésta. El sistema de retorno elegido ha sido retorno común invertido, lo que quiere decir que el agua recogida en la primera planta y en la planta baja, asciende por la misma tubería, teniendo así un total de dos tuberías por cada ala del edificio, dos por las que desciende el agua hasta cada planta y dos de recogida que hacen ascender el agua hasta la enfriadora de la azotea de nuevo.

8.1.2.4 BOMBA HIDRAÚLICA.

El fluido que recorre el circuito es impulsado por 1 grupo de bombeo, éste está formado por dos bombas idénticas para que la instalación pueda seguir funcionando en caso de que alguna rompa. Este grupo de bombeo vence tanto la altura como las pérdidas de carga.

8.1.2.5 DEPÓSITO DE INERCIA.

El depósito de inercia es un depósito de agua que viene preinstalado en la enfriadora con sistema hidráulico, este depósito mantiene el agua a una temperatura de 7°C.

8.2 INSTALACION DE RENOVACIÓN DE AIRE.

8.2.2 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de la instalación es, poco a poco y de forma continua, evitamos ambientes viciados, malos olores y mantenemos unas condiciones de confort en el interior.

8.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de renovación de aire es independiente para cada planta, e incluso debido a la distribución del edificio, será diferente para las dos alas distintas que posee el edificio. Cada parte se compone de un conducto que da salida al aire exterior introduciéndolo a su vez en cada una de las distintas habitaciones, para retornar el aire hemos seleccionado el método de ventilación tipo PLÉNUM, que es muy común usarlos en los edificios que poseen falso techo en sus plantas, ya que consiste en introducir el aire a través de los conductos de entrada pero no hay conductos de salida, ya que al estar todas las habitaciones comunicadas a través del falso techo, se instalan unas rejillas por las que se extraiga el aire ya “usado”.

Mediante una inyección de aire exterior en el espacio entre el forjado y el falso techo se consigue una pequeña sobrepresión que evita que el aire caliente que existe en una planta suba hasta dicho espacio y se acumule, provocando con el paso del tiempo una acumulación de aire viciado que da lugar a malos olores, pudiendo incluso generar condensaciones de vapor de agua en algunos lugares cerrados.

8.2.4 PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN.

El parámetro más importante es el caudal de aire de renovación, que depende de la calidad del aire que se desea en el interior. Para calcular el caudal mínimo de renovación de aire se ha seguido la IT.1.1.4.2.3 del RITE, la cual regula el caudal de renovación para edificios que no sean viviendas, hospitales o piscinas. El método elegido para el cálculo ha sido el indirecto acorde al número

de ocupantes por habitación. Los caudales de ventilación en (dm^3/s por persona) vienen agrupados en categorías en función de la calidad del aire interior que se desea conseguir.

CATEGORÍA	TIPO DE EDIFICIO
IDA 1: Aire de óptima calidad	Hospitales Clínicas Laboratorios Guarderías
IDA 2: Aire de buena calidad	Oficinas Residencias de ancianos Residencias de estudiantes Locales comunes de hoteles y similares Salas de lectura Museos Salas de tribunales Aulas de enseñanza y asimilables Piscinas
IDA 3: Aire de calidad media	Edificios comerciales Cines y teatros Salones de actos Habitaciones de hoteles y similares Restaurantes, cafeterías y bares Salas de fiestas Gimnasios Locales para deporte (salvo piscinas) Salas de ordenadores
IDA 4: Aire de calidad baja	No citados anteriormente

Tabla 4

En nuestro caso debemos englobar a nuestro edificio en la categoría IDA 2 junto a los edificios de oficinas, museos...

Los caudales de renovación de aire obtenidos en (dm^3/s) por persona para cada planta son los siguientes.

- PLANTA BAJA :

- Zona A: $737.5 \text{ } dm^3/s$

- Zona B: 850 dm^3/s
- Salón de usos múltiples: 1000 dm^3/s
- Comedor: 1350 dm^3/s

- PLANTA PRIMERA:

- Zona A: 850 dm^3/s
- Zona B: 1050 dm^3/s

8.3 INSTALACIÓN DE FAN COILS.

8.3.2 OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN

Se diseña la instalación de fan coils con agua como refrigerante para mantener la temperatura de confort en el interior del pasillo compensando las cargas térmicas que aparecen tanto en verano como en invierno.

8.3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de Fan Coils está formada por una enfriadora de potencia 140 kW situada en la azotea, que enfría el agua almacenada en un depósito de inercia que viene incorporado en la misma máquina. Del depósito de inercia sale una tubería de acero de diámetro 220mm desde la cual se hacen las derivas a las dos plantas. Ya en cada planta, la acometida distribuye el caudal a cada unidad de fan coil de las diferentes partes del pasillo. Una vez realizada la transferencia de calor, el agua se recoge con una red de tuberías de retorno común. Esto quiere decir que el agua recogida en la segunda planta, desciende por una bajante común que va recogiendo el agua de retorno de las distintas plantas para retornar al depósito de inercia una vez recogidas todas las plantas. Debido a este hecho, nos encontramos con cuatro tuberías verticales (ya que tenemos dos zonas distintas en cada planta), dos que bajan y dos que suben.

8.3.3.3 EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE AGUA

La instalación la compone una enfriadora de 140 kW situada en la azotea del edificio, tiene incorporado su depósito de inercia con una pareja de bombas en paralelo para que la instalación siga funcionando en caso de avería.

8.3.3.4 EQUIPOS FAN COILS EN INTERIOR

Los fan coils, o ventiloconvectores en español, son equipos que realizan un intercambio de calor entre el agua y el aire que los atraviesa. Descrito de manera simplista, se componen de una batería de tubos de agua (que es a lo que hace referencia la palabra inglesa “coil”) y de un ventilador que hace circular el aire a través de ella (que es el “fan”). En cuanto al funcionamiento, por la batería circula el agua procedente de las enfriadoras situadas en la azotea que será caliente o fría según la necesidad del momento, y que gracias a la disposición de la batería cede o recibe el calor del aire que circula por ella. Posteriormente se introduce el aire en la habitación climatizando ésta.

En nuestro caso en particular, los equipos fan coils instalados son de techo, y están adaptados a las solicitudes térmicas del pasillo, siendo de 1.19, 1.72, 4.39, 7.76 y 9.35kW. También disponen de un termostato programable, de forma que, si la temperatura de la habitación es la correcta, activa la válvula de tres vías y el agua cruza a la tubería de retorno sin pasar por el fan coil

8.3.3.5 RED DE TUBERÍAS

La red de tuberías lleva el agua desde el depósito de inercia de la enfriadora a los fan coils, retornando ésta siempre al depósito de inercia de las enfriadoras. La red de tuberías comienza saliendo de la enfriadora en la azotea y descendiendo a las dos plantas, disminuyendo el diámetro de la misma.

El sistema de retorno elegido ha sido retorno común invertido, lo que quiere decir que el agua recogida en la planta baja, asciende por una tubería común que

va recogiendo el agua de retorno de la primera planta para retornar a la enfriadora una vez recogida las dos plantas. . De esta forma nos quedan 4 tuberías verticales, en dos de ellas desciende el agua que alimenta a cada planta, “Tramo de tubería de acometida” (dos tuberías porque cada una alimenta a un ala distinta del edificio) y las otras dos son las que retornan el agua después de haber recorrido todo el circuito, “Tramo de tubería de retorno común”.

8.3.3.6 BOMBA HIDRÁULICA

El fluido que recorre el circuito es impulsado por un grupo de bombeo. Este grupo de bombeo está formado por dos bombas idénticas para que la instalación pueda seguir funcionando en caso de que alguna rompa. Este grupo vence tanto la altura como las pérdidas de carga.

PLANOS

ÍNDICE PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	27
2. PLANO TUBERÍAS PLANTA BAJA.....	28
3. PLANO TUBERÍAS PLANTA PRIMERA	29
4. PLANO VENTILACIÓN PLANTA BAJA.....	30
5. PLANO VENTILACIÓN PLANTA PRIMERA	31
6. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA BAJA.....	32
7. PLANO DETALLE VENTILACIÓN SALÓN DE USOS MÚLTIPLES.....	33
8. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA PRIMERA	34
9. PLANO DETALLE COMEDOR PLANTA BAJA	35
10. PLANO SITUACIÓN ENFRIADORA.....	36

1. PLANO DE SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

2. PLANO TUBERÍAS PLANTA BAJA

3. PLANO TUBERÍAS PLANTA PRIMERA

4. PLANO VENTILACIÓN PLANTA BAJA

5. PLANO VENTILACIÓN PLANTA PRIMERA

6. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA BAJA

7. PLANO DETALLE VENTILACIÓN SALÓN DE USOS MÚLTIPLES

8. PLANO DETALLE SUELO RADIANTE PLANTA PRIMERA

9. PLANO DETALLE COMEDOR PLANTA BAJA

10. PLANO SITUACIÓN ENFRIADORA

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:

CÁLCULO DE SOLICITACIONES TÉRMICAS

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

ANEJO:

CÁLCULO DE SOLICITACIONES TÉRMICAS

ÍNDICE DEL ANEJO: CÁLCULO DE SOLICITACIONES TÉRMICAS

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	40
2. DATOS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO	40
2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	41
2.2. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES	41
2.3. CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES	42
2.4. DATOS DE TRANSMITANCIA U DE LOS CERRAMIENTOS.....	42
2.5. DATOS DE APORTACIONES SOLARES	43
2.6. DATOS DE CALOR APORTADO DEBIDO A LA RENOVACIÓN DE AIRE	44
2.7. DATOS DE APORTACIÓN DE CALOR DEBIDAS A LOS OCUPANTES	44
2.8. DATOS ALUMBRADO	45
2.9. DATOS DE CALOR APORTADO POR EQUIPOS Y APARATOS	46
3. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTIDAS DE CALOR (CARGAS TÉRMICAS).....	46
3.1. CARGAS DE TRANSMISIÓN	46
3.2. CARGAS DE INSOLACIÓN.....	47
3.3. CARGAS DEBIDAS A LA RENOVACIÓN DEL AIRE	48
3.4. CARGAS POR OCUPACIÓN.....	48
3.5. CARGAS POR ALUMBRADO.....	48
3.6. CARGAS POR OTROS USOS.....	49

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.

El cálculo de las cargas térmicas por habitación consiste en averiguar cuánta energía en forma de calor se gana o pierde por las paredes, según estemos en verano o invierno. Al saber el valor de estas cargas podremos ser capaces de contrarrestarlas con equipos de climatización con objetivo de alcanzar una temperatura y humedad de confort en el interior.

El proceso de cálculo que se ha seguido ha sido, primeramente debido al alto número de habitaciones que hay por planta, ha sido el de agrupar habitaciones con el mismo área y misma orientación para así simplificar el cálculo, después clasificar todas las cargas según su naturaleza física. Tras conocer el proceso de cálculo de cada carga, se escogen los datos individuales de cada habitación y estación del año, distinguiendo solo el caso extremos de verano e invierno. Ya por último se suman las cargas para verano, llegando a un dato de calor total en kilovatios y otro para invierno para cada habitación. En todas las habitaciones el dato de verano es más desfavorable que el de invierno.

Para realizar el cálculo de estas cargas se ha utilizado una hoja de cálculo Excell, en el cual se han introducido todos los datos de temperaturas exteriores, interiores, área de muros exteriores, áreas de las habitaciones, factores solares límites según huecos, transmitancias de los paramentos, etc.

Si quisiéramos calcular las cargas para otra /otras habitaciones deberíamos introducir a mano los datos de las áreas de los muros exteriores y de suelo y techo, además deberíamos introducir a mano los datos de transmitancias y los demás, es un cálculo tedioso a la hora de introducir datos , pero te simplifica mucho el cálculo.

2. DATOS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO.

Los parámetros que influyen en el cálculo de las cargas térmicas son los siguientes:

- Zona climática donde se sitúa el edificio (latitud, altura.)
- Temperatura exterior e interior (la interior es la que se desea mantener en el interior del local).
- La orientación del edificio, o más concretamente la orientación geográfica de las paredes de la habitación en cuestión.
- La orientación de las paredes de cada habitación; que puede ser de tres tipos, pared colindante a otra habitación climatizada, a una habitación no climatizada o al exterior.

- La transmitancia de los cerramientos.
- La existencia de huecos en los paramentos, más la insolación a través de éstos.
- El flujo de aire de renovación que se extrae e infiltra en el local.
- El número de personas que se estima ocuparán cada habitación y su actividad.
- La existencia de aparatos que desprenden calor, como motores, ordenadores, o iluminaria.

