

Edificios

Comentarios

RITE-2007

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE INNOVACIÓN, CIENCIA Y EMPRESA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

TÍTULO

Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)

CONTENIDO

Esta publicación ha sido redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios.

AGRADECIMIENTOS

A El Instalador por la cesión de textos del Reglamento (Anexo)

.....

La presente publicación ha sido elaborada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y reproducida por la Agencia Andaluza de la Energía, con la autorización del IDAE como propietario intelectual de la publicación.

Constituye además una actividad complementaria de formación de agencias de energía auspiciada por el proyecto TREATISE, del programa de Energía Inteligente para Europa (EIE) de la Comisión Europea.

Depósito Legal: SE-935-08

ISBN: 978-84-96680-23-4

.....

IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

C/ Madera, 8

E-28004-Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA

C/ Isaac Newton, nº 6

41092 Sevilla

informacion.aae@juntadeandalucia.es

www.agenciaandaluzadelaenergia.es

Reedición 2008 de 500 ejemplares por la
Agencia Andaluza de la Energía

Sevilla, marzo de 2008

ÍNDICE

Parte I. Disposiciones Generales	5
Capítulo I. Generalidades	7
Capítulo II. Exigencias Técnicas	8
Capítulo III. Condiciones Administrativas	9
Capítulo IV. Condiciones para la ejecución de las instalaciones térmicas	10
Capítulo V. Condiciones para la puesta en servicio de la instalación	11
Capítulo VI. Condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación	11
Capítulo VII. Inspección	12
Capítulo VIII. Empresas instaladoras y mantenedoras	12
Capítulo IX. Régimen sancionador	12
Capítulo X. Comisión asesora	12
Parte II. Instrucciones Técnicas	13
Instrucción Técnicas IT.1: Diseño y Dimensionado	15
IT 1.1 Exigencia de bienestar e higiene	15
IT 1.1.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene	15
IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente	15
IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior	24
IT 1.1.4.3 Exigencia de higiene	33
IT 1.1.4.4 Exigencia de calidad del ambiente acústico	43
IT 1.2 Exigencia de eficiencia energética	46
IT 1.2.2 Procedimiento de verificación	46
IT 1.2.4.1 Generación de calor y frío	49
IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos	79
IT 1.2.4.3 Control	85
IT 1.2.4.4 Contabilización de consumos	86
IT 1.2.4.5 Recuperación de energía	87
IT 1.2.4.6 Aprovechamiento de energías renovables	100
IT 1.2.4.7 Limitación de la utilización de energía convencional	103



IT 1.3 Exigencia de seguridad	103
IT 1.3.1 Ámbito de aplicación	103
IT 1.3.2 Procedimiento de verificación	103
IT 1.3.3 Documentación justificativa	103
IT 1.3.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad	103
IT 1.3.4.1 Generación de calor y frío	103
IT 1.3.4.2 Redes de tuberías y conductos	110
IT 1.3.4.3 Protección contra incendios	117
IT 1.3.4.4 Seguridad de utilización	118
Instrucción Técnica IT.2: Montaje	121
IT 2.2 Pruebas	121
IT 2.2.2 Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua	148
IT 2.2.5 Pruebas de recepción de conductos de aire	151
IT 2.2.6 Pruebas de estanquidad de las chimeneas	153
IT 2.2.7 Pruebas finales	153
IT 2.3 Ajuste y equilibrado	154
IT 2.4 Eficiencia energética	154
Instrucción Técnica IT.3: Mantenimiento y uso	155
IT 3.3 Programa de mantenimiento preventivo	155
IT 3.4 Programa de gestión energética	155
Instrucción Técnica IT.4: Inspección	157
Normas y otros documentos	159
Anexo: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios	169

Parte I

Disposiciones Generales





Disposiciones Generales

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

Artículo 1. Objeto

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento.

Artículo 2. Ámbito de aplicación

Se consideran Instalaciones Térmicas las instalaciones fijas de climatización (ventilación, refrigeración y calefacción) y de producción de agua caliente para usos sanitarios, destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas en cualquier tipo de edificio, incluso edificios de uso industrial.

El RITE no será de aplicación para las instalaciones térmicas destinadas a procesos industriales, agrícolas o de otro tipo.

El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas de los edificios de nueva construcción o en las reformas de las mismas en los edificios existentes.

Se entiende por reforma de una instalación térmica cualquier cambio que suponga una modificación del proyecto o, en su caso, de la memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. Las reformas están comprendidas en los siguientes casos:

- Incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de preparación de agua caliente para usos sanitarios
- Modificación de los subsistemas existentes

- Sustitución de los generadores térmicos existentes o ampliación de su número
- Cambio del tipo de energía utilizada
- Incorporación de sistemas de energías renovables
- Cambio del uso del edificio

El RITE será de aplicación también a las instalaciones térmicas existentes en cuanto se refiere a su mantenimiento, uso e inspección.

Artículo 3. Responsabilidad de su aplicación

La responsabilidad del cumplimiento del RITE recae sobre:

- 1 Los agentes que participan en el diseño, dimensionado, montaje y puesta en marcha de las instalaciones
- 2 Los agentes que participan en el mantenimiento e inspección de las instalaciones
- 3 Las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informes de los proyectos o memorias técnicas
- 4 Los titulares y usuarios de las instalaciones

Artículo 4. Contenido del RITE

El RITE se compone de dos partes:

Parte I: “*Disposiciones generales*”, que contiene las condiciones generales de aplicación del RITE.

Parte II: “Instrucciones Técnicas”, en adelante IT, que contiene la caracterización de las exigencias técnicas y su cuantificación.

Artículo 5. Remisión a normas

Las IT pueden establecer el cumplimiento obligatorio o voluntario de normas UNE, UNE-EN, UNE-EN ISO o, en casos especiales, otras normas de reconocido prestigio.

Se hará constar expresamente en el texto cuando una norma sea de aplicación obligatoria.

La referencia a norma se hará siempre especificando la fecha; versiones posteriores de la norma no serán válidas.

Artículo 6. Documentos reconocidos

Para facilitar el cumplimiento de este Reglamento se establecen los denominados “Documentos Reconocidos”.

Estos documentos cuentan con el reconocimiento de la Administración pero no tienen carácter reglamentario.

Los Documentos Reconocidos podrán ser:

- Especificaciones, guías técnicas o códigos de buena práctica para procedimientos de diseño, dimensionado, montaje, mantenimiento, uso e inspección de las instalaciones térmicas
- Métodos de evaluación, modelos de soluciones, programas informáticos y datos estadísticos referentes a las instalaciones térmicas
- Otros documentos que faciliten la aplicación del RITE

Artículo 7. Registro general de documentos reconocidos para el RITE

El registro de documentos reconocidos está adscrito a la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

El registro tendrá carácter público e informativo.

Artículo 8. Otra reglamentación aplicable

Las instalaciones objeto de este Reglamento estarán

sujetas, además, al cumplimiento de otros reglamentos que les sean de aplicación.

Artículo 9. Términos y definiciones

En el Apéndice 1 se establece la definición de los términos que figuran en el RITE.

Para las definiciones no recogidas en el Apéndice serán válidas las incluidas en las normas de AENOR.

CAPÍTULO II. EXIGENCIAS TÉCNICAS

Artículo 10. Exigencias técnicas de las instalaciones térmicas

El contenido del RITE afecta al diseño, dimensionado, ejecución, puesta en marcha, manejo, mantenimiento, uso e inspección de las instalaciones térmicas.

Artículo 11. Bienestar e higiene

Las instalaciones térmicas deberán cumplir requisitos de calidad que sean aceptables por los usuarios, como:

- 1 Calidad del ambiente térmico
- 2 Calidad del aire interior
- 3 Calidad del ambiente acústico
- 4 Dotación suficiente y condiciones adecuadas del agua caliente para usos sanitarios

Artículo 12. Eficiencia energética

Las instalaciones térmicas deben tener un consumo reducido de energía convencional y, como consecuencia, una producción limitada de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes atmosféricos.

Para alcanzar estos objetivos es necesario:

- 1 Seleccionar sistemas y equipos de generación y transporte de alto rendimiento energético en cualquier condición de funcionamiento
- 2 Aislar térmicamente las redes de distribución de los fluidos portadores

- 3 Dotar las instalaciones de sistemas de regulación y control para mantener las condiciones de diseño y ajustar los consumos de energía
- 4 Contabilizar los consumos energéticos para permitir el reparto de gastos entre distintos usuarios
- 5 Recuperar la energía térmica de los fluidos que se evacúan hacia el exterior
- 6 Emplear las energías renovables para cubrir, por lo menos, una parte de la demanda energética del edificio

Artículo 13. Seguridad

Se deben prevenir y reducir los riesgos de accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios.

CAPÍTULO III. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

Artículo 14. Condiciones generales para el cumplimiento del RITE

Para justificar que una instalación cumple con las exigencias del RITE se pueden optar por una de las siguientes opciones:

- Adopción de soluciones basadas en el cumplimiento de las Instrucciones Técnicas (método prescriptivo)
- Adopción de soluciones alternativas, que se apartan, total o parcialmente, de los requisitos marcados en las Instrucciones Técnicas (método prestacional). En este caso se deberá justificar documentalmente que la instalación diseñada satisface o supera las exigencias del RITE desde el punto de vista de las prestaciones energéticas, manteniendo los parámetros de bienestar dentro de los límites marcados por el RITE

Artículo 15. Documentación técnica de diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas

La documentación técnica de una instalación térmica de un edificio nuevo o de la reforma de las instalaciones de un edificio existente deberá constar de la siguiente documentación:

- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea menor que 5 kW no será necesario presentar ninguna documentación técnica
- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea mayor o igual que 5 kW y menor o igual que 70 kW será necesario presentar una memoria técnica que comprenda:
 - 1 Memoria descriptiva de la instalación, en la que figurará, por lo menos, la descripción de los generadores térmicos, incluidos los sistemas de energías renovables, y la justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar, higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE. En esta Memoria figurarán también los parámetros de diseño elegidos
 - 2 Cálculo de las cargas térmicas de la instalación y de las potencias térmicas instaladas
 - 3 Planos y esquemas de la instalación
- Cuando la potencia térmica nominal, en frío o calor, sea mayor que 70 kW se redactará un proyecto que comprenderá los siguientes documentos:
 - 1 Memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluirán los parámetros de partida para el diseño, la justificación de las soluciones adoptadas y la justificación de que éstas cumplen con las exigencias del RITE, así como los Anexos de cálculo de cargas térmicas, redes de tuberías, redes de conductos, selección de bombas y ventiladores, etc.
 - 2 Planos, incluidos los esquemas de la instalación
 - 3 Pliego de condiciones técnicas, en el que se describen las características técnicas que deben reunir equipos, aparatos y materiales, así como sus condiciones de suministro y ejecución, garantía de calidad y control de recepción en obra
 - 4 Estado de mediciones
 - 5 Presupuesto

La norma UNE 157001 establece las condiciones generales que permiten precisar las características que deben cumplir los proyectos de instalaciones, entre otros productos, para que sean conformes con la finalidad a que

están destinados. La norma establece el contenido de un proyecto, dividiéndolo, como se ha indicado arriba, en Memoria, Anexos, Planos, Pliego de Condiciones, Estado de Mediciones y Presupuesto.

En caso de discrepancias entre diferentes documentos del proyecto, el orden de prioridad es el siguiente: Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Memoria.

La redacción del “Manual de Uso y Mantenimiento”, que contendrá las instrucciones de manejo y seguridad, así como los programas de mantenimiento y gestión energética, será redactado al finalizar las obras; su redacción estará a cargo de la dirección técnica en caso de instalaciones de más de 70 kW y por la empresa instaladora en caso de instalaciones iguales o menores que 70 kW, junto con la redacción de la memoria definitiva y de los planos “as-built”.

Al finalizar las obras, dentro del Manual de Uso y Mantenimiento, se incluirá también un documento que contenga todos los folletos de los equipos instalados, con sus características técnicas. No serán aceptables, en general, los catálogos que comprendan toda la serie de productos del fabricante.

En el Manual de Uso y Mantenimiento se tendrán que incluir también las Fichas Técnicas de todos los equipos y aparatos que forman parte de la instalación.

Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores térmicos, de frío, de calor o de ambos tipos, la potencia nominal de la instalación, a efectos de determinar el tipo de documentación técnica a cumplimentar, se obtendrá de la suma de las potencias térmicas nominales de los generadores de calor o de los generadores de frío, sin considerar la instalación térmica solar.

En el caso de instalaciones solares térmicas, la documentación requerida será la que corresponda a la potencia térmica nominal del generador de apoyo. De no existir tal generador de apoyo o cuando se trata de una reforma de una instalación que incorpore únicamente energía solar, la potencia se determinará multiplicando la superficie de apertura de los captadores solares por una potencia unitaria de 700 W/m².

Cuando la reforma implique el cambio de tipo de energía o la adopción de energías renovables, se deberá justificar la adaptación de los generadores y las medidas de seguridad correspondientes a la nueva fuente de energía.

En el caso de que haya un cambio de uso del edificio se deberá analizar y justificar su explotación energética,

así como la idoneidad de las instalaciones existentes, en particular en lo que se refiere a zonificación y fraccionamiento de potencia.

Artículo 16. Proyecto

El proyecto será redactado y firmado por técnico competente y visado por el Colegio Profesional correspondiente.

Los autores de los proyectos específicos deberán actuar coordinadamente con el autor del proyecto general del edificio.

Al proyecto, constituido por los documentos arriba indicados, deberá añadirse la documentación relativa a las pruebas de ajuste, puesta en marcha y recepción, así como el Manual de Uso y Mantenimiento.

Artículo 17. Memoria Técnica

La Memoria Técnica se redactará sobre impresos del modelo determinado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Artículo 18. Condiciones de los equipos y materiales

Los equipos y materiales deberán llevar el marcado CE.

CAPÍTULO IV. CONDICIONES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Artículo 19. Generalidades

Las instalaciones especificadas en su totalidad pero montadas parcialmente, denominadas preinstalaciones, deberán ser ejecutadas de acuerdo al proyecto o memoria técnica. Esta documentación deberá estar disponible al momento de completarse la instalación.

La ejecución de las instalaciones y de las preinstalaciones se llevará a cabo con sujeción al proyecto o memoria técnica, respectivamente.

Las modificaciones que se pudieran realizar durante la fase de montaje deberán estar autorizadas y documentadas por el director de la instalación, para instalaciones mayores que 70 kW, o por la misma empresa instaladora

en el caso de instalaciones de potencia igual o menor que 70 kW, previa conformidad de la propiedad.

El director de la instalación o, en su caso, el instalador autorizado realizará los controles relativos a la recepción en obra de equipos y aparatos, la ejecución de la instalación y las pruebas finales de la instalación.

Las modificaciones que se pudieran realizar al proyecto o la memoria técnica serán autorizadas por el director de la instalación o, en su caso, por el instalador, previa conformidad de la propiedad. Las modificaciones quedarán debidamente reflejadas en la documentación final.

Artículo 20. Recepción en obra de equipos y materiales

El director de la instalación o, en su caso, el instalador deberá verificar las características técnicas de equipos y materiales suministrados. Si así lo indica el pliego de condiciones técnicas, los materiales podrán ser objeto de ensayos y pruebas.

La documentación entregada deberá comprender:

- 1 Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado
- 2 Copia del certificado de garantía
- 3 Documentación relativa a la transposición de las directivas europeas, en particular, al marcado CE

Artículo 21. Control de la ejecución de la instalación

Se hace hincapié en la obligación de reflejar en la documentación final de la obra todas las modificaciones que, previa autorización de la propiedad, hayan sido realizadas al proyecto.

Artículo 22. Control de la instalación terminada

La empresa instaladora deberá disponer de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, según indicado en IT2.

Los resultados de las pruebas de equipos, aparatos o subsistemas formarán parte de la documentación final, en forma de fichas técnicas.

Artículo 23. Certificado de la instalación

El certificado de la instalación responderá a un modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

CAPÍTULO V. CONDICIONES PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN

El director de la instalación o, en su caso, el instalador autorizado entregará al titular de la instalación la siguiente documentación:

- a) El proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada;
- b) El manual de uso y mantenimiento de la instalación realmente ejecutada;
- c) La relación de los materiales, equipos y aparatos realmente instalados;
- d) Los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo a IT2, incluidas las fichas técnicas de equipos y aparatos;
- e) El certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma, que servirá para solicitar el suministro regular de energía a las empresas suministradoras;
- f) El certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

CAPÍTULO VI. CONDICIONES PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

El titular o el usuario de las instalaciones térmicas será responsable del cumplimiento de este reglamento desde el momento en que se realiza la recepción provisional.

No se admite un uso de las instalaciones que sea incompatible con el previsto en el proyecto.

El titular de la instalación deberá:

- a) Encargar el mantenimiento a una empresa mantenedora;
- b) Realizar las inspecciones obligatorias;

- c) Conservar la documentación de todas las actuaciones realizadas en la instalación térmica.

El titular de la instalación entregará a la empresa mantenedora el “Manual de Uso y Mantenimiento” de la instalación térmica, contenido en el Libro del Edificio.

A efecto de mantenimiento, el RITE distingue entre instalaciones de potencia, en calor o frío, de:

- 1 Más de 5 kW y menores o iguales que 70 kW
- 2 Más de 70 kW
- 3 Más de 5.000 kW en calor y más de 1.000 kW en frío e instalaciones solares térmicas de más de 400 kW

El mantenimiento de las instalaciones indicadas en el apartado 3 se realizará bajo la dirección de un técnico titulado competente con funciones de director de mantenimiento.

La empresa mantenedora confeccionará un registro en el que se recojan todas las operaciones de mantenimiento y las reparaciones.

La empresa mantenedora o, en su caso, el director del mantenimiento suscribirá, con frecuencia anual, el certificado de mantenimiento, cuyo modelo será establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

CAPÍTULO VII. INSPECCIÓN

Las instalaciones térmicas serán inspeccionadas, a fin de verificar el cumplimiento del Reglamento, por personal facultativo de los servicios del órgano competente de la Comunidad Autónoma o por Organismos, Entidades o Agentes que determine el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

El órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá disponer una inspección inicial con el fin de comprobar el cumplimiento de este Reglamento. El resultado de la inspección será un certificado en el que se indicará, en su caso, la relación de defectos y la calificación de la instalación.

El órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá el calendario de las inspecciones periódicas de eficiencia energética.

Los agentes autorizados para llevar a cabo estas inspecciones podrán ser Organismos, Entidades o Técnicos

independientes acreditados por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, elegido por el titular de la instalación.

La calificación de las instalaciones podrá ser aceptable, condicionada o negativa (véase el apartado 15.4 para su definición).

La clasificación de defectos de las instalaciones podrá ser muy grave, grave y leve (véase la definición en el apartado 15.5).

CAPÍTULO VIII. EMPRESAS INSTALADORAS Y MANTENEDORAS

Este capítulo establece las condiciones y requisitos que se deben observar para la autorización administrativa de las empresas instaladoras y las empresas mantenedoras.

El certificado de registro de las empresas será expedido por el órgano correspondiente de la Comunidad Autónoma y tendrá validez en toda España.

Se indican también los requisitos necesarios para la obtención del carné profesional.

CAPÍTULO IX. RÉGIMEN SANCIONADOR

Para el régimen sancionador, el RITE remite a lo dispuesto en la Ley 21/1992, de 16 de julio.

CAPÍTULO X. COMISIÓN ASESORA

Este capítulo, relativo a la Comisión Asesora, está compuesto por los siguientes artículos:

- a) Art. 44: Comisión Asesora para las instalaciones térmicas en la edificación
- b) Art. 45: Funciones de la Comisión Asesora
- c) Art. 46: Composición de la Comisión Asesora
- d) Art. 47: Organización de la Comisión Asesora

Parte II

Instrucciones Técnicas





Instrucción Técnica IT.1: Diseño y Dimensionado

IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

IT 1.1.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene

IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente

Según la norma UNE-EN ISO 7730, el Índice PMV (*Predicted Mean Vote*, voto medio estimado) refleja la opinión de un numeroso grupo de personas sobre la sensación térmica experimentada durante estancias prolongadas en determinadas condiciones termo-higrométricas. El PMV se valora según una escala de siete valores (empleada con un decimal):

PMV	Sensación
+ 3	Muy caluroso
+ 2	Caluroso
+ 1	Ligeramente caluroso
± 0	Neutralidad térmica
- 1	Fresco
- 2	Frío
- 3	Muy frío

El índice PMV, es decir, la calidad del ambiente térmico, es función de los siguientes parámetros ambientales a medir en la zona ocupada:

- 1 La temperatura seca del aire
- 2 La humedad relativa u otra magnitud que determine un punto sobre el diagrama del aire húmedo
- 3 La temperatura radiante media de los cerramientos del recinto

- 4 La velocidad media del aire

así como de los dos parámetros relativos a las personas, que son:

- 1 La actividad metabólica
- 2 El grado de vestimenta

El empleo del PMV es válido solamente cuando los seis parámetros antes mencionados estén dentro de los siguientes límites:

Parámetro	Límites	Unidad
Actividad metabólica	0,8 a 4	met
Grado de vestimenta	0 a 2	clo
Temperatura seca del aire	10 a 30	°C
Temperatura radiante media de los cerramientos	10 a 40	°C
Velocidad del aire en la zona ocupada	0 a 1	m/s
Humedad relativa	30 a 70	%

El índice PMV está basado en el balance térmico del cuerpo humano en su conjunto con el ambiente que le rodea. La diferencia entre la producción interna de calor y las pérdidas de calor hacia el ambiente representa el desequilibrio térmico; cuando el desequilibrio térmico es nulo, el ser humano se encuentra en las condiciones ideales de bienestar y el PMV es igual a cero.

En la norma se escribe una ecuación que determina el PMV en función de los parámetros antes indicados. Una vez determinado el índice PMV, puede calcularse, mediante otra ecuación, el porcentaje estimado de personas insatisfechas PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*).



La representación gráfica de esta relación está indicada en la figura 1:

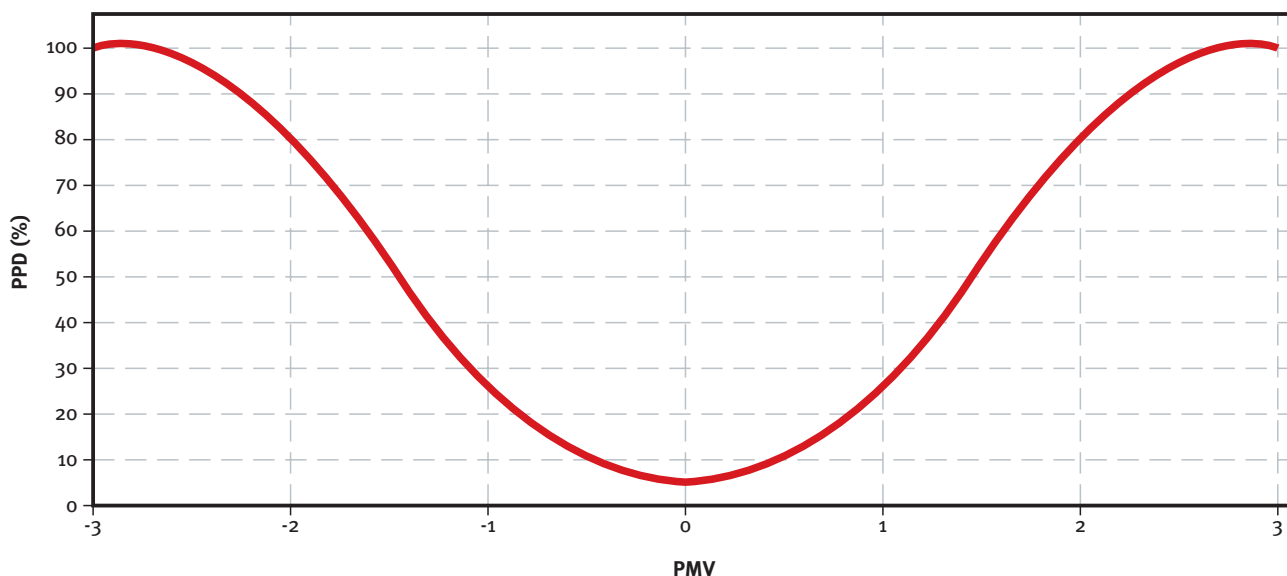


Fig. 1: PPD en función de PMV

El examen de la figura anterior revela que el porcentaje de personas insatisfechas no puede ser nunca, estadísticamente hablando, menor que el 5%, aún cuando el PMV sea nulo.

Las condiciones térmicas admisibles en un ambiente están representadas por valores de PMV entre -1 y +1, correspondientes, aproximadamente, a un 25% de personas insatisfechas.

Ampliando la parte central, desde PMV = -1 a PMV = +1, resulta el gráfico de la figura 2:

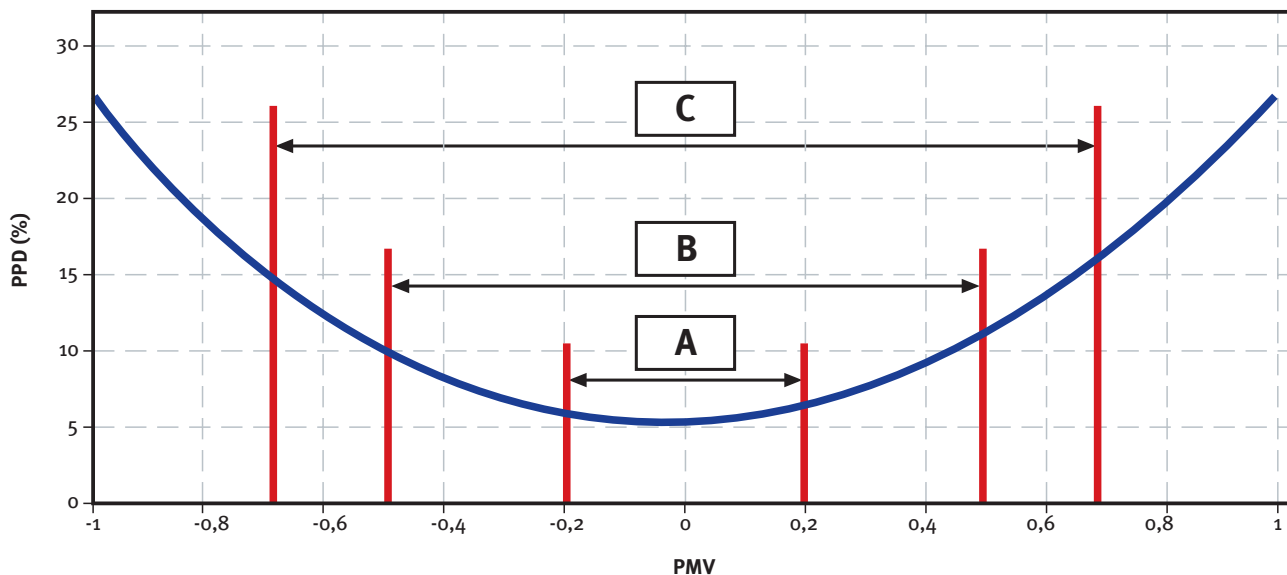


Fig. 2: PPD en función de PMV (escala ampliada)

El informe del CEN CR 1752, define tres categorías de ambiente térmico, denominadas A, B y C, representadas en la figura 2, con el 6, 10 y 15% de personas insatisfechas respectivamente, según indicado en la siguiente tabla.

Categoría	PPD (%)			
A	< 6	-0,2	< PMV <	+0,2
B	< 10	-0,5	< PMV <	+0,5
C	< 15	-0,7	< PMV <	+0,7

Para una actividad metabólica entre 1 y 1,2 met, esencialmente sedentaria, y una humedad relativa alrededor del 50%, la temperatura operativa para la que se obtiene un PPD menor que el 10% (categoría B de la tabla anterior) es la siguiente:

Estación	Grado de vestimenta (clo)	Temperatura operativa (°C)	Tolerancia (°C)
Invierno	≈ 1,0	22,0	± 2,0
Verano	≈ 0,5	24,5	± 1,5

Para alcanzar la categoría A es necesario reducir las tolerancias arriba indicadas a la mitad, aproximadamente.

La temperatura operativa en todos los lugares de la zona ocupada de un espacio debe estar en cada momento dentro del rango permitido, lo que significa que éste debe cubrir tanto las variaciones en el espacio como las variaciones en el tiempo, incluidas las fluctuaciones causadas por el sistema de control.

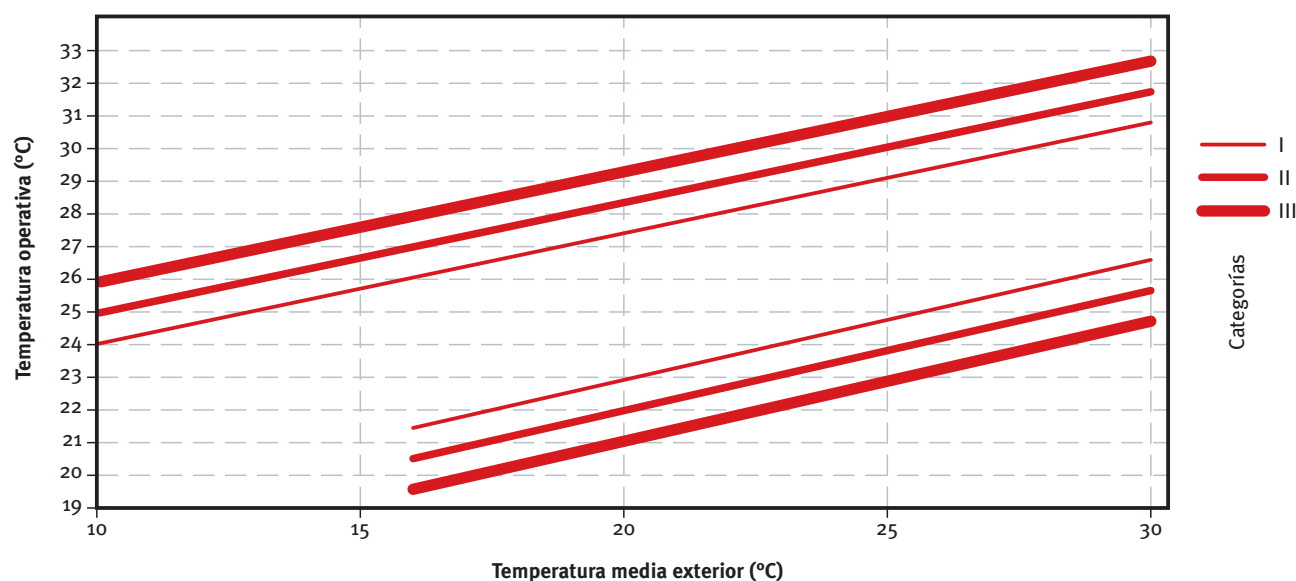
En la tabla 1.4.1.1 del RITE se indican unos valores en las condiciones más usuales de actividad metabólica (1,2 met) y grado de vestimenta (0,5 clo en verano y 1 clo en invierno).

La teoría y la experiencia indican que los valores medios de 24 y 22 °C, para un grado de vestimenta de 0,5 clo (verano) y 1 clo (invierno) respectivamente, son los más indicados para reducir el número de quejas. Sin embargo, existe una clara tendencia a reclamar, por parte de los usuarios, un valor constante de la temperatura operativa alrededor de 23 °C, independientemente de la estación, aun cuando el consumo energético anual pueda ser más elevado en un 10%. Las variaciones de temperatura deben estar dentro del límite de ± 1,5 °C. Esto significa que la temperatura máxima se dará cuando la demanda sea positiva (verano) y será de 24,5 °C, y la mínima se dará cuando la demanda sea negativa y será de 21,5 °C (invierno).

Más información básica sobre los aspectos relacionados con el ambiente térmico puede hallarse en las normas citadas en el Anexo “Normas” de estos comentarios.

Entre ellas, la norma UNE-EN 15251 invita a parar el sistema mecánico de ventilación durante la estación estiva cuando la temperatura exterior esté entre los límites de 10 a 30 °C.

El gráfico que se muestra a continuación marca los límites de temperatura de tres categorías de ambiente térmico, para ocupación humana, con actividad sedentaria (entre 1 y 1,3 met; típicamente para edificios de oficinas y residenciales), en edificios con ventanas operables y plena libertad de elección del grado de vestimenta por parte de los ocupantes.



Es instructivo comentar lo que la norma ASHRAE dice que “el bienestar térmico es aquel estado de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico y es evaluado de forma subjetiva”. Esta frase pone de manifiesto la dificultad que se presenta para obtener el menor número de quejas. Dicho con otras palabras, la obtención de un porcentaje de personas insatisfechas menor que el 15% (categoría C del informe CR 1752) debe considerarse un éxito.

Las ecuaciones anteriormente citadas indican claramente la escasa influencia de la presión parcial del vapor de agua sobre las condiciones de bienestar, cuando la humedad relativa se mantenga entre los límites del 30 al 70%. Sin embargo, por razones sanitarias, es necesario mantener la humedad relativa dentro del campo del 40 al 60% en su conjunto, donde el crecimiento de microorganismos es mínimo.

En fase de diseño, por tanto, en la mayoría de los usos, la humedad relativa se mantendrá alrededor del 50% en verano y del 40% en invierno. Las tolerancias en espacio y tiempo deberán ser generosas, entre $\pm 10\%$ y $\pm 15\%$, salvo situaciones que requieran un control estricto de la humedad relativa.

El mantenimiento del valor del 40% en invierno se debe a la necesidad de reducir el consumo de energía. Es fácil calcular que la potencia térmica necesaria para tratar el aire exterior de 2 g/kg de humedad específica (condiciones medias exteriores) a 6 g/kg de humedad específica interior (correspondiente a un 40% de humedad relativa) es de 9 kW por kg/s de aire.

Se recuerda que la temperatura operativa (definida como la temperatura uniforme de un recinto radiante negro en el cual un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente no uniforme real) es, con buena aproximación, la media aritmética entre la temperatura seca del aire y la temperatura radiante media de los cerramientos del local, en consonancia con el hecho de que el cuerpo humano elimina calor por convección y por radiación en partes casi iguales, si la velocidad del aire es menor que 0,2 m/s y la diferencia entre temperatura radiante media y temperatura seca del aire es menor que 4 °C.

Lo anterior significa que la temperatura seca del aire puede ser el parámetro que se controle en los locales, como efectivamente se hace.

El técnico debe recordar a los usuarios que el bienestar es un hecho relacionado con la estadística. Cuando en un local conviven diferentes personas, la sonda que controla la

temperatura no deberá ser accesible a los usuarios. Al no poder estar todas ellas satisfechas con las condiciones térmicas de un determinado ambiente, como se ha visto anteriormente, es necesario que las personas modifiquen convenientemente el grado de vestimenta a la sensación térmica que experimentan.

Malestar térmico local

Los índices PMV y PPD expresan el bienestar para el cuerpo en su conjunto, como se ha dicho. Sin embargo, el malestar térmico puede ser causado por un enfriamiento o calentamiento de una parte específica del cuerpo.

La causa más común de malestar térmico local se debe a las corrientes de aire, siendo las otras causas el excesivo gradiente vertical de temperatura, la asimetría de la temperatura radiante y la temperatura del suelo excesivamente baja o alta.

En el RITE no se fijan límites para las causas del malestar térmico local (salvo para la velocidad media del aire); sin embargo, las consideraciones que se hacen a continuación son un complemento de las condiciones térmicas antes indicadas para el cuerpo considerado como un conjunto y deben considerarse fundamentales para disminuir el número de personas insatisfechas.

Corrientes de aire

Las corrientes de aire causan un enfriamiento local del cuerpo que depende de la velocidad media, intensidad de la turbulencia y temperatura del mismo aire. La sensibilidad a las corrientes es máxima cuando las partes del cuerpo directamente expuestas son la nuca y los tobillos.

El RITE indica dos valores admisibles según se trate de sistemas de difusión por mezcla o por desplazamiento (t_a es la temperatura seca del aire):

- Por mezcla, intensidad de la turbulencia $Tu = 40\%$, PPD menor que el 15%:

$$V = \frac{t_a}{100} - 0,07$$

- Por desplazamiento, intensidad de la turbulencia $Tu = 15\%$, PPD menor que el 10%:

$$V = \frac{t_a}{100} - 0,10$$

Las molestias por corriente de aire se pueden calcular (véase UNE-EN ISO 7730 y CR 1752) con la ecuación:

$$DR = (34 - t_a) \cdot (V - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot V \cdot Tu + 3,14)$$

donde:

DR (del inglés Draught Rating) representa la molestia por corriente de aire, %

t_a es la temperatura (seca) del aire, °C

V es la velocidad media local del aire, m/s

T_u es la intensidad local de la turbulencia, %

Se recuerda que la intensidad de la turbulencia T_u se expresa con esta ecuación:

$$Tu = \frac{s_v}{\bar{v}} \cdot 100$$

donde la velocidad media del aire $\bar{v}$ es:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_i$$

y s_v (m/s) es la desviación estándar, que se calcula con esta ecuación:

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}$$

La intensidad de la turbulencia suele estar comprendida entre el 30% y el 60% en espacios ventilados con sistemas por mezcla y es siempre menor que el 30% solamente en espacios con ventilación por desplazamiento o sin ventilación.

La ecuación que representa DR es válida para personas que realizan una actividad ligera, esencialmente sedentaria, y que experimentan una sensación térmica general próxima a la neutralidad.

Es necesario que los valores del DR sean menores que el 20%.

Gradiente vertical de temperatura

La temperatura del aire en un espacio cerrado crece, de forma natural, desde el suelo hasta el techo. Los sistemas de difusión por mezcla rompen la estratificación, mientras que los sistemas de difusión por desplazamiento la favorecen. Éstos se estudian limitando, precisamente, el gradiente vertical de temperatura.

El PPD en función del gradiente vertical de temperatura entre cabeza y pies se representa en el gráfico de la figura 3.

Para mantener el PPD inferior al 5%, la diferencia vertical de temperatura, medida entre los niveles de 1,1 m y 0,1 m sobre el suelo (respectivamente la altura de cabeza y tobillos de una persona sentada), no deberá ser mayor que 3 °C (es decir, el gradiente debe ser de 3 K/m, aproximadamente) y a 2 °C para el 2% de insatisfechos (gradiente de 2 K/m).

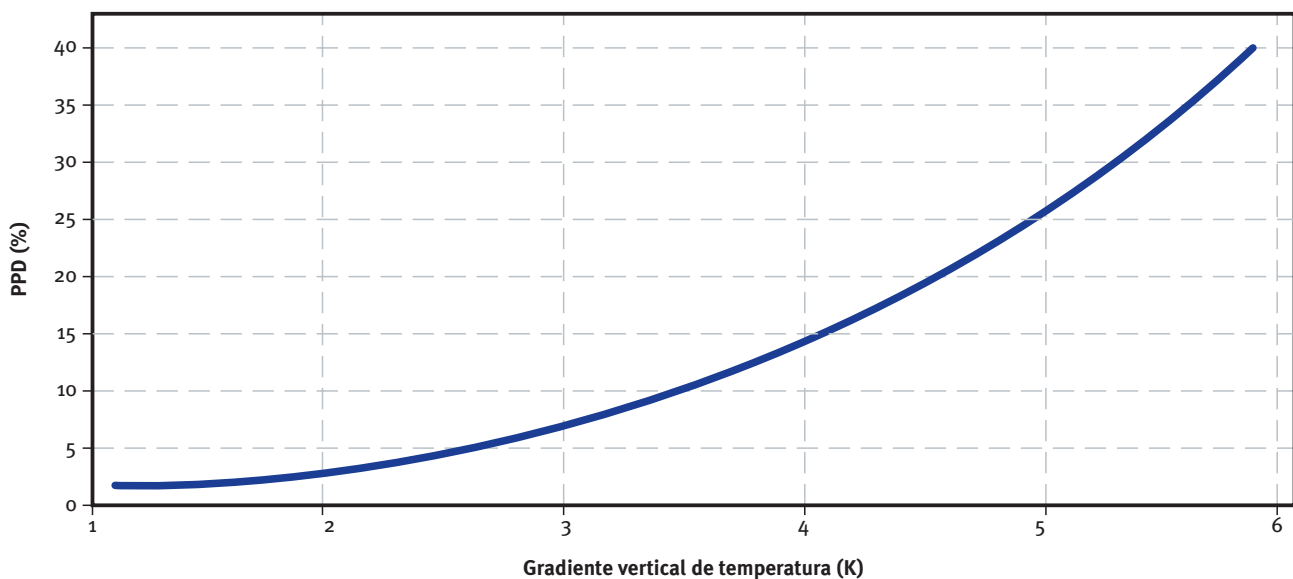


Fig. 3: PPD por gradiente vertical de temperatura

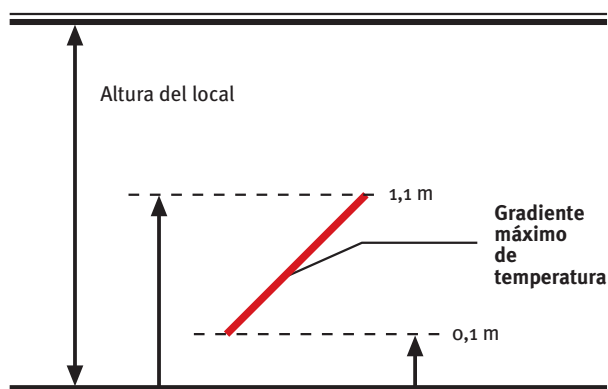


Fig. 4: Gradiente vertical de temperatura

Para personas de pie es recomendable mantener un gradiente de 2 K/m.

El fenómeno inverso, cabeza fría y pies calientes, no es crítico para los ocupantes, que pueden tolerar gradientes más elevados que los exigidos anteriormente, dentro de ciertos límites (véase más adelante el apartado relativo a la temperatura del suelo).

El gradiente vertical de temperatura es especialmente importante cuando se emplean sistemas de difusión por desplazamiento, como se ha comentado.

Temperatura del suelo

Para minimizar el malestar causado por los pies fríos o calientes, la temperatura del suelo debe estar comprendida entre 19 y 29 °C. Entre estos valores, el porcentaje de insatisfechos no será mayor del 10%.

Sin embargo, el número mínimo de personas insatisfechas, próximo al 5%, se obtendrá manteniendo el suelo entre 24 y 25 °C para personas sentadas y 23 °C para personas de pie o andando.

Para suelos de locales donde las personas suelen estar a pies desnudos (por ejemplo, en piscinas), la temperatura máxima del suelo no debe ser mayor que 28 °C mientras que la mínima depende del tipo de acabado, según se indica en la siguiente tabla:

Acabado	Temperatura (°C)
Textil	21
Madera	22 a 24
Linóleo	24
Hormigón	26

Cuanto más conductor sea el material de acabado del suelo, más alta deberá ser la temperatura superficial del mismo.

Asimetría de la temperatura radiante

La radiación asimétrica desde superficies calientes o frías, creadas por elevados niveles de iluminación, grandes superficies acristaladas o por radiación solar directa, puede reducir la aceptabilidad térmica del espacio.

La asimetría de la temperatura radiante se medirá sobre un pequeño plano a 0,6 m del suelo para personas sentadas y a 1,1 m del suelo para personas de pie. El plano será horizontal para asimetría causada por elementos horizontales y vertical cuando esté provocada por elementos verticales.