2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Las distintas partes de España se engloban según características climatológicas similares en zonas climáticas. A cada zona climática le corresponde una serie de datos diferentes a la hora de realizar los cálculos. La zona climática para una localidad en concreto de España se elige en torno a dos factores: la capital de provincia, y la diferencia de altura de la localidad con respecto a la capital.

El CTE califica a la ciudad Jaén capital como localización tipo C4. Este dato condicionará a todos los posteriores a la hora de realizar los cálculos.

2.2. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EXTERIORES.

Los datos de condiciones climatológicas exteriores para los cálculos han sido tomados de acuerdo a la norma UNE 100014 y de la guía técnica “Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto” editada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Para la ciudad de Jaén los datos son los siguientes:

Jaén	Verano	Invierno
	35 °C	2.6 °C

Tabla 1. Temperaturas exteriores

2.3. CONDICIONES DEL INTERIOR DE LOS LOCALES.

Tanto la temperatura como la humedad relativa que proporcionan condiciones de confort vienen definidas según la I.T.1.1.4.1.2 del RITE. Los valores tomados acorde a esta norma para los cálculos en el proyecto son:

	Temperatura °C	Humedad relativa %
Verano	22	50
Invierno	24	45

Tabla 2. Condiciones interiores

2.4. DATOS DE TRANSMITANCIA “U” DE LOS CERRAMIENTOS.

La transmitancia, representada por la letra U y con unidades de W/m^2k , es un valor que representa cuanta dificultad opone el cerramiento a ser atravesado por el flujo de calor. Depende por tanto de los materiales con los que el cerramiento esté construido, grosor de éste, si tiene o no aislantes, cámara de aire, la existencia de huecos y de qué tamaño, etc.

El procedimiento de cálculo de la transmitancia viene expuesto en el Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico HE de Ahorro de Energía. Para llevar a cabo tal procedimiento de cálculo, lo primero es conocer los materiales usado en los cerramientos, así como el grosor de cada uno, y la existencia o no de cámara de aire. Pero el código técnico de la edificación tiene preparadas unas tablas con los valores máximos de transmitancia en cada zona climática, es decir los más desfavorables posibles, por lo que debido al desconocimiento del proceso de construcción del edificio, se ha optado por la utilización de éstas tablas para el cálculo del valor de la transmitancia. Los datos tabulados son los siguientes:

Paramento	Zona climática				
	A3 / A4	B3 / B4	C1 / C2 / C3 / C4	D1 / D2 / D3	E1
Murofachada	0.94	0.82	0.73	0.66	0.57
Contactoterreno	0.94	0.82	0.73	0.66	0.57
Suelos	0.53	0.52	0.5	0.49	0.48
Cubiertas	0.5	0.45	0.41	0.38	0.35

Tabla 3. Valores de transmitancia U (W / m^2k)

En el caso de que los cerramientos en cuestión tengan huecos, se debe calcular la superficie ocupada por éstos y aplicar la transmitancia de los huecos. La transmitancia de los huecos viene tabulada en función de la zona climática, el porcentaje de huecos y la orientación del cerramiento.

La tabla con los datos correspondientes a la zona C4 (Jaén) es la siguiente:

VALORES MÁXIMOS DE TRANSMITANCIA DE HUECOS (*) $W/m^2.K$

ZONA	% HUECOS	ORIENTACIÓN			
		N	E/O	S	SE/SO
C1/C2/C3/C4	De 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4
	De 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4
	De 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3
	De 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9
	De 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6
	De 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5

Tabla 4. Valores de transmitancia U (W / m^2k)

2.5. DATOS DE APORTACIONES SOLARES.

Las aportaciones solares a través de los huecos que tienen los cerramientos se han supuesto de la manera más simple, ya que desconocemos las características de las ventanas; ventanas de vidrio simple con marco del 15% de la superficie total, atmosfera limpia y 0 metros de altura.

ORIENTACIÓN	U (W / m ² k)
NORTE	2.4
SUR	3.9
ESTE	2.7
OESTE	3.9

Tabla 5. Valores de transmitancia U (W / m²k) para huecos según orientación

2.6. DATOS DE CALOR APORTADO DEBIDO A LA RENOVACIÓN DE AIRE.

Para el cálculo del calor aportado debido a la renovación de aire, se calcula el calor total que lleva el caudal de aire de renovación. Para ello, es necesario conocer el calor específico del aire $c_a = 3.37 \cdot 10^{-4} \frac{kW \cdot h}{m^3 \cdot ^\circ C}$.

Un dato a tener en cuenta es el cálculo del caudal de aire de renovación, en este caso hemos tomado como referencia el valor de $12.5 \frac{dm^3}{s}$ por persona. La normativa IDA que clasifica a los edificios según su calidad de aire interior viene explicada en su correspondiente anejo “Instalación de Renovación de Aire”.

2.7. DATOS DE APORTACIÓN DE CALOR DEBIDAS A LOS OCUPANTES.

Los datos de calor aportado por ocupación de personas se han obtenido del Manual CARRIER de Aire Acondicionado. Se clasifican en la tabla siguiente según la actividad de la persona y la aplicación del local.

GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A LOS OCUPANTES, en W		
ACTIVIDAD	APLICACIÓN	TOTAL
Sentado, en reposo	Teatro, escuela primaria	103
Sentado, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	116
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	131
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	131
Sentado, de pie	Farmacia	146
De pie, marcha lenta	Banco	146
Sentado	Restaurante	162
Trabajo ligero en banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	220
Baile o danza	Sala de baile	249
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante penoso	293
Trabajo penoso	Pista deportiva, fábrica	425

Tabla 6.

Para los cálculos se ha considerado en todas las habitaciones el dato de 116 Wattios por persona correspondiente a una escuela secundaria para un trabajo sentado muy ligero.

2.8. DATOS ALUMBRADO

Las ganancias de calor que se suministran a través del alumbrado se aproximan según la siguiente tabla.

TIPO DE LOCAL	W / m²
Iglesia	5
Teatro	10
Vivienda	20
Hotel	20
Banco	20
Hospital	20
Oficina	30
Escuela	30
Sala de belleza	30
Comercio	40

Tabla 7.

2.9 DATOS DE CALOR APORTADO POR EQUIPOS Y APARATOS.

Al tratarse de una residencia de ancianos no se han tenido en cuenta ninguno de los siguientes aparatos.

Tipo de aparato	Equipo en funcionamiento
CPU	50/150
Impresora	13
Monitor pantalla tubo rayos catódicos	250/450
Monitor pantalla plana	30/50

Tabla 8.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS.

Las diferentes cargas térmicas que se han tenido en cuenta en este proyecto son las siguientes:

- 1- Cargas de transmisión a través de cerramientos.
- 2- Cargas de insolación a través de las ventanas.
- 3- Cargas debidas al aire de renovación de aire.
- 4- Cargas debidas a la ocupación de personas.
- 5- Cargas por iluminaria.
- 6- Otros usos.

Todas estas cargas han de tenerse en cuenta para el cálculo de la carga total en verano, mientras que en invierno sólo hay que tener en cuenta las de transmisión y las de ventilación, siendo ambas negativas. Por esta razón la situación más desfavorable en los cálculos se da siempre para verano.

3.1. CARGAS DE TRANSMISIÓN.

Las cargas de transmisión se deben a la existencia de diferentes

temperaturas a través de las paredes, suelo y techo. Se producen por tanto a través de los cerramientos y son de transferencia por transmisión como su propio nombre indica. Para calcularlas he utilizado la expresión:

$$Q_t = U \cdot S \cdot \Delta T \cdot C_T$$

Fórmula -1-

Los términos de la ecuación son:

- Q_t ; calor ganado o perdido en W
- U ; transmitancia del cerramiento en W / m²k
- S ; es la superficie del cerramiento en m²
- ΔT ; es la diferencia de temperaturas entre los extremos del cerramiento.
- C_t ; es un coeficiente de mayoración, siendo éste:
 - Para verano: 1
 - Para invierno: Norte 1.55, Sur 1.20, Este 1.55 y Oeste 1.40

Esta fórmula se aplica a cada uno de los cerramientos del local en cuestión.

3.2. CARGAS DE INSOLACIÓN

Son las aportaciones de calor debidas a la luz solar a través del cristal de las ventanas. Se calculan mediante la expresión:

$$Q_i = q_i \cdot S \cdot C_c \cdot C_m \cdot C_i$$

Fórmula -2-

Dónde:

- Q_i ; calor total aportado por insolación en W
- q_i ; es el calor por unidad de superficie W/m² (tabla 5)
- S ; superficie de la cristalería en m²
- C_c ; coeficiente de color. Se ha tomado igual a 1 (cristal sin color)
- C_m ; coeficiente que considera el marco. Se ha tomado igual a 1
- C_i ; coeficiente de protección solar, también considerado 1

3.3. CARGAS DEBIDAS A LA RENOVACIÓN DE AIRE.

Para mantener las condiciones de confort en el interior del local, es necesario renovar el aire viciado de dentro con aire fresco del exterior, por tanto, se producen pérdidas de calor del local en invierno y ganancias en invierno. Para acercar al aire exterior a las condiciones del interior se dispone en cada planta de un recuperador de calor del aire de extracción, aun así es necesario tener en cuenta estas cargas. Se calculan mediante la expresión:

$$Q_r = q_r \cdot C_a \cdot \Delta T$$

Fórmula -3-

Siendo:

- Q_r ; calor total de la renovación en W.
- q_r ; el flujo de aire de renovación en dm^3/s .
- ΔT ; diferencia de temperaturas entre los extremos del cerramiento.

3.4 CARGAS POR OCUPACIÓN.

Estas cargas tienen en cuenta el calor aportado por los ocupantes, teniendo en cuenta el tipo de actividad que éstos realizan. Se calculan con la expresión:

$$Q_0 = q_0 \cdot N$$

Fórmula -4-

Siendo:

- Q_0 , calor total aportado por los ocupantes en W.
- N , el número de ocupantes estimados de la habitación.
- q_0 , el calor que aporta cada ocupante en W/persona.(tabla 6)

3.4. CARGAS POR ALUMBRADO.

Estas cargas estiman el calor que aporta la iluminaria dentro del local. Se calculan mediante la siguiente fórmula.

$$Q_0 = q_0 \cdot S$$

Fórmula -5-

Siendo:

- Q_0 , calor total aportado por la iluminaria en W.
- S , superficie total del suelo de la habitación.
- q_0 , el calor estimado que aporta la iluminaria en $\frac{W}{m^2}$ (tabla 7).

3.5. CARGAS PARA OTROS USOS.

En este apartado podríamos tener en cuenta el calor aportado por los equipos informáticos, por motores, cocinas o electrodomésticos; como nuestro edificio es una residencia de ancianos no se han considerado ninguno de estos parámetros, ya que las habitaciones para los ancianos carecen de estas instalaciones.

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:

CÁLCULO DE SOLICITACIONES TÉRMICAS

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:

INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

ANEJO:

CÁLCULO DE INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE

ÍNDICE DEL ANEJO: INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	53
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	53
3. PARÁMETROS DE CÁLCULO	53
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO	54
5. CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS.....	55
5.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	55

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de la instalación es, poco a poco y de forma continua, expulsar el aire del interior del local e introducir aire fresco del exterior. Gracias a esto, evitamos ambientes viciados, malos olores y mantenemos unas condiciones de confort en el interior.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de renovación de aire es independiente por cada planta, e incluso se subdivide en dos instalaciones independientes, una para cada ala del edificio, habiendo un total de 4 partes.

Cada parte se compone de conductos de entrada y rejillas de salida de aire en cada habitación (ventilación tipo *plenum*), y una unidad de extracción por planta que a la vez albergan un recuperador de calor del aire de extracción con enfriamiento adiabático con batería, para no solo ventilar, sino también para climatizar en verano. Esta unidad, además de hacer circular el aire por los conductos hacia dentro y fuera de las habitaciones, provoca un intercambio de calor entre el aire que sale y el que entra, calefactando o enfriando así el aire (según verano o invierno) para que al introducirlo en las habitaciones se encuentre a una temperatura más acorde con la interior. De esta manera, se reduce la pérdida de energía que supone extraer aire climatizado del interior.

También tenemos otros dos recuperadores de calor con baterías que van situados en la cubierta de la sala de usos múltiples y en la del comedor, para climatizar estas dos habitaciones de manera independiente al resto.