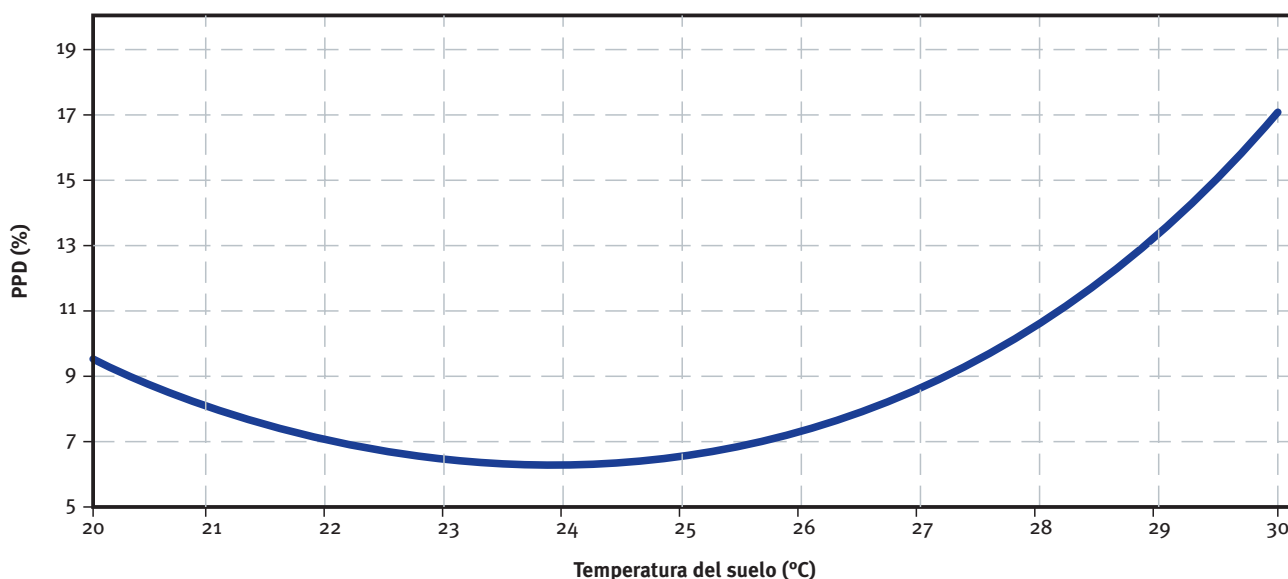


Fig. 5: PPD en función de la temperatura del suelo para persona sentada

Para la asimetría de la temperatura radiante son de aplicación los valores del gráfico de la figura 6:

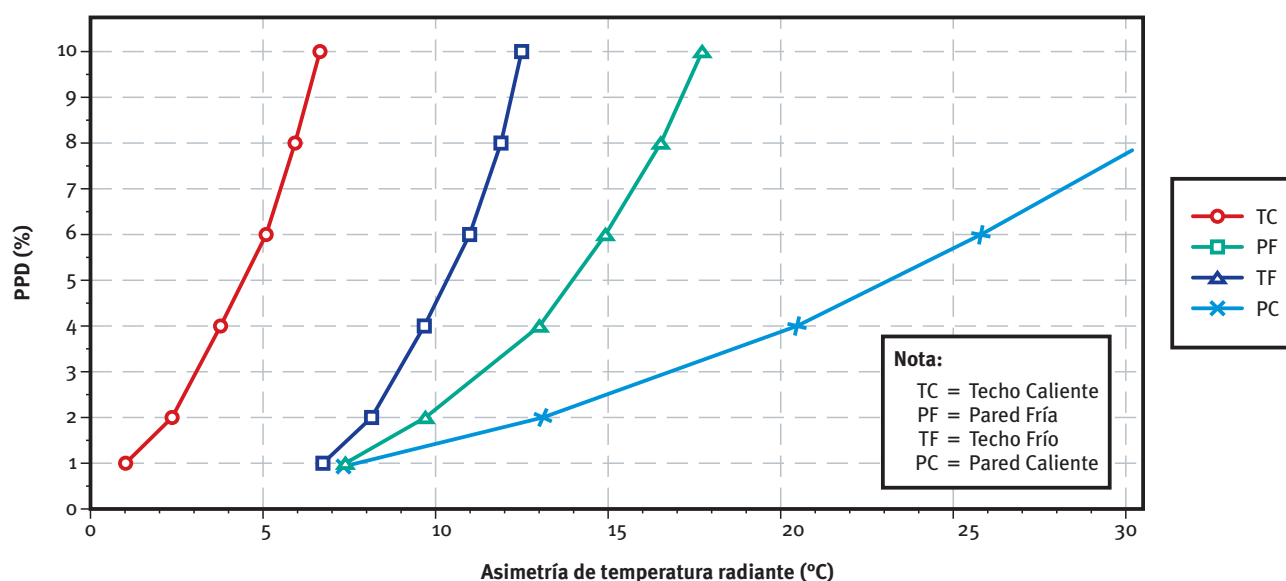


Fig. 6: PPD en función de la asimetría de la temperatura radiante

Los valores máximos admitidos de la asimetría radiante, en función del porcentaje de personas insatisfechas, son los siguientes:

Elemento	Techo caliente	Techo frío	Pared caliente	Pared fría
PPI = 5%	4,5 °C	14,0 °C	22,5 °C	10,5 °C
PPI = 10%	6,5 °C	17,5 °C	35,0 °C	12,5 °C

Se observa la importancia que tienen los techos calientes y las paredes frías, para los cuales es de esperar el mayor número de quejas. En cualquier caso, el diseño de los cerramientos de los locales debería evitar que el porcentaje de personas insatisfechas superase el 5%.

Según el informe CR 1752, los valores a mantener según la categoría son los siguientes:

Categoría	Gradiente vertical (K/m)	Suelo frío o caliente (°C)	Asimetría de la temperatura radiante (°C)			
			TC	PF	TF	PC
A	< 2	19 ... 29	< 5	< 10	< 14	< 23
B	< 3	19 ... 29	< 5	< 10	< 14	< 23
C	< 4	17 ... 31	< 7	< 13	< 18	< 35

La definición de las tres categorías del ambiente térmico, según el informe CR 1752, se completa de la manera indicada en la siguiente tabla:

Categoría	Estado térmico del cuerpo en su conjunto		Malestar térmico local			
	PPD	PMV	Corrientes DR	Gradiente vertical	Suelo frío o cal.	Asimetría radiante
	%	—	%	%	%	%
A	< 6	-0,2 < PMV < +0,2	< 15	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < +0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < +0,7	< 25	< 10	< 15	< 10



Zona ocupada

Las condiciones antes definidas deben ser mantenidas dentro de la zona ocupada del recinto, definidas en la figura 7 (véase también la norma UNE EN 13779, apartado 6, figura 2). En el RITE, la zona ocupada está definida en el Apéndice 1, “Términos y definiciones”.

de la zona de ocupación, especialmente en zonas de tránsito y zonas cercanas a puertas de uso frecuente.

Además, el mantenimiento de criterios de bienestar fuera de la zona ocupada conduce a despilfarro de energía en casi todas las circunstancias.

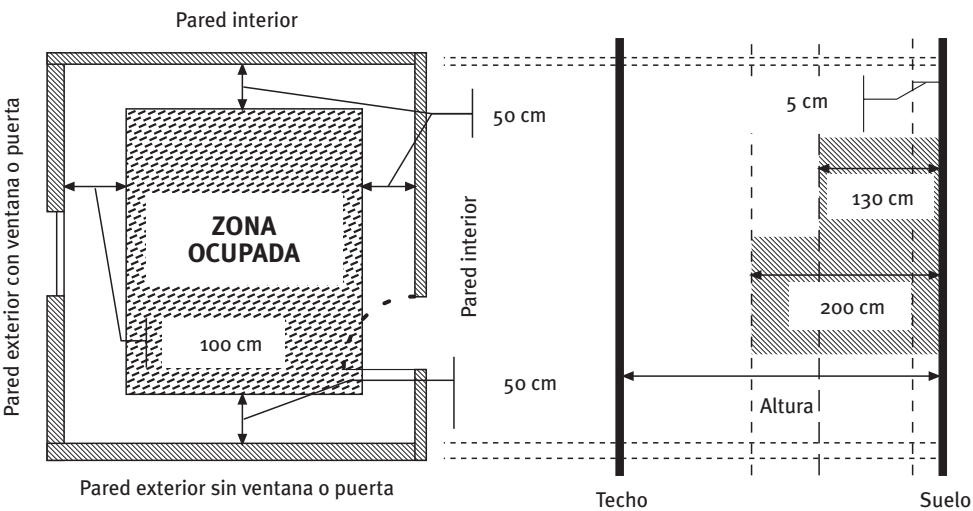


Fig. 7: Zona ocupada

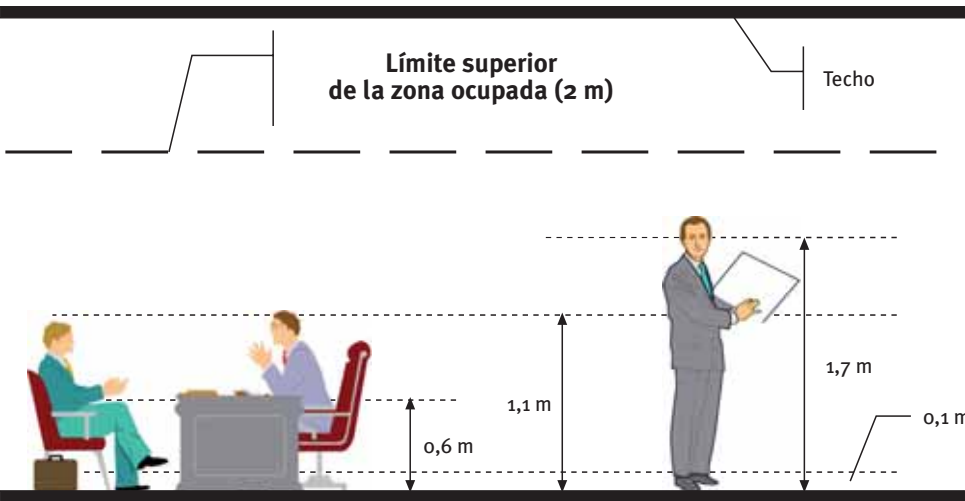


Fig. 8: Altura de medición de parámetros ambientales

El límite superior del suelo será de 1,3 m para personas sentadas y 2 m para personas de pie.

La distancia a aparatos de acondicionamiento de aire o de calefacción (ventiloconvectores, inductores, terminales de aire de impulsión, radiadores, etc.) deberá ser de 1 m.

Los criterios de bienestar no pueden garantizarse fuera

Las mediciones de los parámetros ambientales deben efectuarse, dentro de la zona ocupada, a estas alturas sobre el suelo:

Posición de las personas	Altura de medición sobre el suelo (m)		
	Superior	Media	Inferior
Sentadas	1,1	0,6	0,05 ... 0,1
De pie	1,7	1,1	0,05 ... 0,1

como se ilustra en el croquis de la figura 8.

Control de las condiciones termohigrométricas

Los sistemas de control de las condiciones termohigrométricas de los recintos se clasifican en las categorías indicadas en la siguiente tabla (véase RITE IT 1.2.4.3.2, tabla 2.4.3.1).

Antes de describir las seis categorías, se llama la atención sobre el hecho de que la ventilación es el sistema que nunca puede faltar en el acondicionamiento de aire de los locales. En efecto, el Comité 156 del CEN, que está a cargo de la elaboración de las normas sobre los temas relacionados con esta materia, se denomina “*Ventilation for buildings*” (Ventilación de edificios). Esta denominación significa que la ventilación es el propósito principal del acondicionamiento de aire; el tratamiento térmico de los locales es un factor secundario, así como lo es el ahorro de energía. La salubridad de los recintos está por encima de todo.

Cabe mencionar, al respecto, que el Código Técnico de la Edificación CTE, en la sección HS3, exige la ventilación en locales destinados a viviendas.

Se pasa, ahora, a la descripción de las seis categorías de instalaciones.

Categoría	Ventilación	Calentamiento	Refrigeración	Humidificación	Deshumidificación
THM-C 0	x	—	—	—	—
THM-C 1	x	x	—	—	—
THM-C 2	x	x	—	x	—
THM-C 3	x	x	x	—	(x)
THM-C 4	x	x	x	x	(x)
THM-C 5	x	x	x	x	x

Notas:

- THM-C** significa Thermal Control
- No influenciado por el sistema
- x** Controlado por el sistema y garantizado por el local
- (x)** Efectuado por el sistema pero no garantizado por el local

THM-C 0: es un simple sistema de ventilación. Para su control, es decir, para el control de la calidad del aire exterior, se debe consultar la tabla 2.4.3.2 del apartado 1.2.4.3.3 del RITE, que no necesita comentarios.

THM-C 1: el sistema es llamado “termo-ventilación” si el fluido portador es aire y calefacción si el fluido portador es agua (sistema mixto agua-aire). En el primer caso, se puede controlar la temperatura del aire de impulsión en función de las condiciones exteriores o la temperatura del aire de los recintos. En el segundo caso, las unidades terminales de los locales principales de la vivienda llevarán válvulas termostáticas. En otros casos de sistemas de calefacción, las válvulas termostáticas se situarán en las unidades terminales en función de la orientación de las fachadas de los locales.

THM-C 2: el sistema es igual al anterior, con la única diferencia de que el aire de ventilación viene humectado. En este caso, el sistema de control incluirá una sonda de humedad que controlará la humedad relativa del local más representativo o la del aire de retorno o limitará la humedad relativa en el aire de impulsión.

THM-C 3: el sistema tiene la función de refrigerar y calentar los recintos; no hay humectación. La humedad relativa interior viene controlada de forma indirecta durante el verano por la batería de refrigeración. Sólo se requiere controlar la temperatura de los ambientes. En casos de sistemas con múltiples zonas, el control de temperatura se hará en cada zona.

Contrariamente a lo que indica el RITE (IT 1.2.4.3.2, letra c), en general no se debe variar la temperatura del agua refrigerada en función de las condiciones exteriores. Se puede permitir un aumento de la temperatura de

salida del agua refrigerada de las plantas enfriadoras cuando la carga térmica sea menor que la máxima, solamente cuando un sistema de control sea capaz de discernir entre cargas sensibles y cargas latentes de las diferentes zonas o cuando exista la certeza de que las cargas latentes son nulas o casi.

THM-C 4: es el sistema de acondicionamiento de aire propiamente dicho. La humedad relativa en invierno se suele controlar mediante una sonda dispuesta en el conducto de extracción, del cual el aire vendrá recirculado o expulsado. El control de la humedad relativa en verano se hace de forma indirecta.

THM-C 5: este sistema de acondicionamiento de aire se emplea en casos muy especiales. El control de la humedad relativa en verano sólo puede lograrse mediante poscalentamiento del aire de impulsión. El recinto que requiera condiciones estrictas de humedad relativa debe tener una unidad específica de tratamiento de aire.

Cuando se trate de ambientes térmicos calurosos, que estén fuera de los límites de bienestar térmico, se pueden consultar las normas UNE-EN 12515 y 27243.

IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior

Las exigencias impuestas por el RITE sobre calidad del aire interior proceden de la norma UNE-EN 13779, citada en el apartado anterior, así como del informe CR 1752 del CEN.

Los edificios de viviendas quedan excluidos de estos requerimientos; para ellos son válidos los establecidos en el CTE, sección HS3.

Denominación de los diferentes tipos de aire

Es necesario definir, en primer lugar, los diferentes tipos de aire que intervienen en los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire.

Se recomienda el uso de los acrónimos en español en los planos esquemáticos y en los de planta.

Para los colores a emplear en los dibujos, véase las indicaciones de la norma UNE-EN 13779 (tabla 2 de página 10).

La figura 9 ilustra los diferentes tipos de aire usando los acrónimos, en lengua española, de la tabla anterior.

Se nota que se hace una diferencia entre aire de impulsión IMP y aire secundario SEC.

Nombre	Abreviaturas		Definición
	Español	Inglés	
Aire exterior	EXT	ODA	Aire que entra en el sistema desde el exterior
Aire de impulsión	IMP	SUP	Aire que entra en el recinto tratado
Aire interior	INT	IDA	Aire en el recinto o zona tratada
Aire transferido	TRA	TRA	Aire interior que pasa de un recinto a otro
Aire extraído	EXR	ETA	Aire que sale del recinto tratado
Aire recirculado	REC	RCA	Aire extraído que vuelve al sistema de tratamiento
Aire descargado	DES	EHA	Aire descargado a la atmósfera
Aire secundario	SEC	SEC	Aire tomado de un recinto y retornado al mismo
Aire de fuga	FUG	LEA	Aire que pasa a través de las juntas del sistema
Aire infiltrado	INF	INF	Aire que entra del exterior dentro el edificio
Aire exfiltrado	EXF	EXF	Aire que sale del edificio hacia el exterior
Aire de mezcla	MEZ	MIA	Aire formado por dos o más flujos de aire

Nota:

En la norma UNE-EN 13779 original aparecen los acrónimos solamente en las lenguas inglesa, alemana y francesa. En la versión traducida al español en el cuadro anterior se han añadido también los acrónimos en español. Sin embargo, en el resto de la norma quedan solamente los acrónimos en lengua inglesa. Además, en el RITE se han sustituido los acrónimos ETA y EHA por EXR y DES, respectivamente.



El aire de impulsión IMP procede de Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) y suele recibir el tratamiento adecuado de purificación, usualmente filtración de partículas, para mantener el nivel de calidad del aire interior que se desea.

Solamente los aparatos especialmente diseñados para la depuración de partículas y gases pueden contribuir de forma significativa al mantenimiento de una buena calidad del aire interior.

Se clasifican ahora los diferentes tipos de aire, de acuerdo a la norma UNE-EN 13779. Estas clasificaciones son cualitativas, ya que no es posible una clasificación cuando están presentes muchísimos contaminantes.

Tanto el aire extraído EXR como el aire descargado DES se clasifican en cuatro categorías (las definiciones para ambas son idénticas, evidentemente):

Aire de recintos en los que las principales fuentes de emisión son el metabolismo humano y los materiales de construcción y decoración de un edificio en el que no se permite fumar.

Ejemplos: oficinas, aulas, escaleras, pasillos, salas de reuniones, espacios comerciales sin fuentes de emisión adicionales y similares.

EXR-2 y DES-2: aire con un nivel de contaminación moderado

Aire de recintos ocupados que contiene más impurezas que la categoría anterior, cuando las fuentes de emisión sean las mismas. Son recintos en los que se permite fumar.

Ejemplos: comedores, cafeterías, bares, almacenes, probadores de ropa y similares.

EXR-3 y DES-3: aire con un nivel de contaminación alto

Aire de recintos en los que el proceso que en ellos se desarrolla, la humedad, los productos químicos, etc. reducen sustancialmente la calidad del aire.

Ejemplos: cuartos húmedos, cocinas, algunos laboratorios químicos, salas de fumadores y similares.

EXR-4 y DES-4: aire con un nivel de contaminación muy alto

Aire que contiene olores e impurezas perjudiciales para la salud.

Ejemplos: campanas extractoras de cocinas, aparcamientos y laboratorios, salas donde se manipulan pinturas y disolventes, salas de almacenamientos de desperdicios y similares.

El aire extraído EXR puede ser reutilizado solamente en estos casos:

EXR-1: esta categoría de aire puede ser recirculada y transferida.

EXR-2: esta categoría de aire no puede ser recirculada; puede ser transferido en servicios, garajes y otros espacios similares.

EXR-3 y EXR-4: estas categorías de aire de extracción no pueden ser recirculadas ni transferidas. Además, la expulsión hacia el exterior del aire de estas categorías no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías EXR-1 y EXR-2, para evitar cualquier posibilidad de contaminación cruzada.

Aire exterior

La calidad del aire exterior que se toma para ventilar los locales tiene una gran importancia y se clasifica según se indica en esta tabla.

Categoría	Descripción
ODA-1	Aire puro que sólo puede ensuciarse temporalmente (p.e., con polen)
ODA-2	Aire con altas concentraciones de partículas (sólidas y líquidas)
ODA-3	Aire con altas concentraciones de gases contaminantes
ODA-4	Aire con altas concentraciones de partículas y gases contaminantes
ODA-5	Aire con muy altas concentraciones de partículas y gases contaminantes

El aire se define puro cuando cumple con los requerimientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de cualquier norma de carácter nacional. Cuando estos requisitos exceden los anteriores un factor de hasta 1,5 se dice que el aire tiene altas concentraciones de contaminantes (ODA-2, ODA-3 y ODA-4) y cuando el factor es mayor que 1,5 se dice que el aire tiene muy altas concentraciones de contaminantes (ODA-5).

También ahora, se observa que las definiciones de la tabla anterior son simplemente cualitativas, debido a la infinidad de sustancias contaminantes presentes en el aire y a la variabilidad de las concentraciones. A título indicativo, en la tabla siguiente se relacionan algunos ejemplos de concentraciones de los contaminantes más comunes en el aire exterior.

Localización	Concentraciones en aire exterior					
	CO ₂ (ppm)	CO (mg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	total PM (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Zona rural	350	< 1	5...35	< 5	< 100	< 20
Pueblo pequeño	375	1 ... 3	15 ... 40	5 ... 15	100 ... 300	10...30
Ciudad	400	2 ... 6	30 ... 80	10 ... 50	200 ... 1000	20 ... 50

Nota: **PM₁₀** significa *Particulate Matter* (materia en forma de partículas) de diámetro aerodinámico de hasta 10 µm.

Hoy en día se observa una clara tendencia a fijarse en concentraciones de partículas más pequeñas que $10\text{ }\mu\text{m}$, que, pudiendo penetrar más profundamente en el aparato respiratorio, son más peligrosas para la salud (por ejemplo, PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$).

Aire de impulsión

La norma UNE-EN 13779 clasifica el aire de impulsión en dos categorías:

- SUP 1: aire que sólo contiene aire exterior
- SUP 2: aire que es una mezcla entre aire exterior y aire de retorno

La calidad del aire de impulsión para los edificios sujetos a ocupación humana debe ser tal que, teniendo en cuenta las emisiones esperadas desde las fuentes interiores (metabolismo humano, actividades, procesos, materiales de construcción y materiales de decoración) y del propio sistema de ventilación, se logre la calidad apropiada del aire interior.

Por tanto, es recomendable definir la calidad del aire de impulsión especificando los límites de concentración de los principales contaminantes.

Aire interior

La clasificación del aire interior está indicada en la siguiente tabla.

Categoría	Descripción
IDA 1	Calidad alta
IDA 2	Calidad media
IDA 3	Calidad moderada
IDA 4	Calidad baja

El empleo de una definición exacta de la categoría del aire interior es muy difícil, porque depende de la naturaleza de las fuentes contaminantes y sus efectos sobre la calidad del aire.

Para las aplicaciones prácticas, las categorías del aire interior pueden ser cuantificadas mediante uno de los siguientes métodos:

- por nivel de CO_2

- por calidad del aire percibido
- por tasa de aire exterior por persona (método indirecto)
- por tasa de aire exterior por unidad de superficie (método indirecto)
- por niveles de concentración de contaminantes específicos

Se describen brevemente los cinco métodos, invitando, para más detalles, a la lectura de la norma UNE-EN 13779 (apartado 5.2.5).

Por nivel de CO_2

El anhídrido carbónico no debe considerarse un contaminante, porque su concentración está muy lejos de los niveles que son peligrosos para la salud. Las concentraciones indicadas a continuación confirman esta afirmación:

- 350 ppm: concentración media en el aire exterior (aumenta cerca de 1 ppm por año, por el momento)
- 500 a 800 ppm: condiciones de bienestar en los edificios
- 1.500 ppm: límite superior de las condiciones de bienestar
- 18.000 ppm: concentración máxima en un submarino
- 35.000 ppm: problemas de respiración
- 45.000 ppm: aire exhalado por una persona
- 85.000 ppm: síntomas de paralización
- 200.000 ppm: mortal en poco tiempo

Sin embargo, el CO_2 es un buen indicador de la emisión de bioefluentes humanos, porque está estrictamente relacionado con ellos.

La siguiente tabla muestra la calidad del aire interior en función de los valores de la concentración de CO_2 sobre el nivel de concentración en el aire exterior y es válida para personas que tengan una actividad metabólica de alrededor 1,2 met y unos recintos con baja producción de sustancias contaminantes por los materiales de construcción y decoración.

Categoría	Concentración de CO ₂ (ppm)	
	Rango	Valores por defecto
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 ... 600	500
IDA 3	600 ... 1.000	800
IDA 4	> 1.000	1.200

Para el empleo de este procedimiento se pueden usar los valores indicados en la tabla anterior o puede emplearse el procedimiento, indicado más adelante, relativo a niveles de concentración de contaminantes específicos.

Por calidad del aire percibido

Este método procede del informe CR 1752 del CEN y está basado en la percepción de sustancias olorosas. Es aplicable a recintos sin contaminantes que sean peligrosos para la salud y no sean perceptibles al olfato.

Categoría	Calidad del aire percibida (dp)	
	Rango	Valores por defecto
IDA 1	≤ 1,0	0,8
IDA 2	1,0 ... 1,4	1,2
IDA 3	1,4 ... 2,5	2,0
IDA 4	> 2,5	3,0

Para el empleo de este procedimiento se deberá consultar el informe CR 1752; la dificultad de su puesta en práctica ha hecho que este informe no llegue a ser una norma.

Por tasa de aire exterior por persona (método indirecto)

Categoría	Caudal de aire exterior por persona (L/s)	
	Rango	Valores por defecto
IDA 1	> 15	20
IDA 2	10 ... 15	12,5
IDA 3	6 ... 10	8
IDA 4	< 6	5

Es un método bien justificado para situaciones en las que los recintos sirven para una ocupación humana típica.

Estos valores son válidos para locales donde se dan emisiones de baja intensidad debidas a materiales de construcción y decoración, cuando el metabolismo es de cerca de 1,2 met y donde no está permitido fumar.

Si se permite fumar, el caudal de aire exterior será, por lo menos, el doble de lo indicado en la tabla anterior. Alternativamente, se podrá emplear el método de la calidad de aire percibido.

En cualquier caso, las zonas específicas para fumadores dentro de un edificio deberán estar delimitadas por cerramientos estancos al aire.

Si la actividad metabólica es mayor que 1,2 met, las tasas de aire de ventilación arriba indicadas deberán aumentarse por un factor de proporcionalidad igual a la relación entre el valor del metabolismo considerado (en met) dividido por 1,2. Es decir, indicando con CV el caudal de aire de ventilación de la tabla anterior válido para una actividad metabólica de 1,2 met, el caudal de aire de ventilación CV_n para otro valor de metabolismo MET será:

$$CV_n = CV \cdot \frac{MET}{1,2}$$

Por tasa de aire exterior por unidad de superficie (método indirecto)

Esta tabla puede usarse solamente para recintos no diseñados para una ocupación humana permanente y que no tienen un uso claramente definido (por ejemplo, almacenes).

Para estos locales la calidad de aire IDA 1 no es aplicable.

Categoría	Caudal de aire exterior (L/s·m²)	
	Rango	Valores por defecto
IDA 1	No aplicable	No aplicable
IDA 2	> 0,7	0,83
IDA 3	0,35 ... 0,7	0,55
IDA 4	< 0,35	0,28

Los caudales son válidos para un tiempo de funcionamiento del 50% y locales de altura de 3 m, como máximo. Si el tiempo de funcionamiento fuera menor y los locales tuviesen una altura mayor que 3 m, el caudal de aire se deberá aumentar, como mínimo, de acuerdo a lo indicado en esta tabla (un 20% más):

Los caudales de aire de ventilación de otros locales serán, como mínimo, los siguientes:

Locales de servicio	2	L/(s·m²)
Locales de vestuarios con taquillas	10	L/s por taquilla

Categoría	Caudal de aire exterior (L/s·m²)
IDA 1	No aplicable
IDA 2	1,0
IDA 3	0,7
IDA 4	0,35

Todos estos locales estarán en depresión con respecto a los locales contiguos; su valor estará entre 10 y 20 Pa.

Por niveles de concentración de contaminantes específicos

Este método de dilución es válido para situaciones con emisiones conocidas de contaminantes específicos.

Indicando con:

C caudal volumétrico de aire de impulsión (normalmente se trata de aire exterior), m³/s

Q caudal másico de la sustancia contaminante emitida en el recinto, mg/s

c_a concentración permitida en el ambiente, mg/m³

c_i concentración en el aire de impulsión, mg/m³

ε_v eficacia de ventilación

La siguiente ecuación expresa la tasa de ventilación que se necesita para diluir la sustancia contaminante:

$$C = \frac{Q}{c_a - c_i} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

Esta ecuación debe resolverse para cada uno de los contaminantes, para que, posteriormente, se pueda elegir el caudal más elevado (incluso el CO₂, si se quiere recurrir a este contaminante como referencia).

Sin embargo, cuando se trate de contaminantes peligrosos para la salud es recomendable controlar la fuente de contaminación en lugar de recurrir a la dilución mediante ventilación.

Nota:

La concentración de una sustancia en el aire se puede expresar en ppm (partes por millón) o ppb (partes por billón; billón americano, igual a 10⁻³ millones) en volumen o bien en masa por unidad de volumen, como μg/m³, mg/m³ o g/m³.

Indicando con PM el peso molecular de una determinada sustancia, para pasar de una unidad de medida a otra se emplean las siguientes ecuaciones:

$$ppb \cdot \frac{PM}{24,45} = \frac{\mu g}{m^3}$$

$$ppm \cdot \frac{PM}{0,02445} = \frac{\mu g}{m^3}$$

$$ppb \cdot \frac{PM}{24.450} = \frac{mg}{m^3}$$

$$ppm \cdot \frac{PM}{24,45} = \frac{mg}{m^3}$$

El RITE indica, en el apartado 1.1.4.2.2, la calidad mínima de aire a mantener en diferentes tipos de recinto. Esa clasificación se repite aquí para comodidad del lector:

IDA 1 Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías y similares

IDA 2 Oficinas, residencias (estudiantes y ancianos), locales comunes de edificios hoteleros, salas de lecturas, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, piscinas y similares

IDA 3 Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de edificios hoteleros, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo las piscinas), salas de ordenadores y similares

IDA 4 Nunca se empleará, salvo casos especiales que deberán ser justificados

Se hace hincapié en que la calidad de aire IDA 4 no se admite para ningún tipo de local.

Para locales no mencionados en la tabla anterior, el técnico podrá elegir la categoría empleando su propio criterio.

Es evidente que los diferentes métodos conducen a la misma categoría de calidad del aire interior pero no a la misma cantidad de aire de impulsión.

En la siguiente tabla se resumen los cuatro métodos para alcanzar la categoría de aire interior deseada.

Categoría	Tasa de ventilación por persona (L/s)	Método olfativo (CR 1752) (dp)	Concentración CO ₂ (sobre aire EXT) (ppm)	Tasa de ventilación por unidad de superficie (L/[s·m²])
IDA 1	20	0,8	350	No aplicable
IDA 2	12,5	1,2	500	0,83
IDA 3	8	2,0	800	0,55
IDA 4	5	3,0	1.200	0,28

Para piscinas climatizadas el RITE indica un caudal mínimo de aire de ventilación igual a 2,5 L/s por m² de superficie de la lámina de agua y de la playa, al que se debe añadir, en su caso, el caudal necesario para controlar la humedad relativa.

No se incluye la eventual zona de espectadores, que será tratada como un local de gran ocupación.

Las piscinas deberán mantenerse en depresión con respecto a los locales contiguos entre 20 y 40 Pa.

En edificios para usos hospitalarios se pueden emplear los criterios de calidad del ambiente térmico y del aire interior indicados en la norma UNE 100173.

Control de la calidad del aire

Para el control de la calidad de aire interior (IDA-C) se podrá optar por una de las soluciones de la tabla 2.4.3.2 del apartado 1.2.4.3.3, que aquí se repite:

Categoría	Descripción del funcionamiento
IDA-C1	Continuo (sin control)
IDA-C2	Control manual, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control temporal, según horario predeterminado
IDA-C4	Control por presencia, por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación, dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control por sensores que miden parámetros de calidad del aire (VOC o CO ₂)

Con carácter general se empleará el método sin control IDA-C1.

Los métodos IDA-C2, IDA-C3 e IDA-C4 se emplearán en locales no diseñados para ocupación humana permanente.

Los métodos IDA-C5 e IDA-C6 se emplearán para locales con gran ocupación (teatros, cines, salones de actos, recintos para el deporte y similares).

Filtración de aire

La filtración de aire debe cumplir los requisitos del aire interior en el edificio, tomando en consideración la calidad del aire interior IDA y la del aire exterior ODA.

Considerando la definición de clases de filtros de la norma UNE-EN 779, en la siguiente tabla se indican las clases de filtro final a instalar según la categoría del aire interior IDA y del aire exterior ODA.

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9	F6/GF/F9	F6/F7	G4/F6

Para ODA 5 se debe prever la instalación de un filtro de gases GF (por ejemplo, carbón activado) entre dos etapas de filtración de partículas. Después de un filtro de gas se debe instalar siempre un filtro de la clase F9.

Nota: en la casilla IDA1 y ODA2 debe leerse F8/F9.

Considerando que no se admite la calidad de aire interior IDA4, resulta que los filtros de las clases G de la norma UNE-EN 779 no se pueden emplear nunca como filtros finales.

Se recomienda la adopción de los filtros indicados en el esquema de una UTA indicado en la figura 10, dotada, por ejemplo, de un recuperador de calor de tipo rotativo. En el esquema se indica también la situación de prefiltros, que son esenciales para mantener en buenas condiciones los componentes de la UTA y alargar la vida útil de los filtros finales, de mayor calidad.

del ventilador, procurando que la distribución de aire sobre la superficie de filtro sea uniforme.

En la selección de los ventiladores se tendrá en cuenta la pérdida de presión de los filtros sucios, determinada por el fabricante. Cuando, sin embargo, están dos filtros en serie, es previsible que los dos no alcancen el máximo

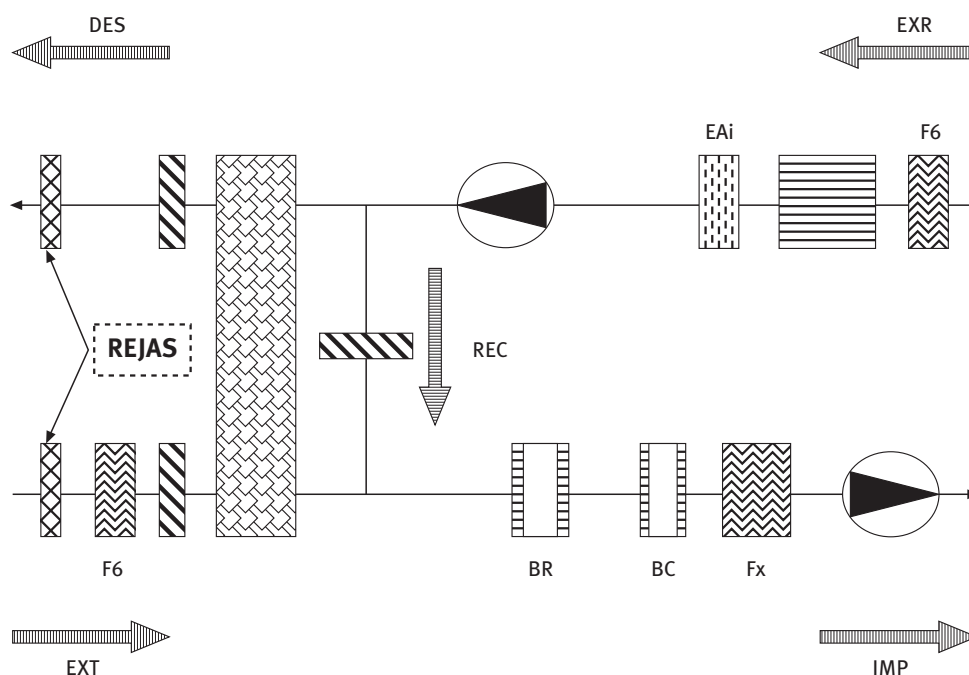


Fig. 10: Esquema de UTA

Los filtros en el aire EXR y aire EXT tienen la función de mantener limpios los componentes de la UTA, sobre todo recuperadores de calor y baterías. Se denominan prefiltros; la clase mínima a emplear debe ser la F6 cuando se emplean recuperadores de calor. Por tanto, sólo podrán emplearse filtros de la clase F5 cuando la UTA no esté equipada de recuperador de calor y cuando la calidad del aire interior sea IDA3 o inferior.

Para el filtro final, indicado en la figura con Fx, se podrá emplear un filtro de la clase F7, F8 o F9 según la categoría de IDA y ODA, como se prescribe en la tabla anterior. En la práctica, las tres clases de filtros citadas se emplearán para las clases IDA3, IDA2 e IDA1, respectivamente.

Nótese que el filtro final está después de la sección de tratamiento térmico. Podrá estar antes del ventilador, como está indicado en el esquema de la figura 10, solamente si se emplea acoplamiento directo entre motor y ventilador, es decir, si se eliminan las correas de transmisión que, al desgastarse, producen gran cantidad de partículas. En caso contrario, el filtro final se deberá instalar después

grado de suciedad al mismo tiempo; por tanto, queda a criterio del técnico establecer unas pérdidas de presión igual a la suma de la pérdida de presión del filtro de mayor calidad (por tanto, de mayor caída final de presión) más una fracción de la pérdida de presión del filtro de menor calidad. Deberá evaluarse la variación de caudal que provoca el ensuciamiento de los filtros; se recomienda emplear un VFD (variador de frecuencia) para compensar la pérdida de presión de los filtros y mantener constante la presión de salida de la UTA y, por tanto, el caudal.

Considerando que la norma UNE-EN 13053 limita las pérdidas de presión de los filtros sucios a 250 Pa para las clases de F5, F6 y F7 y a 350 Pa para las clases F8 y F9, se comprende cómo la pérdida de carga final de los dos filtros se deba considerar alrededor de 500 Pa.

En la figura 10 se puede observar que puede haber recirculación de aire a través del recuperador rotativo, aún cuando exista una sección de purga, porque la presión del aire a la descarga del ventilador de retorno es mayor que la presión en aspiración del ventilador de impulsión.

El problema se resuelve empleando recuperadores de placas o bien cambiando la situación de los ventiladores, como se indica en el esquema de la figura 11.

Se recomienda que la velocidad de paso de aire en las diferentes secciones de las UTAs, (filtración, recuperación y tratamiento) no supere nunca 2,5 a 2,6 m/s, con

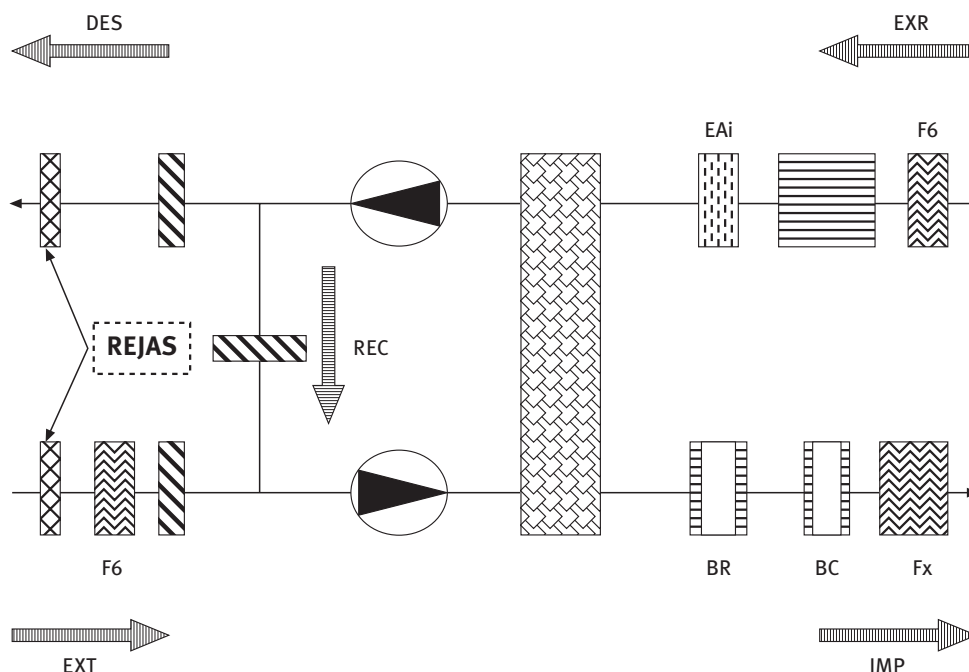


Fig. 11: Esquema modificado de UTA

Cuando se deban emplear filtros absolutos, definidos en la norma UNE-EN 1822, el filtro final de la UTA será siempre de la clase F9.

Los filtros absolutos se instalarán, siempre que sea posible, en los difusores de aire.

La pérdida de presión de tres filtros en serie deberá ser evaluada con criterio parecido al indicado para dos filtros: la pérdida de presión a considerar en los ventiladores será igual a la suma de la pérdida de presión máxima admitida por el fabricante del filtro de mayor calidad, el filtro absoluto, más una fracción (la mitad o un poco más) de la pérdida máxima de presión de los otros dos filtros, el filtro final F9 y el prefiltro F6.

Para reducir el riesgo de desarrollo de microorganismos, los filtros deberán trabajar en una sección donde la humedad relativa sea menor que el 90%.

Cuando el aire exterior esté muy cargado de partículas podrán emplearse filtros electrostáticos o, incluso, filtros G4 como filtros previos al prefiltro. La cuestión está en proteger los filtros de mayor calidad de las partículas más grandes con filtros de menor calidad y, por tanto, más baratos.

el fin de reducir las pérdidas de presión internas y las infiltraciones o exfiltraciones de aire, además de evitar el empleo de separadores de gotas.

La norma UNE-EN 1886 establece la clasificación de las siguientes características de las UTAs:

- Resistencia mecánica de la envolvente
- Estanquidad de la envolvente
- Estanquidad de las secciones de filtración
- Prestaciones térmicas de la envolvente
- Aislamiento acústico de la envolvente

La norma UNE 100180 determina cuales son los requisitos mínimos exigibles en España.

Se recomienda el empleo de la norma UNE-EN 13053 para determinar las prestaciones de los componentes de las UTAs.

Esta norma incluye, en el capítulo 6, ensayos para ventiladores, baterías, recuperadores de calor, compuertas,

secciones de mezcla, humidificadores, secciones de filtración y secciones de atenuadores acústicos.

El capítulo 7 trata de los requerimientos higiénicos.

Al respecto, se hace hincapié en la necesidad de limpiar las baterías por los dos lados, bien in situ o extrayéndolas. La limpieza de una batería no se puede efectuar con facilidad si tiene más de cuatro rangos (o filas) dispuestos al tresbolillo; para baterías de refrigeración de seis o más rangos es necesario dividir la batería en dos, si se quiere acceder a todos los rangos.

Esta norma clasifica los aparatos de humectación o enfriamiento adiabático en cinco categorías.

El tipo A está representado por los lavadores de aire, que hoy en día se aplican casi exclusivamente en instalaciones industriales. Luego se clasifican los aparatos de ultrasonidos (tipo B) y los aparatos atomizadores de alta presión (tipo C).

Los aparatos de contactos, tipo D, deben aplicarse con gran cautela, dadas las dificultades de limpieza de la parte interior del relleno.

Para la humectación la norma prevé también el empleo de humidificadores de vapor (tipo E).

En el Anexo C se indica cual debe ser el contenido mínimo de la ficha técnica de una UTA.

Para la ventilación de vivienda se pueden consultar las siguientes normas:

UNE-EN 13141 Parte 1

UNE-EN 13141 Parte 2

UNE-EN 13141 Parte 3

UNE-EN 13141 Parte 4

UNE-EN 13141 Parte 5

UNE-EN 13141 Parte 6

UNE-EN 13141 Parte 7

UNE-EN 13142

UNE-EN 13134

UNE-EN 13465

IT 1.1.4.3 Exigencia de higiene

Preparación de agua caliente para usos sanitarios

El RD 865/2003 y el informe UNE 100030 prescriben que la temperatura del agua de retorno al sistema de preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios RACS sea mayor que 50 °C (véase la figura 12); está reconocido que esta temperatura es suficiente para que la proliferación de la legionela esté controlada.

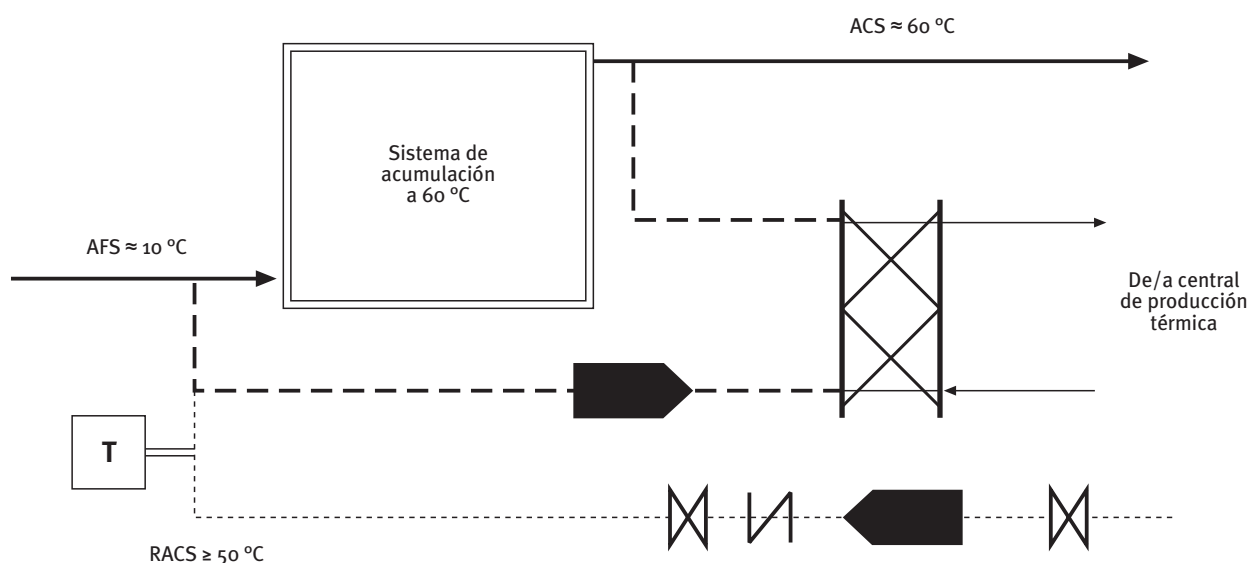


Fig. 12: Esquema simplificado de preparación de ACS a 60 °C

El agua caliente sanitaria (ACS) se produce en el intercambiador y se almacena en uno o más depósitos puestos en serie, de acero inoxidable o de acero doble vitrificado (en adelante, sistema de acumulación).

Lo anterior significa que, teniendo en cuenta las pérdidas de calor en las redes de distribución de impulsión y retorno y en los mismos depósitos acumuladores, la temperatura del agua almacenada debe ser igual a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ más la caída de temperatura provocada por dichas pérdidas. La caída de temperatura depende de la extensión de las redes de acometida y retorno y del nivel de aislamiento térmico y suele estar comprendida entre 4 y $7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por esta razón, conviene almacenar el agua a una temperatura prudencialmente mayor, por ejemplo $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, quizás algo excesiva, aún cuando se emplee grifería mono-mando. A esta temperatura la legionela tarda en morir muy poco tiempo.

El mantenimiento de la temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el retorno del ACS se logrará mediante una sonda de temperatura que actuará sobre una válvula automática puesta en el circuito de carga procedente de la central de producción de calor (la válvula no está representada).

Se menciona que la red de retorno podría evitarse si se empleara un sistema de “tracado” (esta palabra no existe en español; procede del inglés “tracing”) de la tubería de impulsión, es decir, un sistema que mantenga a la temperatura deseada la red de impulsión mediante cables eléctricos flexibles autorregulables, instalados entre la tubería y el aislamiento térmico. Este sistema, largamente empleado en la industria desde hace decenios, no está contemplado en el CTE HS4. La temperatura a mantener será de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a lo largo de toda la red de impulsión.

A pesar de que se emplee electricidad para mantener el agua a la temperatura deseada, el sistema de tracado produce, aproximadamente, la misma cantidad de CO_2 que el sistema con red de retorno, considerando que ésta es responsable del 35%, por lo menos, de las pérdidas totales en las tuberías.

El esquema de la figura 13 indica cómo evitar el problema de enviar agua a los usuarios a una temperatura excesiva.

El ACS se produce en el intercambiador y se almacena a la temperatura de pasteurización de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ o más en el

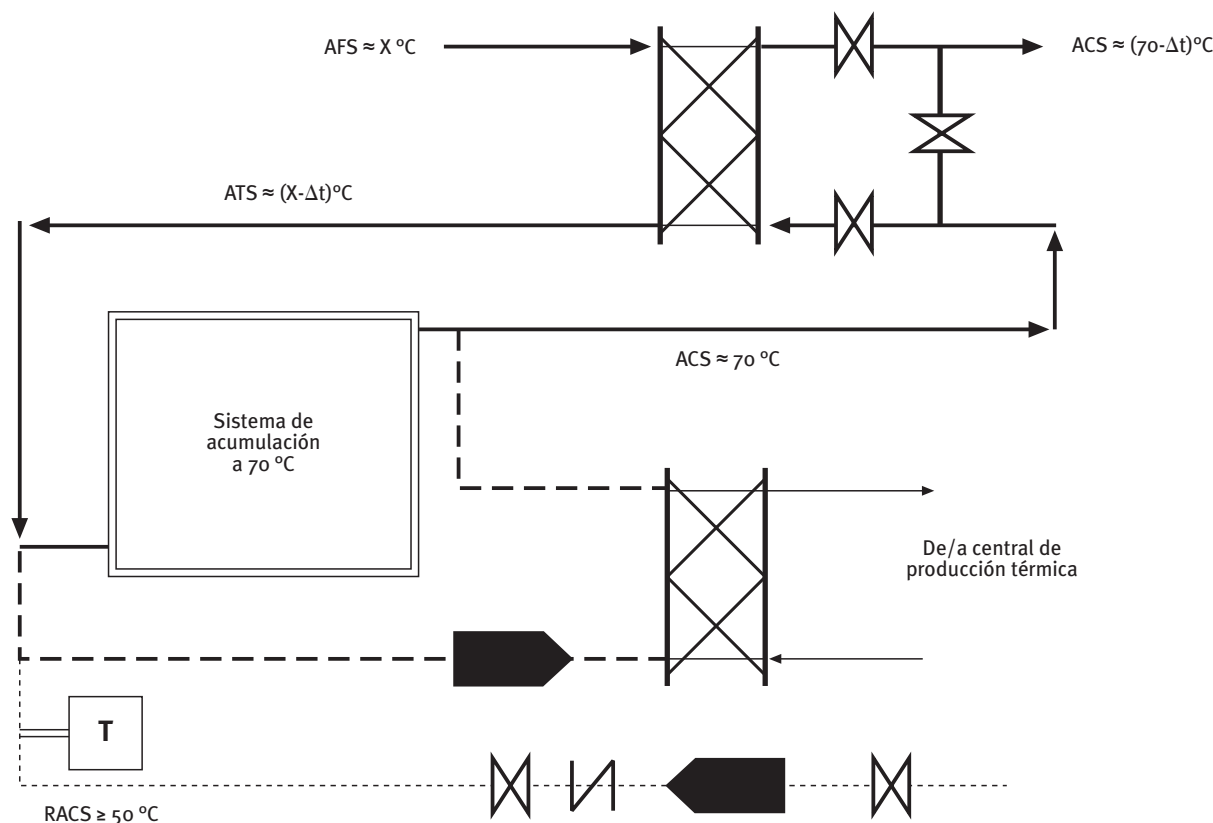


Fig. 13: Esquema simplificado de preparación de ACS a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$

sistema de acumulación, constituido por uno o más depósitos en serie, de acero inoxidable o de acero doble vitrificado.

A la salida del sistema, el agua de acumulación estará a 70 °C (temperatura a la que la legionela tarda tres o cuatro minutos en morir) y, antes de entrar en la red de distribución, se enfriará mediante el agua fría sanitaria procedente de la red pública: la reducción de la temperatura de suministro del ACS Δt se obtiene por intercambio térmico, no por mezcla con agua fría posiblemente contaminada.

La obligación es mantener RACS 50 °C a la entrada del sistema de acumulación, como mínimo. Una sonda de temperatura actuará sobre una válvula automática puesta en el circuito de carga del sistema de acumulación (circuito de trazos; la válvula no está representada).

La diferencia de temperatura, a paridad de superficie de intercambio y de coeficiente de transmisión de calor, depende de la DMLT (Diferencia Media Logarítmica de Temperatura). Al aumentar la DMLT aumenta la potencia transmitida; y viceversa. Es decir, que al disminuir la temperatura del agua de red, a paridad de caudal, aumenta la potencia y, por tanto, las temperaturas de enfriamiento y precalentamiento del agua.

El intercambiador se diseña para el caudal máximo demandado por la instalación y para una potencia correspondiente a un salto de temperatura, en ambos fluidos, de $\Delta t = 15$ °C (por ejemplo: 70 a 55 °C y 10 a 25 °C); cuando el caudal sea menor el salto de temperatura será mayor.

Si el agua fría sanitaria entrara en el intercambiador a 10 °C, por ejemplo, experimentaría el mismo salto de temperatura que el agua en salida del acumulador, es decir 15 °C, porque los dos caudales son iguales. Por tanto, el Agua Fría Sanitaria (AFS) entraría en el sistema de acumulación precalentada a 25 °C ATS (Agua Templada Sanitaria).

Lo importante es que no se desperdicia energía y, además, se envía a los usuarios agua a una temperatura ajustada a los requerimientos normativos.

La temperatura de acumulación será mantenida de forma indirecta por medio del control de la temperatura de RACS, como exige el RD 865.

La válvula de by-pass en el intercambiador de recuperación servirá para enviar agua a 70 °C o más a la red

cuando la autoridad sanitaria ordene un tratamiento de choque térmico.

El intercambiador de recuperación de calor deberá estar dimensionado para el caudal máximo de ACS que pueda demandar la instalación, como se ha dicho, y con una pérdida de presión baja, relacionada con la presión mínima de la red pública.

La acumulación a 70 °C garantiza que la legionela no tendrá posibilidad alguna de desarrollo en el sistema de acumulación, porque a esta temperatura tarda muy pocos minutos en morir.

Los materiales empleados en los sistemas de preparación, acumulación y distribución de agua caliente sanitaria deberán ser capaces de resistir los esfuerzos provocados por los choques térmicos a 70 °C, en particular en lo que se refiere a problemas relacionados con las dilataciones, así como la acción agresiva de los productos empleados para los choques químicos eventualmente exigidos por la autoridad sanitaria.

Cuando la instalación deba abastecerse de energía solar térmica, de acuerdo a los requerimientos del CTE, el agua fría sanitaria AFS llegará al sistema de preparación precalentada a una temperatura máxima de alrededor de 50 °C, o poco más (siempre menor que la temperatura de suministro del ACS, para que el intercambiador de calor tenga unas dimensiones razonables), con el fin de poder enfriar el agua a enviar a la red en unos 15 °C. Por ejemplo, las temperaturas de funcionamiento del intercambiador de enfriamiento del agua a suministrar serían: primario, de 50 a 65 °C; secundario, de 70 a 55 °C.

A cambio de la seguridad contra la legionela, el sistema de captación solar pierde algo de eficiencia, porque se limita la temperatura de captación. A paridad de grado de cubrimiento de la demanda, se deberá instalar una superficie mayor de captación. Este inconveniente puede superarse mezclando el agua calentada por el sistema solar con agua fría procedente de la red.

Se recomienda emplear estos conceptos y el esquema de la figura 13 también a sistemas de preparación de ACS de viviendas en edificios colectivos, aunque el RD 865 no obligue a distribuir el agua a la temperatura mínima antes mencionada para este tipo de uso.

Para viviendas con calefacción realizada mediante calderas individuales, un esquema de preparación centralizada del ACS podría ser el de la figura 14 (pág. siguiente).

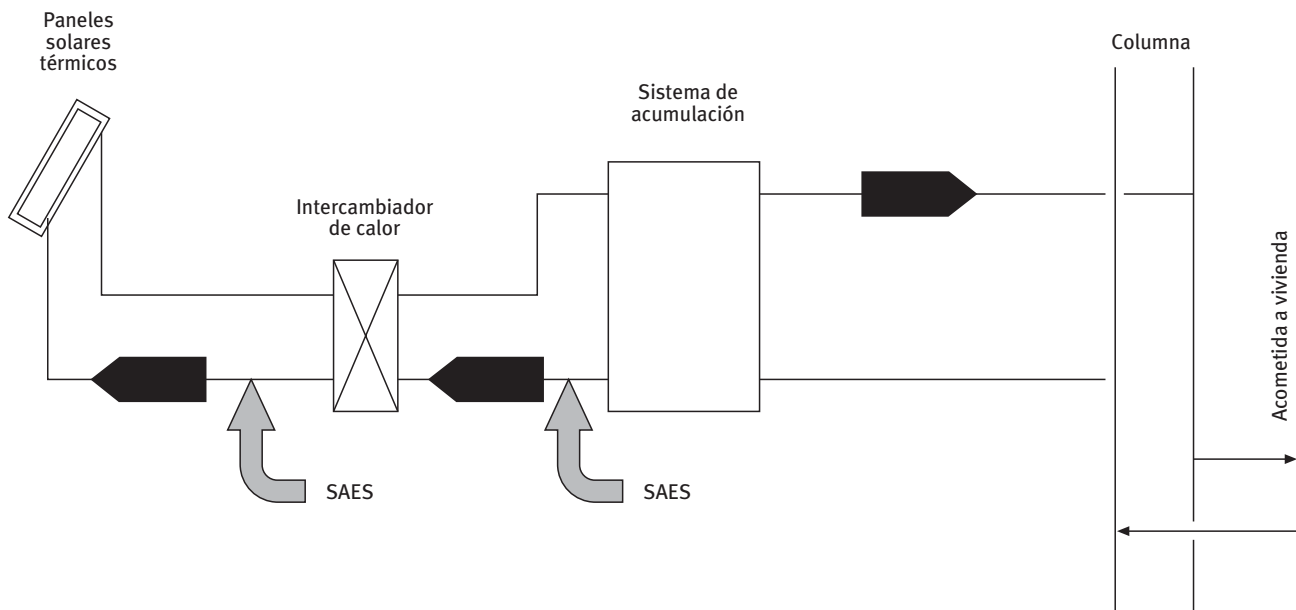


Fig. 14: Preparación de ACS de sistema solar para viviendas con calderas murales

La acometida a cada vivienda sería la de la figura 15.

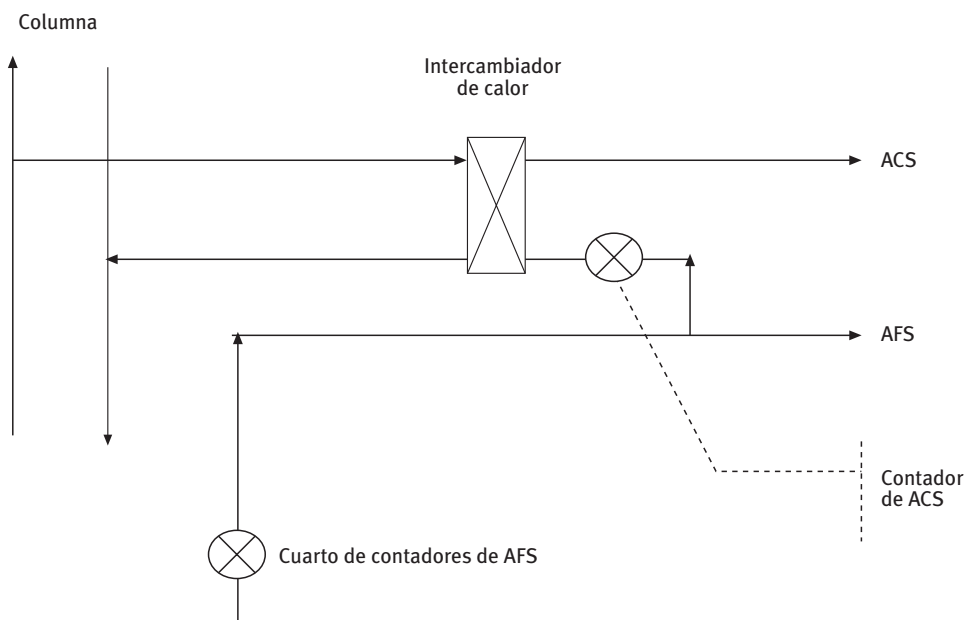


Fig. 15: Acometida de agua a cada vivienda

Las características del sistema presentado son las siguientes:

- Desde el intercambiador a los paneles solares el circuito puede contener agua glicolada, reduciendo al mínimo su cantidad, o puede disponer de un

sistema de vaciado en caso de temperaturas del aire exterior menores que 0°C .

- El sistema solar debe tener un disipador de calor para limitar la temperatura del agua de manera

que la temperatura del agua del circuito cerrado sea menor que 90 °C, por ejemplo.

- El sistema de acumulación y las tuberías de distribución podrán ser de acero negro.
- A la entrada de cada vivienda se sitúa un intercambiador de calor; la temperatura del ACS debe estar limitada a 50 °C.
- Para cada vivienda existe un contador central de AFS en el cuarto de contadores y un contador sobre el ACS aguas abajo del intercambiador.
- El sistema está limitado por la potencia de la caldera individual. El caudal de ACS demandado por una ducha normal, con agua a 42 °C, es de unos 0,18 L/s, al que corresponde una potencia de 24 kW a partir de agua a 10 °C. Si la temperatura del agua fuera precalentada a 26 °C, el sistema de preparación estaría en condiciones de suministrar ACS a dos duchas simultáneamente.

Otras variantes pueden ser concebidas para este sistema, como son:

- Acumulación de ACS centralizada y distribución de esta a cada vivienda, donde se pondrá un contador.

Se eliminan los intercambiadores en cada vivienda. El sistema no es recomendable porque el volumen de ACS es muy elevado y, por tanto, igual de elevado es el riesgo de proliferación de la legionela.

- Instalaciones solares independientes para cada vivienda; la solución es prácticamente inviable para edificios de viviendas.

La presencia de calderas individuales hace que los sistemas de cogeneración y de calderas de biomasa no puedan ser instalados.

Humectación o enfriamiento adiabático

El agua que se emplee para los procesos adiabáticos de humectación o enfriamiento y el vapor que se emplee para la humectación isoterma deberán tener calidad sanitaria.

Los dos procesos de aumento de la humedad específica del aire consumen la misma cantidad de energía térmica, como puede observarse en el diagrama de aire húmedo de la figura 16.

La transformación A-B es la transformación adiabática (color azul) y la transformación A-C es la isoterma (color rojo). A la transformación adiabática tiene que seguir la transfor-

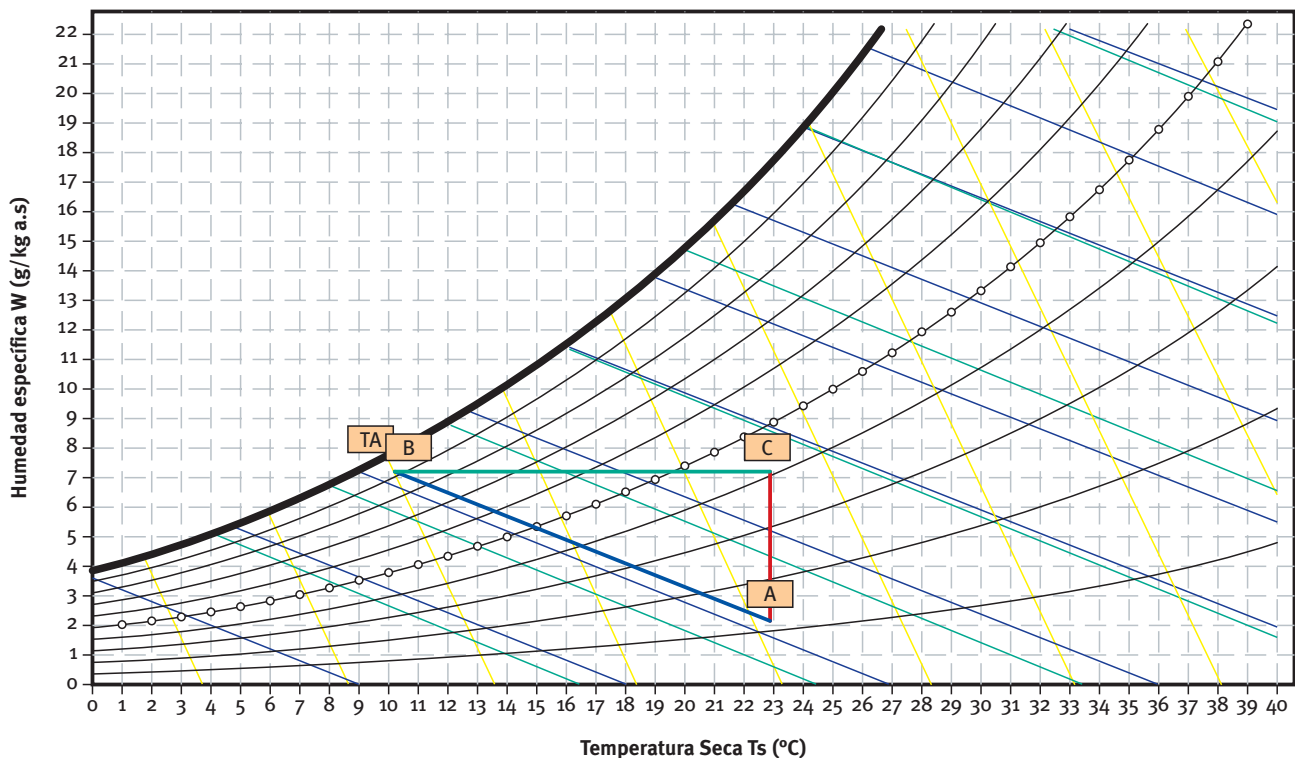


Fig. 16: Humectación adiabática e isoterma

mación de calentamiento B-C. En ambos casos, la potencia necesaria está representada por el producto del caudal másico de aire por el salto de entalpía entre los puntos A y C.

Desde el punto de vista higiénico los aparatos de humectación por vapor saturado seco ofrecen un elevado nivel higiénico.

Para la humectación por medios adiabáticos, los sistemas con toberas de baja presión o con paquetes evaporativos ofrecen pocas garantías de higiene, debido a la necesidad de almacenar el agua en una bandeja y recircularla mediante una bomba. Sin embargo, el riesgo de introducir legionela en los recintos es muy bajo, si entre el aparato y el recinto existe una red de conductos.

Otros aparatos de humectación adiabática son los que funcionan sobre el principio de la atomización del agua. Son de dos tipos: los que emplean bombas de altísima presión (70 a 80 bar) y los de aire comprimido que, obviamente, necesitan de una fuente auxiliar de energía.

Debido a su elevada eficiencia, ambos tipos no necesitan recircular el agua y, además, posibilitan una regulación fina del caudal de agua. La dosificación exacta de la cantidad de agua en la corriente de aire evita, prácticamente, el arrastre de gotas, aunque, prudencialmente, se debería instalar un separador de gotas, dimensionado para una velocidad frontal del aire no mayor que 2,6 m/s.

Con esta tecnología se necesita que el agua de alimentación sea desmineralizada mediante un equipo de ósmosis inversa.

Registros de inspección en conductos

Para la limpieza de los conductos de transporte de aire deberán instalarse unos registros de inspección de acuerdo a las indicaciones de la norma UNE-ENV 12097.

Las normas UNE 100005 y UNE 100012 contienen indicaciones muy importantes, desde el punto de vista

higiénico, para el diseño y el mantenimiento de los sistemas de acondicionamiento de aire.

Tomas y descargas de aire

En el Anexo A de la norma UNE-EN 13779, apartado A2, se indican los requisitos que se deben cumplir para situar correctamente las tomas y las descargas de aire unas respecto de las otras. Además de los requisitos que se describen a continuación, es necesario hacer una atenta lectura de todo el apartado.

Los siguientes gráficos son una reproducción de los de la citada norma. En ellos se usa la siguiente terminología:

DES-1 y DES-2: descargas de aire de categorías 1 y 2

DES-3: descarga de aire de categoría 3

DES-4 0,3 m/s: descarga de aire de categoría 4 con una velocidad igual o mayor que 0,3 m/s

DES-4 1,5 m/s: descarga de aire de categoría 4 con una velocidad igual o mayor que 1,5 m/s

DES-4 3 m/s: descarga de aire de categoría 4 con una velocidad igual o mayor que 3,0 m/s

DES-4 6 m/s: descarga de aire de categoría 4 con una velocidad igual o mayor que 6,0 m/s

- Descarga de aire por encima de la toma de aire exterior (figura 17)

Esta es, casi siempre, la disposición preferida entre tomas y descargas, porque se aprovecha la flotabilidad del aire de descarga.

- Descarga de aire por debajo de la toma de aire exterior (figura 18)

Nótese que en las descargas de las categorías 1, 2 y 3 no tiene influencia la velocidad de descarga del aire, al contrario de lo que sucede con la descarga de categoría 4.

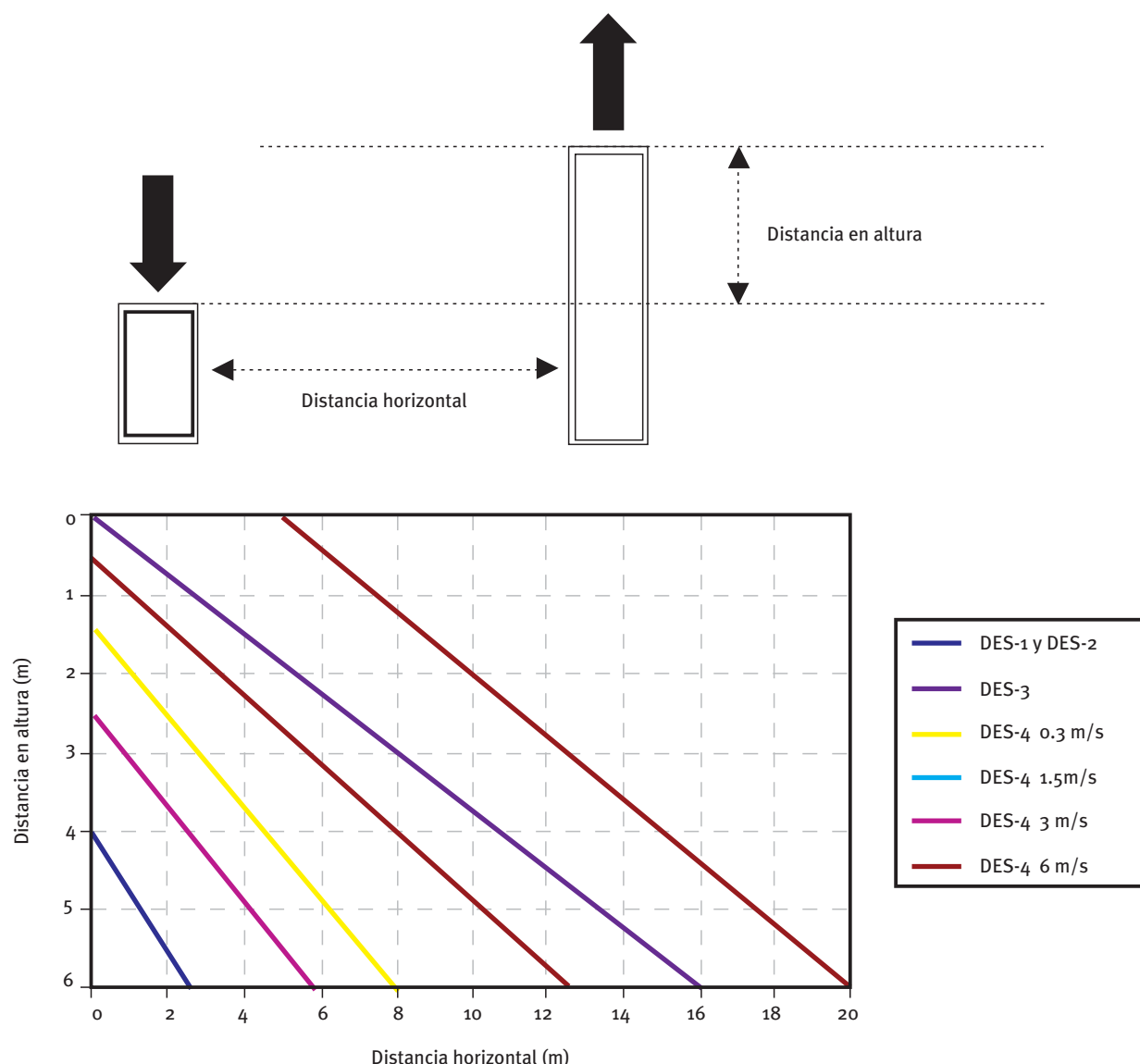


Fig. 17: Descarga por encima de toma

Los gráficos se pueden interpolar.

Es válido también el método indicado en BSR/ASHRAE Standard 62-1989-R de agosto de 1996, del que deriva el anterior.

Este método está en parte reproducido en el Anexo A de la norma UNE 100030 antes citada y se refiere, en particular, a descargas de torres de refrigeración y condensadores evaporativos, así como de chimeneas de combustibles sólidos y líquidos, que no están contempladas en la norma europea.

Para comodidad del lector se reproduce lo esencial del Anexo A de la norma UNE 100030.

La situación de las bocas de descarga (en adelante “descargas”) de efluentes contaminantes con respecto a tomas de aire exterior o ventanas y puertas (en adelante “tomas”) viene definida por la suma de las distancias indicadas en la figura 19.

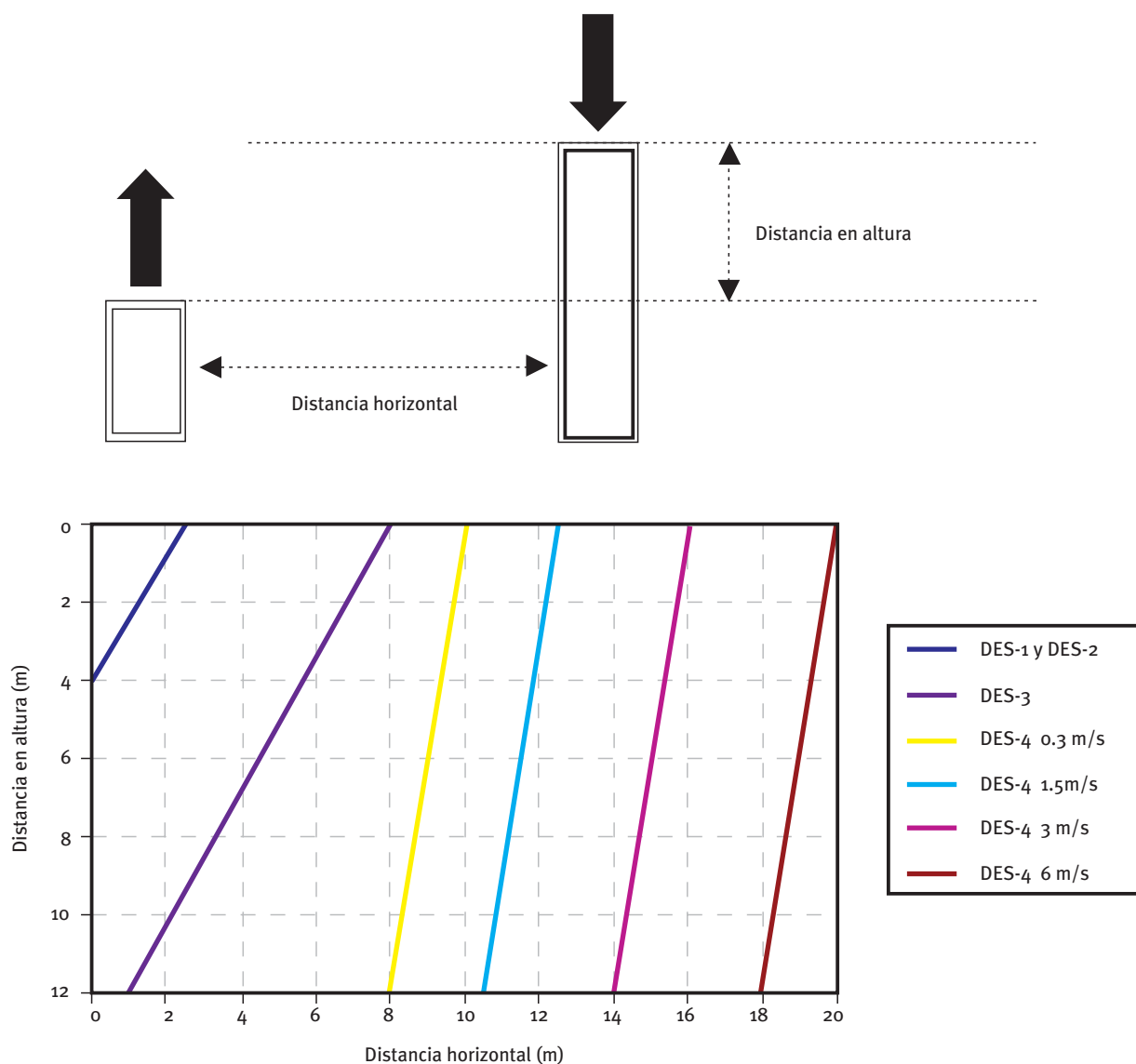


Fig. 18: Descarga por debajo de toma

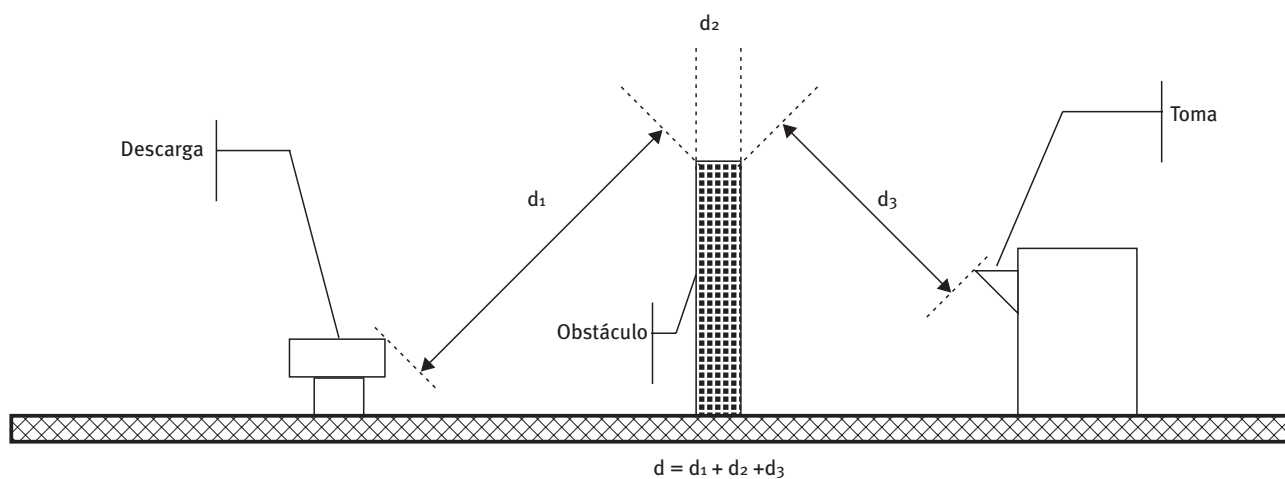


Fig. 19: Definición de distancia

La distancia total se calcula partiendo de los puntos más cercanos a la descarga y a la toma.

Si la descarga de un efluente está por debajo de la toma, en el cálculo de la distancia no debe tenerse en cuenta la separación vertical.

La distancia mínima de separación se calcula con esta ecuación:

$$d = 0,04 \cdot \sqrt{C} \cdot \left[\sqrt{50} \pm \frac{V}{2} \right]$$

donde

d = distancia mínima de separación m

C = caudal de expulsión L/s

V = velocidad de descarga del efluente m/s

Nota: Cuando resulte $d < 0$ se tomará $d = 0$.

La ecuación es válida entre los límites de 75 y 1.500 L/s; para valores menores o mayores que los límites indicados se toma la distancia que corresponda al caudal límite menor y mayor, respectivamente.

El signo que precede el término de la velocidad de descarga del efluente se toma según se indica en la figura 20.

Según el tipo de toma de aire, las distancias mínimas a aplicar son las indicadas en la siguiente tabla (donde d es la distancia calculada con la ecuación indicada anteriormente):

Tipo de toma de aire	Clase 5
Toma de aire exterior	d
Ventana o puerta	d
Línea de separación de propiedad	5 m

La figura 21 (página siguiente) representa gráficamente la distancia d en función del caudal con velocidades entre -5 m/s y $+10$ m/s.

Particular atención debe prestarse a la situación de las torres y los condensadores evaporativos con respecto a tomas de aire exterior, ventanas y zonas de paso de peatones. Es muy importante considerar la dirección de los vientos predominantes.

Unidades de tratamiento de aire

Todos los componentes de una UTA deben ser accesibles para su mantenimiento y limpieza a través de puertas de acceso; en su caso, los componentes se deben extraer de forma fácil.

Los perfiles que conforman la estructura portante de la unidad no deben ser en forma de U, porque pueden ser receptáculos de suciedad y, además, su limpieza resulta difícil.

Todos los materiales porosos y fibrosos, salvo los filtros, deben estar protegidos contra la erosión por medio de un material que puede soportar frecuentes operaciones de limpieza.

En las unidades con elevados requerimientos de higiene (hospitales y laboratorios, por ejemplo), los tornillos y otros componentes similares no deben sobresalir en el interior.

Todas las unidades deben estar provistas de ventanas de inspección y alumbrado interior, por lo menos en las secciones de ventilación, filtros y humectadores.

Las bandejas de condensados deben disponer de desagües dotados de sifón con sello de altura adecuada a la depresión existente en el lugar, con un mínimo de 50 mm.

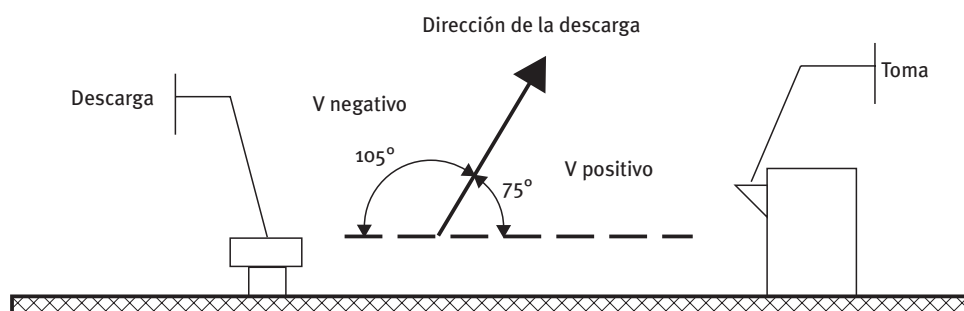


Fig. 20: Asignación de signo a la velocidad de descarga

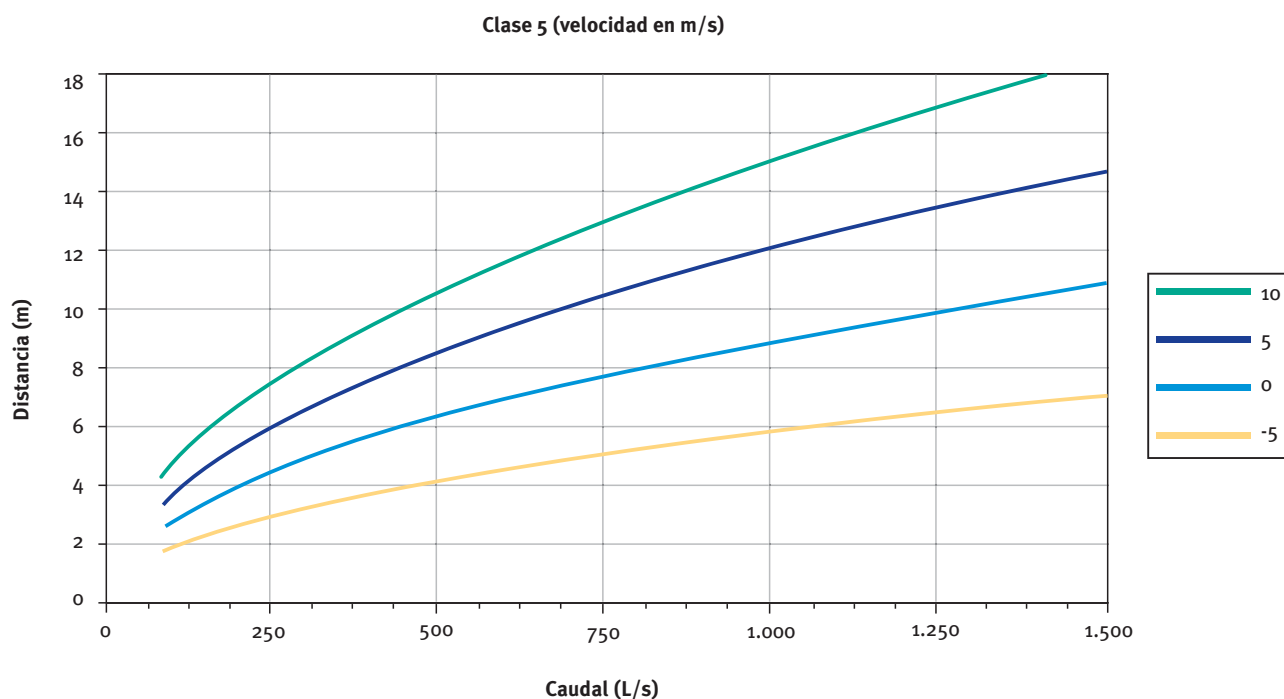


Fig. 21: Determinación de la distancia en función del caudal del efluente al variar la velocidad de descarga

Refrigerantes

La norma UNE-EN ISO 378 establece esta clasificación para los refrigerantes (de acuerdo también a la Directiva 67/548/CEE):

– *Para la toxicidad:*

Letra **A** para los refrigerantes de baja toxicidad

Letra **B** para los refrigerantes de alta toxicidad

– *Para la inflamabilidad:*

Número 1 para refrigerantes cuyos vapores no son inflamables en el aire en cualquier concentración

Número 2 para refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad es igual o mayor que el 3,5% en volumen en la mezcla con aire

Número 3 para refrigerantes cuyo límite inferior de inflamabilidad es menor que el 3,5% en volumen en la mezcla con aire

En definitiva, los refrigerantes quedan clasificados en estas categorías:

Inflamabilidad	Toxicidad	
	Baja	Alta
No inflamable	A1	B1
Baja	A2	B2
Alta	A3	B3

Para comodidad del lector, en la tabla de la página siguiente (arriba) se indican las características principales de los refrigerantes más comunes y su clasificación (aunque algunos de ellos no puedan ser empleados).

Para el amoníaco, la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) recomienda estos niveles máximos de concentración de amoníaco:

TWA (Time-Weighted Average), media ponderada en el tiempo: 25 ppm

STEL (Short Term Exposure Limit), límite de exposición de corta duración: 35 ppm

Clasificación	Número ISO 817	Fórmula	Masa molecular kg/kmol	GWP ITH = 100 CO ₂ = 1	ODP R11 = 1
–	–	–	–	–	–
A1	R11	CCl ₃ F	137,4	4.000	1,00
A1	R12	CCl ₂ F ₂	120,9	8.500	0,90
A1	R22	CHClF ₂	86,5	1.700	0,05
A1	R113	CCl ₂ FCClF ₂	187,4	5.000	0,90
A1	R134a	CF ₃ CH ₂ F	102,0	1.300	0,00
A1	R718	H ₂ O	18,0	0	0
A1	R744	CO ₂	44,0	1	0
A1	R407c	Mezcla	86,2	1.609	0
A2	R50	CH ₄	16,0	23	0
B1	R764	SO ₂	64,1	-	0
B2	R717	NH ₃	17,0	0	0
A3	R170	CH ₃ CH ₃	30,0	3	0
A3	R290	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44,0	3	0
A3	R600	C ₄ H ₁₀	58,1	3	0

Nota: Los datos del GWP proceden de IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change 2001

Unas pruebas sobre las reacciones a diferentes exposiciones al amoníaco han dado lugar a estos resultados:

ppm	Efectos fisiológicos
5	Límite de detección
25	TWA media ponderada en el tiempo
35	STEL límite de exposición de corta duración
150 a 200	Ojos levemente afectados después de un minuto; la respiración no se ve afectada
300	Nivel inferior de riesgos
450	Ojos afectados rápidamente, sin afectar a la visión ni a la respiración
600	Lágrimas en los ojos en treinta segundos, sin afectar a la visión ni a la respiración
700	Lágrimas en pocos segundos, sin afectar a la visión; aire todavía respirable
1.000	Visión disminuida; respiración insoportable; irritación de la piel en pocos minutos
> 1.500	Ambiente insoportable; reacción instantánea de salir del lugar
30.000	Dosis letal

IT 1.1.4.4 Exigencia de calidad del ambiente acústico

Para esta exigencia el RITE remite al documento DB-HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación.

Los apartados que afectan a las instalaciones son los siguientes:

Apartado	
3.4	Ruidos y vibraciones de las instalaciones
3.4.1	Datos previos
3.4.2	Equipos
3.4.3	Conducciones y equipamiento
3.4.3.1	Redes hidráulicas
3.4.3.2	Aire acondicionado

Apartado		(Continuación)
	3.4.3.3	Ventilación
	3.4.3.4	Evacuación de residuos
	3.4.3.5	Ascensores y montacargas
5.2.1		Elementos de separación verticales
	5.2.1.4	Encuentros con conducciones de instalaciones
5.2.2		Elementos de separación horizontales
	5.2.2.2	Encuentros con conducciones de instalaciones
Anejo A		Terminología
Anejo B		Notación
Anejo C		Normas de referencias
Anejo D		Valores de inmisión de ruido aéreo y de percepción de vibraciones de las instalaciones

A continuación, se resaltan algunas cuestiones planteadas por el CTE.