3. PARÁMETROS DE CÁLCULO.

El principal parámetro a considerar en el cálculo de esta instalación es el caudal mínimo de renovación de aire, el cual dependerá de la calidad del aire interior deseada.

Para calcular el caudal mínimo de renovación de aire se ha seguido la IT.1.1.4.2.3 del RITE, la cual regula el caudal de renovación para edificios que no sean viviendas, hospitales o piscinas. El método elegido para el cálculo ha sido el indirecto acorde al número de personas ocupantes por habitación. Los caudales de ventilación en (dm^3/s por persona) vienen agrupados en categorías en función de la calidad del aire interior que se desea conseguir. Cabe nombrar que tales cargas térmicas han sido tenidas en cuenta en el cálculo de cargas térmicas y viene explicado en su correspondiente anejo.

CATEGORÍA	TIPO DE EDIFICIO
IDA 1: Aire de óptima calidad	Hospitales Clínicas Laboratorios Guarderías
IDA 2: Aire de buena calidad	Oficinas Residencias de ancianos Residencias de estudiantes Locales comunes de hoteles y similares Salas de lectura Museos Salas de tribunales Aulas de enseñanza y asimilables Piscinas
IDA 3: Aire de calidad media	Edificios comerciales Cines y teatros Salones de actos Habitaciones de hoteles y similares Restaurantes, cafeterías y bares Salas de fiestas Gimnasios Locales para deporte (salvo piscinas) Salas de ordenadores
IDA 4: Aire de calidad baja	No citados anteriormente

Tabla 1. Calidades del Aire de Renovación

Para nuestro edificio se escoge la categoría IDA 2, para tal categoría se toma un valor de flujo de renovación de $12.5 \text{ dm}^3/\text{s}$ por persona.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.

El primer dato que necesitamos conocer es el caudal de aire de renovación que debe ir a cada habitación, según la ocupación de ésta, y posteriormente, la sección del conducto que conduce el aire hasta la habitación en cuestión. Una vez que conocemos el caudal en cada habitación, se configura un trazado, lo más óptimo posible, de los conductos en plano. El caudal total de la instalación será la suma del caudal para cada una de las habitaciones, la configuración de los conductos consiste en un conducto principal del que va derivando conductos a cada habitación. Para la extracción, en este caso hemos utilizado el método *plénium*, por el cual la recogida de aire se hace a través del falso techo a través de una rejilla situada en cada habitación.

Los caudales de aire necesario para ambas plantas son los siguientes:

- PLANTA BAJA :

- Zona A: 737.5 dm^3/s
- Zona B: 850 dm^3/s
- Salón de usos múltiples: 1000 dm^3/s
- Comedor: 1350 dm^3/s

- PLANTA PRIMERA:

- Zona A: 850 dm^3/s
- Zona B: 1050 dm^3/s

El método seguido para calcular la sección de cada conducto se denomina “método de pérdidas de carga constantes” y se vale de una gráfica.

5. CÁLCULO DE LA RED DE CONDUCTOS

Después de planificar sobre el plano la distribución de los conductos de aire se procede al cálculo de los mismos.

5.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El método de cálculo, para averiguar las secciones transversales óptimas para cada conducto según el flujo de aire que lo atraviesa, se llama método por pérdidas de carga constantes. Se basa en el principio de que, el fluido siempre tiende a ir por el conducto que menos oposición presente, es decir, el que tenga menos pérdidas de carga. Cuando el fluido va circulando por el conducto principal y encuentra una derivación a una habitación, ambos caminos deben presentar las mismas pérdidas de carga, por lo que a la masa de aire no presenta preferencia por ningún conducto en particular. De esta manera se consigue dirigir el caudal deseado a cada habitación. Para llevar el método a la práctica se necesita una gráfica que nos da el diámetro de un conducto redondo en función del caudal y la

perdida de carga, para una velocidad previamente fijada. Tiene un aspecto similar al croquis de la figura 1.

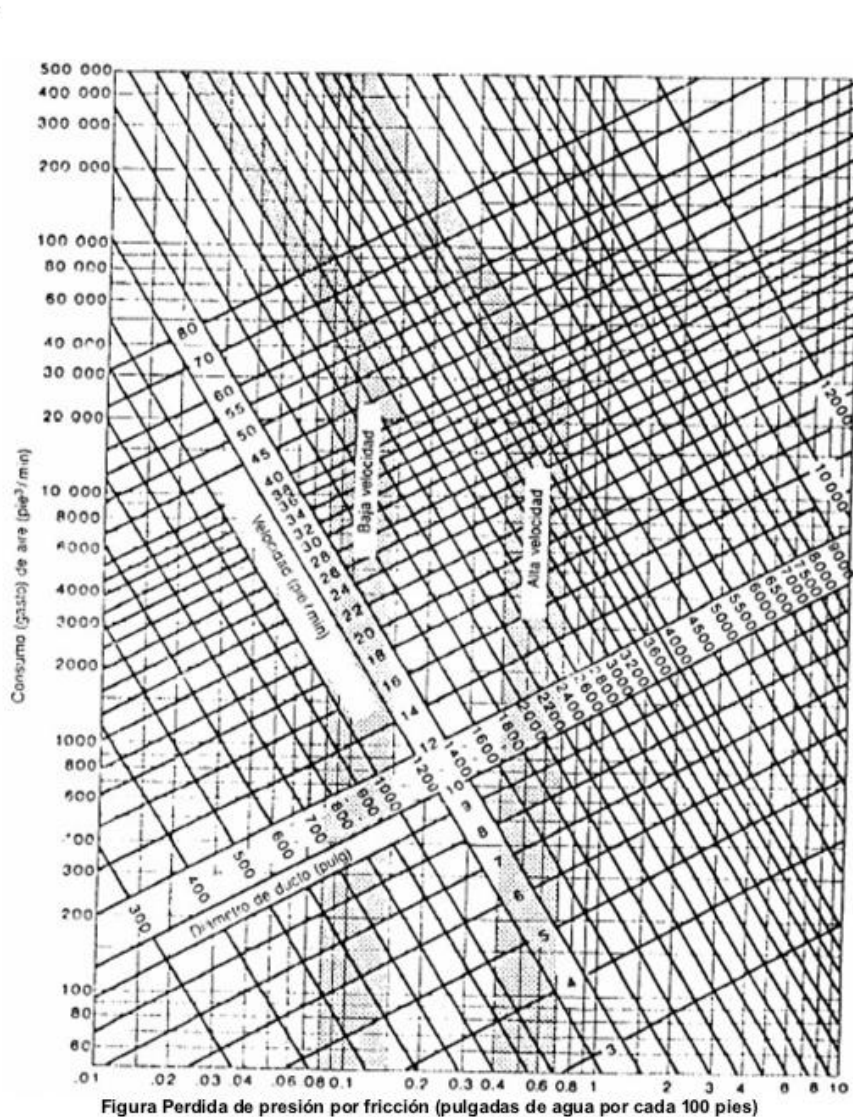


Figura 1. Croquis gráfica pérdida de carga constante

En el eje X van las pérdidas de carga y en el eje Y el caudal. Las líneas más gruesas de pendiente positiva representan cada una un valor de diámetro y las líneas más finas de pendiente negativa son de velocidad constante. Explicado lo más simple posible, el método consiste en fijar un valor de pérdida de carga constante para toda la instalación con una línea vertical e ir llevando los caudales de cada tramo para posteriormente obtener el valor de diámetro

Los pasos a seguir para el cálculo son los siguientes:

- 1- Se fija la velocidad del conducto principal (el que lleva todo el caudal) a 6m/s. Para ello se localiza en el eje Y el caudal del conducto principal y se traza una línea recta horizontal hasta cortar a la línea de velocidad 6m/s. En el punto de corte, se traza una línea recta vertical hasta cortar al eje de la X, donde están las pérdidas de carga. El punto de corte de esta recta vertical con el eje X será el valor de pérdida de carga que se mantendrá constante en toda la instalación, la velocidad y diámetro por tanto irán disminuyendo conforme se repartiendo el caudal a cada habitación.
- 2- Fijándonos únicamente en la recta vertical anteriormente trazada. Vamos cogiendo el caudal de cada tramo y derivas a habitaciones y vamos llevándolo desde el eje Y hasta esa recta.
- 3- Por último, tendremos una recta vertical con el valor de pérdida de carga y tantas rectas horizontales como tramos de conductos y derivas. El valor de diámetro óptimo para cada conducto son los puntos de intersección. Un croquis de los trazados en la gráfica sería el siguiente:

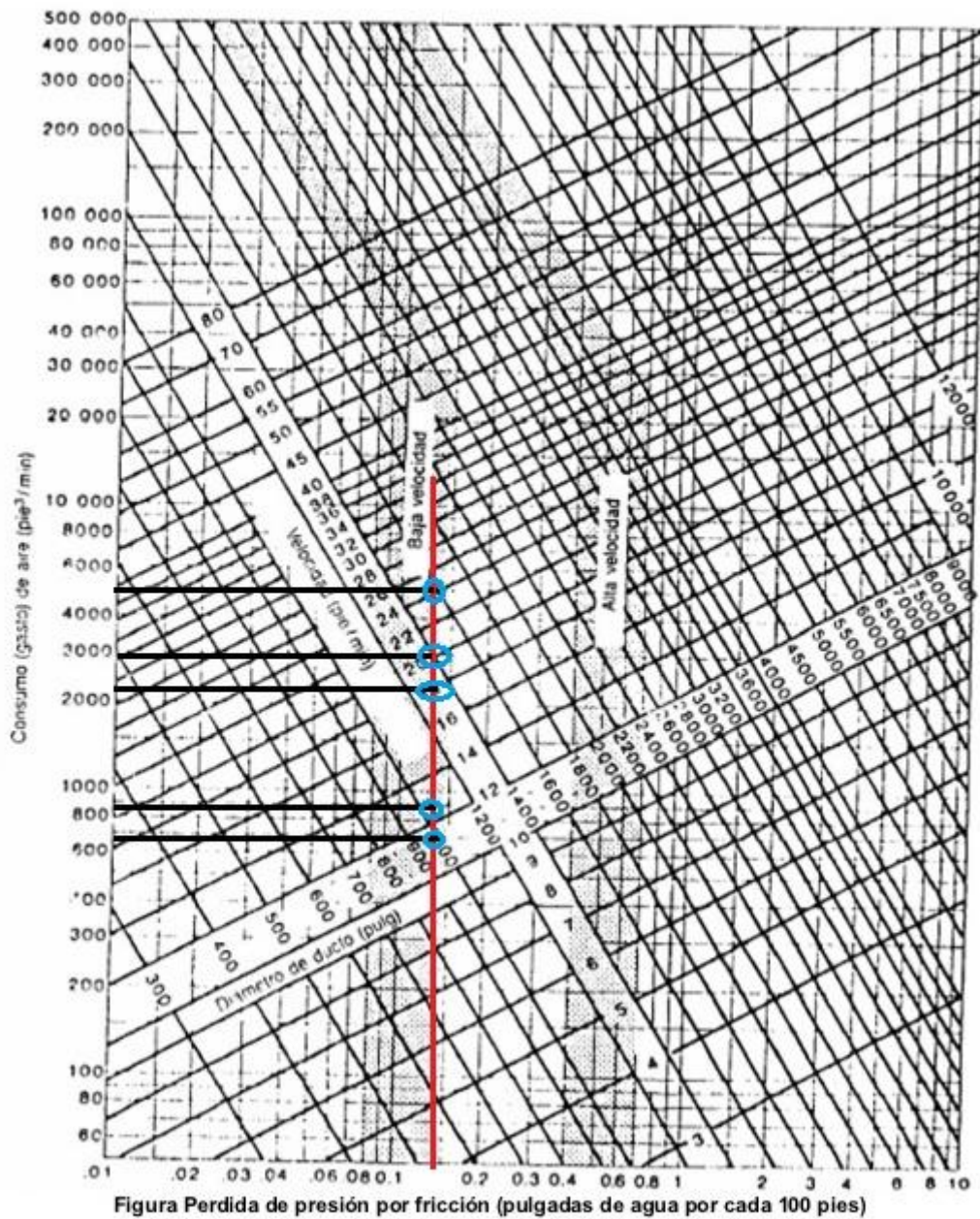


Figura 2. Puntos de corte de caudal con recta vertical

- 4- Como los conductos no son redondos, debe adaptarse la sección para que tenga la misma área transversal pero tengan forma rectangular. Para ello nos servimos de tablas.

Equivalencias de Ductos Cuadrados, Rectangulares y Redondos VentDepot.								
 Ducto Cuadrado o Rectangular				 Ducto Redondo				Calibre Adecuado
Altura		Base		Equivalencia Exacta		Equivalencia por Redondeo por VentDepot		
mm	pulg	mm	pulg	Ø mm	Ø pulg	Ø mm	Ø pulg	
102	4	203	4	111	4.4	102	4	24
102	4	152	6	137	5.4	152	6	24
102	4	203	8	154	6.1	152	6	24
102	4	254	10	172	6.8	203	8	24
102	4	305	12	187	7.4	203	8	24
102	4	356	14	198	7.8	203	8	24
102	4	406	16	213	8.4	203	8	24
102	4	457	18	223	8.8	254	10	24
102	4	508	20	233	9.2	254	10	24
102	4	559	22	238	9.4	254	10	24
102	4	610	24	243	9.6	254	10	24
102	4	660	26	254	10.0	254	10	24
102	4	711	28	259	10.2	254	10	24
102	4	762	30	274	10.8	305	12	24
102	4	813	32	279	11.0	305	12	24
102	4	864	34	284	11.2	305	12	24
102	4	914	36	289	11.4	305	12	24
102	4	965	38	294	11.6	305	12	24
102	4	1016	40	304	12.0	305	12	24
102	4	1067	42	314	12.4	305	12	24
102	4	1117	44	320	12.6	305	12	24
102	4	1168	46	325	12.8	356	14	24
102	4	1219	48	330	13.0	356	14	24
102	4	1270	50	335	13.2	356	14	24

Figura 3. Tabla de equivalencia entre conductos redondos y conductos cuadrados.

Autor:

ANEJO:

Climatización de un Edificio

INSTALACIÓN DE RENOVACIÓN DE AIRE

Juan Jiménez Amezcua

Universidad de Jaén

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

ANEJO:
INSTALACIÓN SUELO RADIANTE

ÍNDICE DEL ANEJO: INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	63
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	63
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	63
4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.....	64
4.1. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO DE AGUA.....	64
4.2. SUELO RADIANTE EN CADA HABITACIÓN	64
4.2.1. COMPONENTES DEL SUELO RADIANTE.....	64
4.2.2. RED DE TUBERÍAS	65
4.2.3. BOMBA HIDRÁULICA	66
4.2.4. DEPÓSITO DE INERCIA.....	66
4.3. CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS.....	66
4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.....	68

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de la instalación es climatizar poco a poco, de forma continua y eficiente todas las habitaciones de cada una de las dos plantas de nuestro edificio, instalando un circuito de tuberías capaz de aportar la potencia necesaria para alcanzar la habitabilidad y condiciones de confort dentro de las habitaciones del mismo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación de suelo radiante está formada por un equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados que tiene una potencia de 140kW, que enfría o calienta el agua almacenada en su mismo depósito. Del depósito de inercia salen 4 tuberías de acero, dos de estas tuberías envían el agua a la temperatura adecuada a cada planta, mientras que las otras dos la recogen, hay dos tuberías que envían y recogen agua ya que cada una alimenta a un ala distinta de cada planta. Ya en cada planta, la acometida distribuye el caudal necesario a cada red de tuberías que pasa por cada habitación. Una vez realizada la transferencia de calor, el agua se recoge con una red de tuberías de retorno común. Esto quiere decir que el agua recogida en la planta primera desciende por una bajante común que va recogiendo el agua de retorno de las distintas plantas para retomar el depósito de inercia una vez recogidas la de ambas plantas. De esta forma nos queda 4 tuberías verticales, en dos de ellas desciende el agua que alimenta a cada planta, "Tramo de tubería de acometida" (dos tuberías porque cada una alimenta a un ala distinta del edificio) y las otras dos son las que retoman el agua después de haber recorrido todo el circuito, "tramo de tubería de retorno común".

La instalación está calculada para que el agua durante el invierno entre en cada habitación a una temperatura de 45°C y salga a 40°C, mientras que en verano el agua entra a 7°C y sale a 12°C.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.

De forma esquemática, se expone el orden en se ha calculado las diferentes partes que forman la instalación.

- Cálculo de las cargas térmicas de cada habitación.

- Teniendo en cuenta que según la norma UNE EN 1264-2 para suelo radiante con 15cm de separación entre tuberías, que dice que para esta separación el suelo aporta una carga de 48.95 W/m^2 en verano y 98.96 W/m^2 en invierno, se calcula la carga que nos aporta nuestro suelo en cada habitación.
- Red de tuberías que van desde la tubería bajante hasta cada circuito de cada habitación: cálculo del flujo de agua, disposición de las tuberías y cálculo de su diámetro.
- Cálculo de las pérdidas de carga de los tramos de tuberías que van por el pasillo y el de cada circuito de suelo radiante de las habitaciones.

4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.

4.1 EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO DE AGUA.

El equipo de enfriamiento/calentamiento de agua se realiza mediante un equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados que tiene una potencia máxima de 140kW. Esta enfriadora tiene dotada ya con un equipo de bombeo en paralelo para que, en caso de avería, el sistema siga funcionando, y con un depósito hidráulico que alimenta la red de tuberías.

4.2 SUELO RADIANTE DE CADA HABITACIÓN.

El sistema de suelo radiante instalado en cada habitación consiste en una red de tubos de polietileno reticulado o polibutileno, que se instalan debajo del pavimento y de una capa de mortero autonivelante, por donde circula agua caliente a una temperatura de entre 30 y 45°.

En nuestro caso en particular todas las habitaciones de los residentes del edificio tienen aproximadamente la misma carga térmica, entre 1.29 y 1.4 kW, por tanto el circuito de tubería que circula por cada habitación posee el mismo diámetro, $\varnothing=18\text{mm}$ (a continuación se mostrará la forma de cálculo).

4.2.1 COMPONENTES SUELO RADIANTE.

-Caja de colectores: son los colectores de donde parten los circuitos de suelo radiante, y suelen estar empotrados en la pared.

-Zócalo Perimetral: es una banda de espuma de polietileno cuya misión principal es absorber las dilataciones producidas por el mortero de cemento colocado sobre los tubos emisores, debido a su

calentamiento/enfriamiento. Así mismo genera un asilamiento lateral del sistema, Se fija a las paredes de todas las áreas a calefactar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento.

-Film Polietileno: es una barrera antihumedad entre el suelo base y la superficie emisora de suelo radiante colocada encima, de forma que evita el ascenso por capilaridad de humedades. Se suele instalar cuando existe riesgo de humedad en el forjado/solera. Puede venir incorporado en el panel aislante.

-Panel Aislante: el aislamiento térmico del sistema. Es imprescindible en cualquier instalación de calefacción de suelo radiante. Para ello se utilizan paneles aislantes sobre los que se instalan las tuberías. Éstos paneles, pueden ser moldeados, sujetando los circuitos y facilitando su tendido con la separación entre tubos proyectada.

-Tuberías: para realizar el tendido de circuitos desde los colectores, se utilizan tuberías de material plástico con barrera de difusión de oxígeno. Suelen ser tuberías de polietileno o polibutileno, especiales para este sistema de calefacción.

-Mortero de cemento: una vez instalados los circuitos, se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie calefactable. El espesor recomendable es de 5 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería. Es muy importante añadir un aditivo al agua de amasado de la mezcla de mortero, para conseguir un contacto correcto con las tuberías emisoras, evitando inclusiones de aire, que aumentarían la resistencia térmica del sistema.

4.2.2 RED DE TUBERÍAS.

La red de tuberías lleva agua desde el depósito que albergan las enfriadoras hasta las dos plantas del edificio que a su vez luego se subdividen en cada uno de los circuitos de las habitaciones.

Podemos distinguir dos tipo de tuberías, las tuberías *bajantes* (que llevan el flujo de agua desde la enfriadora hasta cada planta) y las tuberías en planta (que llevan el flujo de agua a cada circuito de suelo radiante de cada habitación).

La parte del circuito que va desde la enfriadora hasta las distintas plantas sólo está formada por dos tuberías, una de ida y otra de vuelta. Existe una tubería común que sale del depósito de inercia y baja a las distintas plantas,

disminuyendo por tanto el diámetro de ésta. El sistema de retorno elegido ha sido retorno común invertido, lo que quiere decir que el agua recogida en la primera planta y en la planta baja, asciende por la misma tubería, teniendo así un total de dos tuberías por cada ala del edificio, dos por las que desciende el agua hasta cada planta y dos de recogida que hacen ascender el agua hasta la enfriadora de la azotea de nuevo.

4.2.3 BOMBA HIDRAÚLICA.

El fluido que recorre el circuito es impulsado por 1 grupo de bombeo, éste está formado por dos bombas idénticas para que la instalación pueda seguir funcionando en caso de que alguna rompa. Este grupo de bombeo vence tanto la altura como las pérdidas de carga.

4.2.4 DEPÓSITO DE INERCIA.

El depósito de inercia es un depósito de agua que viene preinstalado en la enfriadora con sistema hidráulico, este depósito mantienen el agua a una temperatura de 7°C.

4.3 CÁLCULO DE LA REDES DE TUBERÍAS.

El cálculo de la red de tuberías se realiza una vez que conocemos la potencia a instalar en cada habitación. Una vez conocida la potencia, se hace un croquis de la configuración óptima de las tuberías para, posteriormente, calcular el diámetro de cada una. Para el cálculo del diámetro sólo necesitamos saber que flujo másico de agua lleva esa potencia hasta circuito de suelo radiante en cuestión. Para ello utilizo la siguiente fórmula:

$$P = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Fórmula -1-

Despejando el flujo másico quedaría de la siguiente forma:

$$\dot{m} = \frac{P}{C_p \cdot \Delta T}$$

Fórmula -2-

Donde:

- $\dot{m}$: flujo másico de agua en kg/s
- P: potencia que da el fabricante para el fan coil en kW
- C_p : calor específico del agua a presión constante en kJ/(kg K) su valor es de 4.19 y se obtiene de la media del C_p para 7 y 12°C.
- ΔT : diferencia de temperatura estimada en el intercambiador (5°C).

Ya que la tubería tiene una sección circular y sabemos que su velocidad es de 1,5m/s, podemos poner la superficie S en función del diámetro:

$$\dot{m} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v$$

Fórmula -3-

Despejando el diámetro de ahí obtenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot v}}$$

Fórmula -4-

Esta última fórmula es la que se utiliza para calcular el diámetro teórico. Los datos son:

- D: diámetro teórico resultante del cálculo.
- $\dot{m}$: flujo másico de agua calculado en kg/s.
- v : velocidad que se desea conseguir, 1.5m/s.

Este cálculo se aplica para el cálculo de cada habitación, que como se ha dicho anteriormente al estar todas las cargas entre 1.29kW y 1.4kW sus diámetros se toman de 18mm en todas.

Para el cálculo de las tuberías que recorren el pasillo lo que debemos hacer es ir sumando las cargas de cada habitación conforme avanzamos por el pasillo,

la configuración de la red de tuberías consiste en un grupo de tuberías principales que van derivando a cada habitación (una de ida y otra de recogida).

4.4 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.

El cálculo de las pérdidas de carga se ha realizado mediante la fórmula de *Darcy-Weisbach*. La fórmula original es:

$$h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

En función del caudal queda de la siguiente manera:

$$h = 0.0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m).
- f: coeficiente de fricción (adimensional).
- L: longitud de la tubería (m).
- D: diámetro interno de la tubería (m).
- v: velocidad media (m/s).
- g: aceleración de la gravedad (m^2/s).
- Q: caudal (m^3/s).

El coeficiente de fricción es en función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad de las paredes de la tubería:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Siendo:

- ρ : densidad del agua (kg/m^3)
- μ : viscosidad del agua ($\frac{N \cdot s}{m^2}$)

Para calcular el término “f” se utiliza la siguiente expresión, que viene en función del número de Reynolds, válida para tubos lisos en los que la rugosidad no afecta al flujo .

$$f = 0.3164 \cdot Re^{-0.25}$$

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:
INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:
INSTALACIÓN DE FAN COILS

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

ANEJO:
CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE FAN COILS

ÍNDICE DE ANEJO INSTALACIÓN DE FAN COILS

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.....	72
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	72
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.....	72
4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.....	72
4.1 FAN COILS PASILLO.....	73
4.2. CÁLCULO DE LA RED DE TUBERÍAS.....	73
4.3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.....	75

1. OBJETIVO DE LA INSTALACIÓN.

El objetivo de la instalación al edificio de equipos capaces de aportar la potencia calorífica o frigorífica necesaria para alcanzar la habitabilidad y condiciones de confort en el pasillo de la planta baja y la planta primera del edificio.