En 3.4.1 se exige que los suministradores de equipos proporcionen esta información:

- Nivel de potencia acústica de equipos que producen ruidos estacionarios, como bombas, ventiladores, quemadores, maquinaria frigorífica, unidades terminales para el control y la difusión de aire, ventiloconvectores, inductores, etc.
- Rigidez mecánica y carga máxima de los lechos elásticos empleados en bancadas de inercia.
- Amortiguamiento, curva de transmisibilidad y carga máxima de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conducciones.
- Coeficiente de absorción acústica de los productos absorbentes empleados en conductos de ventilación.
- Atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdidas por inserción.
- Atenuación total de los silenciadores interpuestos en conductos o empotrados en elementos constructivos, como fachadas.

El nivel de potencia acústica de los equipos situados en recintos de salas de máquinas será menor o igual al determinado por medio de la ecuación (3.34).

El nivel de potencia acústica de los equipos situados en recintos protegidos será menor o igual al determinado por medio de la ecuación (3.35).

El nivel de potencia acústica de equipos situados en zonas exteriores será menor o igual que 70 dB (apartado 3.4.2.3).

En el apartado 3.4.2.4 se establecen las condiciones de montaje de los equipos.

Los equipos se instalarán sobre soportes elásticos antivibratorios cuando se trate de equipos pequeños y compactos.

Sin embargo, cuando se trate de equipos que no posean una base propia y necesiten la alineación de sus componentes (por ejemplo, motor y ventilador o bomba), se necesitará una bancada suficientemente rígida para soportar los esfuerzos causados por el movimiento y de masa e inercia suficiente para evitar el paso de vibraciones al edificio.

Los equipos se conectarán a las conducciones mediante conexiones flexibles.

La norma UNE 100153-88 es una buena ayuda para los criterios de selección de los soportes antivibratorios.

En el punto 5 se dice literalmente: “En las salidas de humo de los recintos de instalaciones se utilizarán silenciadores”. Debe entenderse que se trata de las rejillas de toma o expulsión de aire de una sala de máquinas o de unidades de tratamiento de aire o climatizadores. En estos elementos se instalarán silenciadores cuando sea necesario.

Nunca deben instalarse silenciadores en salidas de humos de calderas, de cocinas o de laboratorios por el enorme riesgo de ensuciamiento.

En cualquier caso, el material fonoabsorbente de un atenuador acústico, o silenciador, deberá estar recubierto de un material que, sin mermar las propiedades del material fonoabsorbente, sea capaz de protegerlo de la suciedad y permita la limpieza interior del silenciador.

En el punto 6 se dice: “Las bombas de impulsión se instalarán preferentemente sumergidas”. La interpretación es la siguiente:

Las bombas deben instalarse de manera que la presión absoluta del fluido en la boca de succión sea siempre mayor que la presión de saturación del fluido a la temperatura de funcionamiento, para evitar que las burbujas de vapor colapsen y, en consecuencia, se produzcan ruidos y la eventual destrucción del rodete.

La diferencia entre las dos presiones se denomina NPSHa (Net Positive Suction Head available; altura de aspiración neta positiva disponible). El valor de NPSHa es una característica del sistema.

Por otra parte, la bomba tiene su propia NPSHr (Net Positive Suction Head required; altura de aspiración neta positiva requerida), que viene suministrada por el fabricante.

La condición es que la NPSHa (la disponible) sea siempre mayor que la NPSHr (la requerida), con un buen margen de seguridad.

Lo anterior se consigue, en circuitos cerrados, instalando el sistema de alimentación, expansión y seguridad (SAES) en aspiración de las bombas, garantizando siempre una presión suficientemente positiva.

En circuitos abiertos (por ejemplo, torres de refrigeración de circuito abierto, sistemas de bombeo de tanques abiertos, etc.) la bomba se instalará suficientemente por debajo del nivel de agua en contacto con la atmósfera (de aquí la palabra “sumergida”, se supone). Esta situación, cuando es crítica, requiere la realización de un cálculo.

Se deberá prestar atención también a la cavitación por gases, que puede darse solamente en circuitos abiertos. En este caso, debe darse la condición de que la diferencia de cota entre la lámina de agua y el eje del impulsor debe ser mayor que la NPSHr más las pérdidas por fricción en aspiración de bomba.

En el apartado 3.4.3 se dictan las normas a seguir para conducciones y equipamiento.

Se comentan las partes más relevantes:

Las conducciones colectivas de un edificio se llevarán por patinillos que estarán aislados de los recintos protegidos y de los recintos habitables (véase definición de los recintos en el Anejo A).

Se evitará el paso de las vibraciones de las conducciones a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios como pasamuros, coquillas, manguitos elásticos, abrazaderas y suspensiones elásticas.

Para las tuberías empotradas se emplearán siempre envolturas elásticas.

Las tuberías vistas estarán recubiertas por un material que proporcione un aislamiento acústico a ruido aéreo mayor que 15 dB.

El anclaje de tubería se realizará a elementos constructivos de masa unitaria mayor que 150 kg/m².

La velocidad de circulación del agua en los sistemas mixtos (calefacción y refrigeración) situados en el interior de las viviendas se limitará a 1 m/s.

En conductos vistos se amortiguará adecuadamente la transmisión de ruido aéreo.

Los sistemas de conductos para el transporte de aire de ventilación y de acondicionamiento estarán aislados del ruido generado por los ventiladores y la misma circulación de aire mediante revestimientos interiores de material absorbente y/o atenuadores acústicos, dimensionados de manera que la atenuación sea mayor que 40 dB a la llegada a los elementos de difusión y retorno de aire.

Se evitará el empleo de revestimientos interiores en conductos de chapa por las siguientes razones:

- Dificultad que presentan para la instalación de registros de inspección, según la norma UNE-EN 12097
- Dificultad para efectuar las operaciones de limpieza interior

La difusión y el retorno de aire en los locales se hará mediante unidades terminales diseñadas de manera que el nivel generado de potencia sonora no supere el valor indicado en la ecuación (3.36) del apartado 3.4.3.2.

En la tabla D.1 del Anejo D se indican los niveles sonoros continuos recomendados en diferentes tipos de recintos de inmisión de ruido aéreo, con tolerancia de ± 2 dBA (valores recomendados).

El nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, de sucesos sonoros (véase definición en el Anejo A) en los recintos protegidos no deberá exceder de 65 dBA durante el día y 55 dBA durante la noche.

En la tabla D.2 se especifican los valores del índice global de percepción de vibraciones en los recintos, en función del uso del edificio, el período y el tipo de ocurrencia (valores recomendados).

IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El marcado CE es una certificación de carácter obligatorio que declara que un producto es conforme a todas las normas aplicables. En otras palabras, la declaración de conformidad es la prueba de que un producto es conforme a una directiva específica y a las normas a ella relacionadas.

La responsabilidad de la conformidad del producto a la normativa aplicable recae totalmente sobre la empresa o persona física que pone en el mercado de la UE el producto.

En el caso de que un equipo (por ejemplo una UTA) sea suministrado por el fabricante como un conjunto que incluye las partes mecánica, eléctrica y electrónica, el marcado CE puede venir puesto por el fabricante. En este caso la Directiva implicada es la de máquinas, 98/37/CE, y una de las normas aplicables es la norma UNE-EN 1050.

Se hace hincapié en que se ha publicado ya la Directiva 2006/49/CE, relativa a la aproximación de la legislación de los Estados miembros sobre máquinas, que deroga y sustituye a la Directiva 98/37/CE. La nueva Directiva será aplicable a partir del 29 de diciembre de 2009.

Sin embargo, cuando el conexionado eléctrico y la parte electrónica de control no sean efectuados por el fabricante del equipo, como suele ser el caso, la responsabilidad de certificar el cumplimiento de la normativa de la UE recaerá sobre la empresa instaladora.

El marcado CE de conformidad estará compuesto por las iniciales CE diseñadas de la siguiente manera:



La certificación EUROVENT es voluntaria; con ella el fabricante somete el producto a la valoración de EUROVENT, que ensaya y certifica las prestaciones declaradas por el fabricante.

Todos los equipos que consumen energía deberán llevar una etiqueta que, en una escala de siete valores, de la letra A a la letra G, indique la categoría a la que pertenece el equipo.

IT 1.2.2 Procedimiento de verificación

Para instalaciones entre 5 y 70 kW, ambos incluidos, será suficiente indicar, en la memoria técnica que forma parte del proyecto, el consumo de energía de la instalación y las emisiones de CO₂, todo sobre una base anual.

Para instalaciones cuya potencia térmica en frío o calor sea mayor que 70 kW, se exige la presentación de un proyecto en el que se incluyan las estimaciones de los consumos de energía mensual y anual, así como las correspondientes emisiones de dióxido de carbono.

Para las emisiones de las distintas fuentes de energía primaria (electricidad, gas natural, gasóleo, fuelóleo, GLP etc.) la Administración deberá indicar los coeficientes de paso a emplear para pasar a emisiones de CO₂. Para la electricidad el valor deberá ser revisado cada año, en función del peso de cada una de las energías primarias empleadas.

El RITE admite que el diseño y dimensionamiento de una instalación de más de 70 kW térmicos se puedan llevar a cabo mediante los dos procedimientos que se describen a continuación.

En el procedimiento prescriptivo o simplificado, el técnico se limitará a dar cumplimiento a todas y cada una de las exigencias de eficiencia energética impuestas en el RITE, que serán comentadas más adelante.

Este procedimiento es muy fácil de aplicar, pero está cerrado a la innovación.

En el procedimiento prestacional o alternativo, el técnico podrá apartarse parcial o totalmente de las exigencias impuestas por el RITE siempre que la instalación proyectada tenga unas prestaciones energéticas equivalentes o mejores, medidas sobre la base de las emisiones de CO₂, de las que se obtendrían con la aplicación del procedimiento prescriptivo.

Este procedimiento presenta dificultades para su aplicación, pero está abierto a la innovación.

En definitiva, el técnico procederá de la manera ordenada que se indica a continuación para las instalaciones objeto de los dos procedimientos:

- Cálculo de las cargas térmicas del edificio
- Cálculo de la demanda térmica mensual y anual del edificio
- Selección del sistema de climatización
- Simulación de las prestaciones energéticas del sistema para averiguar el consumo de energía de cada una de las fuentes
- Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los datos fijados por la Administración

El cumplimiento de las exigencias mínimas será satisfecho cuando resulte que la instalación concebida bajo el procedimiento prestacional emita, anualmente, menos cantidad de dióxido de carbono que la instalación concebida bajo el procedimiento prescriptivo.

Cuando se trate de un edificio nuevo cuya superficie útil total sea mayor que 1.000 m², el proyecto incluirá la comparación del sistema elegido para la producción de energía térmica con otros sistemas alternativos. Entre ellos, el RITE cita:

- Fuentes de energía renovable, como paneles solares térmicos y biomasa, empleadas directamente o a través de máquinas de absorción o motores Stirling.
- Producción de energía térmica mediante un sistema de cogeneración CHP (del inglés “*Combined Heat and Power*”), acoplado o no a plantas de refrigeración del tipo de absorción. Estas instalaciones deberán cumplir con el RD 661/2007.
- Las bombas de calor, con sumidero exterior por aire, agua o tierra. En el caso de bombas de calor con sumidero exterior por aire, las condiciones exteriores de diseño en invierno deberían ser aceptables, es decir, la temperatura húmeda nunca debería ser menor que 0 °C, siendo generosos, lo que, prácticamente, limita su aplicación a las zonas costeras, a las islas y a buena parte de las regiones sureñas.

El RITE hace hincapié en la conveniencia del empleo de sistemas centralizados de producción térmica, por edificio o grupo de edificios e, incluso, la conexión a redes procedentes de centrales urbanas.

Cuando se comparen sistemas de producción frigorífica, el RITE acepta el cálculo del TEWI (*Total Equivalent Warming Impact*, o impacto total equivalente de calentamiento) propuesto en la norma UNE-EN 378, parte 1, Anexo B.

Para la determinación del TEWI (expresado en kg de CO₂) es necesario conocer el parámetro GWP (*Global Warming Potential*, potencial de calentamiento global, que es la relación, adimensional, entre kg de CO₂ y kg equivalentes de refrigerante) de los refrigerantes a emplear con respecto al CO₂, que varía en función del horizonte de tiempo empleado ITH (*Integration Time Horizon*).

El TEWI se calcula como suma del GWP directo, debido al refrigerante, y del GWP indirecto, debido a la energía consumida. A su vez, el GWP directo es la suma de dos términos: el debido a las pérdidas por fugas y el debido a las pérdidas en recuperación.

Indicando con:

- p las pérdidas anuales medias de refrigerante por fugas del sistema, kg/año
- n la vida útil prevista de la instalación, años

las pérdidas por fugas a lo largo de la vida útil del sistema son responsables del impacto de calentamiento siguiente:

$$GWP \cdot p \cdot n$$

Indicando con:

- m la masa de refrigerante en el sistema, kg
- r el factor de recuperación del refrigerante al final de su vida útil, es decir, la fracción de “ m ” que es previsible que se pueda recuperar, adimensional

el impacto de calentamiento debido a las pérdidas en recuperación se expresa con esta ecuación:

$$GWP \cdot m \cdot (1 - r)$$

Por otra parte, el GWP indirecto se debe al consumo de energía del equipo a lo largo de su vida útil. Expresando con:

- E el consumo energético anual, kWh/año
- α el factor de emisión de CO₂ por cada unidad de energía consumida, kg/kWh

resulta que el impacto de calentamiento debido al consumo de energía es:

$$n \cdot E \cdot \alpha$$

Por tanto, el TEWI es igual a la suma de los tres factores antes calculados:

$$TEWI = GWP \cdot [p \cdot n + m \cdot (1 - r)] + n \cdot E \cdot \alpha$$

El TEWI expresa la cantidad de CO₂ producida a lo largo de la vida útil de una instalación frigorífica por un sistema de refrigeración con un determinado refrigerante. En la comparación entre dos o más refrigerantes, el que presente el TEWI menor es el mejor.



A este respecto cabe resaltar que los dos primeros términos (efecto directo) de la ecuación representan el efecto invernadero del refrigerante; para el amoníaco (R 707) estos términos son nulos, porque nulo es el GWP del mismo.

El último término dependerá de la eficiencia del equipo frigorífico, es decir de su CEE o COP. Estos coeficientes, a su vez, dependerán del tipo de equipo frigorífico seleccionado, del tipo de fuente fría o caliente considerada en el diseño, de las condiciones del ambiente exterior, del horario de funcionamiento y de una serie de otros factores que dificultan sobremanera los cálculos.

Para los cálculos de cargas y demandas térmicas, así como la simulación de las prestaciones de los equipos, deberá emplearse un programa de cálculo reconocido por la Administración o, en su defecto, de reconocido prestigio.

En los comentarios a “Exigencia de higiene”, apartado referido a los refrigerantes, se ha indicado, en una tabla, el GWP de algunos gases (ITH = 100 años).

Se ha calculado el TEWI para algunas máquinas con diferentes tipos de refrigerante (datos tomados de catálogos de fabricantes):

Tipo de máquina		Enfriamiento de condensador	Refrigerante	CEE –	Energía (1.000 h/año) MWh/año
(a)-	Alternativo	Aire	R22	2,6	241
(b)-	Tornillo	Aire	R134a	3,2	193
(c)-	Alternativo	Agua	R134a	3,5	179
(d)-	Alternativo	Agua	R407c	3,6	174
(e)-	Alternativo	Agua	R22	4,0	156
(f)-	Alternativo	Agua	R707	4,4	147
(g)-	Tornillo	Agua	R134a	4,5	139
(h)-	Turbo	Agua	R134a	5,5	118
(i)-	Tornillo	Evaporativo	R707	5,1	128

El CEE indicado en la tabla incluye los equipos de enfriamiento del condensador y la pérdida de carga lado evaporador.

Al variar las horas anuales de funcionamiento el TEWI varía como se indica en la figura 22.

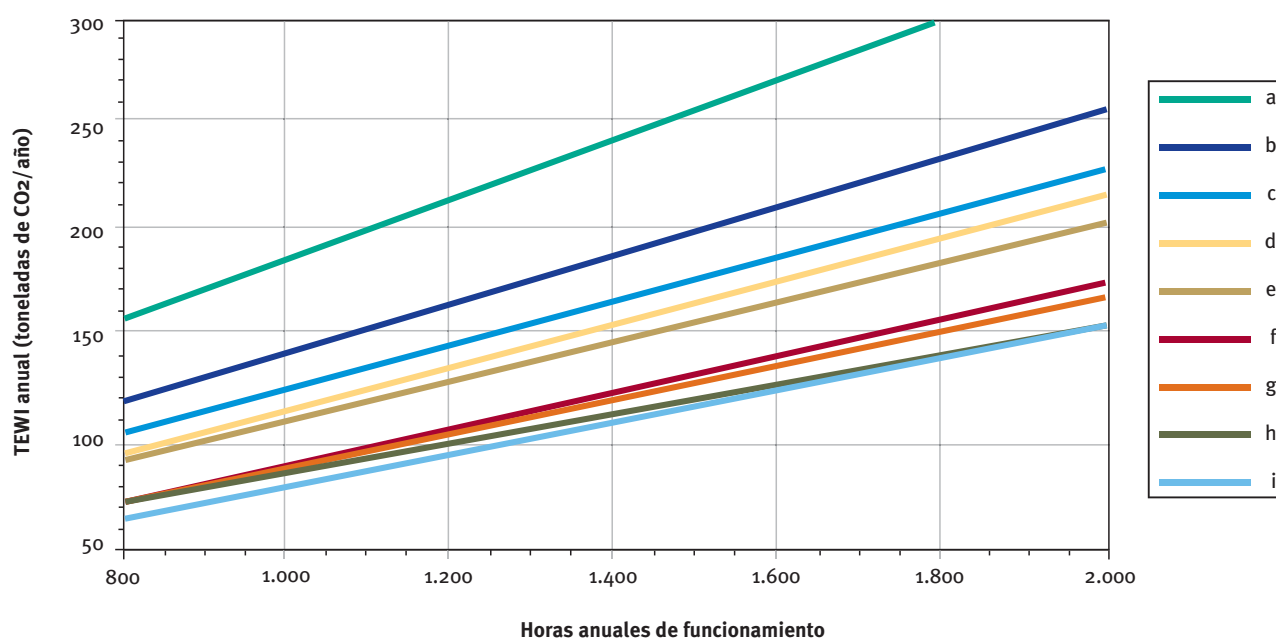


Fig. 22: TEWI anual en función del tiempo de funcionamiento

Se destaca el comportamiento totalmente insatisfactorio de las máquinas enfriadas por aire, independientemente del refrigerante empleado. Se volverá más adelante sobre el tema.

1.2.4.1 Generación de calor y frío

1.2.4.1.1 Criterios generales

Para seleccionar correctamente el tipo, número y potencia de los generadores es necesario calcular la demanda a lo largo de todas las horas del año.

La suma de la potencia de los generadores se ajustará a la demanda máxima simultánea de los sistemas servidos, más las pérdidas o ganancias de calor de las redes de distribución de los fluidos portadores y, en el caso de centrales de producción de frío, el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

Esquema de principio

Las centrales de producción de energía térmica, cualquiera que sea su tamaño, deben diseñarse de manera que los subsistemas que las componen sean independientes entre sí, otorgando al sistema en su conjunto la máxima flexibilidad de funcionamiento. Esta concepción de la central conduce a sustanciosos ahorros de energía.

El esquema de la figura 23 representa uno o más generadores conectados a un colector, es decir, uno o más circuitos primarios (por simplicidad, no se ha representado ningún accesorio de control y medición).

A partir del colector (o equilibrador), representado en la parte baja del esquema, un circuito primario está constituido por:

- Una válvula de interceptación, manual, de tipo de esfera hasta DN 65 o mariposa para DN 80 y mayores, normalmente abierta. Esta válvula sólo se cerrará para efectuar operaciones de mantenimiento.
- Un elemento antivibrador
- Un filtro de malla metálica
- Una bomba de circulación
- El generador de energía térmica
- Un elemento antivibrador
- Una válvula de interceptación motorizada. Para diámetros de tuberías mayores que DN 65 conviene instalar válvulas motorizadas en lugar de válvulas de retención en la descarga de bombas. Eligiendo convenientemente el tiempo de cierre y abertura de las válvulas, se evitará, con seguridad, la formación de un golpe de ariete.

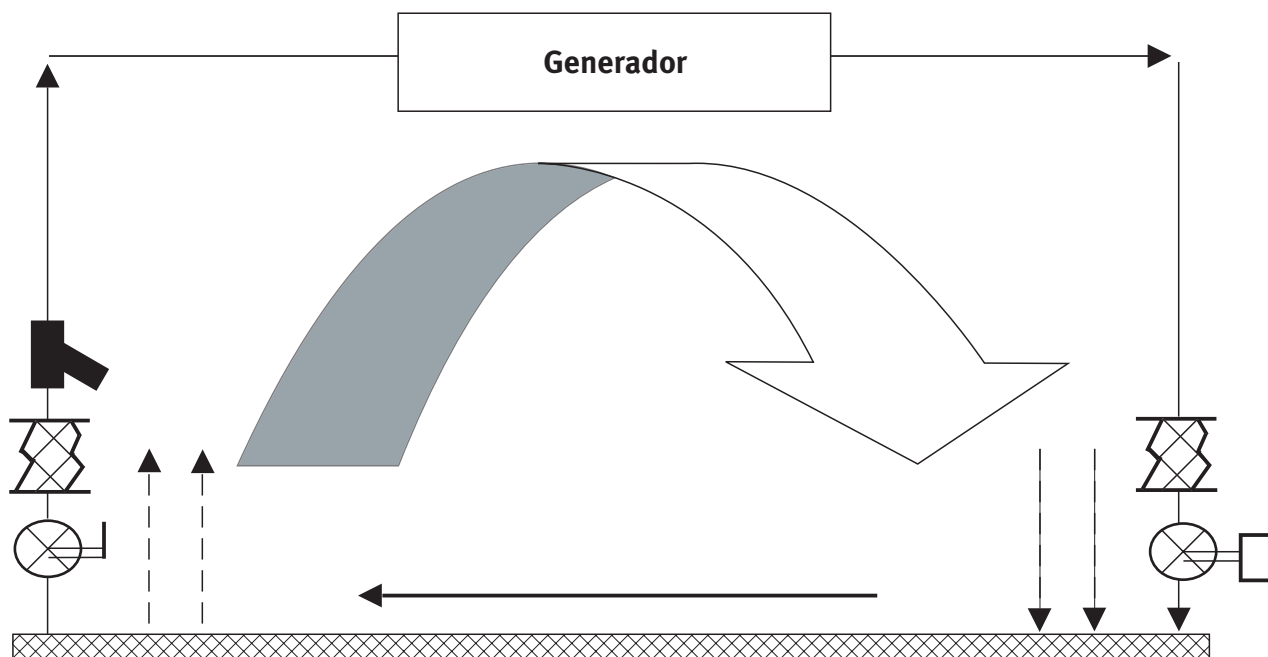


Fig. 23: Circuitos Primarios

El agua circula de un lado al otro del colector a través del generador, según se indica en el esquema; al bajar la temperatura del agua a la salida del equipo bajará la temperatura del agua a la entrada; el generador irá parcializando hasta tanto la temperatura de retorno iguale a la de impulsión y, finalmente, se pare.

Naturalmente podrá diseñarse el número de circuitos primarios que sean necesarios.

El examen del esquema muestra que:

- Los circuitos primarios están hidráulicamente desacoplados entre sí; cada uno de los generadores puede funcionar independientemente del comportamiento de los demás circuitos primarios.
- No es necesario instalar ningún elemento de intercepción, equilibrado o retención en el colector.
- El sentido de flujo del fluido en el colector está indicado en el esquema, de derecha a izquierda.

Se observa que no hay válvulas entre la bomba y el generador o a la salida de éste hacia el colector. No hacen falta, si el circuito es razonablemente corto y, en consecuencia, el contenido de agua es pequeño. Este criterio reduce las pérdidas de presión y el riesgo de averías, además del coste de inversión.

Igualmente, es necesario poner solamente dos elementos antivibradores, que no deben confundirse con esos aparatos que suelen ponerse para compensar las desali-

neaciones entre ejes de dos elementos contiguos que deban ser acoplados.

Para que el circuito primario se ponga en marcha, se debe producir la siguiente secuencia de acontecimientos:

- Arranca la bomba y, simultáneamente, empieza a abrir la válvula motorizada mandada por un contacto procedente de la misma bomba. El tiempo de apertura se controla de manera que no se produzca golpe de ariete. La válvula motorizada sustituye eficazmente la válvula de retención. Un contacto de final de carrera dará una señal eléctrica que se empleará para la secuencia de mando del generador.
- Un presostato diferencial cierra un contacto cuando detecta una caída de presión entre la entrada y salida del generador, es decir, cuando exista circulación de agua en el generador. Cuando la caída de presión del generador sea pequeña (una caldera, por ejemplo), se podrá emplear un interruptor de flujo.
- El generador arrancará sólo cuando haya recibido una señal de consentimiento (un contacto cerrado) del presostato diferencial o del interruptor de flujo y, para mayor seguridad, una señal (o contacto cerrado) de la bomba acoplada al mismo generador y del final de carrera de la válvula motorizada.

Los enclavamientos eléctricos aseguran que nunca podrá entrar en funcionamiento un generador sin circulación de agua. El esquema eléctrico de la figura 24 representa la

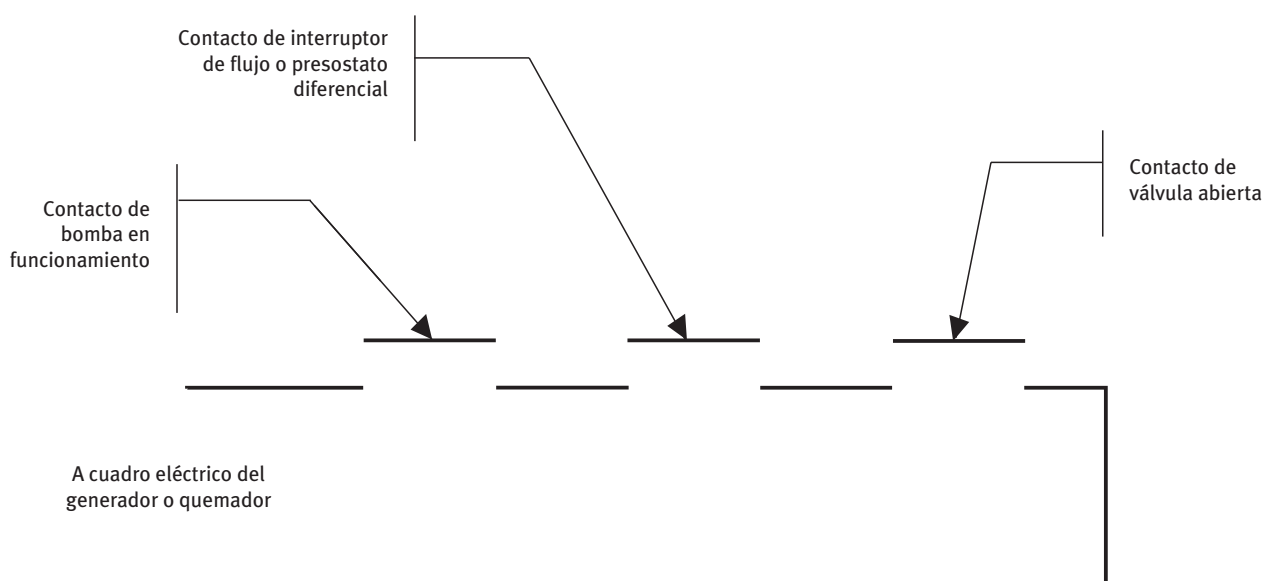


Fig. 24: Enclavamientos eléctricos

alimentación de la bobina de alimentación al cuadro del generador (o quemador, si se trata de una caldera).

Como consecuencia de lo anterior, la válvula de seguridad de un generador de calor sólo actuará cuando fallen los tres contactos de la figura 24. Por tanto, es innecesario exigir que entre un generador de calor y el sistema de expansión no haya válvulas de interrupción.

La parada de un generador tendrá lugar en sentido inverso:

- Se para el generador (o el quemador)
- Se cierra lentamente la válvula motorizada
- Se para la bomba cuando la válvula motorizada está próxima al cierre total

El esquema de la figura 25 representa unos circuitos secundarios conectados a un colector.

Ahora también la puesta en marcha de la bomba de un circuito secundario viene acompañada por la apertura lenta de la correspondiente válvula motorizada.

Naturalmente podrá diseñarse el número de circuitos secundarios que sean necesarios.

Los criterios empleados en la división de los circuitos secundarios son muy importantes cuando se trata de buscar soluciones para la zonificación de sistemas y, por tanto, el ahorro de energía.

El examen del esquema anterior muestra que:

- Todos los circuitos secundarios están hidráulicamente desacoplados entre sí, es decir, pueden funcionar independientemente los unos de los otros.
- No es necesario instalar ningún elemento de interceptación, equilibrado o retención en el tramo del colector denominado equilibrador.
- El sentido de flujo del fluido en el tramo equilibrador está indicado en el esquema y es contrario al que pueda proceder de los generadores (véase esquema anterior).

En los esquemas de las figuras 26, debidamente simplificados para no perder de vista los conceptos que se quieren expresar, se unen, de diferente manera, los circuitos primarios y secundarios (se representa solamente uno) de una central de producción térmica.

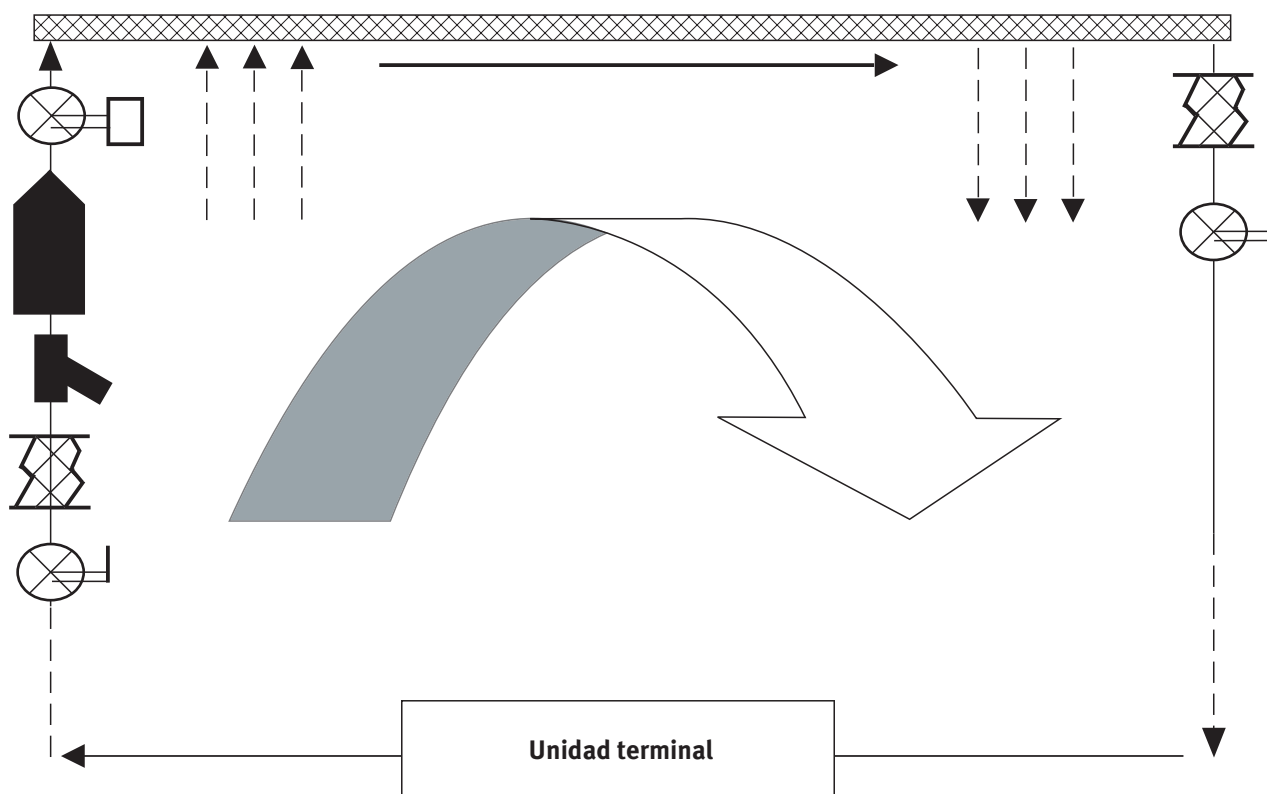


Fig. 25: Circuitos Secundarios

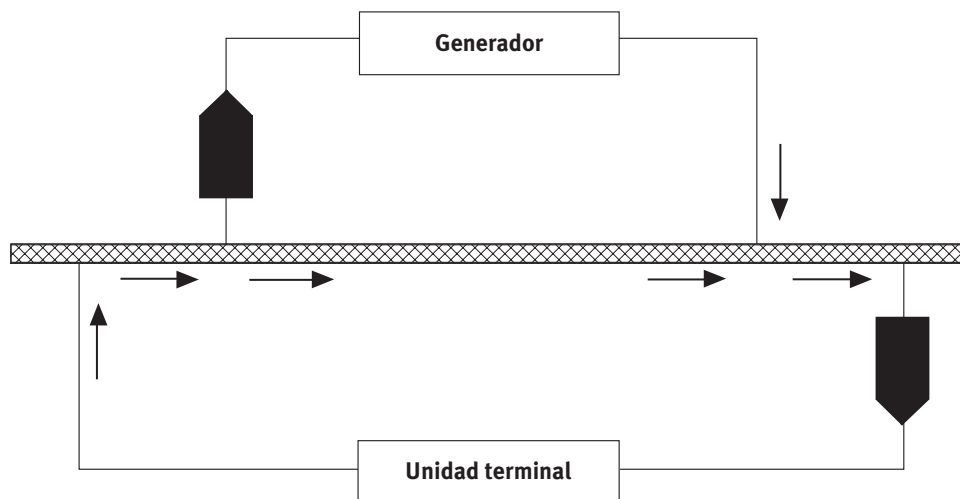


Fig. 26a: Circuitos secundarios con exceso de caudal

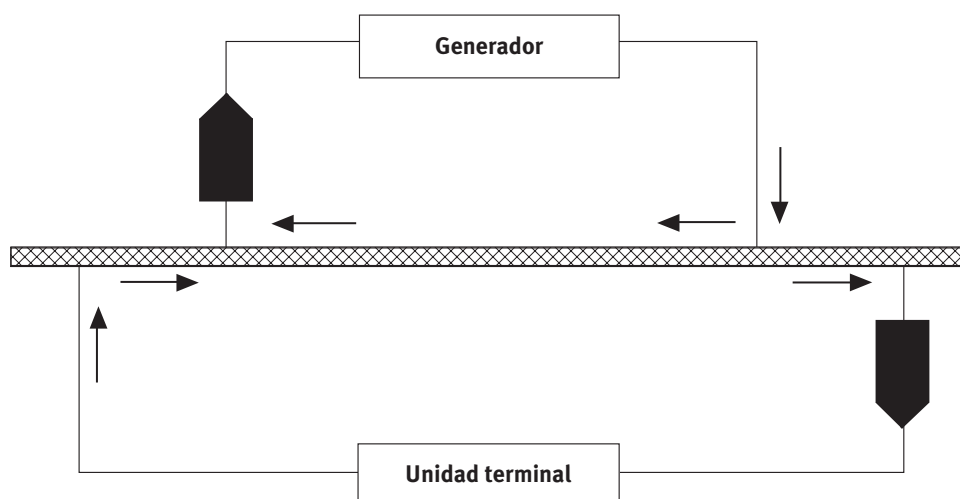


Fig. 26b: Circuitos primarios con exceso de caudal

En el caso de la figura 26a (circuitos secundarios con exceso de caudal) la mezcla de caudales en aspiración de bombas secundarias es perfecta. En la figura 26b (circuitos primarios con exceso de caudal) la mezcla de caudales en aspiración de bombas primarias es imperfecta, porque los

caudales proceden de direcciones opuestas y, por tanto, no se mezclan correctamente.

En las figuras 26c y 26d se conectan los generadores por fuera y los circuitos secundarios por dentro.

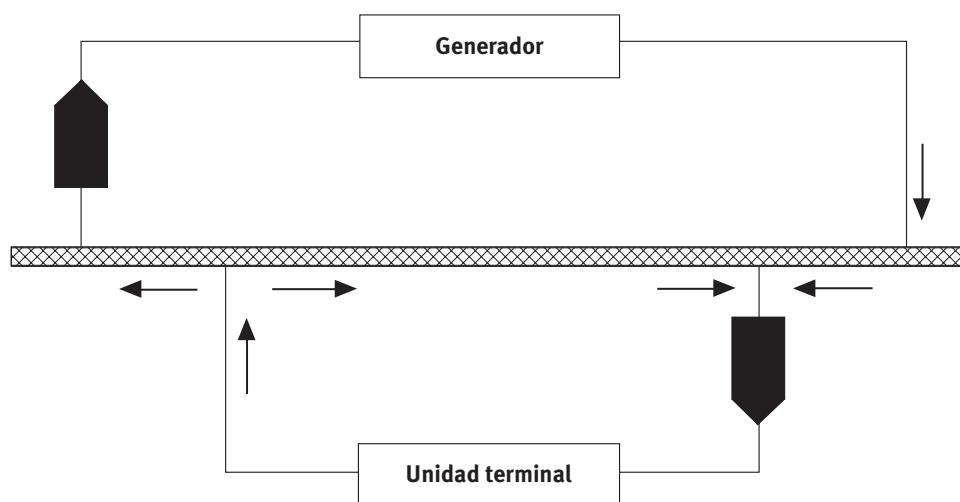


Fig. 26c: Circuitos secundarios con exceso de caudal

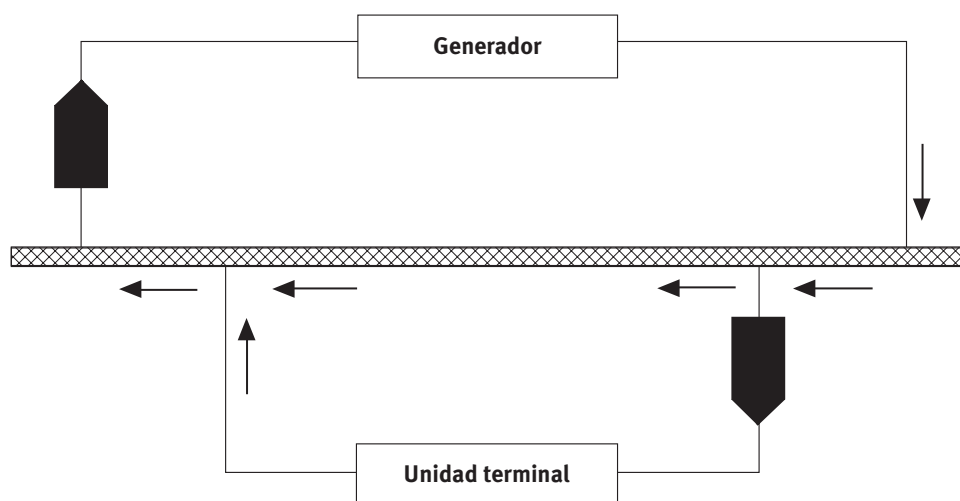


Fig. 26d: Circuitos primarios con exceso de caudal

En el caso de la figura 26c (exceso de caudal en circuitos secundarios), la mezcla en aspiración de bombas secundarias no es perfecta, porque los caudales proceden de dirección opuesta.

En el caso de la figura 26d (exceso de caudal en circuitos primarios), la mezcla en aspiración de bombas primarias es perfecta.



Con el fin de que la mezcla tenga lugar perfectamente tanto en aspiración de bombas primarias como en aspiración de bombas secundarias, las conexiones de los circuitos al colector-equilibrador deben efectuarse como se indica en la figura 27.

Con la disposición anterior se justifica la necesidad de obtener uniformidad de temperatura tanto a la entrada de los generadores como a la entrada de las unidades terminales.

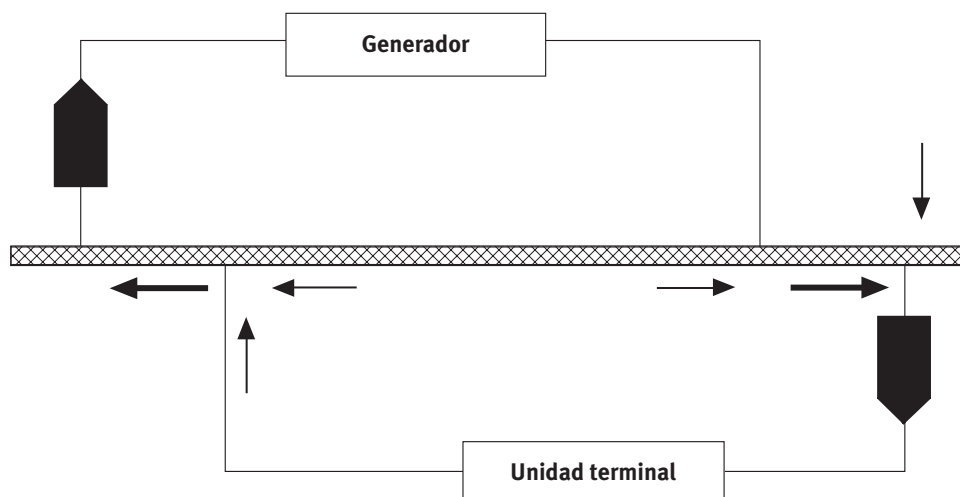


Fig. 27: Conexión de circuitos primarios y secundarios a colector-equilibrador

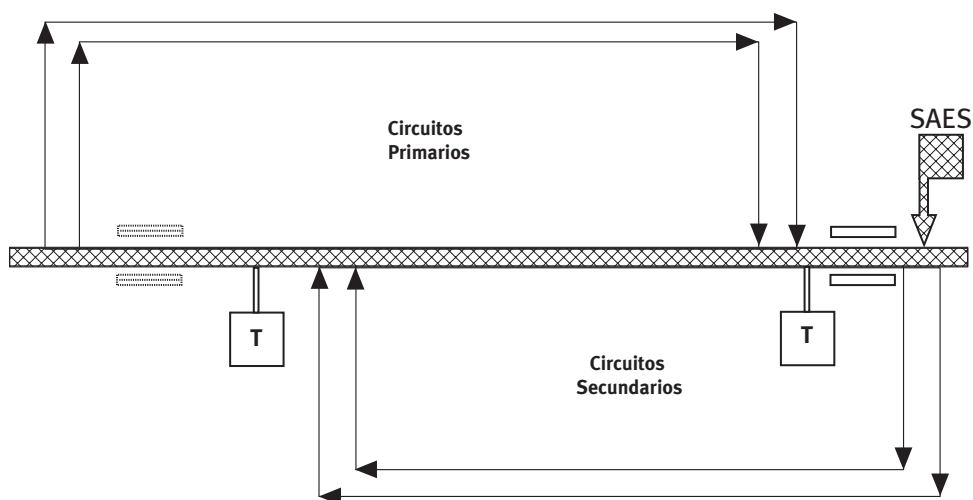


Fig. 28: Colector-equilibrador

La figura 27 puede completarse como se indica en la figura 28.

Nótese que la situación del contador de caudal en la figura 28 (a la derecha) permite medir la potencia demandada; el contador instalado en el tramo de la izquierda (representado con puntos), permite medir la potencia ofertada.

Es evidente que, para regular la potencia suministrada por los generadores, es necesario instalar el medidor de caudal a la derecha de la figura 28 o en ambas posiciones, comparando demanda con oferta.

Para compactar el esquema y ahorrar espacio en sala de máquina, el esquema de la figura 28 se puede dibujar como se indica en la figura 29.

La posición del Sistema de Alimentación, Expansión y Seguridad, indicada en la figura 29, es la más apropiada para determinar la presión de referencia, porque está en aspiración de bombas primarias y secundarias. Un sistema de

generación debe tener solamente una presión de referencia; por tanto, una vez más, no es correcto exigir un vaso de expansión por cada generador de calor.

La parte derecha del esquema “pertenece” a los circuitos secundarios y la izquierda a los primarios, siendo común el tramo horizontal central, es decir, el tramo equilibrador.

La flecha hacia la izquierda en el tramo equilibrador indica que el caudal primario es mayor que el secundario (oferta mayor que demanda); la flecha hacia la derecha indica un exceso de caudal secundario (demanda mayor que oferta).

Cuando la demanda térmica varíe, los generadores podrán modular en secuencia o en paralelo, dependiendo del tipo de generador.