El cálculo de las solicitaciones térmicas siempre es más desfavorable para el caso de verano.

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La instalación se compone de una enfriadora independiente que a través de su propia red de tuberías mantienen el agua almacenada en un depósito de inercia a la temperatura deseada en cada época del año. Por otra parte, desde el depósito de inercia sale otra red de tuberías que lleva el agua a cada planta del edificio para alimentar tanto al suelo radiante de cada habitación como a los fan coil del pasillo para que se produzca el intercambio de calor *aire-agua* aclimatando de esta manera la atmósfera del interior del local.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CÁLCULO.

De forma esquemática, se expone el orden en que se ha calculado las diferentes partes que forman la instalación.

- Cálculo de las cargas térmicas para las habitaciones.
- Dotación de los fan coils de potencia adecuada y suficiente para cada pasillo de los dos pisos del edificio.
- Recuento de potencia instalada por planta y en el edificio para la selección de la enfriadora
- Red de tuberías que van a alimentar a los fan coils.

4. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.

La selección de equipos se lleva a cabo tras calcular las cargas térmicas del edificio. En este apartado es necesario distinguir dos puntos: la enfriadora que se encuentran en la azotea que enfrían el agua y los equipos individuales pequeños que hay a lo largo del pasillo (fan coils) que efectúan el intercambio de calor con

el aire del pasillo.

4.1. FAN COILS PASILLO.

Se encargan de introducir en la habitación la potencia adecuada a la misma. Su funcionamiento consiste en coger aire del exterior hacerlo pasar a través de su bobina de tuberías y climatizarlo según las necesidades de ese momento para después hacerlo fluir a través de la red de conductos para distribuirlo por la totalidad de la habitación.

La potencia de los fan coils instalados es:

- *Planta baja:*
 - *Zona A:*
 - fan coil de potencia frigorífica 1.72kW y potencia calorífica 2.42kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.39kW y potencia calorífica 5.1kW
 - fan coil de potencia frigorífica 9.35kW y potencia calorífica 11.2kW
 - *Zona B:*
 - fan coil de potencia frigorífica 1.19kW y potencia calorífica 1.65kW
 - fan coil de potencia frigorífica 1.72kW y potencia calorífica 2.42kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.39kW y potencia calorífica 5.1kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.89kW y potencia calorífica 7.76kW
- *Planta primera:*
 - *Zona A:*
 - fan coil de potencia frigorífica 1.72kW y potencia calorífica 2.42kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.39kW y potencia calorífica 5.1kW
 - fan coil de potencia frigorífica 9.35kW y potencia calorífica 11.2kW
 - *Zona B:*
 - fan coil de potencia frigorífica 1.19kW y potencia calorífica 1.65kW
 - fan coil de potencia frigorífica 1.72kW y potencia calorífica 2.42kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.39kW y potencia calorífica 5.1kW
 - fan coil de potencia frigorífica 4.89kW y potencia calorífica 7.76kW

4.2. CÁLCULO DE LA REDES DE TUBERÍAS.

El cálculo de la red de tuberías se realiza una vez que conocemos la potencia a instalar de cada fan coil. Una vez conocida la potencia, se hace un croquis de la configuración óptima de las tuberías para, posteriormente, calcular el diámetro de cada una. Para el cálculo del diámetro sólo necesitamos saber que

flujo másico de agua lleva esa potencia hasta el fan coil en cuestión. Para ello utilizo la siguiente fórmula:

$$P = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Fórmula -1-

Despejando el flujo másico quedaría de la siguiente forma:

$$\dot{m} = \frac{P}{C_p \cdot \Delta T}$$

Fórmula -2-

Donde :

- $\dot{m}$: flujo másico de agua en kg/s
- P: potencia que da el fabricante para el fan coil en kW
- C_p : calor específico del agua a presión constante en kJ/(kg K) su valor es de 4.19 y se obtiene de la media del C_p para 7 y 12°C.
- ΔT : diferencia de temperatura estimada en el intercambiador (5°C).

Ya que la tubería tiene una sección circular y sabemos que su velocidad es de 1,5m/s, podemos poner la superficie S en función del diámetro:

$$\dot{m} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v$$

Fórmula -3-

Despejando el diámetro de ahí obtenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot v}}$$

Fórmula -4-

Ésta última fórmula es la que se utiliza para calcular el diámetro teórico. Los datos son:

- D: diámetro teórico resultante del cálculo.
- $\dot{m}$: flujo másico de agua calculado en kg/s.
- v : velocidad que se desea conseguir, 1.5m/s.

4.3.CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA.

El cálculo de las pérdidas de carga se ha realizado mediante la fórmula de *Darcy-Weisbach*. La fórmula original es:

$$h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

En función del caudal queda de la siguiente manera:

$$h = 0.0826 \cdot f \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$$

En donde:

- h: pérdida de carga o de energía (m).
- f: coeficiente de fricción (adimensional).
- L: longitud de la tubería (m).
- D: diámetro interno de la tubería (m).
- v: velocidad media (m/s).
- g: aceleración de la gravedad (m^2/s).
- Q: caudal (m^3/s).

El coeficiente de fricción es en función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad de las paredes de la tubería:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Siendo:

- ρ : densidad del agua(kg/m^3)
- μ : viscosidad del agua ($\frac{N \cdot s}{m^2}$)

Para calcular el término “ f ” se utiliza la siguiente expresión, que viene en función del número de Reynolds, válida para tubos lisos en los que la rugosidad no afecta al flujo.

$$f = 0.3164 \cdot Re^{-0.25}$$

Autor:

Juan Jiménez Amezcua

ANEJO:
INSTALACIÓN DE FAN COILS

Climatización de un Edificio

Universidad de Jaén

MEDICIONES

ÍNDICE DE MEDICIONES

1. EQUIPOS.....	80
2. TUBERÍAS PARA INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y FAN COILS	82
3. CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	85
4. COMPONENTES DE SUELO RADIANTE	91

1. EQUIPOS.

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
1.01	Ud. Equipo de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles, con grupo motobomba y depósito de inercia incorporados situado en la azotea. Potencia frigorífica máxima de 140kW.	1
1.02	Ud. Recuperador de calor, situado en la cubierta del salón de usos múltiples, con placas de flujo cruzado y una batería 43.8kW, para instalación horizontal con módulo adiabático. Caudal: $1000dm^3/s$	1
1.03	Ud. Recuperador de calor, situado en la cubierta del comedor, con placas de flujo cruzado y una batería 56.8kW, para instalación horizontal con módulo adiabático. Caudal: $1350dm^3/s$	1
1.04	Ud. Recuperador de calor, situado en la cubierta del comedor, con placas de flujo cruzado y una batería 53.6kW, para instalación horizontal con módulo adiabático. Caudal: $730-890 dm^3/s$	2
1.06	Ud. Fan coil de acondicionamiento no autónomo tipo casete, instalado en falso techo del pasillo. Potencia frigorífica: 9.35kW Potencia calorífica: 11.2Kw	2

- 1.07 Ud.** Fan coil de acondicionamiento no autónomo tipo casete, instalado en falso techo del pasillo.
Potencia frigorífica:4.39k 4
Potencia calorífica: 5.1kW
- 1.08 Ud.** Fan coil de acondicionamiento no autónomo tipo casete, instalado en falso techo del pasillo.
Potencia frigorífica:1.72kW 4
Potencia calorífica:2.42kW
- 1.09 Ud.** Fan coil de acondicionamiento no autónomo tipo casete, instalado en falso techo del pasillo.
Potencia frigorífica:1.19kW 2
Potencia calorífica:1.65kW
- 1.10 Ud.** Fan coil de acondicionamiento no autónomo tipo casete, instalado en falso techo del pasillo.
Potencia frigorífica:7.76Kw 2
Potencia calorífica:4.48kW

2. TUBERÍAS SUELO RADIANTE Y FAN COILS.

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
2.01	Metro de tubería de polietileno Ø42mm	
	Pasillo central planta baja ,zona A y zona B	45
	Tubería de retorno invertido en planta primera	210
	TOTAL	300
2.02	Metro de tubería de polietileno Ø40mm	
	Pasillo central planta primera, zona A y zona B	30
	Tubería de retorno invertido en planta primera	200
	TOTAL	230
2.03	Metro de tubería de polietileno Ø38mm	
	Pasillo central planta baja ,zona A y zona B	80
	Pasillo central planta primera, zona A y zona B	70
	TOTAL	150
2.04	Metro de tubería de polietileno Ø36mm	
	Pasillo zona A, planta baja	20
	Pasillo zona B, planta baja	15
	Pasillo zona A, planta primera	10
	Pasillo zona B, planta primera	15
	TOTAL	65
2.05	Metro de tubería de polietileno Ø34mm	
	Pasillo zona A, planta baja	16
	Pasillo zona B, planta baja	32
	Pasillo zona A, planta primera	10
	Pasillo zona B, planta primera	12
	TOTAL	70

2.06	Metro de tubería de polietileno Ø32mm	
	Pasillo zona A, planta baja	16
	Pasillo zona B, planta baja	32
	Pasillo zona A, planta primera	32
	Pasillo zona B, planta primera	20
	TOTAL	100
2.07	Metro de tubería de polietileno Ø30mm	
	Pasillo zona A, planta baja	16
	Pasillo zona B, planta baja	14
	Pasillo zona A, planta primera	18
	Pasillo zona B, planta primera	12
	TOTAL	60
2.08	Metro de tubería de polietileno Ø28mm	
	Pasillo zona A, planta baja	18
	Pasillo zona B, planta baja	14
	Pasillo zona A, planta primera	20
	Pasillo zona B, planta primera	18
	TOTAL	70
2.09	Metro de tubería de polietileno Ø26mm	
	Pasillo zona A, planta baja	33
	Pasillo zona B, planta baja	16
	Pasillo zona A, planta primera	16
	Pasillo zona B, planta primera	35
	TOTAL	100
2.10	Metro de tubería de polietileno Ø24mm	
	Pasillo zona A, planta baja	12
	Pasillo zona B, planta baja	28
	Pasillo zona A, planta primera	18
	Pasillo zona B, planta primera	12
	TOTAL	70

2.11	Metro de tubería de polietileno Ø20mm	
	Pasillo zona A, planta baja	32
	Pasillo zona B, planta baja	26
	Pasillo zona A, planta primera	26
	Pasillo zona B, planta primera	16
	TOTAL	100
2.12	Metro de tubería de polietileno Ø18mm	
	Tubería para habitaciones	6.798
	Pasillo zona A, planta baja	32
	Pasillo zona B, planta baja	16
	Pasillo zona A, planta primera	16
	Pasillo zona B, planta primera	16
	TOTAL	6.878
2.13	Metro de tubería de cobre de Ø38mm aislada con coquilla armaflex de 35mm con 0.04W/m.k terminada en chapa de aluminio.	
	Tubería Bajante Zona A	15
	Tubería Recogida Zona A	15
	Tubería Bajante Zona B	15
	Tubería Recogida Zona B	15
	TOTAL	60
2.14	Metro de tubería de cobre de Ø18mm aislada con coquilla armaflex de 35mm con 0.04W/m.k terminada en chapa de aluminio.	
	Tuberías para fan coils planta primera	20
	Tuberías para fan coils planta baja	20
	TOTAL	40

3. CONDUCTOS DE VENTILACIÓN.

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.01	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 100 x 200 y	
	espesor 6mm.	
	Conductos de entrada	178
	a las habitaciones	
	Planta baja, Zona A,	16
	final del pasillo central.	
	Planta baja, Zona B,	26
	final del pasillo lateral	
	TOTAL	220
3.02	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 150 x 200 y	
	espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A,	2,5
	final del pasillo central.	
	Planta baja, Zona B,	1,5
	final del pasillo lateral	
	Planta primera, Zona	3
	A, final del pasillo	
	central.	
	TOTAL	7

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.03	Metro lineal de conducto de ventilación rectangular de sección 150 x 250 y espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A, final del pasillo lateral.	8
	Planta baja, Zona B, entrada a habitación por pasillo central.	10
	Planta primera, Zona A, final del pasillo lateral.	4
	Planta primera, Zona B, final del pasillo lateral.	8
	TOTAL	30
3.04	Metro lineal de conducto de ventilación rectangular de sección 200 x 200 y espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona B, final del pasillo lateral.	10
	TOTAL	10