Cuando la suma de los caudales de agua en los circuitos secundarios sea mayor que la suma de los caudales de agua en los circuitos primarios, se producirá una mezcla

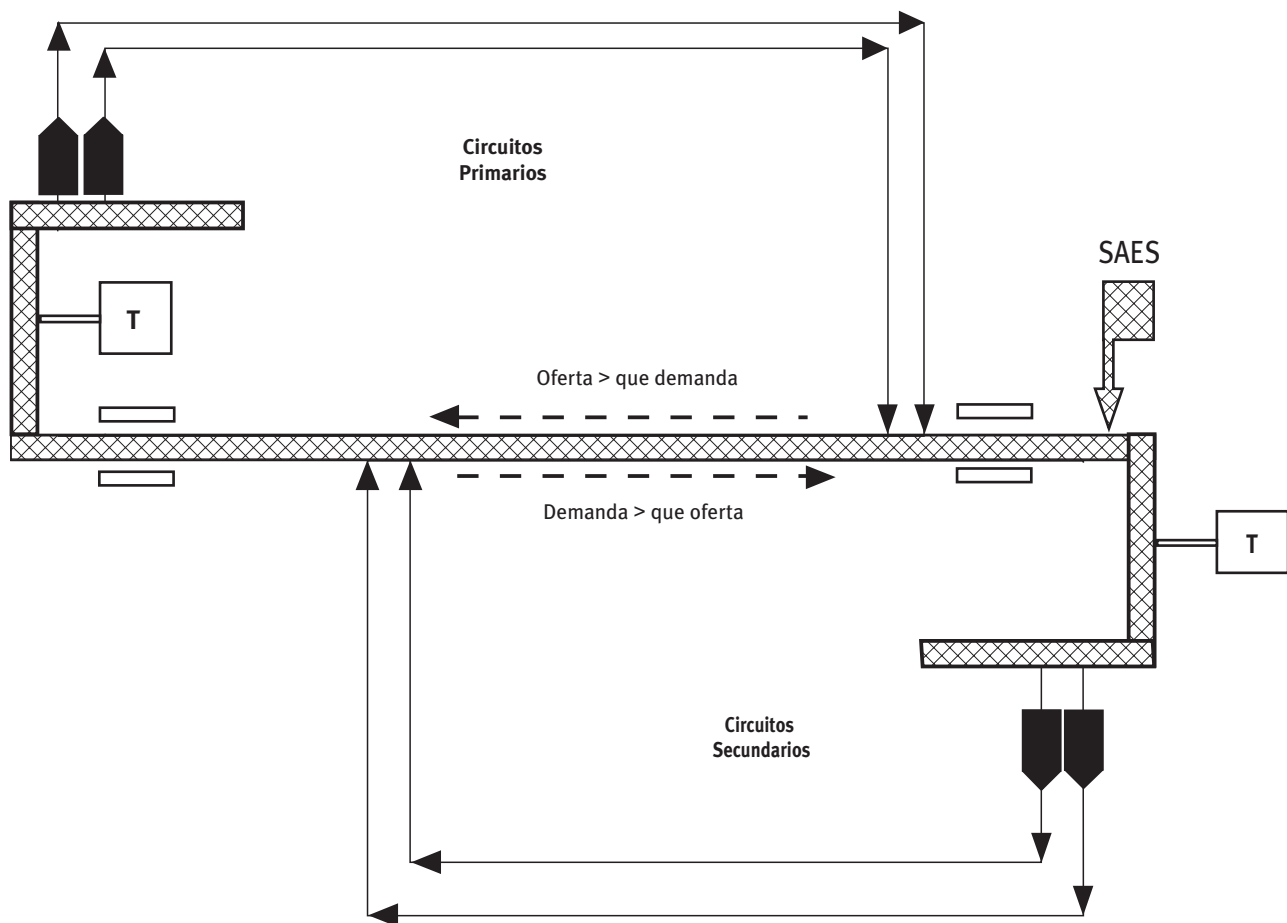


Fig. 29: Esquema general de una central

de agua en la aspiración de las bombas a las unidades terminales que provocará que la temperatura en impulsión sea menor en el caso de centrales de calor y mayor en el caso de centrales de frío. Esta situación puede darse solamente en dos casos:

- Durante los períodos de arranque de la instalación, cuando la demanda de energía sea mayor que la oferta
- Cuando la demanda de energía sea mayor que la que puede producir la central, debido a un fallo de proyecto o bien a un fallo en el manejo del sistema que no respete la simultaneidad de servicio establecida en proyecto

El nivel térmico del fluido en los circuitos secundarios será mayor, en verano, o menor, en invierno, de lo que es en régimen normal. Se deberán evaluar las consecuencias de este hecho sobre el funcionamiento de los generadores en lo que se refiere a la temperatura del agua de retorno: alta en verano para las máquinas frigoríficas y baja en invierno para los generadores de calor.

Se deberá consultar al fabricante del equipo para conocer los límites de funcionamiento.

De todo lo anterior se comprende porque no se debe poner ningún elemento de interceptación o de retención en el tramo equilibrador de un colector.

El colector-equilibrador de la figura 29 se representa en forma más esquemática pero más completa en la figura 30.

Para medir la demanda de potencia de los circuitos secundarios y la oferta de potencia de los circuitos primarios es necesario completar el colector de la forma indicada en la figura 30.

Las sondas de temperatura miden las temperaturas medias de impulsión y retorno de los circuitos primarios y secundarios. El salto de temperatura correspondiente multiplicado por el caudal volumétrico del fluido portador y su calor específico dará la medida exacta de la potencia demandada u ofertada.

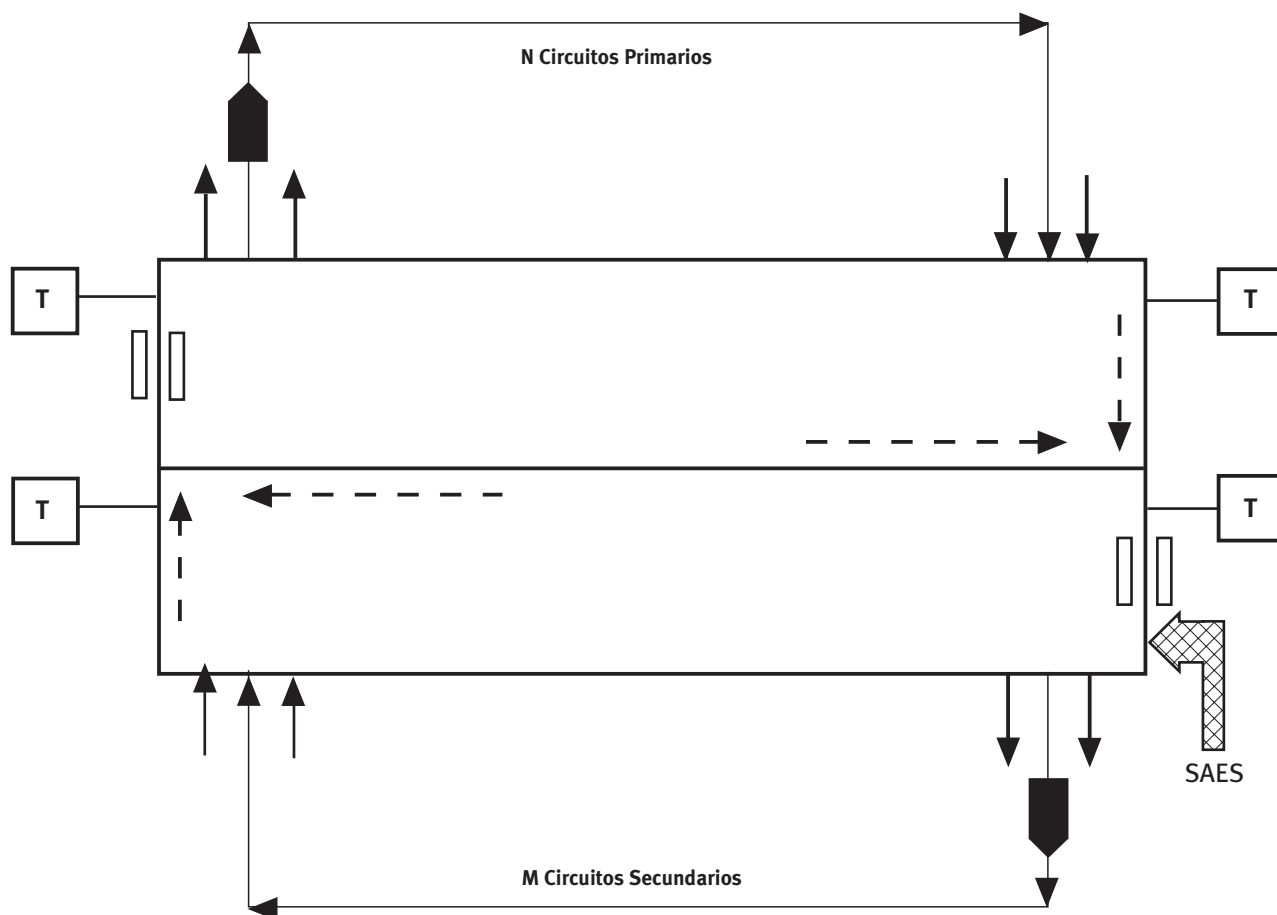


Fig. 30: Esquema simplificado y completado

La medición de las dos potencias servirá para adecuar la oferta a la demanda con el sistema de control, por escalones o con continuidad.

El equilibrio entre demanda y oferta se hará de diferentes maneras según los sistemas de distribución del fluido portador sean de caudal constante o variable.

1 caso: circuitos primarios de CC y circuitos secundarios de CC

La temperatura de retorno varía con la carga térmica; sólo queda constante la temperatura en salida de las máquinas.

1.1 Cuando el caudal primario sea mayor que el secundario (diferencia de los dos contadores de agua), la “oferta” es mayor que la “demanda”. Parte del caudal primario se desvía hacia el retorno; al mezclarse con el agua que retorna de los usuarios disminuye la temperatura de retorno a las máquinas y éstas disminuyen la producción frigorífica. La estrategia de parcialización de las máquinas estará a cargo del sistema de control, dependiendo del tipo de máquina frigorífica.

1.2 Cuando el caudal secundario sea mayor que el primario (diferencia de los dos contadores de agua), la “demanda” es mayor que la “oferta”. Parte del caudal secundario se desvía hacia la aspiración de las bombas secundarias, aumenta el nivel térmico del agua a los usuarios, la temperatura de retorno a las máquinas aumenta y éstas aumentan la producción frigorífica.

2 caso: circuitos primarios de CV y circuitos secundarios de CV

Las temperaturas quedan constantes al variar la carga térmica. Al variar la demanda varían los caudales secundarios y, en consecuencia y en el mismo sentido, varían los caudales primarios.

Cuando se alcance el caudal mínimo (determinado por el fabricante) de una máquina, ésta se parará y aumentará el caudal de las otras máquinas; y viceversa. La estrategia de funcionamiento de las plantas enfriadoras se determinará en función del tipo.

3 caso: circuitos primarios de CC y circuitos secundarios de CV

Las temperaturas de impulsión y retorno del agua en circulación en los circuitos secundarios quedan constantes.

Al disminuir la demanda disminuye la temperatura del agua de retorno a las máquinas porque se mezcla con agua de impulsión; las máquinas parcializan (la estrategia depende del tipo de máquinas). Al aumentar la demanda aumenta el nivel térmico del agua de los circuitos secundarios y, por tanto, aumentará también la temperatura de entrada a las plantas enfriadoras; éstas entregarán más potencia.

4 caso: circuitos primarios de CV y circuitos secundarios de CC

Este caso no tiene sentido.

Es fácil extender estas consideraciones al caso de producción de calor y, también, al caso de enfriamiento de condensadores.

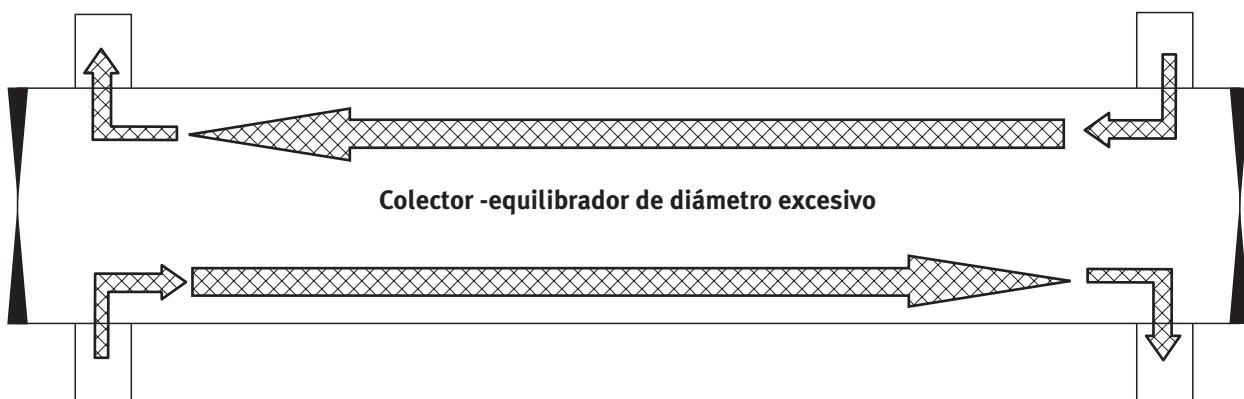


Fig. 31: Vías preferenciales de agua en el interior de un colector

No se pueden dar reglas para el dimensionamiento del diámetro del colector.

El diámetro no puede ser demasiado pequeño porque conviene que cualquier punto del colector-equilibrador esté, dentro de un margen relativamente modesto, a la misma presión fijada en el vaso de expansión (presión de referencia).

Por otra parte, el diámetro no puede ser demasiado grande para no crear, en su interior, vías preferentes de agua, como se muestra en la figura 31 de la página anterior.

Colectores de gran diámetro (botellas) sólo se emplean

en acoplamiento a calderas de bajo contenido de agua (véase Comentarios al RITE de 1998, figura 02.6.5, página 135 editados por los Ministerios de Fomento e Industria y Energía, IDAE y ATECYR).

Sistema de acumulación

En el tramo equilibrador de la figura 32 se representa una posible posición para el sistema de acumulación de energía térmica, con equipos de caudal variable. En este caso, sería necesario instalar un by-pass con las correspondientes válvulas de corte (no representado en la figura).

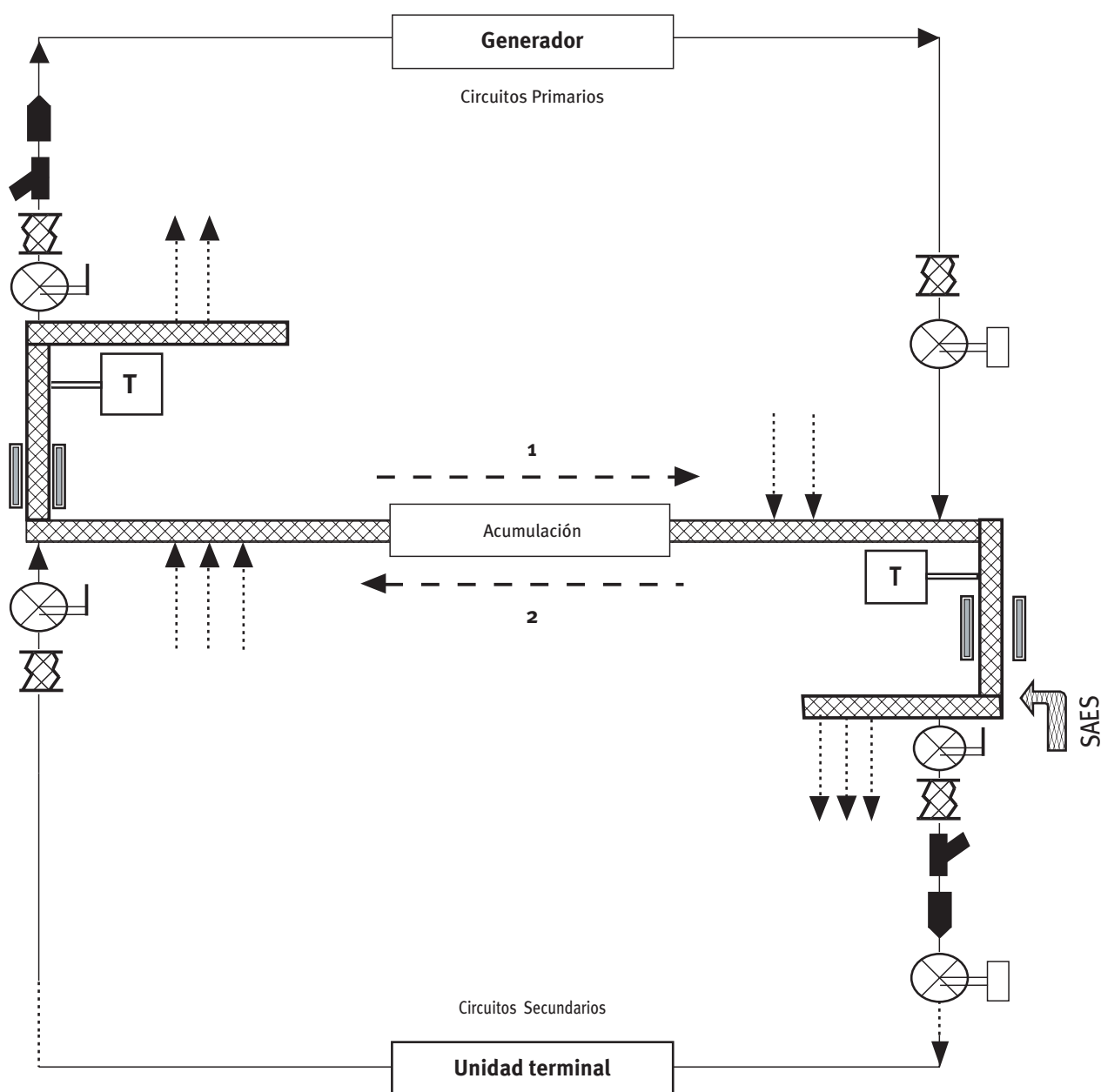
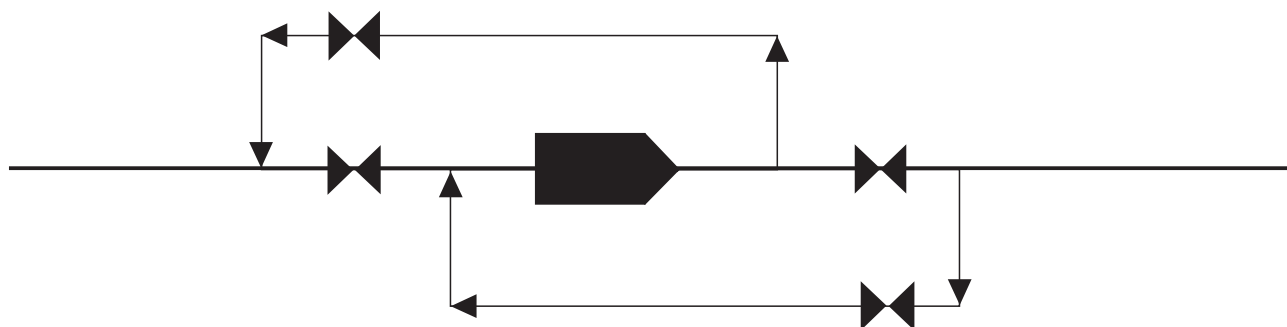


Fig. 32: Colector-equilibrador

Cuando aumente la demanda, el correspondiente aumento del caudal secundario pasará a través del tramo equilibrador y se traducirá en un aumento de la potencia suministrada.

El sistema de acumulación de energía térmica podrá asumir otras configuraciones; entre ellas, una, muy válida también, que lo sitúa en paralelo a los generadores durante el período de descarga y, por supuesto, en serie durante el período de carga.

En este caso se necesita una bomba de circulación, que debe invertir el sentido de flujo según se trate de carga o descarga; el esquema de las conexiones, en el que todas las válvulas son automáticas, está representado en el siguiente esquema:



El sistema de acumulación será muy utilizado en el futuro inmediato con el fin de almacenar la energía térmica procedente de sistemas de paneles solares térmicos y de plantas de cogeneración, en forma de agua caliente, agua refrigerada, hielo o materiales de cambio de fase MCF.

En el caso de emplear agua se deben evitar, en lo posible, los movimientos convectivos. Para ello, los depósitos acumuladores deben complementarse con difusores de agua, tanto en la inmisión como en la aspiración, para mantener una buena estratificación (las funciones de carga y descarga se alternan en los difusores, según se esté cargando o descargando el sistema de almacenamiento). El cálculo de los difusores debe hacerse con programas especializados.

La alternativa a los depósitos acumuladores de agua es la de emplear tubos de gran diámetro puestos en serie, siempre que, en caso de almacenar calor, se evite la instalación de tramos horizontales, porque la estratificación vertical, en este caso, es contraproducente.

En todos los casos, cuando sea el agua el elemento de almacenamiento, se necesitan grandes volúmenes y

fuertes espesores de aislamiento para reducir al mínimo las pérdidas por disponibilidad de servicio.

Por otra parte, el agua tiene grandes ventajas sobre el hielo o los materiales de cambio de fase. Entre otras, se debe mencionar que la potencia que puede recibir o descargar está limitada sólo por equipos ajenos al sistema de almacenamiento, es decir, las bombas.

Por el contrario, con hielo y MCF, la superficie de intercambio adquiere gran importancia, tanto durante el período de carga (normalmente unas 12 horas), como, sobre todo, durante el período de descarga (normalmente, unas 4 horas).

Sistema de Alimentación, Expansión y Seguridad

El Sistema de Alimentación, Expansión y Seguridad (SAES) se instalará en un punto cualquiera del colector, preferentemente donde está indicado en el esquema de la figura 30.

El punto de conexión del vaso de expansión representa la “única” presión de referencia del circuito. Esta presión deberá ser suficiente para que, en el punto más elevado del circuito y, por tanto, en todos los puntos, exista una presión siempre mayor que la presión atmosférica, con el fin de evitar la entrada de aire en el circuito. La presión relativa mínima, en el punto más elevado del circuito, deberá ser de 0,2 a 0,3 bar (2 a 3 m de columna de agua), por lo menos.

El esquema de la figura 33 (página siguiente) muestra el diagrama de presiones en un circuito cerrado.

Como se ha dicho, nunca se debe instalar más de un sistema de expansión en un circuito hidráulico, porque en él debe existir solamente una presión de referencia. Ni siquiera está justificado por razones de seguridad, como se ha visto en la figura 24 y se verá más adelante.

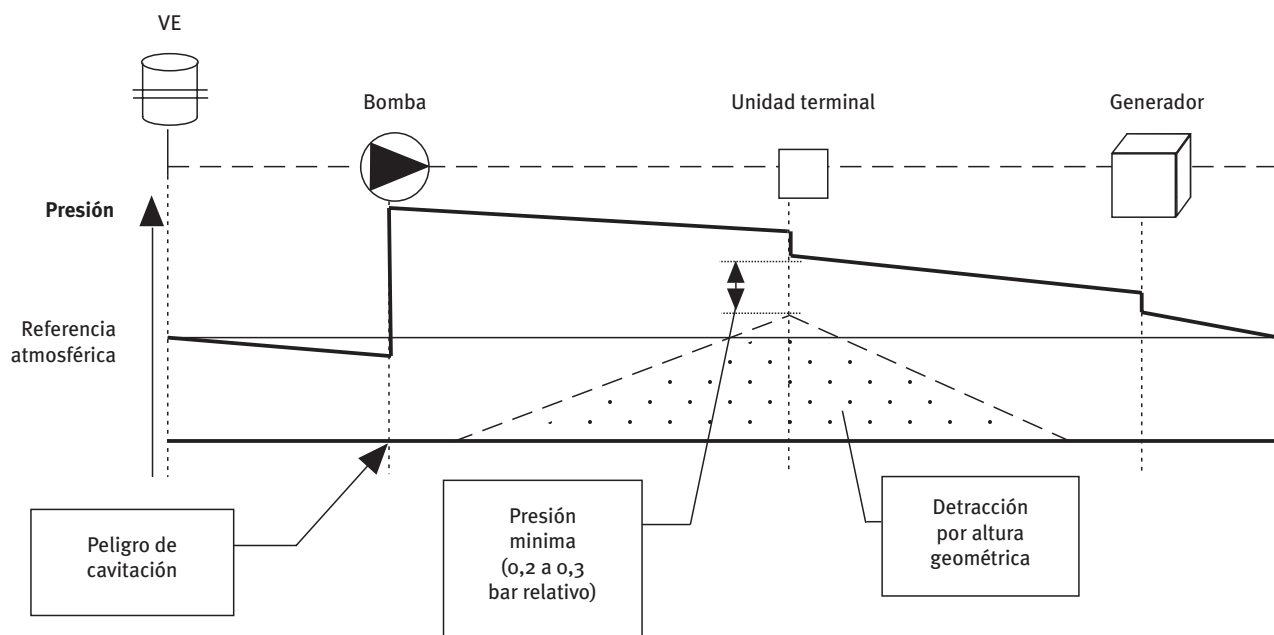


Fig. 33: Diagrama de presiones en un circuito cerrado

El esquema de un sistema SAES es el de la figura 34.

Los componentes, desde la red pública hasta el circuito, son los siguientes:

- Válvula de corte (preferentemente de esfera)
- Filtro de partículas
- Manómetro o sonda de presión (presión de la red pública)
- Válvula reductora de presión (en su caso, pero casi siempre necesaria)
- Contador de agua C
- Desconector D automático
- Válvula de llenado rápido en paralelo a contador y desconector
- Manómetro o sonda de presión (presión del circuito)

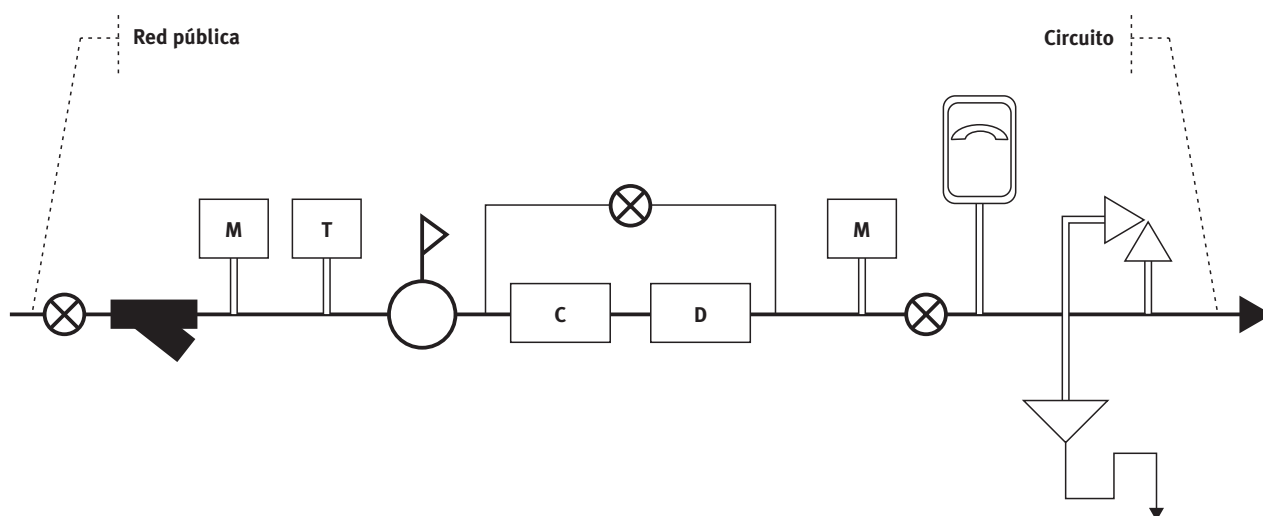


Fig. 34: Esquema de un SAES

- Válvula de corte (preferentemente de esfera)
- Vasos de expansión
- Válvula de seguridad con descarga vista

Se pueden instalar válvulas de corte entre el SAES y cualquier tipo de generador de calor porque éste tiene sus propias válvulas de seguridad que actuarían en caso de subida brusca de la presión (véase más adelante).

Un desconector o sistema de desconexión tiene las siguientes funciones:

- Impedir que, en caso de disminución o falta de presión en la red pública, el agua del circuito pueda retroceder y, por tanto, contaminar el agua de la red pública (los productos que se añaden al agua de un circuito para controlar la corrosión son generalmente tóxicos)
- Permitir el llenado automático del circuito en caso de pérdidas

En el mercado existen aparatos automáticos, denominados “desconectores”, que cumplen con todas esas funciones. Los desconectores responderán a los requisitos marcados en la norma UNE-EN 1717.

El sistema de desconexión debe estar siempre protegido por un filtro, que ayudará a mantener limpios los asientos de los elementos que forman parte del conjunto de reposición. Si la presión de la red es fluctuante, se deberá instalar, además, aguas arriba del desconector, una válvula reductora de presión.

La reposición de agua debe ser controlada de forma continua mediante un contador (instalado entre la válvula reductora y el desconector), con el fin de medir el consumo y, por tanto, controlar la introducción de los componentes disueltos en la misma (oxígeno y sales, fundamentalmente), que tienen efectos dañinos sobre los componentes del circuito.

A este propósito cabe recordar que el empleo de bombas con cierre mecánico evita las pérdidas por goteo que, inevitablemente, tienen las bombas con cierre por prensaestopas. En general, cualquier medida que asegure el circuito contra fugas de agua será una medida que alargará la vida útil de los componentes del circuito al eliminar la entrada de agua nueva y, por tanto, de materias contaminantes y de aire disuelto.

El desconector no puede ser sustituido por válvulas de retención, ni siquiera cuando se pongan dos o más en serie. El desconector representa la única manera de evitar el contacto entre agua de la red pública y el agua de un circuito térmico; su instalación es de obligado cumplimiento.

Se hace notar, nuevamente, que entre el sistema de expansión y cada uno de los generadores existe un elemento de corte de la circulación de agua.

En el croquis de la figura 35 se representa el caso de una central de producción de calor, el más crítico. En la acometida eléctrica del circuito de mando al quemador estarán los contactos de la válvula motorizada (VM; directo o fin de carrera), la bomba primaria (BP) y, eventualmente, el interruptor de flujo (IF; o presostato diferencial PD).

Después de un cierre, voluntario o accidental, de la válvula de corte VM, que puede ser manual o motorizada, la secuencia de funcionamiento de los elementos es la siguiente.

Si la bomba primaria BP se para, se cortaría la alimentación eléctrica al quemador por enclavamiento directo y por el interruptor de flujo IF o presostato diferencial PD, además del contacto VM.

Si no hay circulación de agua por obstrucción de la tubería o por cierre de una válvula manual, estando la bomba en funcionamiento, el interruptor de flujo IF o el presostato diferencial PD cortarían la alimentación al quemador.

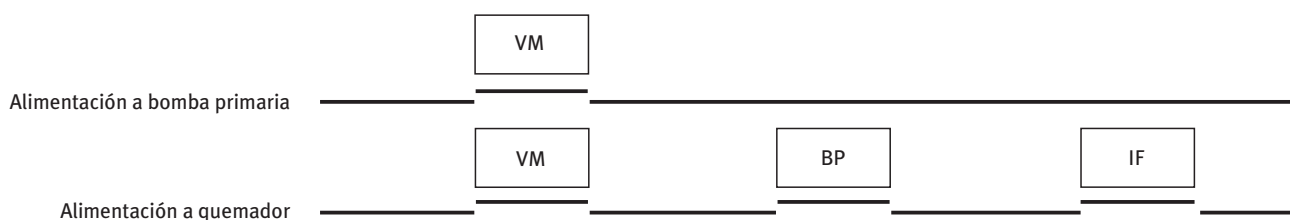


Fig. 35: Enclavamientos eléctricos

Si la válvula de corte estuviera cerrada, el contacto VM no permitiría el funcionamiento de la bomba y del quemador.

Si, a pesar de todos estos enclavamientos eléctricos, el quemador siguiera funcionando, intervendría la válvula de seguridad del generador (seguridad mecánica).

El vaso de expansión tendrá, en la gran mayoría de los casos, una membrana de separación entre el fluido portador y el aire o el nitrógeno.

También pueden emplearse, en grandes sistemas, sistema de expansión con desplazamiento de aire (descarga a la atmósfera y carga con compresor).

Sin embargo, cuando se trata de instalaciones con muy grandes volúmenes de agua, será necesario adoptar un sistema de expansión con desplazamiento de masa de agua de la red a unos tanques, en caso de expansión, o de unos tanques a la red, en caso de contracción.

El esquema de un sistema de expansión de este tipo se indica en la figura 36.

Se recuerda que la descarga de agua en un depósito de agua debe tener lugar siempre por debajo del nivel mínimo de agua MIN en el depósito, con el fin de reducir la mezcla entre aire y agua.

El volumen de fluido contenido entre las líneas MAX y MIN es el volumen máximo de expansión del sistema.

La superficie de contacto del fluido con el aire (los depósitos de la figura 36 están tapados, evidentemente) puede ser eliminada mediante el empleo de un aceite que cubra la superficie.

El control de la presión en el punto de referencia, con una tolerancia muy baja, se hará mediante sonda de presión que actuará sobre la válvula o sobre el grupo de presión, según se deba disminuir o aumentar la presión del circuito.

La reposición de agua se hará mediante sonda de nivel que actúa sobre una válvula en la acometida de agua de la red. En este caso, para evitar el temido retroceso de agua, la tubería de acometida quedará por encima del nivel máximo de agua en los depósitos.

Equipos de bombeo

Si se considera oportuno instalar una bomba primaria de reserva, se instalará un colector en descarga de las bombas (y otro en aspiración, si fuera necesario).

También las bombas secundarias pueden emparejarse cada una con una o más bombas de reserva, si se desea.

El esquema para $n+1$ bombas con conexiones al circuito está indicado en la figura 37, en el que se resalta la manera de cómo se deben hacer las conexiones a los colectores.

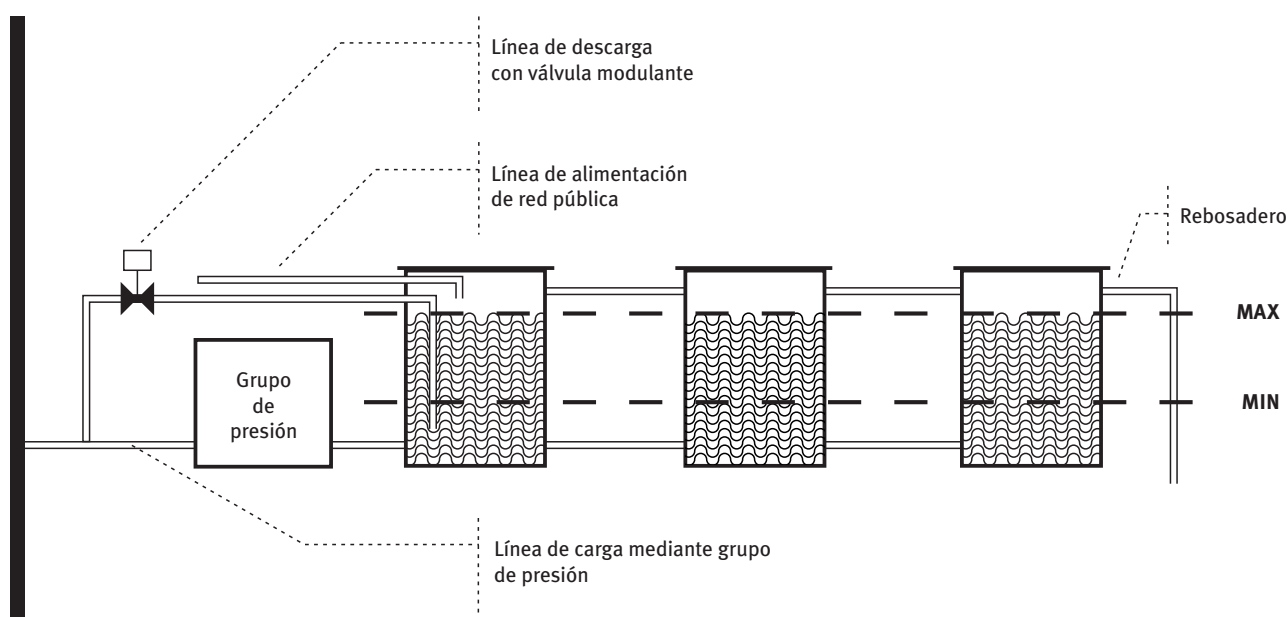


Fig. 36: Vaso de expansión abierto con desplazamiento de agua

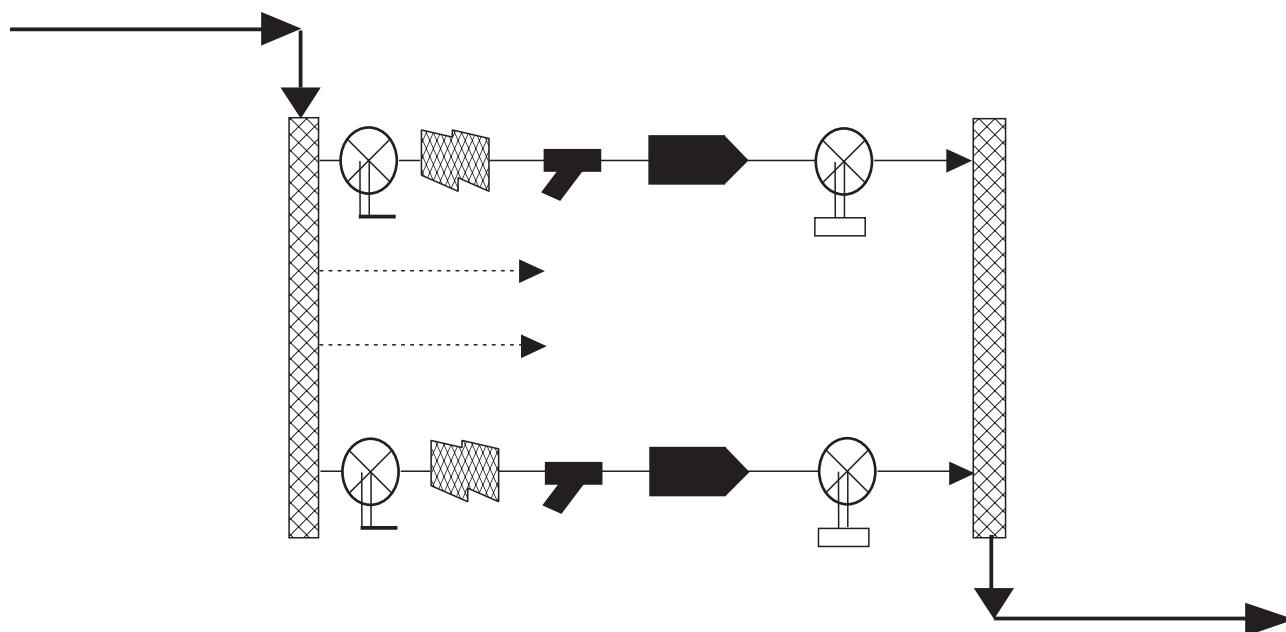


Fig. 37: Bombas en paralelo

Si los circuitos secundarios no funcionan, la temperatura del agua de retorno a los generadores tiende a igualar a la de impulsión y los generadores, de la manera adecuada, irán parcializando la producción de energía. Simultáneamente, las bombas primarias podrán reducir el caudal de forma proporcional, hasta alcanzar el mínimo impuesto por el fabricante del generador o de la bomba, el mayor entre los dos.

Si no funcionan los circuitos primarios pero sí los circuitos secundarios, el agua circulará en el tramo equilibrador en sentido inverso al del caso anterior.

Por tanto, en el tramo equilibrador no se deberá instalar ninguna válvula de cierre ni de retención; el agua debe circular siempre, en un sentido u otro, como se ha dicho.

Únicamente no existirá circulación de agua en los momentos en que haya un equilibrio perfecto entre los caudales de los circuitos primarios y los caudales de los circuitos secundarios, lo que se da solamente cuando los circuitos primarios y secundarios son de caudal variable.

Al ponerse en marcha o pararse cualquiera de los circuitos secundarios o de los circuitos primarios, el agua fluirá por el tramo equilibrador y permitirá que el sistema de control intervenga en el sentido oportuno para buscar el equilibrio.

Es necesario mencionar también que no deben ponerse válvulas de equilibrado en descarga de bombas porque

éstas representan una pérdida intolerable de presión; la misma función la ejerce el rodete de la bomba. Cuando la bomba no suministre el caudal esperado, pueden darse dos casos:

- El caudal es en exceso. Si la diferencia es pequeña se podrá mantener ese exceso, aún cuando suponga que la bomba consuma un poco más de energía, o se podrá actuar oportunamente sobre el VFD (variador de frecuencia). Si el exceso de caudal es grande, significa que ha tenido lugar un error de diseño y, por tanto, habrá que cambiar el rodete (perdiendo algo de rendimiento) o, mejor, la misma bomba.
- El caudal es en defecto. En este caso, evidentemente, la válvula de equilibrado no sirve de nada. Ha tenido lugar un error de diseño y, por tanto, habrá que cambiar la bomba o, a veces, solamente el rodete (ganando algo de rendimiento).

Se examinan a continuación los cuatro casos que pueden presentarse relativos a los caudales de agua en los circuitos primarios y secundarios, recordando que al variar la potencia, demandada o suministrada, variará la temperatura en los circuitos de caudal constante y el caudal en los circuitos de caudal variable.

La variación de caudal en los equipos generadores, es decir, en el circuito primario, deberá quedar siempre dentro de los límites fijados por el fabricante de los mismos.

Bombas primarias de caudal constante y bombas secundarias de caudal constante

La suma de los caudales de agua de los circuitos secundarios que funcionen simultáneamente debería ser igual a la suma de los caudales de los circuitos primarios. Esto es muy difícil que se consiga, dado que la demanda nunca será igual a la oferta.

Cuando la carga térmica disminuya, variará la temperatura del agua de retorno de los circuitos secundarios (disminuirá en el caso de una central de generación de frío y aumentará en el caso de una central de producción de calor). El sistema de control reaccionará parcializando la entrega de energía por parte de los generadores.

Si hay una diferencia entre los caudales primarios y secundarios, pueden darse dos casos:

- El caudal primario es mayor que el secundario: falta poner en funcionamiento algún circuito secundario, es necesario parar un generador o hay un error de cálculo de caudales
- El caudal primario es menor que el secundario: falta poner en funcionamiento un generador, es

necesario parar algún circuito secundario o hay un error de cálculo de caudales

En ambos casos, el fluido portador circula perfectamente en todos los circuitos.

Este sistema es comúnmente empleado para centrales de tamaño pequeño, hasta una potencia térmica de algunos centenares de kilovatios.

Bombas primarias de caudal constante y bombas secundarias de caudal variable

Cuando disminuye la demanda térmica disminuye también el caudal de agua en circulación en los circuitos secundarios.

El exceso de caudal de los circuitos primarios retornará a los generadores mezclándose con el retorno de los circuitos secundarios; la consecuente variación de temperatura será la señal para que el sistema de control actúe parcializando los generadores.

Viceversa: cuando la demanda aumente, aumentará también el caudal secundario; la variación de la temperatura

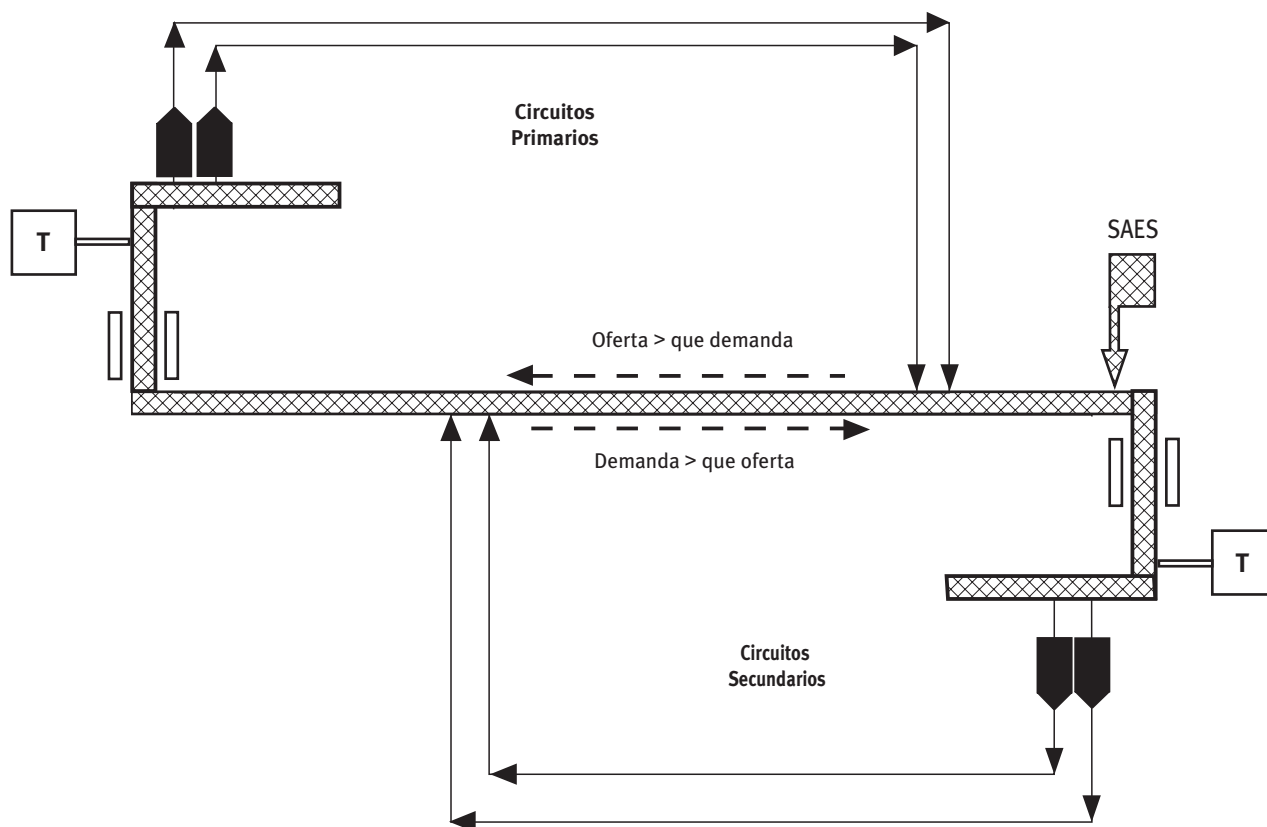


Fig. 38: Caudal en el tramo equilibrador

del fluido portador en el retorno de los generadores hará que éstos aumenten el suministro de energía térmica.