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.05	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 200 x 250 y	
	espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A,	6
	pasillo lateral.	
	Planta baja, Zona B,	5
	pasillo lateral	
	Planta Primera, Zona	6
	A, pasillo lateral.	
	TOTAL	17
3.06	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	5
	de sección 200 x 300 y	
	espesor 6mm	
	Planta baja, Zona A,	5
	pasillo lateral.	
	TOTAL	5
3.07	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	40
	de sección 250 x 250 y	
	espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona B,	24
	pasillo lateral.	
	Planta primera, Zona	16
	A, pasillo lateral.	
	TOTAL	40

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.08	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 250 x 300 y	
	espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A,	16
	pasillo lateral.	
	Planta primera, Zona	12
	A, pasillo lateral.	
	TOTAL	28
3.09	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 300 x 300 y	
	espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A,	14
	pasillo lateral.	
	Planta baja, Zona B,	8
	pasillo lateral	
	Planta primera, Zona	16
	A, pasillo lateral.	
	TOTAL	38

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.10	Metro lineal de conducto de ventilación rectangular de sección 300 x 400 y espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona A, final pasillo central y principio de pasillo lateral.	20
	Planta baja, Zona B, principio de pasillo lateral.	20
	Planta primera, Zona A, pasillo central.	20
	Planta primera, Zona B, pasillo central.	15
	TOTAL	75
3.11	Metro lineal de conducto de ventilación rectangular de sección 300 x 500 y espesor 6mm.	
	Planta baja, Zona B, principio de pasillo central.	22
	Planta primera, Zona A, pasillo central y principio del pasillo lateral.	15
	Planta primera, Zona B, pasillo central.	13
	TOTAL	55

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
3.12	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 300 x 600 y	
	espesor 6mm.	
	Planta primera, Zona	10
	A, pasillo central.	
	Planta primera, Zona	15
	B, pasillo central.	
	TOTAL	25
3.13	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 400 x 500 y	
	espesor 6mm.	
	Planta primera, Zona	5
	B, pasillo central.	
	TOTAL	5
3.14	Metro lineal de	
	conducto de	
	ventilación rectangular	
	de sección 400 x 600 y	
	espesor 6mm.	
	Planta primera, Zona	8
	B, pasillo central.	
	TOTAL	8

4. COMPONENTES SUELO RADIANTE.

Nº	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
4.01	Ud. Caja de colectores para suelo radiante situada en la habitación donde se encuentran los recuperadores de calor, al lado de las bajantes.	4
4.02	m ² . Zócalo perimetral de polietileno situado en toda la superficie de las dos plantas.	1.820
4.03	m ² . Panel aislante, con film de polietileno incorporado, para sujetar los circuitos y facilitando su tendido con la separación entre tubos proyectada, situado en toda la superficie de las dos plantas.	1.820
4.05	m ³ . De mortero de cemento que se vierte sobre la superficie calefactable, situado en toda la superficie de las dos plantas.	91

PRESUPUESTO

ÍNDICE DE PRESUPUESTO

1. PRECIOS SIMPLES	95
2. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.....	96
3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA Y PRECIOS DESCOMPUESTOS	97
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	108
4.1. CAPÍTULO 1: EQUIPOS.....	108
4.2. CAPÍTULO 2: TUBERÍAS PARA FAN COIL Y SUELO RADIANTE	109
4.3. CAPÍTULO 3: CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	110
4.4. CAPÍTULO 4: ELEMENTOS SUELO RADIANTE	111
5. RESUMEN DE PRESUPUESTO	112

1. PRECIOS SIMPLES

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO
EN001	Ud. Equipo exterior de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles de 140kW.	2.840,5
RC001	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 43,8kW.Caudal 1000dm ³ /s	11.652,53
RC002	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 56,8kW.Caudal 1350dm ³ /s	13.275,56
RC003	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 53,6kW.Caudal 730-890dm ³ /s	12.645,6
RC004	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 38,9kW.Caudal 820-1200dm ³ /s	7.458,5
FC001	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo tipo casete, instalado en falso techo potencia frigorífica:9,35 potencia calorífica: 11,2kW	548,5
FC002	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo tipo casete, instalado en falso techo potencia frigorífica:4,39 potencia calorífica: 5,1kW	489,65
FC003	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo tipo casete, instalado en falso techo potencia frigorífica:1,72 potencia calorífica: 2,42kW	440,6
FC004	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo tipo casete, instalado en falso techo potencia frigorífica:1,19 potencia calorífica: 1,65kW	435,5
FC005	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo tipo casete, instalado en falso techo potencia frigorífica:7,76 potencia calorífica: 4,48kW	520,45
TB001	m.l. Tubería de polietileno de Ø42mm	4,9
TB002	m.l. Tubería de polietileno de Ø40mm	4,6
TB003	m.l. Tubería de polietileno de Ø38mm	4,3
TB004	m.l. Tubería de polietileno de Ø36mm	4,1
TB005	m.l. Tubería de polietileno de Ø34mm	3,8
TB006	m.l. Tubería de polietileno de Ø32mm	3,5
TB007	m.l. Tubería de polietileno de Ø30mm	3,3
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø28mm	3

TB009	m.l. Tubería de polietileno de Ø26mm	2,7
TB010	m.l. Tubería de polietileno de Ø24mm	2,6
TB011	m.l. Tubería de polietileno de Ø22mm	2,5
TB012	m.l. Tubería de polietileno de Ø20mm	2,4
TB013	m.l. Tubería de polietileno de Ø18mm	2,3
TBC001	m.l. Tubería de cobre de Ø38mm	5,8
TBC002	m.l. Tubería de cobre de Ø18mm	4,7
VE001	m ² chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas	1,4
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	5,3
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3
SR001	Caja de colectores para suelo radiante.	214
SR002	m ² Zócalo perimetral de polietileno	17,5
SR003	m ² Panel aislante, con film de polietileno incorporado.	12,5
SR004	m ³ Mortero de cemento que se vierte sobre la superficie calefactable.	8,75

2. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03
MO003	h. Oficial albañilería	15,14
MO004	h. Ayudante albañilería	13,75
MO005	h. Oficial electricista	15,00
MO006	h. Ayudante electricista	14,03

MO007	h. Oficial Administrativo	13,00
MO011	h. Oficial soldador	14,01
MA001	h. Equipo montacargas ligero	0,75
MA001	h. Equipo montacargas pesado	12,2

3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRAY PRECIOS DESCOMPUESTOS

1,01	Ud. Equipo exterior de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles de 140 kW.			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Equipo exterior de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor			
EN001	aire-agua reversibles de 90 kW.	2.840,1	1	2.840,1
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	2	31,22
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	2	28,06
MA001	h. Equipo montacargas pesado	12,2	1,5	18,3
	Costes indirectos 3%			92,93
				3.010,61
1,02	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 43,8kW.Caudal 1000dm³/s			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Recuperador de calor con placas de			
RC001	flujo cruzado y batería de 43,8kW	11.652,53	1	11.652,53
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			350,11
				12.020,62
1,03	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 56,8kW.Caudal 1350dm³/s			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Recuperador de calor con placas de			
RC002	flujo cruzado y batería de 56,8kW	13.275,56	1	13.275,56
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			398,80
				13.692,35

1,04	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 53,6kW.Caudal 730-890dm³/s			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
RC003	Ud. Recuperador de calor con placas de flujo cruzado y batería de 53,6kW	12.645,6	1	12.645,6
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			379,90
				13.043,49
1,05	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 38,9kW.Caudal 820-1200dm³/s			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
RC004	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 38,9kW.Caudal 820-1200dm ³ /s	10.645,5	1	10.645,5
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			319,90
				10.983,38
1,06	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 9,35kW y 11,2kw de potencia calorífica			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
FC001	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 9,35kW y 11,2kw de potencia calorífica	489,65	1	489,65
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			15,22
				522,86

1,07 Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 4,39kW y 5,1kw de potencia calorífica				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 4,39kW y 5,1kw de potencia calorífica	440,6	1	440,6
FC002				
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			13,75
				472,34

1,08 Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 1,72kW y 2,42kw de potencia calorífica				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 1,72kW y 2,42kw de potencia calorífica	435,5	1	435,5
FC003				
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,48
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			13,60
				467,08

1,09 Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 8.7kW y 11,65kw de potencia calorífica				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 8.7kW y 11.65kw de potencia calorífica	520,45	1	520,45
FC004				
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,36
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,41
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			16,15
				554,58

1,1 Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 7,76kW y 4,48kw de potencia calorífica				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 7,76kW y 4,48kw de potencia calorífica	458,5	1	458,5
FC005				
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,6	9,366
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,6	8,418
MA001	h. Equipo montacargas ligero	1,00	0,2	0,2
	Costes indirectos 3%			14,29

490,7

2,01 m.l. Tubería de polietileno de Ø42mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB001	m.l. Tubería de polietileno de Ø42mm	4,9	1	4,9
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,805
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,015
	Costes indirectos 3%			44,54
				64,2

2,02 m.l. Tubería de polietileno de Ø40mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB002	m.l. Tubería de polietileno de Ø40mm	4,6	1	4,6
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,805
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,015
	Costes indirectos 3%			6,65
				26,07

2,03 m.l. Tubería de polietileno de Ø38mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB003	m.l. Tubería de polietileno de Ø38mm	4,3	1	4,3
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,805
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,015
	Costes indirectos 3%			19,79
				38,91

2,04 m.l. Tubería de polietileno de Ø36mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB004	m.l. Tubería de polietileno de Ø36mm	4,1	1	4,1
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,56
				19,48

2,05 m.l. Tubería de polietileno de Ø34mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB005	m.l. Tubería de polietileno de Ø34mm	3,8	1	3,8
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,55
				19,17

2,06 m.l. Tubería de polietileno de Ø32mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB006	m.l. Tubería de polietileno de Ø32mm	3,5	1	3,5
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80

MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,54
				18,86

2,07 m.l. Tubería de polietileno de Ø30mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB007	m.l. Tubería de polietileno de Ø30mm	3,3	1	3,3
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,54
				18,66

2,08 m.l. Tubería de polietileno de Ø28mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø28mm	3	1	3
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,53
				18,35

2,09 m.l. Tubería de polietileno de Ø26mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø26mm	2,7	1	2,7
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,52
				18,04

2,1 m.l. Tubería de polietileno de Ø24mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø24mm	2,6	1	2,6
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,05
	Costes indirectos 3%			0,52
				17,94

2,11 m.l. Tubería de polietileno de Ø20mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø20mm	2,5	1	2,5
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,51
				17,83

2,12 m.l. Tubería de polietileno de Ø18mm

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de polietileno de Ø18mm	2,4	1	2,4
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01

Costes indirectos 3% 0,51
17,73

2,13 m.l. Tubería de cobre de Ø38mm con aislamiento

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de cobre de Ø38mm	5,8	1	5,8
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,05
	Costes indirectos 3%			0,61
				21,23

2,14 m.l. Tubería de cobre de Ø18mm con aislamiento

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
TB008	m.l. Tubería de cobre de Ø38mm	4,7	1	4,7
MO001	h. Oficial calefactor/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante calefactor/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,58
				20,10

3,01 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 100x200

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l. chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 100x200	1,4	1	1,4
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,55
				19,02

3,02 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 150x200

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l. chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 150x200	1,6	1	1,6
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,56

19,22

3,03 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 150x250				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 150x250	1,8	1	1,8
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,57
				19,43

3,04 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 200x200				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.lchapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 200x200	2	1	2
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,57
				19.63

3,05 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 200x250				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 200x250	2,1	1	2,1
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,57

19,73

3,06 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 200x300				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 200x300	2,3	1	2,3
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,58
				19,94

3,07 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 250x250				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de ex pesor 6 mm más juntas de 250x250	2,5	1	2,5
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,59
				20,15

3,08 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 250x300				
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 250x300	2,7	1	2,7
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,59
				20,35

3,09 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 300x300

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de espesor 300x300	2,9	1	2,9
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,60
				20,56

3,10 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 300x400

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de espesor 300x400	3,1	1	3,1
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,60
				20,76

3,11 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 300x500

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 300x500	3,3	1	3,3
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,61
				20,97