Este sistema se emplea en centrales de producción térmica de tamaño mediano a grande, hasta unos miles de kilovatios.

Bombas primarias de caudal variable y bombas secundarias de caudal constante

Este sistema no se emplea nunca, porque no permite que se ahorre energía en los circuitos que más energía de transporte demandan.

Bombas primarias de caudal variable y bombas secundarias de caudal variable

Los caudales primarios y secundarios son siempre iguales, dentro de los límites marcados por el fabricante de los generadores y de las bombas. La desigualdad instantánea de caudales hará reaccionar el sistema aumentando o disminuyendo el suministro de energía térmica, como se indica a continuación.

Al variar la carga térmica varía el caudal secundario, induciendo un caudal en el tramo equilibrador, según se indica en el esquema de la figura 38 (página anterior).

Si la demanda es mayor que la oferta se provoca un aumento del caudal primario y, en consecuencia, un aumento de la potencia suministrada por los generadores hasta equilibrarse con la demanda.

Si la oferta es mayor que la demanda se provoca una disminución del caudal primario (siempre dentro de los límites impuestos por el fabricante) y, en consecuencia, una disminución de la potencia suministrada por los generadores.

Este sistema se emplea en centrales de producción de tamaño grande y muy grande y representa, seguramente, el futuro de las centrales de producción de frío.

En definitiva, el sistema propuesto presenta una gran flexibilidad, tanto para su funcionamiento, como para los cambios que puedan presentarse en el futuro.

El empleo del VFD (*Variable Frequency Driver*, variador de frecuencia o “inverter”) en la alimentación de los motores de las bombas contribuirá, de forma significativa, a la disminución del consumo de energía y, también, al aumento de la vida útil de las mismas. El VFD podrá servir también, como se ha visto antes, para corregir las condiciones de funcionamiento de una bomba en caso de un pequeño error de diseño.

Se debe indicar que el empleo de circuitos primarios y secundarios no tiene sentido en pequeñas instalaciones de pocas decenas de kilovatios de potencia.

En las figuras 39 (a, b y c), se indican los esquemas más comúnmente empleados para los circuitos de las unidades terminales (o circuitos terciarios), obviando representar, por simplicidad, válvulas de equilibrado e instrumentos de control y medida.

- Caudal constante en circuito secundario y variable en unidad terminal

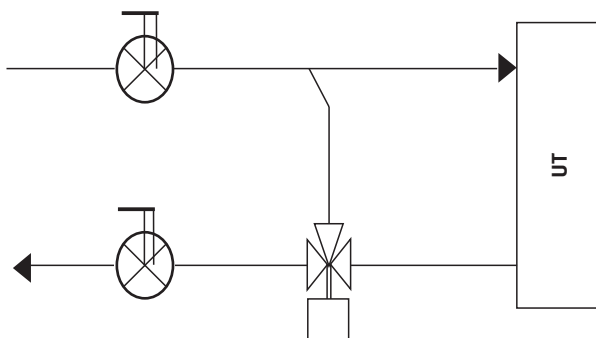


Fig. 39a

- Caudal variable en circuito secundario y en unidad terminal

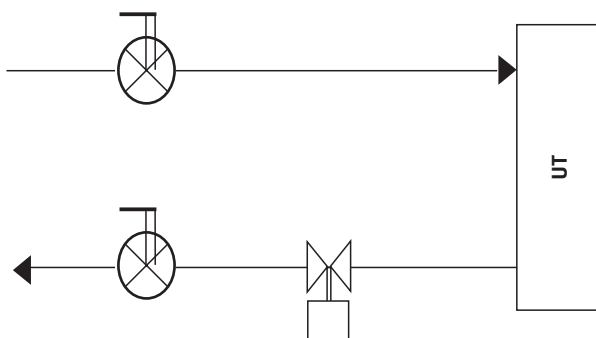


Fig. 39b

- Caudal variable en circuito secundario y constante en unidad terminal

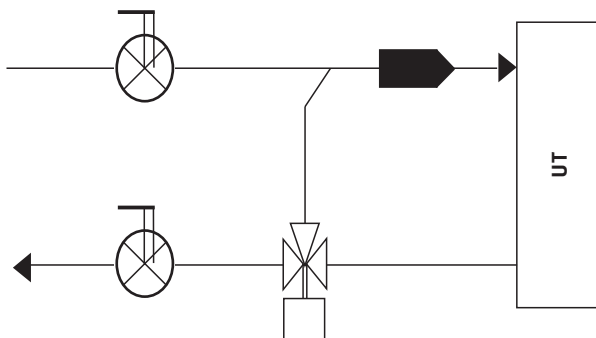


Fig. 39c

Nota: las válvulas de tres vías representadas son del tipo a mezcla

Cuando el circuito secundario sea de caudal variable habrá que instalar un presostato diferencial en un lugar adecuado del sistema con el fin de mantener constante la presión en el punto más desfavorecido.

Además, habrá que mantener un caudal mínimo en la bomba con el fin de permitir su enfriamiento. El caudal, indicado por el fabricante de la bomba, se obtendrá poniendo válvulas de bypass en los puntos extremos del circuito.

De nuevo se menciona que las tuberías de acometida a un grupo de bombeo, cuando esté formado por más de dos bombas, se deben conectar, convenientemente, en los extremos de los colectores de aspiración e impulsión, como se muestra en el esquema de la figura 40. El circuito queda perfectamente equilibrado.

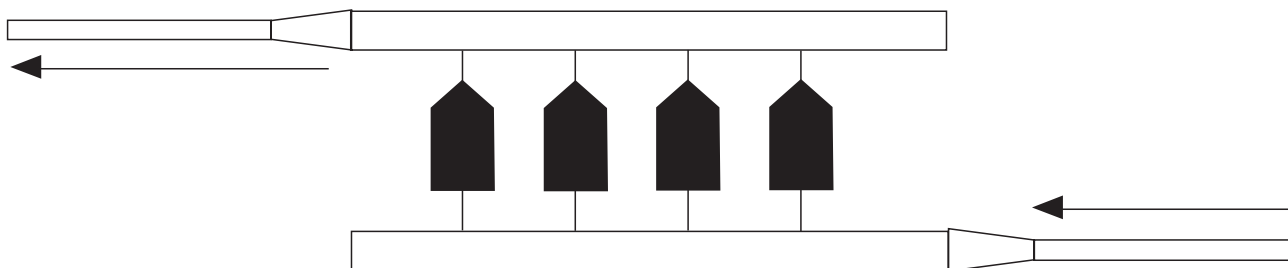


Fig. 40: Conexión de bombas en paralelo

Centrales urbanas

Las centrales de producción de calor y frío para distritos, barrios o grandes complejos urbanísticos empiezan a ser tomadas en consideración en España, a semejanza de lo que se acostumbra hacer desde hace decenios en Europa del Norte y del Este, en América del Norte y en Australia.

El fluido portador, normalmente agua, se transporta en tuberías preaisladas enterradas directamente en el terreno. Las pérdidas o ganancias de calor a lo largo del recorrido son muy pequeñas comparadas con la potencia o energía transportada. Lo mismo puede afirmarse para las pérdidas por disponibilidad de servicio.

Las normas relacionadas con las tuberías preaisladas son las siguientes: UNE-EN 253, UNE-EN 488, UNE-EN 489 y UNE-EN 13941.

El mismo tipo de tubería podrá emplearse para distribución de agua refrigerada.

A la acometida en cada edificio se deben poner sendos intercambiadores de calor, en el circuito de calor y en el

de frío, con el fin de separar hidráulicamente las instalaciones interiores de la central urbana y las extensas redes de distribución de las instalaciones interiores de los edificios.

Están disponibles en comercio numerosos tipos de subcentrales urbanas prefabricadas, con uno, dos o tres intercambiadores (frío, calor y ACS), todas dotadas de válvulas de corte, de equilibrado y de control, así como de contadores de energía térmica, aún cuando todos los componentes, si se desea, pueden ser seleccionados de forma independiente.

Para elegir las temperaturas de distribución del fluido portador se seguirán los criterios que se exponen a continuación.

En los sistemas de calentamiento, la tendencia actual es la de emplear unidades terminales de baja temperatura, incluso radiadores con entrada de agua a 70 °C, para favorecer el uso de ciertas fuentes de energía de bajo nivel térmico (paneles solares, equipos de mini-cogeneración y motores Stirling), las limitaciones económicas de otras (calderas de biomasa) o el empleo de calderas de baja temperatura o condensación.

Por otra parte, la necesidad de preparar el agua caliente sanitaria a una temperatura igual o mayor que 60 °C impide que el nivel térmico sea demasiado bajo, por lo menos cuando el ACS demanda energía.

Estos hechos imponen que el salto de temperatura en centrales de edificios no pueda ser mayor que 30 °C.

En centrales urbanas, sin embargo, se pueden emplear saltos de temperatura más elevados, entre 30 y 50 °C, pudiendo ser mucho mayores, hasta 80 °C, cuando se emplee agua sobrecalentada preparada por vapor. Los resultados son una importante disminución de los diámetros de las tuberías y de la potencia de bombeo.

Además, podrá admitirse una ligera disminución del nivel térmico del agua, siempre que éste sea mayor que el nivel demandado por un sistema de preparación de agua caliente sanitaria.

Para el agua refrigerada, los fabricantes europeos han adoptado la regla de indicar las prestaciones de sus equipos con una temperatura de impulsión de 7 °C y una temperatura de retorno de 12 °C (para parecer igual de eficientes que los equipos procedentes de los EE.UU., que dan las prestaciones a 44 y 54 °F, respectivamente).

El uso indiscriminado de esas temperaturas para cualquier potencia es incorrecto: al aumentar la potencia, se debe aumentar el salto de temperatura.

Esas temperaturas pueden mantenerse para equipos con potencia de hasta unos 200 kW; para potencias mayores habrá que disminuir gradualmente la temperatura de salida de agua, aún cuando se disminuyan las prestaciones de la maquinaria frigorífica, y aumentar la de retorno, cuyo límite superior está marcado por las unidades terminales y por el fabricante del equipo frigorífico.

Una proposición puede ser la indicada en el gráfico de la figura 41.

El concepto anterior se explica en este ejemplo. Una tubería tiene que transportar 1.000 kW.

Si la temperatura del agua va de 5 a 14 °C, el caudal es 26,47 Kg/s y el cálculo conduce a las siguientes soluciones:

DN 125; 1,92 m/s; 327 Pa/m, o, alternativamente: DN 150; 1,31 m/s; 128 Pa/m;

Si la temperatura del agua va de 7 a 12 °C, el caudal es de 47,65 kg/s y las soluciones son:

DN 150; 2,36 m/s; 379 Pa/m, o, alternativamente: DN 200; 1,38 m/s; 99,6 Pa/m.

Los resultados no necesitan comentarios.

Naturalmente, las consideraciones de arriba no son válidas cuando se trate de máquinas de absorción, para las cuales el funcionamiento a temperaturas de salida del agua menores que 6 °C conduciría a importantes disminuciones de la eficiencia del equipo. La mayoría de los equipos no pueden bajar de 5 °C y algunos no permiten salto de temperatura menores que 5 °C.

La temperatura del fluido portador de centrales frigoríficas a servicio de múltiples usuarios se mantiene, normalmente, constante a lo largo de todo el año para poder satisfacer la demanda específica de un usuario en particular, además de las necesidades de deshumidificar.

Sin embargo, cuando la demanda frigorífica de todas las unidades terminales disminuya y la relación calor sensible/calor total se acerque a la unidad, cabe la posibilidad de aumentar la temperatura de impulsión del agua refrigerada hasta 9 ó 10 °C. Si el sistema de control es capaz de manejar tales situaciones, el consumo de energía se verá disminuido de forma notable.

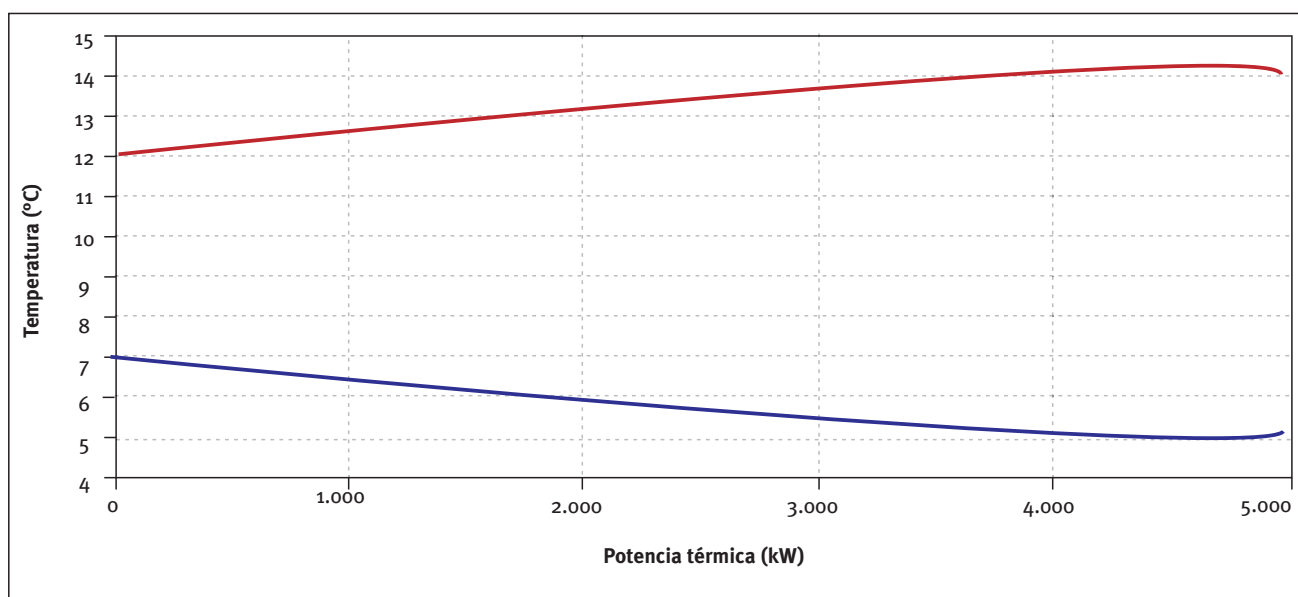


Fig. 41: Temperaturas de impulsión y retorno de centrales de agua refrigerada



1.2.4.1.2 Generación de calor

El RD 275/1995 de 24 de febrero, transposición de la Directiva Europea 92/42/CEE (RD 275 de 1995), establece los requisitos de rendimiento energético de las calderas de 4 kW a 400 kW de potencia nominal, alimentadas con combustibles fósiles líquidos y gaseosos, a la potencia nominal y a la carga parcial del 30%, a la temperatura media del agua que indique el fabricante. Para potencias mayores las prestaciones de las calderas serán iguales o mejores que las de las calderas de 400 kW.

Esta Directiva está a la espera de una revisión que prime el rendimiento medio estacional en lugar del rendimiento instantáneo.

Los rendimientos mínimo de la citada Directiva son los indicados en las figuras 42 y 43 (ES caldera Estándar, BT caldera de Baja Temperatura, CD caldera de ConDensación):

Para apreciar mejor las diferencias de prestaciones entre los distintos tipos de calderas, todos los rendimientos se muestran en el gráfico de la figura 44 (página siguiente).

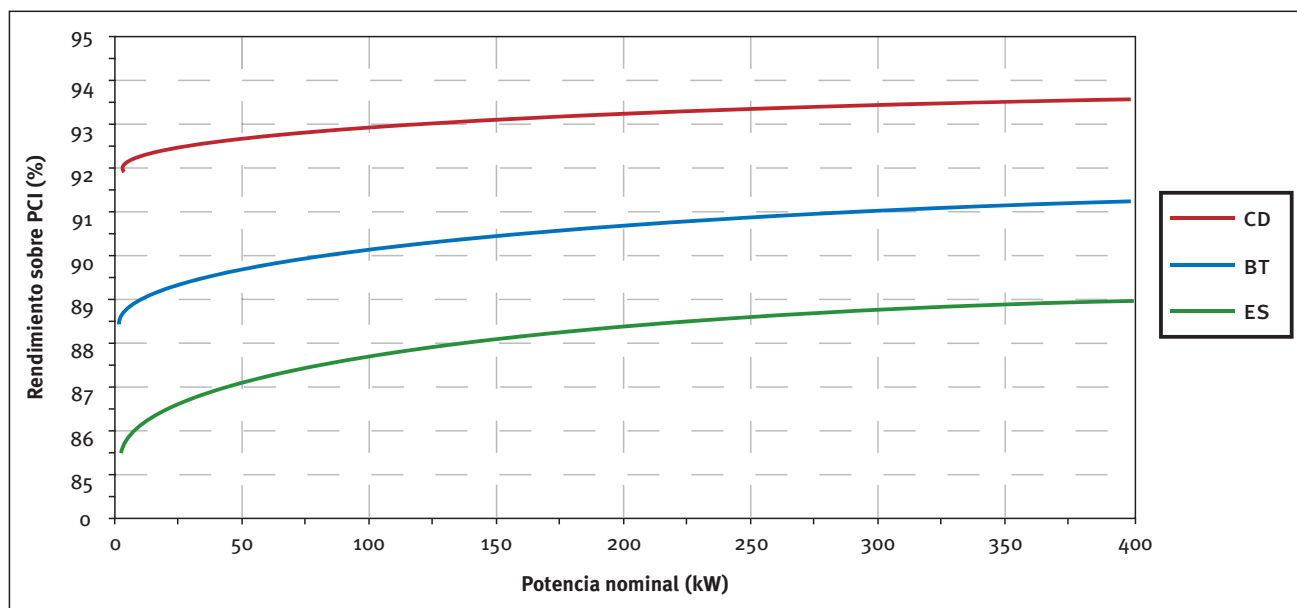


Fig. 42: Rendimientos de calderas al 100% de la carga

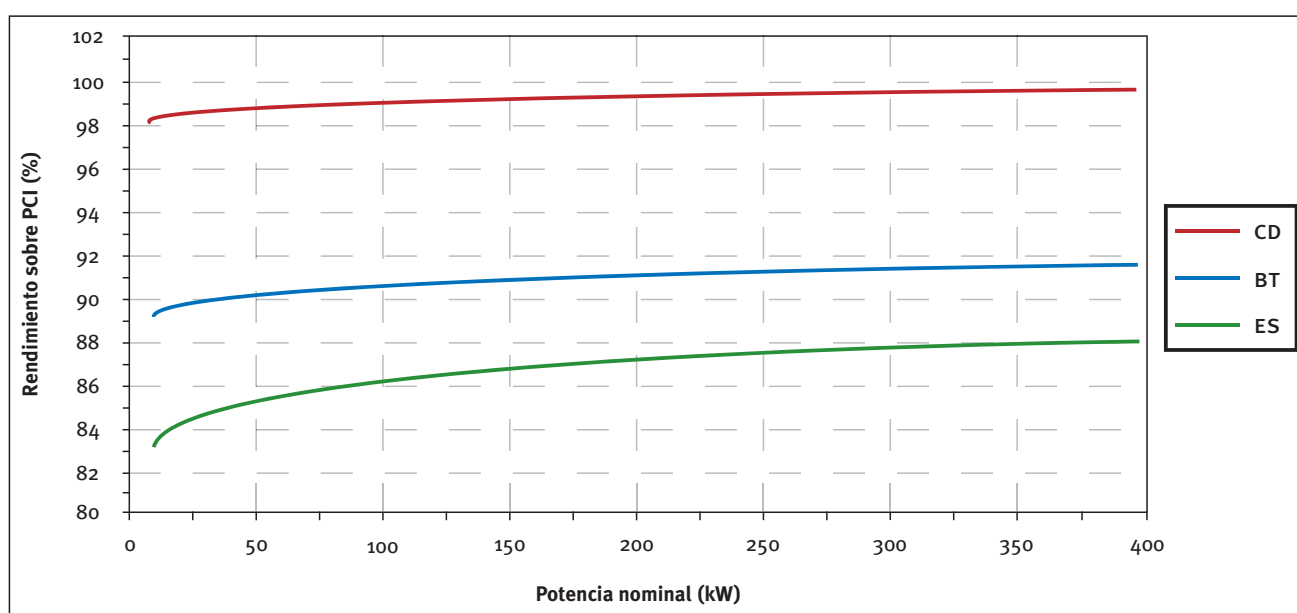


Fig. 43: Rendimientos de calderas al 30% de la carga

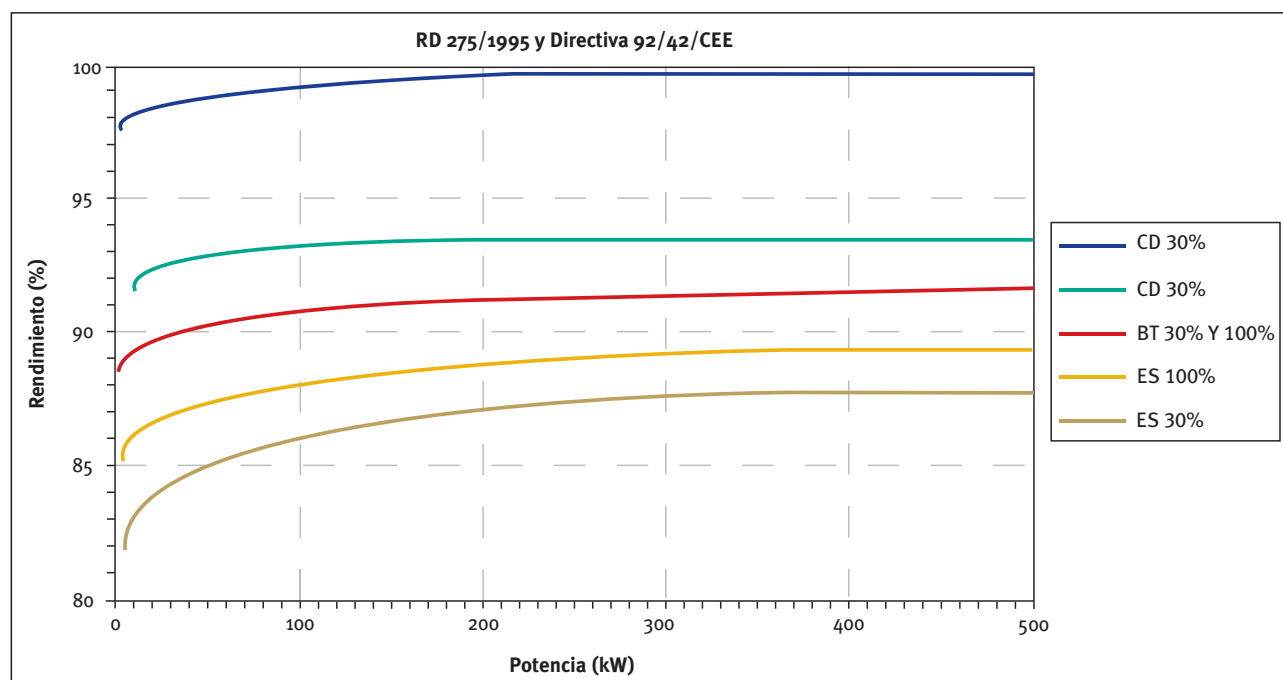


Fig. 44: Rendimientos al 100% y al 30% de la carga

Se hace hincapié en la extraordinaria importancia del rendimiento a carga parcial (30%), que es determinante para el rendimiento medio estacional.

Del examen de la figura 44 se deduce:

- Para las calderas estándar se exige un rendimiento menor a carga parcial que a plena carga
- Para las calderas de baja temperatura se exige el mismo rendimiento a carga parcial que a plena carga
- Para las calderas de condensación el rendimiento a carga parcial es mucho más elevado que el rendimiento a plena carga

Unas mediciones del rendimiento instantáneo a plena carga, efectuadas hace algunos años en 114 calderas de tipo estándar, de pequeña y mediana potencia, situadas en 74 salas de máquinas, han presentado los siguiente resultados:

- Rendimiento instantáneo medio: 76,7%
- Rendimiento instantáneo mínimo: 49,6%
- Rendimiento instantáneo máximo: 88,3%

Si el rendimiento instantáneo medio resulta ser del 77%, es de suponer que el rendimiento medio estacional sea menor en unos 15 puntos por lo menos (un poco más del 60%). Los valores indicados deben ser

considerados intolerables; sólo un 10% de las calderas cumpliría con las exigencias de la Directiva.

En la actualidad, los rendimientos a plena carga de todo tipo de caldera para combustibles gaseosos y líquidos superan con holgura el 90%. La diferencia entre un tipo de caldera y otro está, prácticamente, en el rendimiento a carga parcial; éste significa que las pérdidas por disponibilidad de servicio son muy bajas.

Con el fin de cumplir con las exigencias técnicas del procedimiento prestacional, el técnico deberá exigir al fabricante los rendimientos desde la plena carga hasta el 30% de la potencia máxima, de 10 en 10 puntos, del conjunto de caldera y sistema de combustión para el combustible para el que han sido diseñados.

Para el fraccionamiento de potencia de centrales alimentadas por combustibles fósiles se deberán seguir las instrucciones indicadas en el apartado 1.2.4.1.2.2.

Se deberán instalar dos calderas cuando la potencia de la central sea mayor que 400 kW, por razones de fiabilidad del sistema de producción.

Los sistemas equipados con calderas de baja temperatura y de condensación, así como otras calderas que no entran dentro de las definiciones del RD 275, se deben diseñar con descenso progresivo de la temperatura a cargas parciales. Las calderas convencionales o estándar no admiten esta técnica, porque la temperatura del agua de retorno no puede descender de unos 70 °C.

Se menciona que las pérdidas por disponibilidad de servicio son de escasa entidad cuando se comparan con la potencia de un generador de baja temperatura o condensación (menos del 1%, debido al elevado espesor del aislamiento térmico del cuerpo de la caldera) y un poco más para generadores convencionales modernos (entre el 2 y el 3%).

Sin embargo, desde el punto de vista de la energía consumida, estas pérdidas son muy importantes, sobre todo para calderas convencionales.

El descenso progresivo de la temperatura del agua del circuito en función de la temperatura exterior en las calderas de baja temperatura y de condensación permite disminuir las pérdidas totales, es decir, no solamente las pérdidas por disponibilidad, sino también las pérdidas en los productos de la combustión.

Cuando la potencia sea menor que 400 kW, se podrá instalar una sola caldera siempre que la potencia del sistema de preparación de ACS sea mayor o igual que la potencia del primer escalón del quemador.

Esta condición se cumple fácilmente si el sistema de preparación de ACS es del tipo instantáneo o semi-instantáneo o si el quemador es de tipo modulante.

En el apartado siguiente 1.2.4.1.2.3 se establece el número de marchas de los quemadores, que aquí se repite para comodidad del lector.

Potencia térmica nominal del generador (kW)			Regulación
	$P \leq$	70	Una marcha
70	$< P \leq$	400	Dos marchas
400	$< P$		Tres marchas

La regulación modulante se admite para cualquier potencia, obviamente.

Calderas de biomasa

Para calderas alimentadas con combustibles residuales o renovables, o para calderas de recuperación de efluentes, no son exigibles los rendimientos anteriores. El RITE establece un rendimiento mínimo a plena carga del 75%, solamente, para calderas alimentadas con biomasa. En el mercado, sin embargo, existen calderas con rendimientos mayores que el 90%; se debe exigir un mínimo del 85%.

Algunos fabricantes diseñan la caldera a la medida de las necesidades del cliente.

En cualquier caso, se deberá exigir el cumplimiento del reglamento de aparatos a presión, así como el marcado CE.

La masa biológica presente en el mercado está compuesta por una gran variedad de productos, como:

- Residuos vegetales (podas, siegas, limpieza de montes)
- Residuos de la industria maderera (serrín, etc.)
- Paja y residuos cereales
- Cáscaras de frutos secos (almendras, etc.)
- Residuo del proceso de elaboración de aceite de oliva (alpechín)
- Orujo de uva
- Cultivos industriales de algodón, girasol, caña de azúcar, etc.
- Cultivos energéticos
- Residuos de la ganadería

La biomasa es un combustible renovable y respetuoso con el medio ambiente, ya que el balance de dióxido de carbono es nulo (el dióxido de carbono que el vegetal ha absorbido a lo largo de su vida viene devuelto a la atmósfera, se pudra o se queme).

Una central de biomasa permite la eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos, al mismo tiempo que se les da una utilidad.

En todos los casos, el producto, de baja densidad aparente, se suele presentar en forma compactada.

Los parámetros de un combustible a tomar en consideración son:

- La granulometría; se suelen usar productos compactados con densidades entre 150 y 400 kg/m³.
- El contenido de humedad, tanto la de la composición química del combustible, como la absorbida, que está normalmente entre el 30 y el 45%, pudiendo alcanzar valores incluso mayores que el 50%, como en los residuos muy húmedos de bosques, cortezas y aserrín.
- El contenido en ceniza, que está normalmente entre el 0,5 y el 3%.

- El poder calorífico inferior, que está normalmente entre 1,8 y 4,5 kWh/kg.

Es importante cerciorarse de la capacidad de la caldera de quemar el combustible disponible.

La combustión debe tener lugar a temperaturas mayores que 900 °C para reducir la presencia de sustancias tóxicas y de parte de los olores en los productos de la combustión.

Una central de biomasa necesita almacenamiento de combustible, tratamiento de humos para la eliminación de las partículas sólidas, alguna forma de almacenamiento de las cenizas (ceniceros) e importantes medidas de protección contra incendios.

Se recomienda al técnico que escoja un fabricante que suministre todos los componentes de la central térmica, es decir:

- El almacenamiento de combustible (hay fabricantes que venden silos de almacenamiento)
- El transporte del combustible desde el lugar de almacenamiento hasta la caldera
- El almacenamiento de las cenizas
- El tratamiento de los humos

y que, además, se haga cargo del montaje y la puesta en marcha de la central.

Para calderas con combustibles residuales o renovables y para calderas de recuperación, el técnico tiene libertad para elegir el número de generadores. Solamente la fiabilidad del servicio y el perfil de la carga térmica podrá guiar en la determinación del número de generadores, cuando se conozcan las prestaciones a carga parcial del equipo. Se recomienda, por evidentes razones, diseñar la central con, por lo menos, dos generadores.

Los inconvenientes de una central térmica de biomasa son los descritos a continuación.

- Los costes de inversión son sensiblemente elevados (hay todavía pocos fabricantes en Europa, aunque haya un gran número de tipos de calderas).
- Se requiere un espacio mayor que el que necesitan las calderas de combustible líquido y gaseoso, también por la necesidad de almacenar combustible de un poder calorífico bastante menor que el del gasóleo.

- Se requieren medidas de seguridad contra incendios, difíciles de cumplir en la rehabilitación de edificios.

- Se provoca tráfico de vehículos pesados, lo que, probablemente, es inadmisibles en el casco urbano de una ciudad.

El coste del combustible es sensiblemente menor que el de los combustibles fósiles (cerca de un 70% del coste del gas natural) y suele seguir las variaciones del coste de éste en el mercado.

Es conveniente que la caldera de biomasa esté un poco sobredimensionada para cubrir posibles oscilaciones del poder calorífico del combustible.

Los productos de la combustión deberán cumplir con los requerimientos medioambientales de las autoridades locales, que limitan los valores máximos de las emisiones de contaminantes.

No existe todavía una reglamentación específica sobre salas de máquinas, como sucede para salas de calderas de combustibles líquidos y gaseoso. En todos los casos, las salas de máquinas deben diseñarse con holgura, previendo el espacio para facilitar el mantenimiento e, incluso, para quitar o reponer equipos. Se pueden sugerir las siguientes reglas:

- Distancia mínima entre calderas y entre calderas y cerramientos del recinto: 80 cm
- Altura de la sala de máquinas: 100 cm o más por encima del punto más alto de la caldera o del equipo de depuración de humos
- Se deberá prever la posibilidad de evacuar las cenizas, mediante un acceso fácil al cenicero
- Se deberá prever el acceso alrededor del equipo de tratamiento de humos y al correspondiente cenicero

El silo de almacenamiento de combustible deberá estar a una distancia de 2,5 m, por lo menos, de la central y debe estar separado de ella por un cerramiento con resistencia al fuego de 120 minutos. Particular atención se debe prestar al paso del elemento de transporte del combustible a través del cerramiento.

La sala de máquinas y el silo deberán cumplir con las normas de seguridad contra incendios dictadas por el Código Técnico de la Edificación.

Las emisiones de contaminantes deberán estar contenidas dentro de los siguientes límites (en caso de que no exista reglamentación específica de las autoridades locales):

- Óxidos de nitrógeno: 650 mg/Nm³
- Monóxido de carbono: 500 ppm
- Partículas: 200 mg/Nm³

El contenido de oxígeno deberá ser menor que el 6% y la temperatura de los productos de la combustión no deberá ser mayor que 180 °C.

Cogeneración

La cogeneración es una técnica que permite producir calor útil y electricidad en un único proceso mediante turbinas o motores de combustión interna, empleando como energía primaria incluso fuentes de energía renovables o residuales, además de los combustibles tradicionales.

La generación de energía eléctrica “in situ”, fomentada por la Directiva 2004/8/CE (véase el RD 616/2007), es muy ventajosa porque permite:

- Una reducción importante de las pérdidas de energía eléctrica en la red de transporte
- El aprovechamiento de la energía térmica de refrigeración del aceite lubricante, de la camisa del motor y de los gases de escape (calor útil)

La actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial está regulada en el RD 661/2007.

El rendimiento energético global de las centrales de cogeneración puede alcanzar un valor del orden del 90%. En adelante se empleará el acrónimo CHP (*Combined Heat and Power*) para designar estos tipos de instalaciones.

El calor recuperado puede servir para satisfacer las necesidades de calefacción y refrigeración, éstas últimas mediante máquinas de absorción. Para maximizar la recuperación de calor y, al mismo tiempo, alargar las horas anuales de funcionamiento, es necesario almacenar energía térmica, en forma de calor o frío.

Las emisiones de contaminantes deben ser limitadas; a falta de una legislación específica, se indican los valores, muy exigentes, permitidos por el estado de California:

- NO_x:
32 g/MWh eléctrico
- CO:
45 g/MWh eléctrico
- COV (Compuestos Orgánicos Volátiles):
91 g/MWh eléctrico

Existen en comercio equipos que alcanzan solamente pocos kW de potencia eléctrica, de tamaño pequeño y con un nivel sonoro aceptable. Estos equipos suelen ponerse en paralelo y acoplarse a sistemas de acumulación de agua caliente, con el fin de aumentar las horas anuales de funcionamiento. Cuando se necesita parcializar, los equipos funcionan de forma escalonada, en modo todo-nada.

El nivel térmico de la energía recuperada no es suficiente para acoplar máquinas de absorción con una eficiencia aceptable.

Estos sistemas se denominan de micro-cogeneración y pueden emplearse en edificios de viviendas para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria y, parcialmente, de calefacción, sustituyendo, ventajosamente, los sistemas de paneles solares térmicos.

La vida media de estos equipos es de unas 35.000 horas, con intervalos de mantenimiento de unas 10.000 horas.

Los equipos de unos centenares de kW de potencia eléctrica se denominan sistemas de mini-cogeneración.

Estos equipos compiten ventajosamente, tanto desde el punto de vista técnico como económico, en edificios de viviendas con una solución basada en paneles solares térmicos más calderas de gas o gasóleo.

Los equipos de potencias de más de un megavatio se suelen emplear para grandes centrales urbanas.

Motores Stirling

Otra tecnología emergente es la de los motores de combustión externa, basados en un ciclo termodinámico cerrado y reversible, con compresiones y expansiones cíclicas de un fluido de trabajo (usualmente helio; pueden usarse también aire, nitrógeno o hidrógeno) a diferentes niveles de temperatura. Los motores de combustión internas, sin embargo, basan su funcionamiento en un ciclo abierto hacia el ambiente exterior, donde toman el aire y descargan los gases de combustión. Por

esta razón, los motores Stirling son limpios y silenciosos, ya que no hay productos de la combustión.

Un suministro de energía térmica produce energía mecánica, que normalmente se transforma en energía eléctrica, y energía de menor nivel térmico.

Por el contrario, si a un motor Stirling se suministra energía mecánica, mediante un motor eléctrico, por ejemplo, se puede producir energía térmica. De esta manera, el motor Stirling puede funcionar como una bomba de calor.

Estos motores pueden emplear fuentes renovables de energía, como la energía solar o la procedente de la biomasa.

En comercio existen algunos motores de algunas decenas de kW eléctricos.

Centrales urbanas

Las ventajas que presentan las centrales urbanas con respecto a las centrales de edificios y, en mayor medida, a las instalaciones individuales son las siguientes:

- Mayor cantidad de recursos disponibles, porque se pueden emplear combustibles de difícil aplicación en escala pequeña (por ejemplo, la biomasa).
- En caso de falta de suministro del combustible, posibilidad de cambio por otro disponible en el mercado.

- Las centrales suministran directamente la energía al usuario, que no tiene necesidad de manipular y almacenar combustible.
- Se elimina el mantenimiento de las centrales de los edificios o de las calderas individuales.
- Las centrales urbanas no afectan a las instalaciones interiores de los usuarios.
- Se garantiza el suministro de energía durante veinticuatro horas al día, todos los días del año.
- Una planta central es mucho más eficiente que una multitud de plantas pequeñas o calderas murales.
- Existe un mejor control de las emisiones por estar éstas centralizadas en un solo punto.
- En el interior de los edificios se recuperan espacios y se eliminan peligros.

El fluido portador, caliente o frío, se distribuye mediante tuberías, preferentemente preaisladas, con un sistema de bombeo de caudal variable.

En la acometida a cada usuario o edificio se instalan subcentrales térmicas, prefabricadas o no, dotadas de medidores de energía y elementos de control e intercepción.

En la figura 45 se representa esquemáticamente un intercambiador de una subcentral, para la preparación de agua caliente, agua refrigerada o agua caliente sanitaria.

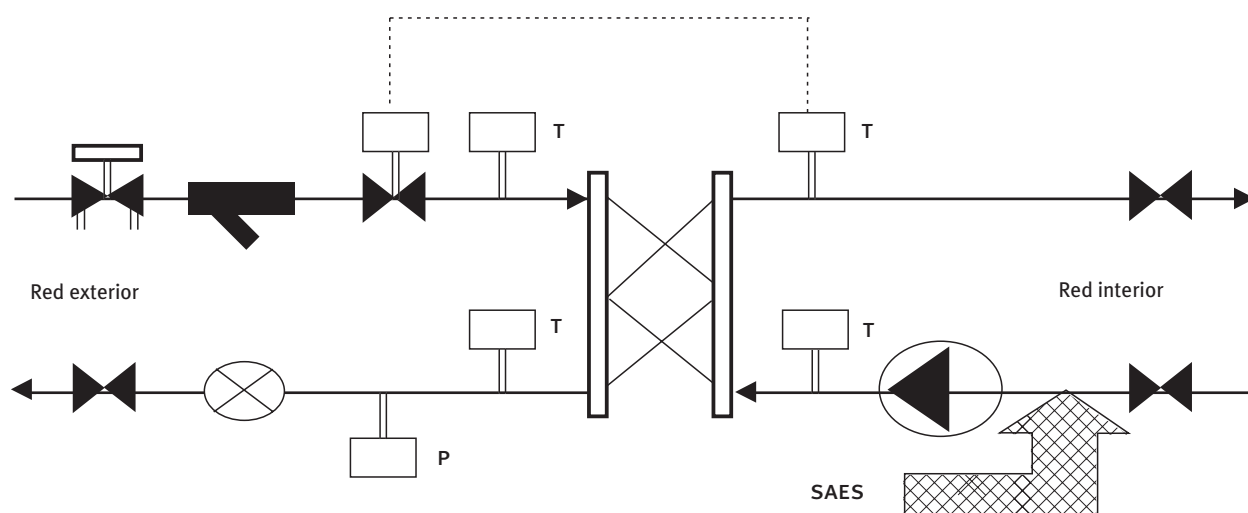


Fig. 45: Subcentral térmica

Es conveniente que a la entrada de cada edificio o de cada propiedad se interponga un intercambiador de calor entre la red urbana y la red interior, particularmente cuando la explotación de la central sea confiada a una empresa sin relación alguna con los usuarios (véase figura 45 en página anterior). De esta manera, la manipulación por parte de un usuario de sus instalaciones no afectará a la red de distribución.

La energía térmica se paga mediante un término fijo, indexado al índice de precios al consumo, y uno proporcional al consumo, indexado al precio del gas natural.

En el término fijo están comprendidos los servicios de conducción de la instalación, mantenimiento preventivo y correctivo, adquisición de la energía primaria y garantía de un servicio continuado 24 horas al día.

1.2.4.1.3 Generación de frío

El técnico deberá exigir al fabricante de los equipos frigoríficos las prestaciones energéticas de los mismos (EER para el régimen de refrigeración y COP para el de bomba de calor) al variar la carga desde el máximo hasta el límite inferior de parcialización en las condiciones de diseño.

Sobre la base de estos datos, el técnico podrá calcular las prestaciones energéticas de la central en su conjunto.

Se deberá indicar la clase de eficiencia energética de los equipos que dispongan de etiquetado energético, según la conocida escala de siete valores, de A (más eficiente) a G (menos eficiente). Por ejemplo, la etiqueta energética para una máquina de acondicionamiento de tipo doméstico deberá contener esta información:

- Parte para la identificación del fabricante
- Modelo de equipo

- Clase energética a la que pertenece (de A a G)
- Logotipo de etiquetado ecológico (en su caso)
- Consumo anual en condiciones estándar, kWh/año
- Potencia de refrigeración, kW
- Índice de eficiencia energética
- Tipo de aparato
- Clase de eficiencia energética en bomba de calor
- Ruido, dB

Esta información es válida para sistemas aire-aire y agua-aire, con potencia frigorífica hasta 12 kW, de tipo split, multi-split, compactos y portátiles, en modo frío o bomba de calor.

Como se ha comentado anteriormente (apartado 1.2.4.1.1), los criterios de selección, en fase de diseño, del salto de temperatura del agua refrigerada y, por tanto, de los niveles térmicos en entrada y salida de los equipos de producción tendrán en consideración la reducción del consumo de las plantas enfriadoras, la reducción del consumo de energía de bombeo y de las dimensiones de las conducciones. La optimización del sistema se podrá buscar simulando el comportamiento del mismo a lo largo del período de un año.

Cuando se emplee agua glicolada, se deberán tener en cuenta las características del fluido para dimensionar correctamente las conducciones y las superficies de intercambio térmico.

En la siguiente tabla se indican, como ejemplo, las características principales de una solución de etilen-glicol en agua, con inhibidores de la corrosión, al variar el porcentaje en peso y las correspondientes características del agua pura (comparación a la temperatura de 7 °C).

		Agua	Agua glicolada (%)				
Porcentaje en peso	%	—	10	20	30	40	50
Temperatura de congelación	°C	0	-3,2	-7,8	-14,1	-22,3	-33,8
Densidad	kg/m ³	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08
Calor específico	kJ/(kg·K)	4,197	3,966	3,811	3,642	3,459	3,262
Conductividad térmica	W/(m·K)	0,582	0,528	0,486	0,447	0,411	0,377
Viscosidad dinámica	mPa·s	1,44	1,61	2,29	2,99	4,19	5,70

Los valores indicados dependen sensiblemente de la composición del producto, es decir, del fabricante y, por supuesto, de la temperatura de funcionamiento.

No es recomendable emplear concentraciones de glicol menores que el 20% en peso.

La concentración de glicol en agua debe comprobarse una vez al año.

Una vez determinada la temperatura mínima de funcionamiento del fluido, el porcentaje de producto se elegirá con un cierto margen de seguridad para compensar la eventual falta de homogeneidad de la mezcla (temperatura de protección).

La disolución de etilen-glicol, propilen-glicol o de fluidos orgánicos sintéticos en agua debe prepararse en un depósito, donde se mezclará antes de su introducción en el circuito. La reposición de las pérdidas deberá hacerse mediante una bomba que aspirará la solución del depósito (véase figura 46).

Al aumentar el porcentaje del producto en la solución aumentan la densidad y la viscosidad y disminuyen el calor específico y la conductividad térmica, como se ha visto. El conocimiento de las características del fluido es fundamental para el dimensionamiento de bombas, tuberías y superficies de intercambio térmico.

Mientras la viscosidad afecta a las pérdidas de presión, el calor específico c_e y la densidad d afectan al caudal volumétrico $\dot{v}$ de la bomba, como puede apreciarse en esta ecuación:

$$\dot{v} = \frac{P}{c_e \Sigma d \Sigma \Delta t}$$

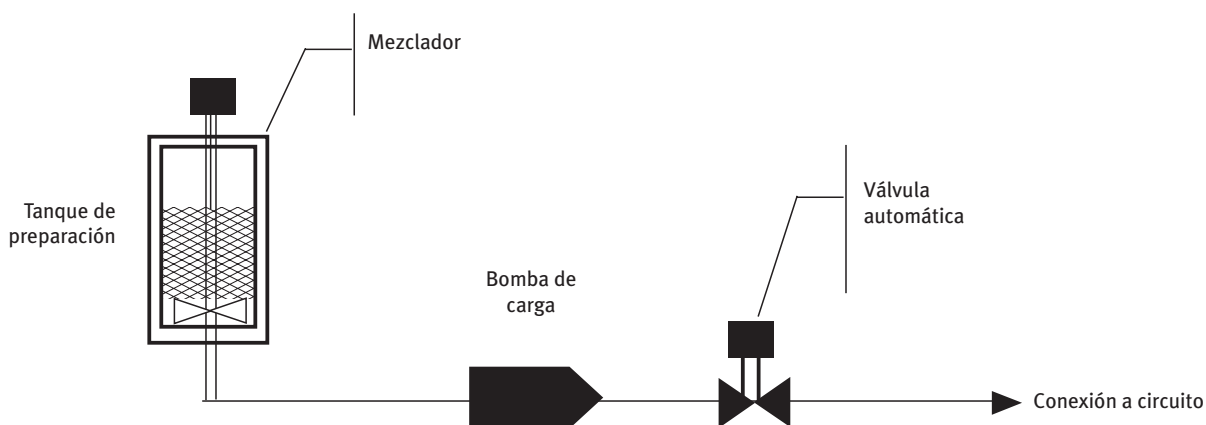


Fig. 46: Detalle de preparación y carga de agua glicolada

en la que P es la potencia a transportar y Δt el salto de temperatura.

Con relación al escalonamiento de potencia, el RITE exige que, si la demanda de la instalación puede ser menor que la potencia del escalón mínimo de parcialización de la central frigorífica, se diseñe un sistema capaz de cubrir esa demanda durante su tiempo de duración a lo largo de un día.

Se podrá cumplir con esta exigencia mediante un sistema de acumulación o un equipo frigorífico capaz de suministrar la potencia mínima requerida.

Para la maquinaria frigorífica enfriada por aire, el RITE exige que el condensador de la misma se dimensione para una temperatura seca igual a la del nivel percentil más exigente (0,4% anual ó 1% estacional) más 3 °C. Este sobredimensionamiento del condensador permite que la máquina frigorífica pueda seguir suministrando la potencia frigorífica de diseño cuando se superen las condiciones extremas y, además, permitirá la disminución de la temperatura de condensación del equipo, aumentando su eficiencia.

Igualmente, la temperatura mínima de diseño de una bomba de calor será la húmeda del nivel percentil más exigente menos 2 °C.

Si la máquina fuera de tipo reversible, para el dimensionamiento del intercambiador exterior prevalecería el criterio más exigente.

El empleo de la bomba de calor cuyo sumidero sea el aire debe limitarse a zonas donde la temperatura mínima de diseño sea mayor que 0 °C, como se ha comentado con anterioridad.

La bomba de calor aire-agua encuentra una excelente aplicación recuperando el calor del aire que procede de la ventilación de un edificio para el calentamiento del aire exterior, del agua caliente sanitaria o del agua de piscinas.

Para el desescarche de estos equipos se emplearán gases calientes, que es una tecnología más eficiente que la inversión de ciclo.

En lo concerniente a la maquinaria frigorífica enfriada por aire, se recomienda limitar el empleo de estos equipos a potencias no mayores que algunos centenares de kilovatios y a centrales de potencia menor que 1.200 kW, siguiendo el ejemplo de lo que se exige en otros Estados.

El peligro de proliferación de la legionela en centrales enfriadas por agua se reduce notablemente adoptando soluciones con torres de circuito cerrado, que puedan funcionar en seco durante el invierno y las medias estaciones, y siguiendo estrictamente las normas de mantenimiento exigidas en la reglamentación vigente (véase RD 865, documentación técnica oficial relacionada con el tema y norma UNE 100030).

Para las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, el RITE exige que la temperatura de diseño sea igual a la temperatura húmeda del nivel percentil más exigente más 1 °C. El sobredimensionamiento de estos aparatos se justifica empleando los mismos argumentos que se han empleado para los condensadores en seco.

Salto de temperatura y acercamiento en torres de refrigeración

La diferencia entre la temperatura de salida del agua de una torre y la temperatura húmeda se denomina “acercamiento”. Cuanto más grande sea el valor del acercamiento, más pequeña será la torre de refrigeración, y viceversa.

El criterio que debe guiar para la selección de los parámetros de funcionamiento de las torres de refrigeración es la reducción de la energía consumida por la maquinaria frigorífica, dentro de unas dimensiones razonables de las mismas.

En las figuras 47 y 48 se indican cuales podrían ser las temperaturas convenientes de funcionamiento del agua en unas torres en función de la temperatura húmeda aumentada con el criterio antes indicado.

El salto de temperatura empleado en la figura 43 es de 6 K, independientemente de la temperatura húmeda. Este salto se podría reducir a 5 °C para temperaturas de bulbo húmedo mayores que 24 °C, de manera que nunca se supere la temperatura de 35 °C en entrada del agua a las torres (es decir, a la salida de condensadores).

Las torres y los condensadores evaporativos se elegirán con ventiladores de bajo consumo y serán, preferentemente, de tiro inducido.

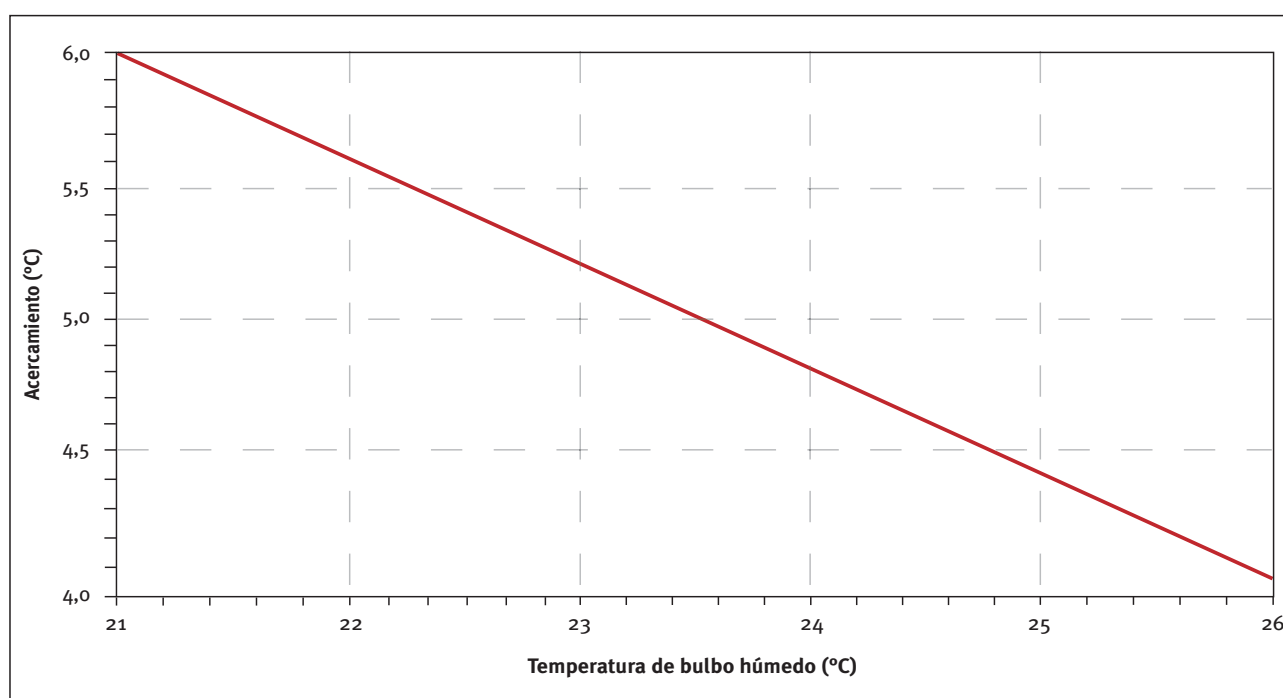


Fig. 47: Acercamiento en función de la temperatura húmeda

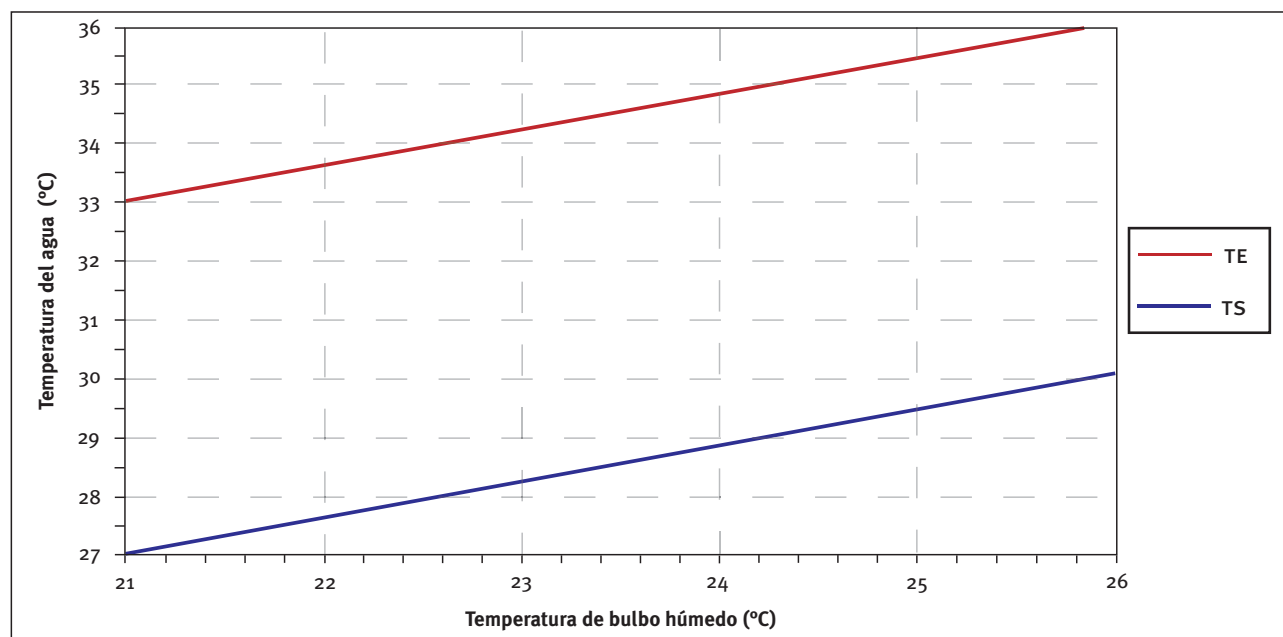


Fig. 48: Temperaturas de entrada y salida en una torre

En régimen de explotación, el nivel térmico del agua de condensación se hará disminuir al disminuir la temperatura húmeda del aire exterior hasta alcanzar el valor mínimo recomendado por el fabricante de la maquinaria frigorífica (unos 18 a 20 °C), variando la velocidad de los

ventiladores, con continuidad o por escalones, y/o el número de los mismos en funcionamiento.

El esquema de un sistema de refrigeración con torres está indicado en la figura 49.

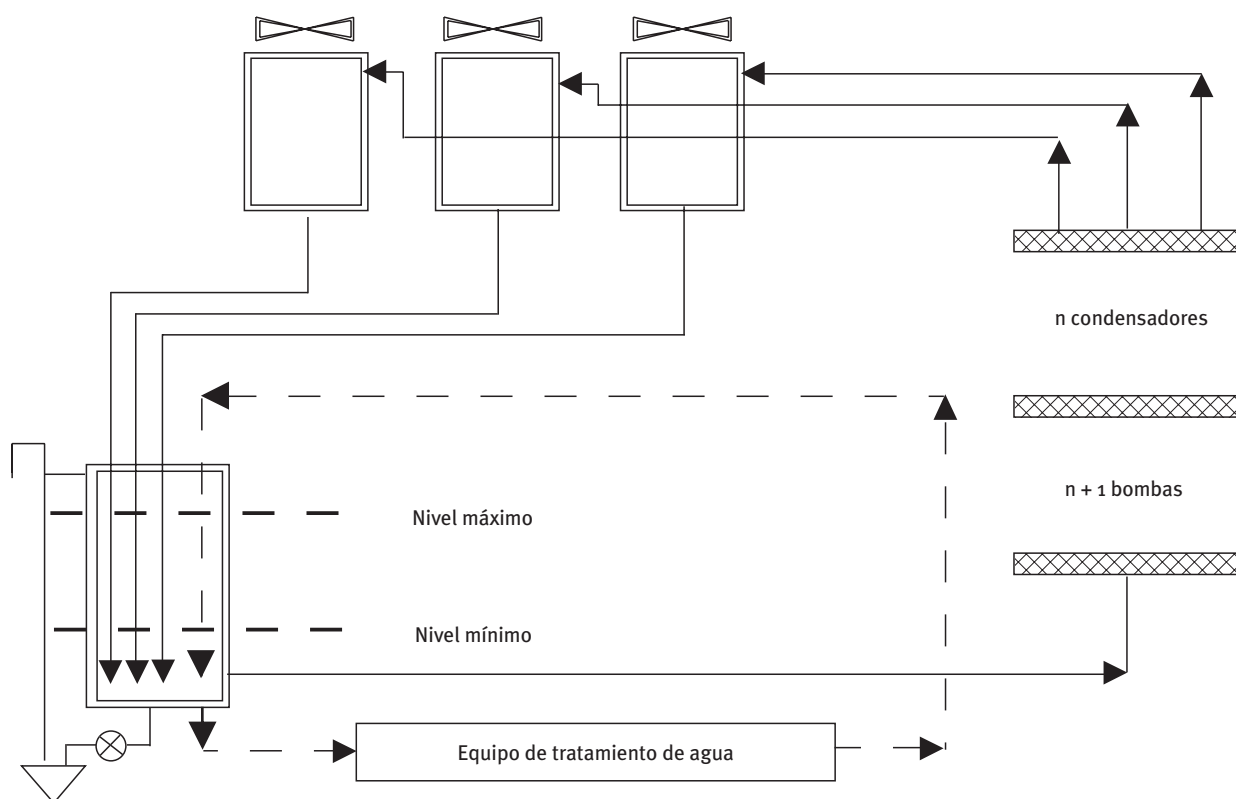


Fig. 49: Esquema de conexión a torres de refrigeración

El depósito acumulador de agua permite el funcionamiento en seco de las bandejas de las torres, evitando así las posibles heladas en invierno (sin necesidad de recurrir a resistencias eléctricas) y, además, reduciendo el grado de ensuciamiento del agua.

El depósito acumulador, donde el agua llega por gravedad, tendrá un volumen capaz de alojar el agua de los rellenos de las torres y de sus bandejas cuando estén en funcionamiento.

El depósito sirve también para conectar el circuito de tratamiento del agua y para reponer las pérdidas de agua.

Todas las entradas de agua a los tanques llegarán por debajo del nivel mínimo de agua, para evitar la mezcla entre agua y aire, como se muestra en la figura 49.

Para que exista un desacoplamiento hidráulico efectivo entre torres y equipos frigoríficos, es necesario dividir el depósito de acumulación en dos partes, una caliente y la otra fría, en comunicación entre sí, como se representa, de forma muy esquemática, en la figura 50. Se observa que se dobla el número de grupos de bombeo.

La eficiencia de un separador de gotas de una torre, parámetro muy importante para reducir el riesgo de arrastre de gotas contaminadas por legionela, se expresa mediante la relación entre el caudal de agua arrastrado por el aire y el caudal de agua en circulación en la torre; esta relación deberá ser menor que el 0,05%, según la norma UNE 100030.

En lo que se refiere a distancia entre descargas de torres de refrigeración y tomas de aire exterior de sistemas de climatización y ventanas se seguirán las instrucciones de la norma UNE 100030, apartado 6.1.3.2 o lo indicado en la norma UNE-EN 13779, considerando la calidad del aire DES 4 a la velocidad de salida del aire de la torre (se menciona que la norma europea no contempla, en su clasificación, el aire en salida de las torres de refrigeración). Todo lo anterior ha sido comentado en el apartado IT 1.1.4.3 sobre condiciones de higiene.

En cualquier caso, es recomendable superar los límites calculados de distancia, con cualquiera de los dos métodos, con cierta holgura, considerando las simplificaciones que se han hecho para llegar a ecuaciones o gráficos de fácil aplicación y otros factores de difícil evaluación.

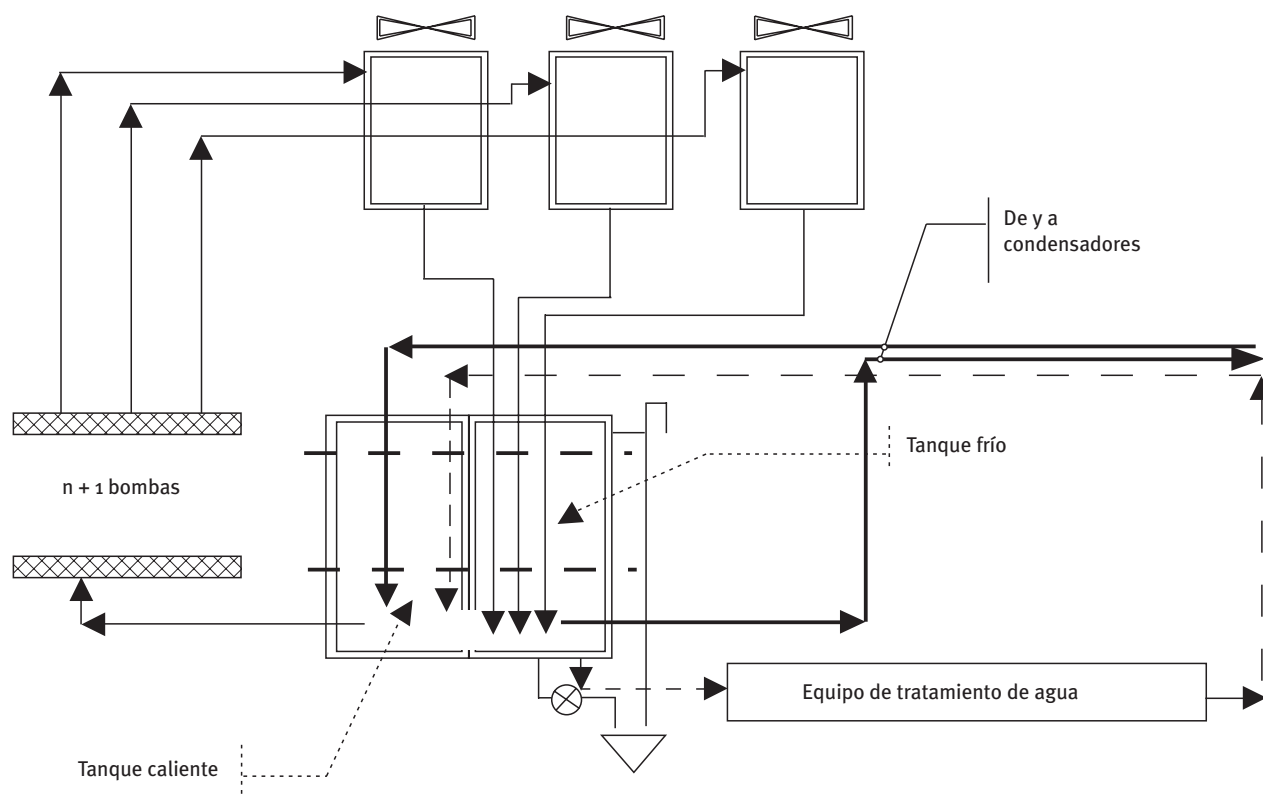


Fig. 50: Desacoplamiento hidráulico de torres y condensadores

Para comodidad del lector se reproduce parcialmente, por su importancia, el contenido del apartado 6.1.3.2 de la norma UNE 100030 relativo a torres de refrigeración.

- Los equipos deben instalarse en lugares aislados y alejados de lugares con riesgo de exposición, preferentemente en la cubierta de los edificios.
- Los aparatos deben situarse a sotavento de los lugares antes citados, en relación con los vientos dominantes en la zona de emplazamiento.
- Los equipos deben estar dotados de separadores de gotas de eficiencia muy elevada; el caudal de agua arrastrado será inferior al 0,05% del caudal de agua en circulación, como se ha comentado anteriormente.
- Los equipos deben situarse en lugares accesibles y deben tener puertas amplias y de fácil acceso.
- Sus superficies interiores deben ser lisas y sin obstáculos para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección.
- Los paneles de cerramiento deben ser desmontables para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección del material de relleno.
- La bandeja debe tener un pozo en el que se acumule la suciedad; el pozo debe estar equipado de válvula de vaciado. Se recomienda que la bandeja trabaje en seco, recogiendo el agua por gravedad en un tanque cerrado situado en un lugar resguardado de la intemperie (la sala de máquinas, por ejemplo), como se ha indicado en los esquemas de las figuras 44 y 45.
- Los materiales del aparato deben ser resistentes a fuertes concentraciones de desinfectantes, particularmente de cloro. Se recomienda evitar el empleo de materiales basados en celulosa.

En cuanto a los tratamientos del agua, la norma recomienda:

- Un sistema de filtración para eliminar la contaminación producida por sustancias sólidas procedentes del ambiente (hojas, insectos, etc).
- Un sistema de tratamiento químico, físico-químico o físico con el fin de reducir la acumulación de depósitos calcáreos.

- Un sistema de tratamiento químico, físico-químico o físico para evitar la acción de la corrosión sobre las partes metálicas del circuito.
- Un sistema permanente de tratamiento por medio de agentes biocidas, sistema físico o químico-físico.

Además, las torres deben estar dotadas de un sistema de purga automática para controlar la concentración de sales en el circuito.

Es recomendable que en los tubos del condensador se instale un sistema de limpieza automática.

IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos

Aislamiento térmico

El reglamento exige que todos los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de climatización y agua caliente para usos sanitarios estén térmicamente aislados, con los niveles indicados más adelante.

Para los equipos o aparatos que vengán aislados de fábrica se aceptarán los espesores calculados por el fabricante.

Se recuerdan aquí unos conceptos expresados también en otras partes de estos comentarios, relativos a las pérdidas por disponibilidad de servicio y, por tanto, a la importancia del aislamiento térmico.

En términos de potencia térmica se puede decir que la suma de la demanda del sistema más las pérdidas en las redes (o ganancias, si el fluido portador estuviera frío) igualan la potencia requerida en la central de producción térmica.

Además, en las redes tiene lugar una ganancia de calor debida a la energía absorbida por los equipos de transporte (bombas o ventiladores). Esta ganancia es beneficiosa solamente si el fluido portador es caliente.

La cuantía de las pérdidas o ganancias depende del diseño del sistema, es decir, del recorrido, selección de diámetros y nivel de aislamiento térmico.

En todos los casos, las pérdidas o ganancias de equipos y tuberías debidamente aisladas son una fracción relativamente pequeña de la potencia transportada. Sin embargo, la energía perdida por disponibilidad de

servicio a lo largo de un año es muy elevada, proporcional al tiempo de funcionamiento de la instalación.

Se puede afirmar, con cierta aproximación, que:

- Si el sistema está diseñado para caudal variable y temperatura constante del fluido portador, las pérdidas (o ganancias) por bombeo serán proporcionales a la demanda, mientras que las pérdidas por transmisión de calor serán (casi) constantes.
- Si el sistema está diseñado para caudal constante y temperatura variable, las pérdidas por bombeo serán constantes, mientras que las pérdidas por transmisión de calor serán proporcionales a la demanda.
- Si el sistema está diseñado para caudal y temperatura constante, ambas pérdidas serán constantes a lo largo del período de explotación.

Caudal	Variable	Constante	Constante
Temperatura	Constante	Variable	Constante
Pérdida (o ganancia) por bombeo	Proporcional	Constante	Constante
Pérdida (o ganancia) por transmisión de calor	Constante	Proporcional	Constante

Es evidente que, para mejorar las prestaciones anuales del sistema, es necesario proceder al aislamiento térmico de conducciones y aparatos y recurrir al empleo del bombeo con caudal variable.

Todas las conducciones, equipos, aparatos, depósitos y elementos accesorios estarán térmicamente aislados cuando contengan o transporten fluidos con:

- Temperatura menor que la del recinto en el que están instalados los equipos o por el que discurren las conducciones; se evitan las ganancias de calor y la posible formación de condensaciones.
- Temperatura mayor que 40 °C, cuando están instalados en recintos no calefactados (pasillos, patinillos, galerías, salas de máquinas, aparcamientos, falsos techos y suelos técnicos); se evitan las pérdidas de calor.

Quedan excluidas las tuberías de impulsión y retorno que conducen agua a las torres de refrigeración, evidentemente.

Igualmente, quedan excluidas las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando su posición esté al alcance de las manos, por razones de seguridad.

Si las conducciones y los equipos, aparatos, depósitos y sus accesorios están a la intemperie, será necesario aumentar el nivel de aislamiento térmico al mismo tiempo que se procederá a su protección contra la lluvia y la radiación solar.

Las conducciones que estén en un aparcamiento tendrán el mismo nivel de aislamiento térmico que las conducciones instaladas al exterior, aún cuando las condiciones del entorno sean menos extremas que las de las conducciones dispuestas en el ambiente exterior (véanse algunas consideraciones más adelante).

En patinillos y falsos techos podrán aplicarse los niveles de aislamiento exigidos para conducciones interiores.

Lo anterior es válido cuando se aplique el método prescriptivo. Sin embargo, con el método prestacional, se elegirán las condiciones indicadas más adelante.

Cuando una conducción esté a la intemperie, se debe llamar la atención sobre estos hechos:

- Los conductos de forma rectangular tienden a formar en la parte superior una concavidad donde se estanca el agua de lluvia. Este agua oxida la protección, aún cuando sea de aluminio. La solución está en emplear conductos de forma circular u ovalada.
- Algunos tipos de aislamiento térmico o protecciones de material plástico no soportan la acción de la radiación ultravioleta. Se deberá montar una protección que sea resistente a la radiación solar.
- Las juntas de unión en la protección exterior deben ser ejecutadas de forma cuidadosa, para evitar que el agua penetre en el interior de la protección, mojando el material aislante. Un material aislante mojado, sobre todo si es de fibras, no cumple con su función.
- Muchas veces se observa que la protección y el aislamiento térmico están dañados de forma irreparable por pisadas; se deben diseñar e instalar lugares para el paso de las personas por encima de las conducciones.

El cálculo del aislamiento térmico podrá realizarse con las ecuaciones de la norma UNE-EN ISO 12241.

La norma determina los métodos de cálculo de:

- La transmisión de calor (capítulo 4)
- La prevención de condensaciones superficiales (capítulo 4; hay tablas preparadas en el capítulo 9)
- El cambio longitudinal de temperatura de una conducción (capítulo 5)
- El tiempo de enfriamiento de líquidos en reposo (capítulo 6)
- Pérdidas debidas a accesorios, como válvulas, bridas y soportes (capítulo 7)
- Pérdidas de conducciones enterradas (capítulo 8)

La dificultad de estos cálculos reside, únicamente, en la definición de las condiciones de contorno, enumeradas en el apartado 1.2.4.2.1.3, punto 2 del RITE. A este respecto se hacen las siguientes consideraciones.

Para los puntos a) y f) no hay observaciones.

Para la temperatura de la tubería del punto b), se tomará la temperatura mínima en caso de fluido frío y la máxima en caso de fluido caliente, tanto para las tuberías de impulsión como por las de retorno.

Para el punto d) se recalca que se debe emplear la conductividad térmica del material a la temperatura media de funcionamiento. Por temperatura media se debe entender la media entre la temperatura mínima o la máxima de impulsión (según se trate de fluido frío o caliente) y la correspondiente temperatura de retorno.

En el punto g) se debe comentar que la resistencia térmica del material de la tubería tiene pocos efectos en el cómputo de la resistencia total de la tubería aislada. Su valor se podrá considerar si se hace un cálculo por el método prescriptivo y, por supuesto, se deberá considerar cuando la tubería no está aislada.

Los puntos c) y e) merecen algunas consideraciones y recomendaciones.

Fluido frío en ambientes interiores

Condiciones máximas del entorno igual a 25 °C y 50%

HR en ambientes climatizados y 28 °C y 40% HR en ambientes sin climatizar; 32 °C y 40% HR en aparcamientos y en patinillos ventilados; 27 °C y 40% HR en falsos techos y patinillos sin ventilar.

Temperatura radiante media igual a la seca.

Velocidad del aire: 0,2 m/s (convección libre en el exterior de la tubería).

Fluido frío en ambiente exterior

Condiciones máximas del entorno igual a las condiciones extrema de diseño al nivel percentil más exigente, redondeando en exceso unos 2 a 3 °C.

Velocidad del aire: 1 m/s.

Radiación solar: 600 W/m²; la emitancia superficial se podrá tomar igual a 0,9, ya que los materiales reflectantes, al ensuciarse, se comportan como un material negro.

Fluido caliente en ambientes interiores

Condiciones mínimas del entorno igual a 18 °C y 50% HR si se trata de ambientes climatizados y 12 °C y 50% HR si se trata de ambientes sin climatizar; 5 °C y 60% HR en aparcamientos y en patinillos ventilados; 18 °C en falsos techos y en patinillos sin ventilar.

Temperatura radiante media igual a la seca.

Velocidad del aire: 0,2 m/s (convección libre en el exterior de la tubería).

Fluido caliente en ambiente exterior

Condiciones mínimas del entorno igual a las condiciones extremas de diseño al nivel percentil más exigente, menos 2 a 3 °C de redondeo.

Velocidad del aire: 4 m/s.

Temperatura radiante media igual a la temperatura seca

Estos datos servirán para calcular los coeficientes de transmisión superficial exteriores, convectivo y radiante. El coeficiente de transmisión superficial interior se calculará con conocidas ecuaciones de convección forzada del fluido portador. Su valor no tiene mucha influencia sobre la resistencia térmica global.

Si se desea, podrá tenerse en cuenta el espesor del material de la misma tubería y su correspondiente coeficiente de transmisión de calor a la temperatura media de funcionamiento, como se ha comentado con anterioridad.

Los espesores hallados por cálculo deberían aumentarse para tener en cuenta las imperfecciones de montaje; podría ser suficiente adoptar el espesor inmediatamente mayor al calculado entre los espesores comercialmente disponibles.

Es muy importante que entre las tuberías y sus soportes se interponga un material aislante, con el fin de evitar puentes térmicos.

Todos los accesorios de una red de conducciones deberán estar aislados con el mismo nivel que la conducción contigua.

Se recomienda reducir al mínimo la extensión de redes de tuberías (y conductos) en el ambiente exterior. Sería conveniente que todos los equipos, aparatos y tuberías que se instalen en cubierta estén protegidos contra los elementos mediante una cubierta ligera; los lados podrán estar totalmente libres o llevar una protección para reducir la visibilidad desde el exterior y, en su caso, reducir también el nivel sonoro.

Para el aislamiento de tuberías el RITE permite la aplicación de un procedimiento simplificado o alternativo. En este caso, las pérdidas térmicas o ganancias máximas instantáneas deberán ser menores que el 4% de la potencia máxima transportada y, además, deberán ser menores que las pérdidas o ganancias obtenidas con la aplicación de los niveles de aislamiento exigidos por el método simplificado.

El método simplificado está descrito en detalle en el apartado 1.2.4.2.1.2 “Procedimiento simplificado”, prácticamente igual al de la versión anterior del RITE. Las tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4. están dimensionadas para una conductividad térmica (de referencia) de 0,04 W/(m·K) a 10 °C. Para otras conductividades térmicas se emplearán las ecuaciones indicadas en 1.2.4.2.1.2, punto 8, o las de la norma UNE-EN ISO 12241.

Nota: Se hace notar que existe una errata en el encabezamiento de las tablas del RITE 1.2.4.2.3 y 1.2.4.2.4 para fluidos fríos. Debería decir: “Temperatura mínima del fluido (°C)”. Y los intervalos de temperatura serían: >-10...0, >0...10 y >10.

Se hace hincapié en estas obligaciones para la aplicación del procedimiento simplificado:

- Las redes se dimensionarán para la temperatura máxima o mínima del fluido; el mismo valor se empleará tanto para las tuberías de impulsión como para las de retorno.
- Las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo (como, por ejemplo, las redes de tuberías de agua caliente sanitaria) estarán aisladas con un espesor 5 mm mayor que el indicado en las tablas, para reducir las pérdidas de energía por disponibilidad de servicio.
- El nivel de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan fluido caliente o frío será el que se obtenga para las condiciones de trabajo más exigentes.
- Para los ramales de tuberías empotradas o instaladas en canaletas, de diámetro menor o igual que 20 mm y de longitud no mayor que 5 m, que alimentan unidades terminales, el espesor de aislamiento puede ser de tan solo 10 mm. En caso de fluido frío, el material deberá impedir las condensaciones superficiales.

Estas instrucciones se deben seguir también cuando se aplique el procedimiento alternativo.

Para los espesores de los conductos se procederá de la misma manera que la indicada para las tuberías (véase apartado 1.2.4.2.2), con el límite de 70 kW de potencia térmica transportada entre el procedimiento simplificado o alternativo.

De nuevo se recomienda reducir al mínimo el recorrido de las conducciones al exterior. Una solución aceptable está en proteger todos los equipos y conducciones mediante una cubierta ligera, como se ha comentado con anterioridad.

Estanquidad de redes de conductos

Las normas UNE-EN 13779 y UNE-EN 12237 establecen cuatro clases de estanquidad para las redes de conductos.

La norma UNE-EN 12237 es aplicable también a conductos rectangulares y, por supuesto, ovales, y es una norma de ensayo de resistencia y fugas.

Se debe considerar que una red de conductos rectangulares tiene fugas mayores que una red de conductos circulares u ovales, a paridad de otras condiciones.

Las fugas de aire constituyen uno de los factores que más contribuyen a la reducción de la eficiencia de las redes de transporte de los fluidos portadores.

La clase de estanquidad se define con el coeficiente “c” de esta ecuación:

$$f = c \cdot p^{0,65} \cdot 10^{-3}$$

donde

- **f** son las fugas de aire, m³/(s·m²)
- **p** es la presión estática, Pa
- **c** es el coeficiente de fugas
- el exponente 0,65 es universalmente aceptado para el cálculo teórico del paso de aire a través de aperturas de pequeño tamaño

Las cuatro clases están indicadas en esta tabla:

Clase	Coeficiente “c”
A	0,027
B	0,009
C	0,003
D	0,001

La norma UNE-EN 12237 exige que:

- La clase A se aplique a conductos con presiones, positivas o negativas, de hasta 500 Pa.
- La clase B se aplique a conductos con presiones de hasta 1.000 Pa positivos y 750 Pa negativos.
- La clase C se aplique a conductos con presiones de hasta 2.000 Pa positivos y 750 Pa negativos.
- La clase D se aplique en redes de conductos para aplicaciones especiales, con presiones de hasta 2.000 Pa positivos y 750 Pa negativos.

El RITE exige, en general, que la estanquidad de una red de conductos sea de la clase B. El técnico aplicará las diferentes clases según las indicaciones arriba mencionadas.

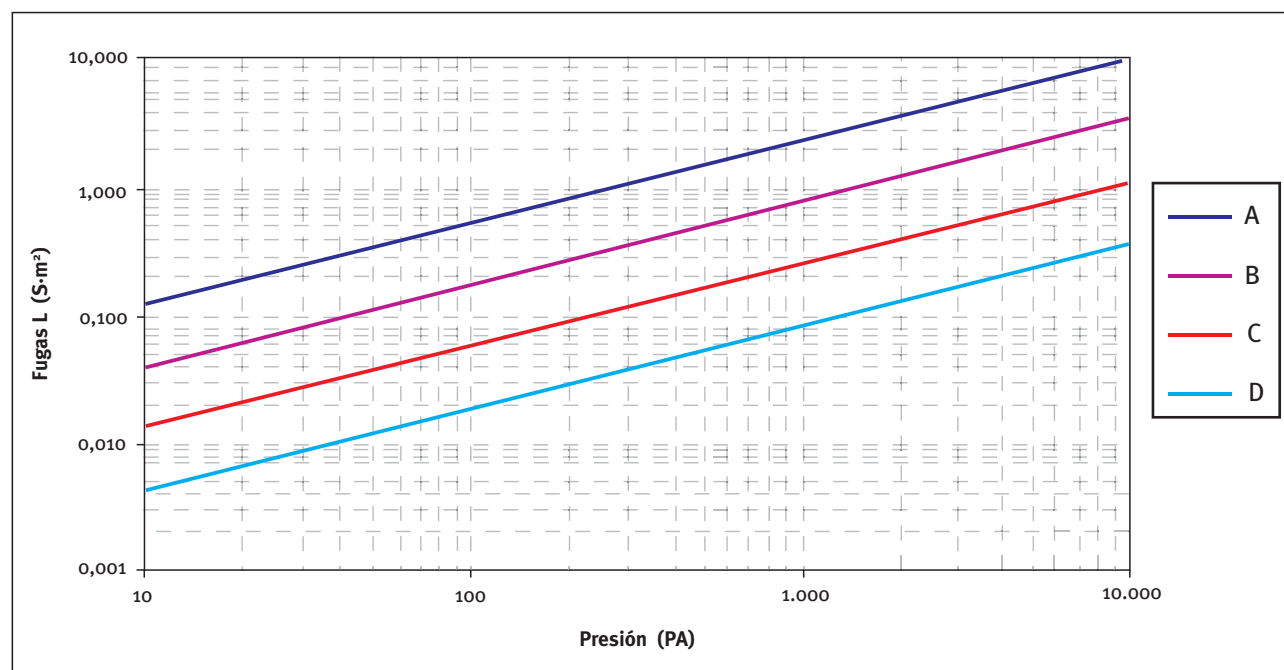


Fig. 51: Fugas de aire según clase de estanquidad de la red de conductos

En el gráfico de la figura 51 (página anterior) se han calculado las fugas de aire en función de la presión en el interior del conducto para las diferentes clases de estanquidad (la escala de ordenadas está con tres decimales).

Las fugas de aire para las presiones máximas permitidas son las siguientes:

Clase	Coeeficiente	Pa	L/(s·m²)
A	0,027	500	1,53
B	0,009	1000	0,80
C	0,003	2000	0,42
D	0,001	2000	0,14

Se debe reflexionar sobre el hecho de que un conducto de la clase B, con 300 Pa de presión disponible a la salida de la UTA, tiene unas fugas de aire de 0,37 L/(s·m²). Por ejemplo, para una red que transporta 1,5 m³/s y tiene una superficie de 200 m², las fugas representan casi el 5% del caudal transportado.

Las pruebas de estanquidad de las redes de conductos se podrán llevar a cabo siguiendo el procedimiento indicado en los comentarios al apartado IT 2.2.5 (antigua norma UNE 100104, Anexo A), a la espera de la correspondiente norma europea.

Las redes de conductos deberán disponer de registros de inspección para la limpieza, según se indica en la norma UNE-ENV 12097.

Estos registros deben ser construidos con gran precisión y dotados de juntas de estanquidad, para no aumentar las fugas de aire.

Otras normas europeas relativas a conductos de chapa son las siguientes: UNE-EN 1505, UNE-EN 1506, prEN 1507 y UNE-EN 12236.

Caída de presión en componentes

Se recuerda que en un sistema de ventilación y acondicionamiento la energía consumida por los ventiladores es la parte más importante de la energía consumida por todo el sistema.

Los valores indicados en el apartado IT 1.2.4.2.4, punto 1, están para indicar que los componentes de un sistema (aparatos y unidades terminales) se deben seleccionar

con bajas pérdidas de presión lado aire, teniendo el técnico cierta libertad para moverse por encima (un 5%) de esos valores, aquí indicados.

Baterías de calentamiento	40	Pa
Baterías de refrigeración en seco	60	Pa
Baterías de refrigeración y deshumectación	120	Pa
Recuperadores de calor	80 a 120	Pa
Atenuadores acústicos	60	Pa
Unidades terminales de aire	40	Pa
Elementos de difusión de aire	40 a 200	Pa dependiendo del tipo de difusor
Rejillas de retorno de aire	20	Pa
Secciones de filtración	–	menor que la admitida por el fabricante, según tipo de filtro

La prohibición del uso de separadores de gotas va en el mismo sentido. El RITE admite el uso de separadores en casos especiales, como pueden ser, por ejemplo, aguas abajo de secciones de humectación o enfriamiento adiabático efectuado mediante boquillas pulverizadoras.

Para los filtros, cuando haya dos o más secciones de filtración en serie, se adoptará la pérdida de presión a filtro sucio (recomendada por el fabricante) del filtro de mayor calidad más la pérdida de presión del otro filtro, como se ha comentado en otra parte.

Eficiencia de los equipos de transporte

Para cada uno de los circuitos que componen el sistema de climatización, de aire, agua o cualquier otro fluido, se deberá calcular la potencia específica de transporte, definida como la potencia absorbida por el motor del equipo dividida por el caudal del fluido transportado, medida en W/(m³/s) para aire y en W/(L/s) para líquidos.

Para los ventiladores, en particular, el valor de la potencia específica de cada ventilador se escogerá de la tabla 2.4.2.7, aquí reproducida.

Categoría	Potencia específica	
	$W/(m^3 \cdot s)$	$W/(m^3 \cdot s)$
SFP 1		$W_{esp} \leq 500$
SFP 2	500	$< W_{esp} \leq 750$
SFP 3	750	$< W_{esp} \leq 1.250$
SFP 4	1.250	$< W_{esp} \leq 2.000$
SFP 5	2.000	$< W_{esp}$

Para los equipos de bombeo será suficiente equilibrar el circuito por diseño y emplear, en su caso, válvulas de equilibrado. Posteriormente, se calculará la potencia específica, en $W/(L \cdot s)$.

Se recuerda que se debe evitar el empleo de válvulas de reducción del caudal en impulsión de bombas.

Para los motores eléctricos, de las características indicadas en el apartado 1.2.4.2.6, punto 2, la tabla 2.4.2.8, aquí repetida, indica el rendimiento mínimo en función de la potencia para motores de 2 y 4 polos (de 1,1 a 90 kW; clase de rendimiento eff2 del acuerdo CEMEP, que será indicado en la placa de características):

kW	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
%	76,2	78,5	81,0	82,6	84,2	85,7	87,0	88,4	89,4	90,0	90,5	91,4	92,0	92,5	93,0	93,6	93,9

Los motores excluidos de la lista están indicados en el apartado 1.2.4.2.6, punto 3.

Cuando se recurra al método prestacional, se invita a emplear motores de alta eficiencia, de la clase eff1, que, para motores de 4 polos, es la siguiente:

kW	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
%	83,8	85,0	86,4	87,4	88,3	89,2	90,1	91,0	91,8	92,2	92,6	93,2	93,6	93,9	94,2	94,7	95,0

y para motores de 2 polos:

kW	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
%	82,8	84,1	85,6	86,7	87,6	88,6	89,5	90,5	91,3	91,8	92,2	92,9	93,3	93,7	94,0	94,6	95,0

Los motores de eficiencia menor que la de la clase eff2 son de la clase eff3.