3,12 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 300x600

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 300x600	3,5	1	3,5
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,62
				21,18

3,13 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 400x500

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 400x500	3,7	1	3,7
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,62
				21,38

3,14 m.l conducto de ventilación colocado en obra de sección 400x600

COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
VE001	m.l chapa de aluminio de espesor 6 mm más juntas de 400x600	3,9	1	3,9
VE002	Material auxiliar fijación conductos de ventilación	0,96	1	0,96
VE003	Rejillas base rectangular 21 x 11 cm aluminio	4,3	0,3	1,29
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
MO002	h. Ayudante instalador calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,63
				21,59

4,01	Ud. Caja de colectores para suelo radiante			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
SR001	Ud. Caja de colectores para suelo radiante	214	1	214
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
	h. Ayudante instalador			
MO002	calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			6,86
				235,68
4,02	m^2 Zócalo perimetral de polietileno			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
SR002	m^2 Zócalo perimetral de polietileno	17,5	1	17,5
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
	h. Ayudante instalador			
MO002	calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,96
				33,28
4,03	m^2 Panel aislante, con film de polietileno incorporado.			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	m^2 Panel aislante, con film de polietileno incorporado.	12,5	1	12,5
SR003				
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
	h. Ayudante instalador			
MO002	calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,81
				28,13
4,04	m^3 Mortero de cemento que se vierte sobre la superficie calefactable			
COD	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
	m^3 Mortero de cemento que se vierte sobre la superficie calefactable.	8,75	1	8,75
SR004				
MO001	h. Oficial instalador calefacción/fontanero	15,61	0,5	7,80
	h. Ayudante instalador			
MO002	calefacción/fontanero	14,03	0,5	7,01
	Costes indirectos 3%			0,70
				24,27

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

4.1. CAPÍTULO 1: EQUIPOS

PARTIDA	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
1,01	Ud. Equipo exterior de producción de agua fría/caliente por aire y bombas de calor aire-agua reversibles de 90 kW	3010,61	1	3.010,61
1,02	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 43,8kW.Caudal 1000dm ³ /s	12020,62	1	12.020,62
1,03	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 56,8kW.Caudal 1350dm ³ /s	13692,35	1	13.692,35
1,04	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 53,6kW.Caudal 730-890dm ³ /s	13043,49	2	26.086,98
1,05	Ud. Recuperador de calor con placas flujo cruzado y batería 38,9kW.Caudal 820-1200dm ³ /s	10938,38	2	21.876,76
1,06	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 9,35kW y 11,2kw de potencia calorífica	538,47	2	1.076,94
1,07	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 4,39kW y 5,1kw de potencia calorífica	522,86	4	2.091,44
1,08	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 1,72kW y 2,42kw de potencia calorífica	472,34	4	1.889,36
1,09	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 8.7kW y 11,65kw de potencia calorífica	467,08	2	934,16
1,1	Ud. Fan coil de acondicionamiento autónomo con una potencia frigorífica de 7,76kW y 4,48kw de potencia calorífica	554,48	2	1.108,96
			TOTAL	83.788,18

4.2. CAPÍTULO 2: TUBERÍAS PARA FAN COIL Y SUELO RADIANTE

PARTIDA	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
2,01	m.l. Tubería de polietileno de Ø42mm	64,26	300	19.278
2,02	m.l. Tubería de polietileno de Ø40mm	26,07	230	5.996,1
2,03	m.l. Tubería de polietileno de Ø38mm	38,91	150	5.836,5
2,04	m.l. Tubería de polietileno de Ø36mm	19,48	65	1.266,2
2,05	m.l. Tubería de polietileno de Ø34mm	19,17	70	1.341,9
2,06	m.l. Tubería de polietileno de Ø32mm	18,87	100	1.887
2,07	m.l. Tubería de polietileno de Ø30mm	18,66	60	1.119,6
2,08	m.l. Tubería de polietileno de Ø28mm	18,35	70	1.284,5
2,09	m.l. Tubería de polietileno de Ø26mm	18,04	100	1.804
2,1	m.l. Tubería de polietileno de Ø24mm	17,94	70	1.255,8
2,11	m.l. Tubería de polietileno de Ø20mm	17,86	100	1.786
2,12	m.l. Tubería de polietileno de Ø18mm	17,73	6878	121.946,94
2,13	m.l. Tubería de cobre de Ø38mm	21,23	60	1.273,8
2,14	m.l. Tubería de cobre de Ø28mm	20,1	40	804
			TOTAL	166.880,34

4.3. CAPÍTULO 3: CONDUCTOS VENTILACIÓN

PARTIDA	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
3,01	m.l. Conducto ventilación rectangular de 100x200 y espesor 6 mm	19,02	220	4.184,4
3,02	m.l. Conducto ventilación rectangular de 150x200 y espesor 6 mm	19,22	7	134,54
3,03	m.l. Conducto ventilación rectangular de 150x250 y espesor 6 mm	19,43	30	582,9
3,04	m.l. Conducto ventilación rectangular de 200x200 y espesor 6 mm	19,63	10	196,3
3,05	m.l. Conducto ventilación rectangular de 200x250 y espesor 6 mm	19,73	17	335,41
3,06	m.l. Conducto ventilación rectangular de 200x300 y espesor 6 mm	19,94	5	99,7
3,07	m.l. Conducto ventilación rectangular de 250x250 y espesor 6 mm	20,15	40	806
3,08	m.l. Conducto ventilación rectangular de 250x300 y espesor 6 mm	20,35	28	596,8
3,09	m.l. Conducto ventilación rectangular de 300x300 y espesor 6 mm	20,56	38	781,28
3,10	m.l. Conducto ventilación rectangular de 300x400 y espesor 6 mm	20,76	75	1.557
3,11	m.l. Conducto ventilación rectangular de 300x500 y espesor 6 mm	20,97	55	1.153,35
3,12	m.l. Conducto ventilación rectangular de 300x600y espesor 6 mm	21,18	25	529,5
3,13	m.l. Conducto ventilación rectangular de 400x500 y espesor 6 mm	21,38	5	106,9
3,14	m.l. Conducto ventilación rectangular de 400x600 y espesor 6 mm	21,59	8	172,72
			TOTAL	11.209,8

4.4. CAPÍTULO 4: ELEMENTOS SUELO RADIANTE

PARTIDA	DENOMINACIÓN	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
4,01	Ud. Caja de colectores para suelo radiante	235,6846	4	942,73
4,02	m^2 Zócalo perimetral de polietileno	33,2896	1820	60.587,07
4,03	m^2 Panel aislante, con film de polietileno incorporado.	28,1396	1820	51.214,07
4,04	m^2 Panel aislante, con film de polietileno incorporado.	24,2771	91	2.209,21
			TOTAL	114.953,09

5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

-Capítulo 1º: EQUIPOS	83.788,18€
-Capítulo 2º: TUBERÍAS PARA FAN COILS Y SUELO RADIANTE	166.880,34€
-Capítulo 3º: CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	11.209,8€
-Capítulo 4º: ELEMENTOS SUELO RADIANTE	114.953,09€
- Medidas de Seguridad y Salud (1%):	3.768,31€
-Gestión de Residuos (0.5%):	1.884,15€
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL:	382.483,87€
-15% GASTOS GENERALES	57.372,58€
-5% BENEFICIO INDUSTRIAL	19.124,19€
TOTAL PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN:	458.980,64€
- IVA 21%	96.385,93€
TOTAL PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN INCLUIDO IVA:	555.366,57€

El **PRESUPUESTO TOTAL DE CONTRATACIÓN INCLUIDO IVA** del presente proyecto, asciende a la cantidad de QUINIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y SEIS euros con CINCUENTA Y SIETE céntimos (555,366.57 €).

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1. MATERIALES Y EQUIPOS	117
1.1. TUBERÍAS PARA CIRCUITO DE FAN COILS	117
1.2. VALVULERÍA	117
1.3. BOMBAS DE CIRCULACIÓN	118
1.4. PURGADORES	119
1.5. MATERIAL CHAPA CONDUCTOS VENTILACIÓN.....	119
1.6. FILTROS DE AIRE	119
1.7. RECUPERADORES DE CALOR	120
2. RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES	120
3. INSTALACIÓN DE LOS MATERIALES	120
4. PRUEBAS,PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN	123
4.1. GENERAL.....	123
4.2. PRUEBAS PARCIALES	124
4.2.1. PRUEBAS DE EQUIPOS	124
4.2.2.- PRUEBAS DE ESTANQUIDAD DE REDES HIDRÁULICAS	124
4.3. PUESTA ENMARCHA Y PRUEBAS FUNCIONALES	125
4.4. COMPROBACIONES FINALES	127

En el Pliego de Condiciones Técnicas particulares para el presente Trabajo de Fin de Grado de CLIMATIZACIÓN DE UN EDIFICIO se indicarán las Condiciones Técnicas relativas a:

- 1.- Características de los materiales y equipos
- 2.- Recepción de los materiales
- 3.- Instalación de los materiales
- 4.- Pruebas, puesta en marcha y recepción

1. MATERIALES Y EQUIPOS

Las características de los materiales y equipos a instalar serán las siguientes:

1.1. TUBERÍAS PARA CIRCUITOS DE FAN COILS.

Los materiales empleados en las canalizaciones de las instalaciones serán los indicados a continuación:

a) Conducciones de agua caliente, agua refrigerada o vapor a baja presión: serán de cobre, latón, acero negro soldado o estirado sin soldadura. Cuando la temperatura no sobrepase los 53 °C se podrá utilizar hierro galvanizado o tubería de plástico homologada. Para agua caliente sanitaria no se admitirán conducciones de acero negro soldado.

b) Alimentación de agua fría: Tubos de acero galvanizado, cobre o plástico (PVC o polietileno).

1.2. VALVULERÍA

Las válvulas estarán completas y cuando dispongan de volante, el diámetro mínimo exterior del mismo se recomienda que sea cuatro veces el diámetro nominal de la válvula sin sobrepasar 20 cm. En cualquier caso permitirá que las operaciones de apertura y cierre se hagan cómodamente. Serán estancas, interior y exteriormente, es decir, con la válvula en posición abierta y cerrada, a una presión hidráulica igual a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 600 kPa. Esta estanqueidad se podrá lograr accionando manualmente la válvula. Toda válvula que vaya a estar sometida a presiones iguales o superiores a 600 kPa deberá llevar troquelada la presión máxima de trabajo a que puede estar sometida.

Las válvulas y grifos, hasta un diámetro nominal de 50 mm estarán construidas en bronce o latón. Las válvulas de más de 50 mm de diámetro nominal serán de fundición y bronce o de bronce cuando la presión que van a soportar no sea superior a 400 kPa y de acero o de acero y bronce para presiones mayores. La pérdida de carga de las válvulas, estando completamente abiertas y circulando por ellas un caudal igual al que circularía por una tubería del mismo diámetro nominal que la válvula, cuando la velocidad del agua para esa tubería fuese de 0,9 m/s., no será superior a la producida por una tubería de hierro del mismo diámetro.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñen y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- a) para aislamiento: válvulas de esfera;
- b) para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento;
- c) para vaciado: válvulas de esfera o de macho;
- d) para llenado: válvulas de esfera;
- e) para purga de aire: válvulas de esfera o de macho;
- f) para seguridad: válvula de resorte;
- g) para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

1.3. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

1 Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

2 La potencia eléctrica parásita para las bombas no debería exceder el 1% de la potencia de la misma.

3 La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo

es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

4 La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

1.4. PURGADORES

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deben soportar, al menos, la temperatura de 130 °C.

1.5. MATERIAL CHAPA CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

Suministro e instalación de red de conductos de ventilación, constituida por conductos de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluso p/p de recorte de materiales, uniones, refuerzos, tapas de registro, elementos de fijación, conexiones entre la red de conductos y ventiladores o cajas de ventilación, accesorios y piezas especiales realizadas con chapa metálica, sin incluir compuertas de regulación o cortafuego, ni rejillas y difusores. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio. Para evitar que se produzca el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se tomarán las siguientes medidas:

- 1 Evitar el contacto físico entre ellos
- 2 Aislar eléctricamente los metales con diferente potencial
- 3 Evitar el contacto entre los elementos metálicos y el yeso.

1.6. FILTROS DE AIRE

Los filtros de aire serán del tipo seco regenerable e irán dispuestos en

secciones, cuyos tamaños serán los normales del comercio. Su instalación será tal que filtren, tanto el aire exterior como el de recirculación y que permitan un fácil desmontaje para las periódicas limpiezas. Las secciones del filtro estarán constituidas por marcos metálicos galvanizados, con malla metálica que sirva de soporte al material filtrante. Todos los materiales utilizados en la construcción de los filtros deberán ser anticorrosivos.

1.7. RECUPERADORES DE CALOR

Intercambiador de placas de aluminio con eficiencia entre 52% a 55% en caja en acero galvanizado con aislamiento acústico integrado. Caudales nominales de hasta 1000 dm³/s en versión única de renovación de aire sin aportación de calefacción. Módulo Adiabático con consiguiente incremento de la eficiencia en funcionamiento.

2. RECEPCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales y equipos que se suministren responderán fielmente a las características indicadas en el presente Pliego de Condiciones y en el resto de los Documentos de este Proyecto.

Se suministrarán al lugar de montaje en perfecto estado con su embalaje original y se almacenarán en lugar seguro y resguardado de la intemperie.

Todos los materiales y equipos serán revisados antes de su colocación y serán sometidas a las revisiones y controles que la Dirección Técnica considere oportuno.

3. INSTALACIÓN DE LOS MATERIALES

Las instalaciones se realizarán teniendo en cuenta la práctica normal conducente a obtener un buen funcionamiento durante el periodo de vida que se les puede atribuir, siguiendo en general las instrucciones de los fabricantes de la maquinaria. La instalación será especialmente cuidada en aquellas zonas en

que, una vez montados los aparatos, sea de difícil reparación cualquier error cometido en el montaje, o en las zonas en que las reparaciones obligasen a realizar trabajos de albañilería. El montaje de la instalación se ajustará a los planos y condiciones del proyecto.

Durante la instalación de la maquinaria, el instalador protegerá debidamente todos los aparatos y accesorios, colocando tapones o cubiertas en las tuberías que vayan a quedar abiertas durante algún tiempo. Una vez terminado el montaje se procederá a una limpieza general de todo el equipo, tanto exterior como interiormente. La limpieza interior de radiadores, baterías, calderas, enfriadores, tuberías, etc., se realizará con disoluciones químicas para eliminar el aceite y la grasa principalmente.

Todas las válvulas, motores, aparatos, etc., se montarán de forma que sean fácilmente accesibles para su conservación, reparación o sustitución. Los envolventes metálicos o protecciones se asegurarán firmemente pero al mismo tiempo serán fácilmente desmontables. Su construcción y sujeción será tal que no se produzcan vibraciones o ruidos molestos. Las conducciones estarán identificadas mediante colores normalizados UNE con indicación del sentido de flujo del fluido que circula por ellas.

En las instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria se elegirán los materiales de los diversos aparatos y accesorios de forma que no se produzcan para electroquímicos que favorezcan la corrosión, especialmente en zonas con agua o vapor a presión.

La red de distribución de agua caliente o refrigerada estará organizada de forma que la instalación de cualquier unidad de consumo pueda conectarse o aislarse de la red general del edificio desde el exterior a la unidad y de tal forma que cada usuario pueda regular o suprimir el servicio a sus locales.

Cuando las tuberías pasen a través de muros, tabiques, formados, etc., se dispondrán manguitos protectores que dejen espacio libre alrededor de la

tubería, debiéndose rellenar este espacio de una materia plástica.

Los tubos tendrán la mayor longitud posible, con objeto de reducir al mínimo el número de uniones. Al realizar la unión de dos tuberías no se forzarán éstas, sino que deberán haberse cortado y colocado con la debida exactitud. No se podrán realizar uniones en los cruces de muros, forjados, etc. Todas las uniones deberán poder soportar una presión superior en un 50% a la de trabajo.

Se evitará en lo posible la utilización de materiales diferentes en una canalización, de manera que no se formen pares galvánicos. Las tuberías ocultas en terreno deberán disponer de una adecuada protección anticorrosiva.

Las conexiones de los aparatos y equipos a las redes de tuberías se harán de forma que no exista interacción mecánica entre aparato y tubería, exceptuando las bombas en línea y no debiendo transmitirse al equipo ningún esfuerzo mecánico a través de la conexión procedente de la tubería. Toda conexión será realizada de tal manera que pueda ser fácilmente desmontable para sustitución o reparación del equipo o aparato.

Tanto en agua caliente como refrigerada existirá siempre una válvula entre enfriadora y red de ida al depósito de inercia y otra entre la y la red de retorno, de forma que pueda ser desconectado el equipo enfriadora sin necesidad de temer que vaciar previamente el depósito de inercia

En los tramos curvos, los tubos no presentarán garrotas y otros defectos análogos, ni aplastamiento y otras deformaciones en su sección transversal. Siempre que sea posible, las curvas se realizarán por cintrado de los tubos, o con piezas curvas, evitando la utilización de codos. Los cintrados de los tubos hasta 50 mm. se podrán hacer en frío, haciéndose los demás en caliente.

Los elementos de control y regulación serán los apropiados para los campos de temperaturas, humedades, presiones, etc., en que normalmente va a trabajar la instalación. Los elementos de control y regulación estarán situados en

locales o elementos de tal manera que den indicación correcta de la magnitud que deben medir o regular, sin que esta indicación pueda estar afectada por fenómenos extraños a la magnitud que se quiere medir o controlar. Todos los aparatos de regulación irán colocados en un sitio en el que fácilmente se pueda ver la posición de la escala indicadora de los mismos o la posición de regulación que tiene cada uno.

4. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN

4.1. GENERAL

Todos los materiales y equipos se someterán a las siguientes pruebas:

1. La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso así como el de mantenimiento.
2. La entrega se realiza en el proceso de recepción que intercala un periodo de tiempo transitorio (desde la provisional a la definitiva) donde, aunque la propiedad sea del promotor, existen se realizan comprobaciones, modificaciones y funcionamiento normal de la instalación.
3. Para realizar la recepción de la instalación deberían estar realizadas, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.
4. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.
5. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.

6. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

4.2. PRUEBAS PARCIALES

1. Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

2. Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y deberían quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

3. Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

4.2.1. PRUEBAS DE EQUIPOS

1. Los materiales y componentes deberían llegar a obra con Certificación de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor. Su recepción se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y sus características aparentes.

2. Se registrarán los datos de funcionamiento para que puedan ser comparados con los de proyecto.

4.2.2.- PRUEBAS DE ESTANQUIDAD DE REDES HIDRÁULICAS

1.- Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser

probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.

2.- Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo a UNE 100151, en función del tipo de fluido transportado.

3.- El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de fluido transportado y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación.

4.- Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de todos los terminales abiertos. Debería comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deberían quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.

5.- Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.

6.- Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.

4.3. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS FUNCIONALES

1.- Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento cumplen las especificaciones de proyecto.

2.- Se podrán emplear los procedimientos y criterios descritos en la norma UNE-ENV 12977-2:2002 Sistemas solares térmicos y componentes. Instalaciones a medida.

3.- Se comprobará el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer.

4.- Se realizará el llenado de circuitos y la purga del aire de la instalación. La operación de llenado y purga debería completarse con el funcionamiento de bombas que permitan arrastrar las bolsas y burbujas de aire de toda la instalación.

5.- Se pondrán en funcionamiento las bombas de circulación de agua, verificando y anotando los parámetros de funcionamiento: caudales, presión y consumo eléctrico.

6.- Se verificará que al circular el agua se produce el calentamiento de los circuitos.

7.- Se comprobará que al producirse el calentamiento de los fluidos de los circuitos, el incremento de presión de los circuitos es el adecuado.

8.- Se verificarán los caudales de agua de cada circuito y se realizará comprobación del equilibrado hidráulico de la instalación, realizando los ajustes necesarios para conseguir los valores definidos en el proyecto.

9.- Se realizarán medidas de temperatura del fluido en los puntos previstos de la instalación.

10.- Se comprobará el arranque automático y sin intervención del usuario del conjunto de las instalaciones, verificando expresamente que no se ha

perdido líquido de los circuitos y las bombas mueven el caudal de diseño.

11.- Se medirán los niveles de ruido producidos por bombas y fluidos en movimiento.

12.- Todas las pruebas, controles y actuaciones realizadas durante las pruebas, ajustes y puesta en marcha deberían quedar adecuadamente registrado en el registro previsto, con los resultados obtenidos, e incorporado al resto de la documentación de la instalación

4.4. COMPROBACIONES FINALES

Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento satisfacen los requisitos de proyecto:

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en distintos regímenes de funcionamiento dentro del rango: sin consumo o con consumo doble del previsto en proyecto.
- Comprobación de la eficiencia energética del sistema de ventilación.
- Comprobación de los recuperadores de calor y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.
- Comprobación del rendimiento de la instalación de Fan Coils.
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos
- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los grupos de bombeo en las condiciones reales de trabajo y la comprobación de la estanqueidad de los mismos.

ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA

ÍNDICE DE ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

1. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	131
1.1. RIESGO DE DAÑOS A TERCEROS	131
1.2. ASISTENCIA A ACCIDENTADOS	131
1.3. RECEPCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL Y MAQUINARIA	131
1.4. MONTAJE DE TUBERÍAS	132
1.5. MONTAJE DE CONDUCTOS Y REJILLAS	132
1.6. PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS	132
2. GESTIÓN DE RESIDUOS	132
2.1. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	133

1. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

1.1. RIESGO DE DAÑOS A TERCEROS

Para evitar daños a terceros la obra se vallará en todo su perímetro y no se permitirá la entrada a toda persona ajena a la misma. Los riesgos más probables son:

- Caída de objetos de cualquiera de las plantas
- Caída de personas a zanjas si transitan cuando se realizan las excavaciones
- Atropellos por maquinaria pesada

1.2. ASISTENCIA A ACCIDENTADOS

En la obra existirá un plano de la zona en el que se indicarán los centros médicos más cercanos, donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Así mismo existirá un listado telefónico donde figuren los teléfonos y direcciones de los citados centros, así como los servicios de ambulancias, taxis, etc, más cercanos, para un rápido traslado de los accidentados.

1.3. RECEPCIÓN Y ACOPIO DE MATERIAL Y MAQUINARIA

Se preparará la zona del solar para recibir a los camiones. Se alzarán los materiales con ayuda de balancines mediante el gancho de la grúa, posándose en el suelo sobre una superficie preparada “a priori” evitando así los riesgos de atrapamiento, corte o caída por balanceo de la carga, además de desplomes sobre personas y riesgos por interferencias en lugares de paso.

1.4. MONTAJE DE TUBERÍAS

El transporte de tuberías se realizarán inclinando la carga hacia atrás evitando así golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados.

1.5. MONTAJE DE CONDUCTOS Y REJILLAS

Los tramos de conductos se transportarán mediante eslingas que los abracen de boca a boca por el interior del conducto, evitando el riesgo de derrame de la carga sobre personas y el riesgo de caída por balanceo de la carga, por choque o viento. Se procederá de la misma forma para el transporte y ubicación de los conductos, de gran tamaño en fibra de vidrio. Las rejillas se montarán desde escaleras de tijera dotadas de zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, eliminando el riesgo de caída.

1.6. PUESTA A PUNTO Y PRUEBAS

Antes y durante el inicio de la puesta en marcha se instalarán las protecciones en las partes móviles y se informaría mediante un letrero el corte momentáneo de la energía eléctrica de red.

3. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los residuos que se espera generar en la instalación que se proyecta serán principalmente los procedentes de las reformas de las habitaciones y demás espacios habitables para la instalación de tuberías y cassettes además de los tubos de ventilación y recuperador de calor.

Codificados mediante el código LER (Orden MAM/304/2002) y expresando los volúmenes de cada elemento, se tendrán los siguientes residuos:

Código	Denominación	Volumen (m ³)
17 02 03	Plástico	0,2
17 04 01	Cobre, bronce, latón	0,01
17 04 02	Aluminio	0,01
17 04 05	Hierro y acero	0,01
17 04 07	Metales mezclados	0,01
17 04 11	Cables	0,02
17 05 04	Tierra y piedras	0,4
17 06 04	Materiales de aislamiento	0,01
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición	0,15
20 01 01	Papel y cartón	0,2
20 01 28	Pinturas, tintas, adhesivos y resina	0,01
20 01 35	Equipos eléctricos y electrónicos desechados	0,2
		1,23

2.1. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Dado el volumen de residuos que se espera generar, será necesaria la utilización de un contenedor de un volumen de 2 m³ que descargará en cualquier vertedero autorizado situado en un radio de 50 km.