Los motores de la clase de eficiencia eff2 puede presentar un ahorro anual de hasta el 20% sobre la base de 2.000 horas al año de funcionamiento. El ahorro sería aún más espectacular si se emplearan motores de la clase de eficiencia eff1. Para más información el técnico podrá consultar, vía Internet, los programas y la base de datos euro DEEM (*Database of Efficient Electric Motor*).

Las redes de transporte de agua estarán equilibradas por diseño. Las columnas y los ramales se dotarán de válvulas de aislamiento para facilitar las operaciones de mantenimiento.

IT 1.2.4.3 Control

El apartado 1.2.4.3.1 no necesita aclaraciones.

La clasificación indicada en la tabla 2.4.3.1 del apartado 1.2.4.3.2 ha sido comentada en "Control de las condiciones termohigrométricas".

El apartado 1.2.4.3.3 ha sido comentado en los comentarios a IT 1.1.4.2.

El apartado 1.2.4.3.4 no necesita aclaraciones. Sólo se recuerda que la temperatura de acumulación se controlará de manera que la temperatura del agua de retorno al sistema de acumulación sea, como mínimo, de 50 °C (véanse comentarios a 1.1.4.3).

IT 1.2.4.4 Contabilización de consumos

Los principios establecidos en este apartado son muy claros y se resumen en estas exigencias:

- Cada usuario deberá disponer de sus propios contadores de energía, de cualquier tipo (eléctrica y térmica). Esta es una manera muy eficaz de ahorrar energía, obligando a los usuarios a pagar por lo que consumen.
- Para instalaciones de más de 70 kW térmicos se exige que se mida la energía consumida por la instalación de climatización. El fin es el de tener los datos de los consumos eléctrico y térmico para, al cabo de un cierto tiempo, poder efectuar intervenciones que mantengan o mejoren la eficiencia energética de la instalación.
- Con el mismo fin, se exige que las centrales frigoríficas de más de 400 kW térmicos dispongan de dispositivos de medición y registro del consumo de energía eléctrica de las máquinas frigoríficas y sus accesorios, incluidas las torres, en su caso.
- Los generadores de calor y frío de potencia mayor que 70 kW dispondrán de un registrador de las horas de funcionamiento, así como del número de arrancadas de los compresores frigoríficos. Este dato es muy importante para el mantenimiento de los equipos.

La figura 52 muestra el esquema de un sistema de medición de la energía térmica en las conducciones directas de entrada y salida de un usuario, constituido por un medidor de caudal, protegido por un filtro, en su caso,

dos sondas de temperatura, en entrada y salida, y un microprocesador que recibe las señales, hace los cálculos y los guarda.

La potencia entregada P (kW) en cada instante por el fluido portador será igual a:

$$P = c_p \cdot C \cdot (T_e - T_s)$$

donde:

c_p es el calor específico del fluido a la temperatura media de funcionamiento, kJ/(kg·K)

C es el caudal del fluido (medido), kg/s

T_e es la temperatura del fluido a la entrada, K o °C

T_s es la temperatura del fluido a la salida, K o °C

Considerando constante el calor específico, la integral en el tiempo de la potencia, efectuada por el microprocesador, será la demanda de energía del usuario en el período de tiempo considerado:

$$E = \int_{t_i}^{t_f} P = c_p \cdot \int_{t_i}^{t_f} C \cdot (T_e - T_s)$$

Naturalmente, en la práctica, la integral se transforma en una sumatoria.

La norma relacionada con la medición de energía es la UNE-EN 1434, cuyo contenido se divide en 6 partes.

Existe una guía técnica del IDAE, titulada “Contabilización de consumos”, que podrá ser convenientemente consultada.

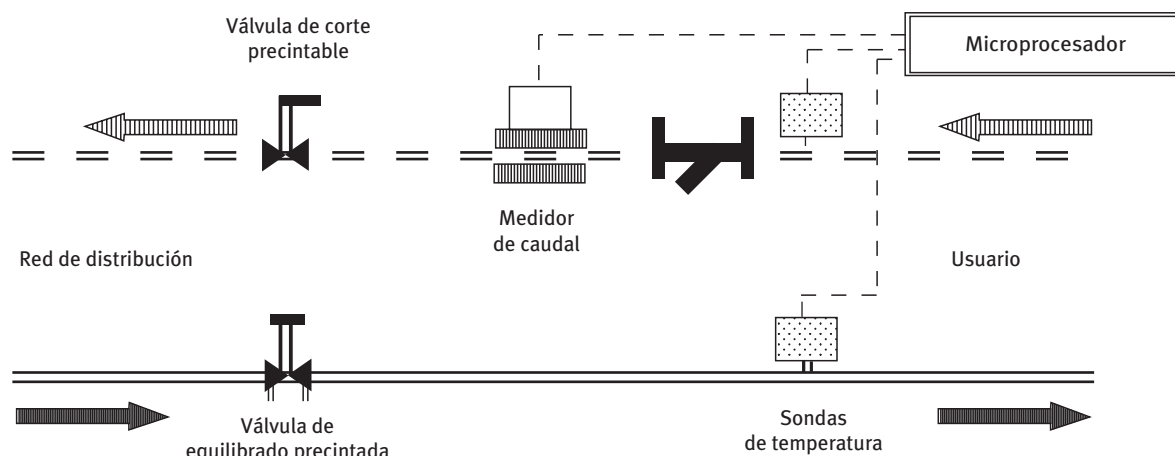


Fig. 52: Equipo de medida

1.2.4.5 Recuperación de energía

1.2.4.5.1 Enfriamiento gratuito por aire exterior

Enfriamiento gratuito directo por aire

Todos los sistemas de más de 70 kW de potencia frigorífica dispondrán de un sistema de enfriamiento gratuito.

El reglamento obliga al uso del sistema de enfriamiento gratuito por aire exterior para aquellos subsistemas de climatización de potencia térmica nominal mayor que 70 kW.

Cabe resaltar la importancia de este dispositivo, desde el punto de vista del ahorro de energía, en una climatología suave como la que existe en casi todas las regiones de la geografía española. Además, este dispositivo contribuye de forma considerable a una mejora de la calidad del aire interior, como se ha comentado.

El tiempo de funcionamiento de este dispositivo puede alargarse de forma notable si se adoptan los sistemas de enfriamiento adiabático, que se comentarán más adelante, en acoplamiento con unos recuperadores de calor.

El proyectista deberá considerar que los caudales de aire en juego pueden ser diferentes en las dos posiciones extremas del dispositivo, así como en cualquier posición intermedia. En efecto, la compuerta de retorno está en serie sobre los ventiladores de retorno e impulsión de la UTA, mientras que las otras dos están en paralelo con la primera: la de expulsión en el circuito del ventilador de retorno y la de toma de aire exterior en el

circuito del ventilador de impulsión (véase la figura 53, en la que no están representados los ventiladores).

La norma UNE-EN 13053 especifica los requerimientos y las prestaciones de una unidad de tratamiento de aire como un conjunto, así como de sus componentes específicos y secciones, como, en particular, la sección compuesta por una terna de compuertas para efectuar el enfriamiento gratuito.

Las compuertas y las válvulas se ensayarán como indicado en la norma UNE-EN 1751.

La estanquidad de la carcasa de las compuertas en función de la presión estática se determinará de acuerdo a la estanquidad que se haya fijado para la red de conductos, según la clasificación del Anexo C de la citada norma.

Para la estanquidad de las compuertas con lamas cerradas en función de la presión estática no se admitirán las clases 0 y 1 del Anexo C de la norma.

Para un perfecto equilibrio es necesario instalar, en serie con la compuerta de retorno, una chapa perforada de características adecuadas.

En general, la admisión de aire exterior deberá basarse en la comparación de entalpías entre el aire de retorno y el mismo aire exterior. Sin embargo, en climas secos o cuando se admita que la humedad relativa en el interior de los locales pueda, esporádicamente, superar los valores normales (hasta un 60%), será suficiente comparar temperaturas.

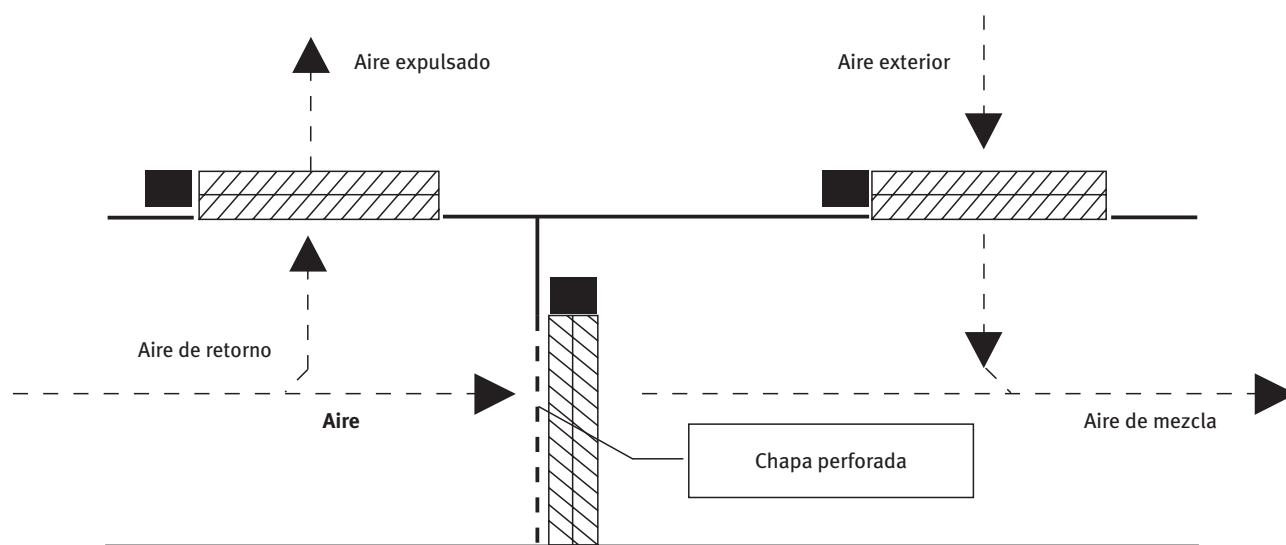


Fig. 53: Terna de compuertas para enfriamiento gratuito



El gráfico de la figura 54 muestra las zonas de trabajo en el diagrama del aire húmedo con la estrategia de control por entalpía.

El gráfico de la figura 55 muestra las zonas de trabajo en el diagrama del aire húmedo con la estrategia de control por temperatura.

La comparación por temperatura abarca una superficie

mayor y, por tanto, un mayor número de horas disponibles de funcionamiento al año; por ello, toda vez que sea posible, el control por temperatura será preferido.

El RITE exige que la eficiencia de la mezcla de temperatura sea mayor que el 75% (clase M3 de la norma UNE-EN 13053) y que la velocidad de paso de aire sea de 6 m/s como máximo.

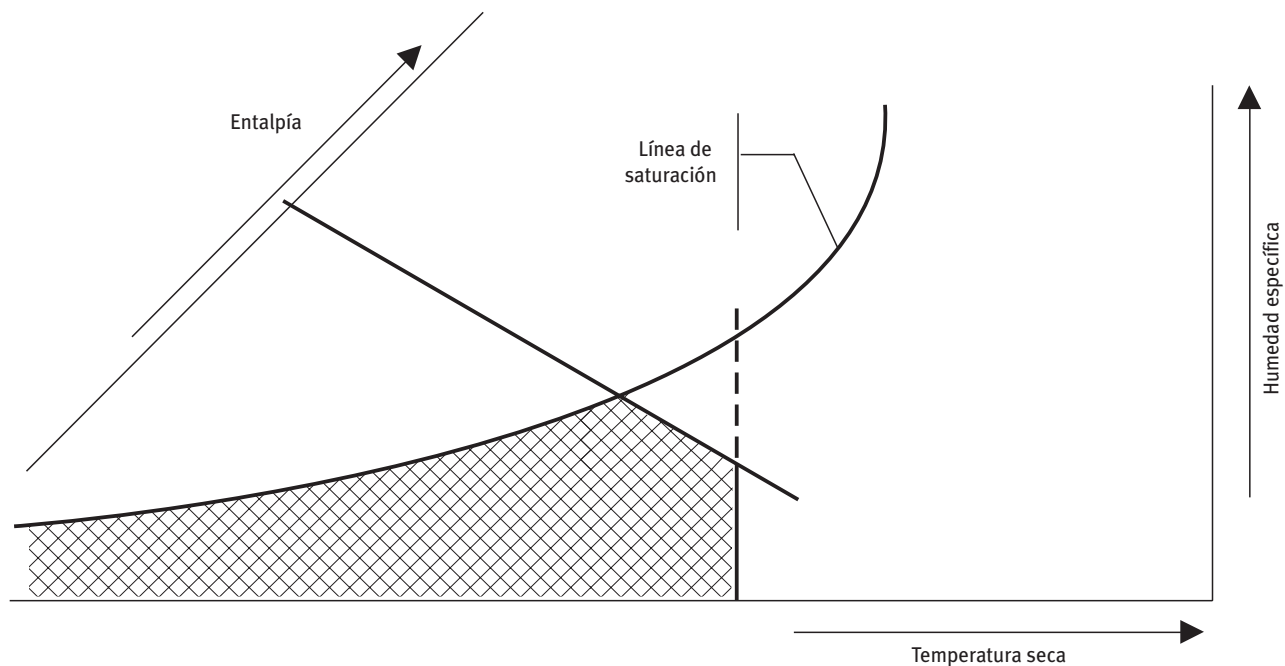


Fig. 54: Control por entalpía

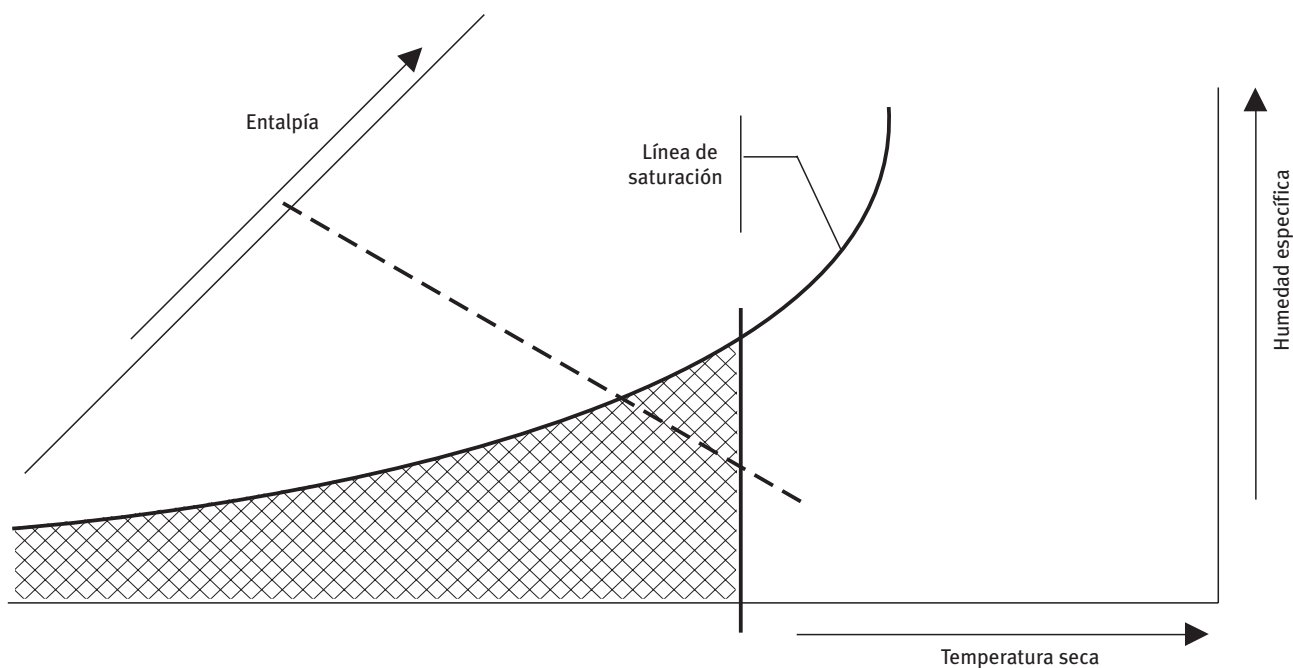


Fig. 55: Control por temperatura

Según la citada norma, la eficiencia de la mezcla entre dos caudales de aire (normalmente aire exterior y aire de retorno) está definida por la siguiente expresión:

$$\eta_{mix} = \left(1 - \frac{t_{max} - t_{min}}{t_H - t_L}\right) \cdot 100$$

donde:

η_{mix}	%	La eficiencia de la mezcla de temperatura
t_{max}	°C	La temperatura más grande en el plano de medida aguas-abajo la sección de mezcla
t_{min}	°C	La temperatura más pequeña en el plano de medida aguas-abajo la sección de mezcla
t_H	°C	La temperatura más elevada del aire entrante
t_L	°C	La temperatura más pequeña del aire entrante

La citada norma clasifica la eficiencia de mezcla de temperatura en estas categorías:

Clase			
M1	95	$\geq \eta$	
M2	85	$\geq \eta < 95$	
M3	70	$\geq \eta < 85$	
M4	50	$\geq \eta < 70$	
M5		$\eta < 50$	

En climas muy frío, cuando las temperaturas puedan llegar por debajo de cero grados, la falta de uniformidad de temperatura en una sección de mezcla puede conducir a congelación del agua en las baterías.

Por tanto, se recomienda seleccionar la eficiencia en función de la SCI (Severidad Climática de Invierno; véase CTE, HE, Apéndice A, Terminología) de acuerdo a la siguiente tabla:

Clase	SCI
M1	–
M2	E
M3	D
M4	C y B
M5	A

Cuando las pérdidas de presión en una sección de mezcla sean mayores que el 20% de la presión estática del ventilador, con el fin de que la variación de los caudales de aire sea lineal al variar la posición de la terna de compuerta, las compuertas deberán tener las lamas paralelas, no en oposición.

En sistemas mixtos agua-aire el RITE exige que el enfriamiento gratuito se realice mediante el agua procedente de torres de refrigeración, preferentemente de circuito cerrado o, en caso de empleo de plantas enfriadoras aire-agua, mediante el empleo de baterías puestas hidráulicamente en serie con el evaporador.

En todos los casos, será conveniente aumentar la temperatura del agua refrigerada para alargar el tiempo de funcionamiento en régimen gratuito, aprovechando el hecho de que la carga térmica, en particular la carga latente, suele ser bastante menor.

Enfriamiento gratuito con equipos agua-agua (por medio de torres de refrigeración)

El uso de las torres de refrigeración para el enfriamiento gratuito requiere la adopción de algunas precauciones.

En primer lugar, cuando la temperatura exterior sea baja será posible disminuir el nivel térmico del agua refrigerada, porque, en estas condiciones, las necesidades de deshumectación habrán desaparecido. Por ejemplo, la temperatura de impulsión del agua podría estar entre 10 y 12 °C, siempre que no exista algún usuario que necesite una temperatura constante de agua refrigerada.

En segundo lugar, se debe evitar la entrada de agua sucia en el circuito de refrigeración. Por tanto, será necesario emplear torres de circuito cerrado, lo que da lugar a un enfriamiento gratuito de tipo indirecto.

Un esquema de enfriamiento gratuito mediante una torre de circuito cerrado se representa en la figura 56 (página siguiente).

La batería de la torre, así como las tuberías expuestas al exterior, deben estar adecuadamente protegidas contra la congelación.

Al no poder contar, posiblemente, con la aportación del calor de la carga durante todas las horas del día, y considerando que el mantenimiento del agua en circulación no puede garantizar que no se alcance el punto de congelación (depende de la potencia absorbida por la bomba y de las pérdidas de calor de las tuberías), será necesario adoptar uno de estos recursos:

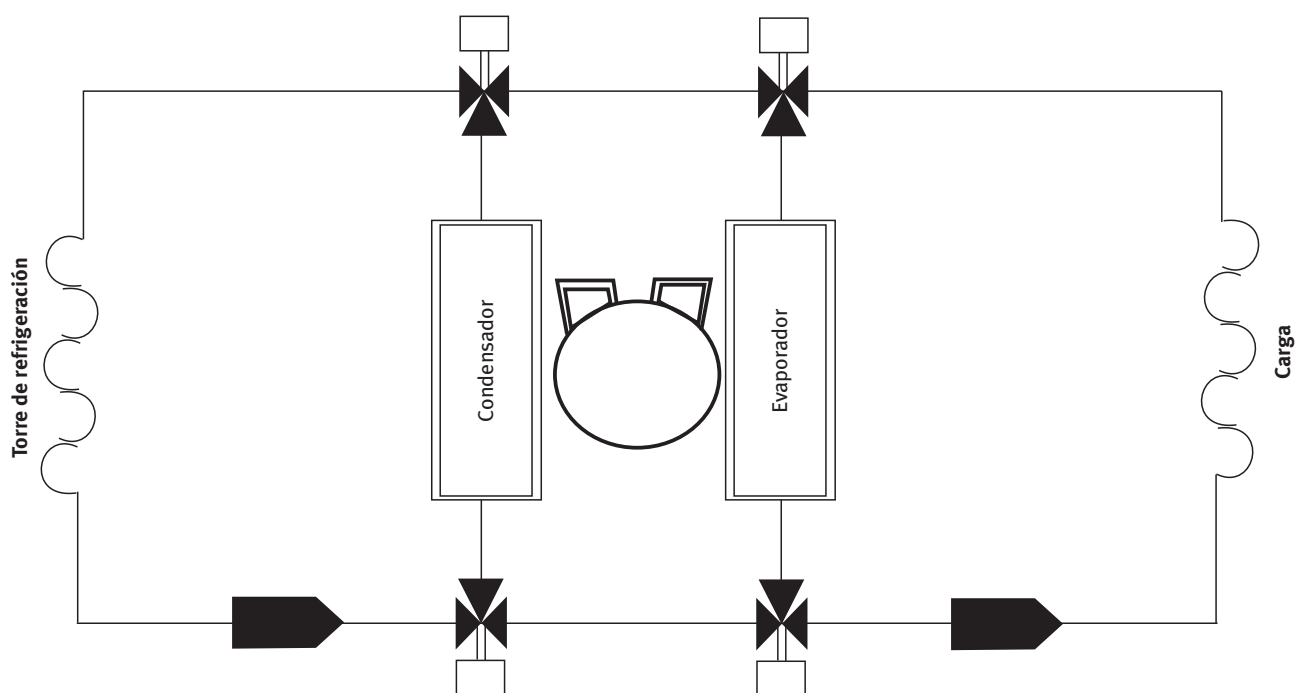


Fig. 56: Enfriamiento gratuito con torre de circuito cerrado

- Empleo de agua glicolada en el circuito; el agua glicolada, además de complicar las tareas de mantenimiento, implica un mayor dimensionamiento de las superficies de intercambio térmico y de la bomba de circulación, como se ha indicado antes.
- Vaciado de la parte del circuito expuesta al riesgo de congelación cuando la carga térmica sea nula.
- Empleo de cables especiales para “traceado” de tubería y/o tanques con resistencias eléctricas. Es un recurso que se debe usar con parsimonia, por evidentes razones de ahorro de energía.
- La técnica de dejar circular el agua no asegura en absoluto la eliminación del riesgo de congelación (véase IT 1.2.4.2.1.1, punto 4). En efecto, cuando la potencia absorbida por la bomba y vertida al agua sea menor que las pérdidas de calor de la red de tuberías, el agua se congelará, antes o después.

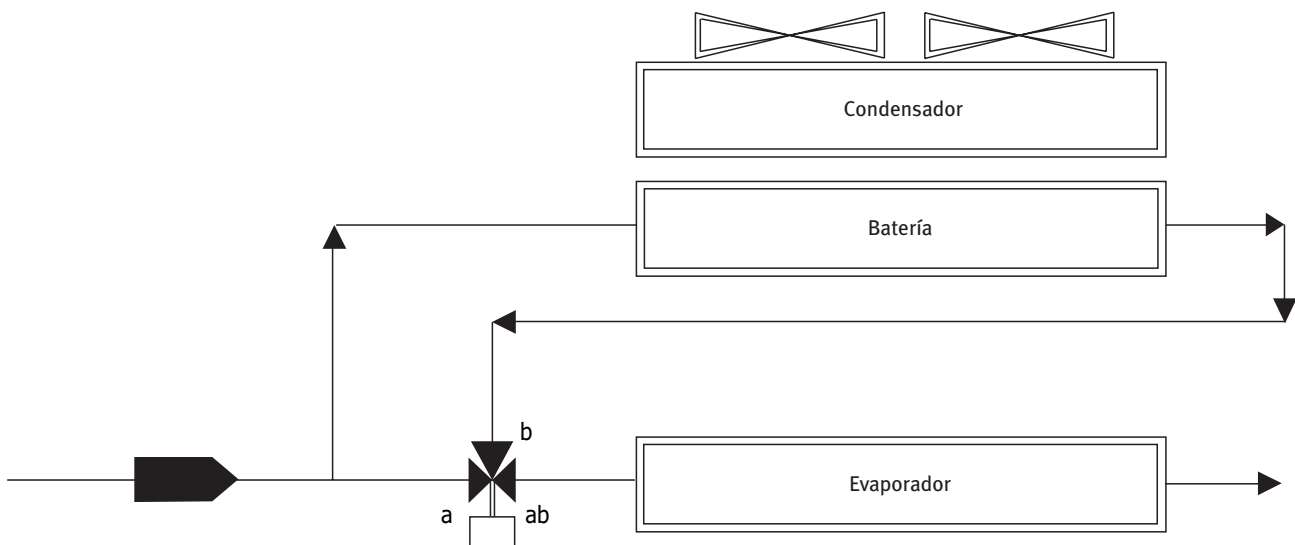


Fig. 57: Enfriamiento gratuito con plantas aire-agua

El agua de pulverización de las torres se guardará, oportunamente, en un depósito auxiliar situado en un lugar sin riesgo de alcanzar temperaturas bajo cero como, por ejemplo, la sala de máquina.

Enfriamiento gratuito con equipos aire-agua

Se trata, esencialmente, de poner en serie al evaporador una batería, según se indica, de forma muy esquemática, en la figura 57 (página anterior).

Al disminuir la temperatura del aire exterior, por ejemplo, por debajo de 15 °C, se podrá aumentar la temperatura del agua de impulsión. Cuando la temperatura del aire exterior sea menor que la temperatura de retorno del agua refrigerada se cerrará la vía (a) de la válvula y se abrirá la vía (b), de tal manera que el agua se enfriará, total o parcialmente, de forma gratuita antes de entrar en el evaporador. El evaporador llevará el agua, en su caso, a la temperatura requerida.

La batería de enfriamiento gratuito y el condensador de la planta enfriadora están en serie sobre los ventiladores.

El control de la temperatura del agua de impulsión se hará mediante la modulación de la velocidad de los ventiladores.

Para proteger el sistema de la congelación, se pueden emplear los métodos descritos anteriormente.

Otro método consiste en instalar, entre el circuito y la batería de enfriamiento gratuito un intercambiador de calor, como se muestra, muy esquemáticamente, en la figura 58.

Solamente el circuito entre la batería de enfriamiento gratuito y el intercambiador deberá estar cargado con agua glicolada.

Es evidente que la presencia de un intercambiador reduce las horas anuales en las que se pueda aprovechar el enfriamiento gratuito, debido al aumento del nivel térmico del agua refrigerada.

El ahorro de energía de estos sistemas, largamente empleados en la refrigeración de centros de proceso de datos, es muy elevado, dependiendo de las horas anuales en las que la temperatura exterior se sitúa en valores menores que 15 °C (más de 5.000 horas en Madrid).

En los esquemas de las figuras 57 y 58 no se ha representado ningún accesorio (válvulas, SAES, antivibradores, etc.) para simplificarlos.

1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción

La energía contenida en el aire expulsado por medios mecánicos de un sistema de climatización será parcialmente recuperada cuando el caudal de aire sea mayor que 0,5 m³/s.

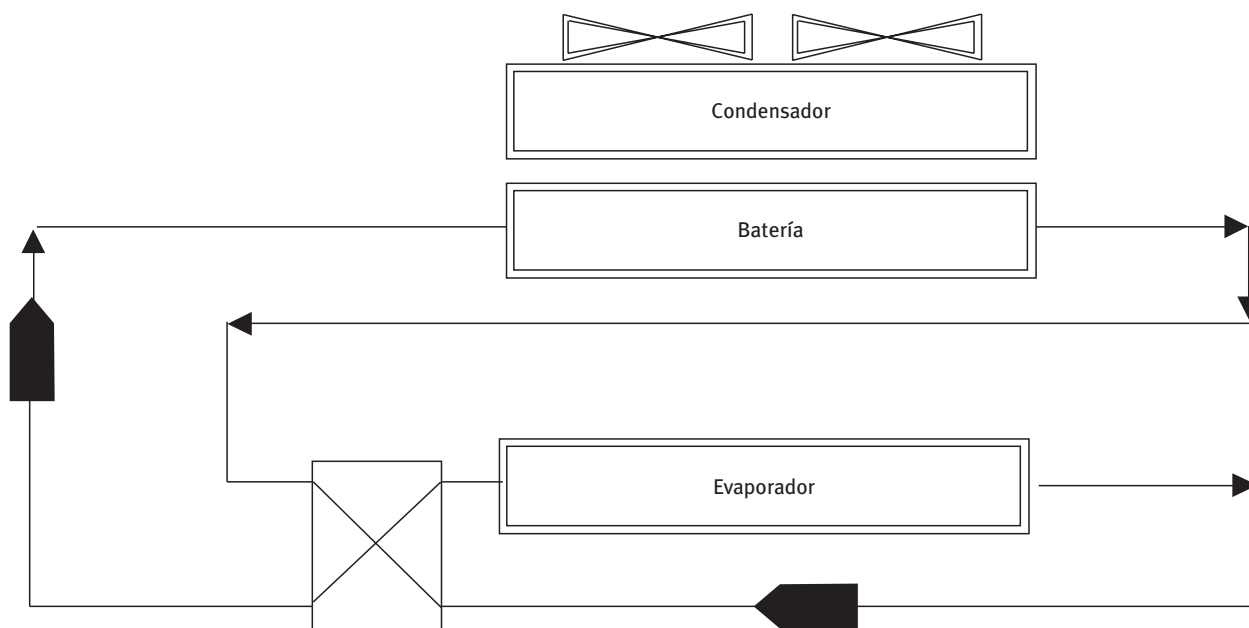


Fig. 58: Enfriamiento gratuito con agua glicolada

Para aumentar la eficiencia de la recuperación sobre el aire a expulsar se dispondrá de un aparato de enfriamiento adiabático EAI.

Estos conceptos se exponen, de forma muy esquemática, en la figura 59, donde se representan un recuperador rotativo y un aparato de enfriamiento adiabático de pulverización.

El RITE indica, en la tabla 2.4.5.1, la eficiencia mínima en calor sensible sobre el aire exterior y las pérdidas de presión máximas en función del caudal de aire exterior y de las horas anuales de funcionamiento del sistema.

En instalaciones industriales la recuperación de calor tiene unas características de explotación favorables que la hacen, casi siempre, rentable. Estas características se resumen en estos conceptos:

- Se aplica de forma independiente de las condiciones climatológicas del lugar
- La duración anual de explotación del sistema suele ser mucho mayor que 2.000 horas, valor típico de instalaciones de acondicionamiento de aire

- La diferencia de temperatura entre los fluidos es, en general, elevada

No puede afirmarse lo mismo para las instalaciones de acondicionamiento de aire; por esta razón el RITE obliga a la recuperación, fijando unos rendimientos mínimos y unas pérdidas de presión máximas.

Se examinará a continuación el caso, muy común, de un edificio comercial, bien aislado de la transmisión de calor y con ganancias de calor, debidas a las cargas interiores, muy elevadas, y se estudiará el comportamiento de un sistema de recuperación de calor durante las estaciones extremas de invierno y verano.

El tipo de sistema de recuperación (placas, rotativo, tubos de calor, etc.) no tiene relevancia en las consideraciones que siguen. Por supuesto, el sistema estará dotado del correspondiente lazo de control automático.

Durante muchas horas a lo largo del año, las ganancias interiores superan a las pérdidas a través de la envolvente del edificio; en consecuencia, es necesario enfriar el edificio.

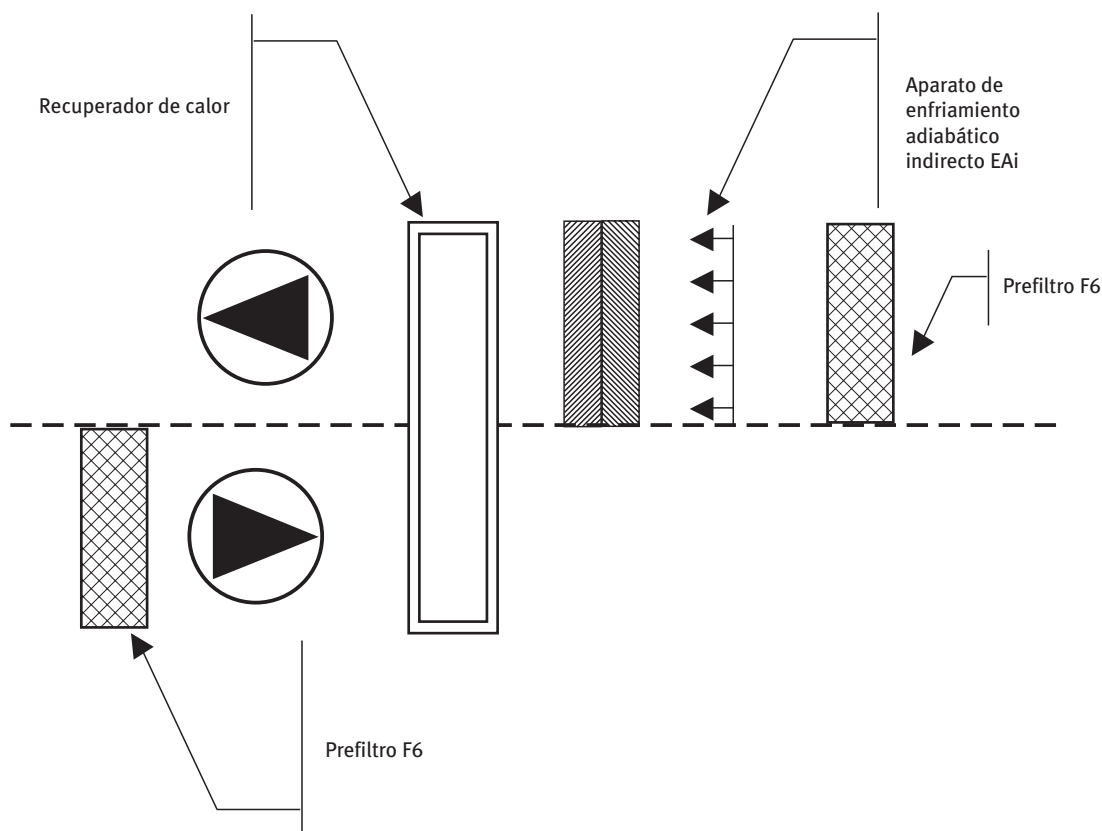


Fig. 59: Recuperación de calor

Probablemente, se necesitará calor solamente durante los arranques a primeras horas de las mañanas, particularmente después de un largo período de interrupción, y, posiblemente, sólo cuando la temperatura exterior haya bajado de los 15 °C.

Con estas premisas, es evidente que el sistema de control deberá intervenir en el sentido de reducir la cantidad de calor recuperada durante el régimen de funcionamiento normal.

Durante la estación veraniega, debido a que la diferencia de temperatura entre el aire expulsado y el aire exterior es inferior a la del invierno (típicamente, unos 25 °C en invierno y 10 °C en verano), a paridad de sistema de recuperación, la cantidad de energía térmica recuperada es bastante menor.

En la siguiente tabla se indican los resultados de los cálculos basados en un aparato de tipo de placas de aluminio de 65 m² de superficie de intercambio (cálculos efectuados a 0 m s.n.m.).

Recuperador de placas	Fluidos	Régimen de invierno		Régimen de verano	
		Exterior	Retorno	Exterior	Retorno
Caudales					
– Másico	kg/s	2,0	1,9	2,0	1,9
– Volumétrico (medio)	L/s	1560	1560	1760	1640
Velocidad media de paso	m/s	6,3	6,3	7,1	6,6
Pérdida de presión	Pa	183	178	211	189
Eficiencia de temperatura	%	53,2	48,0	50,0	53,0
Condiciones de entrada					
Temperatura seca	°C	-5,0	21,0	35,0	25,0
Temperatura húmeda	°C	-5,4	13,2	22,0	17,9
Humedad relativa	%	90	40,0	32,0	50,0
Entalpía	kJ/kg	0,55	36,87	64,23	50,45
Condiciones de salida					
Temperatura seca	°C	8,8	8,5	30,0	30,3
Temperatura húmeda	°C	2,9	6,8	20,6	19,7
Humedad relativa	%	31,9	78,5	42,4	36,7
Entalpía	kJ/kg	14,51	22,22	59,08	55,89
Potencia recuperada					
Total	kW	27,9		10,3	
Latente	kW	3,7		0	
Eficiencia energética	%	40,4		39,3	

La situación en régimen de verano puede mejorarse notablemente si, como exige el RITE en 1.2.4.5.2, punto 2, se dispone de un sistema de enfriamiento evaporativo a la entrada del aire de expulsión en el sistema de recuperación (Enfriamiento Adiabático indirecto EAI; véase figura 59). En este caso, la temperatura del aire de retorno a la salida del sistema de enfriamiento evaporativo se acerca a la de bulbo húmedo, tanto más cuanto más eficiente sea el mismo. Típicamente, la temperatura del aire baja hasta unos 17 a 19 °C; el diferencial de temperatura entre los dos fluidos aumenta, así como la energía recuperada. Esta configuración sería aún más favorable si se dispusiera de un sistema de recuperación de tipo entálpico.

En la tabla de la página siguiente se comparan los resultados para el régimen de verano en las mismas condiciones que el ejemplo anterior y con el mismo tamaño de aparato, precedido por un dispositivo de enfriamiento adiabático sobre el aire a expulsar que tiene un 90% de eficiencia.

Recuperador de placas	Con enfr. evap.				Sin enfr. evap.	
	Fluidos	Exterior	Retorno	Exterior	Retorno	
Caudales						
– Másico	kg/s	2,0	1,9	2,0	1,9	
– Volumétrico (medio)	L/s	1760	1630	1760	1640	
Velocidad media de paso	m/s	7,1	6,5	7,1	6,6	
Pérdida de presión	Pa	211	186	211	189	
Eficiencia de temperatura	%	50,1	52,7	50,0	53,0	
Condiciones de entrada						
Temperatura seca	°C	35,0	18,6	35,0	25,0	
Temperatura húmeda	°C	22,0	17,9	22,0	17,9	
Humedad relativa	%	32,0	93,6	32,0	50,0	
Entalpía	kJ/kg	64,23	50,71	64,23	50,45	
Condiciones de salida						
Temperatura seca	°C	26,8	27,3	30,0	30,3	
Temperatura húmeda	°C	19,6	20,7	20,6	19,7	
Humedad relativa	%	51,1	55,4	42,4	36,7	
Entalpía	kJ/kg	55,77	59,62	59,08	55,89	
Potencia recuperada						
Total	kW	16,9		10,3		
Latente	kW	0		0		
Eficiencia energética	%	65,9		39,3		

Se observa que la potencia recuperada y la eficiencia energética aumentan en un 60%, mientras que la eficiencia de temperatura, obviamente, queda casi constante.

Es necesario hacer algunas observaciones a lo anterior.

Si se dispone de un recuperador de tipo entálpico, como se ha insinuado antes, el ahorro de energía es muy elevado en invierno, porque se evitan los cuantiosos consumos de energía que se necesita para la humidificación del aire.

Para aplicaciones destinadas al confort, existen, fundamentalmente, dos tipos de aparatos de enfriamiento adiabático (o humectación).

- Aparatos con riego de agua sobre relleno de fibra de vidrio u otros materiales resistentes a la acción del agua (no se deben emplear rellenos de celulosa, a pesar de sus excelentes propiedades de intercambio de masa, por ser un material que favorece el desarrollo de la legionela).

Estos aparatos pueden funcionar con agua recirculada o con agua perdida. En el segundo caso el consumo de agua es muy elevado, porque el caudal de riego del relleno es elevado.

Por el contrario, en la bandeja de los aparatos con recirculación de agua se reduce el consumo de agua, pero se produce una proliferación de microorganismos. Aunque el riesgo de transmisión de enfermedades sea prácticamente nulo, ya que no hay pulverización de agua, el RD 865 prescribe que el agua de la bandeja sea tratada contra la proliferación de la legionela.

La regulación de estos aparatos es del tipo todo-nada ya que la modulación del agua de riego no es técnicamente aceptable.

- Aparatos basados en la pulverización de agua en una corriente de aire. Para aumentar la eficiencia de pulverización se emplean boquillas para altas presiones de agua o boquillas de pulverización de agua auxiliadas por aire a presión. La elevada nebulización del agua que se obtiene con estas boquillas hace que la eficiencia de los aparatos sea muy alta. Por razones de seguridad, es recomendable disponer de un separador de gotas al final de la sección.

La regulación de estos aparatos es continua, dentro de ciertos límites.

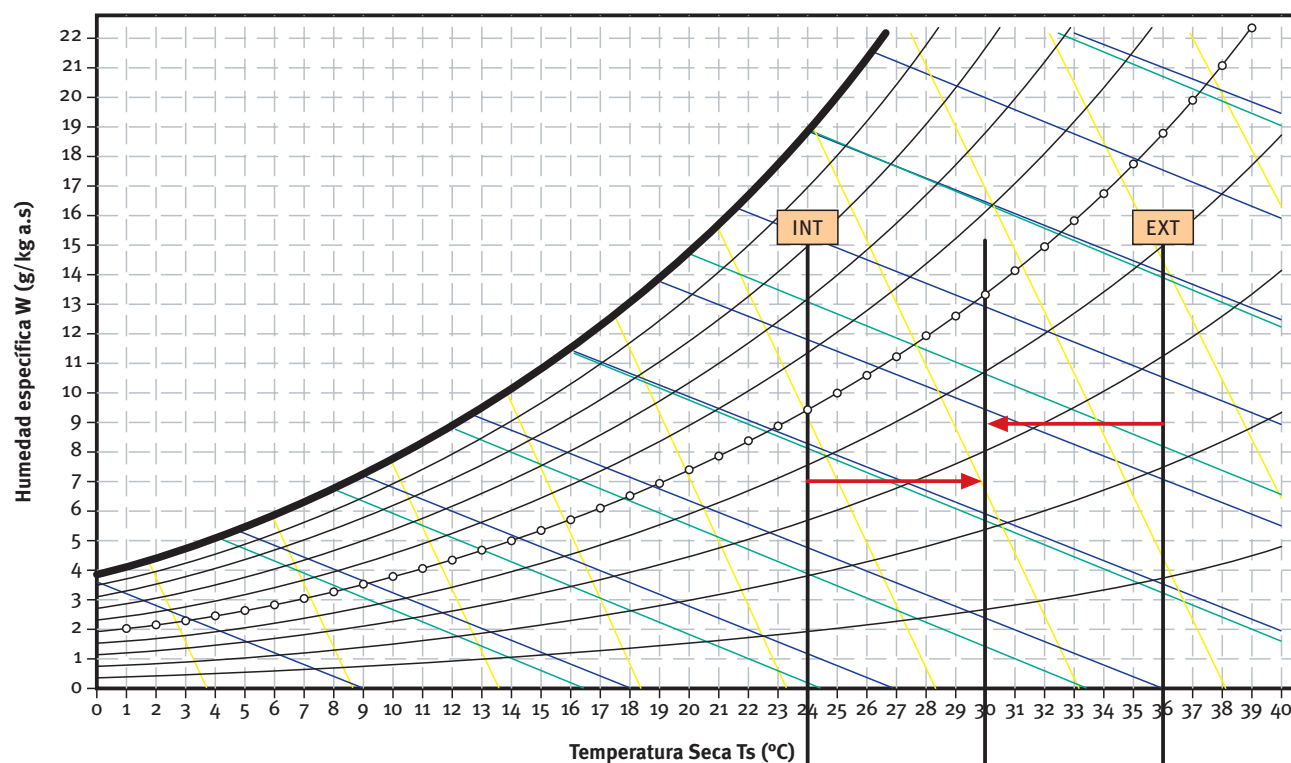


Fig. 60a: Recuperación de calor sensible

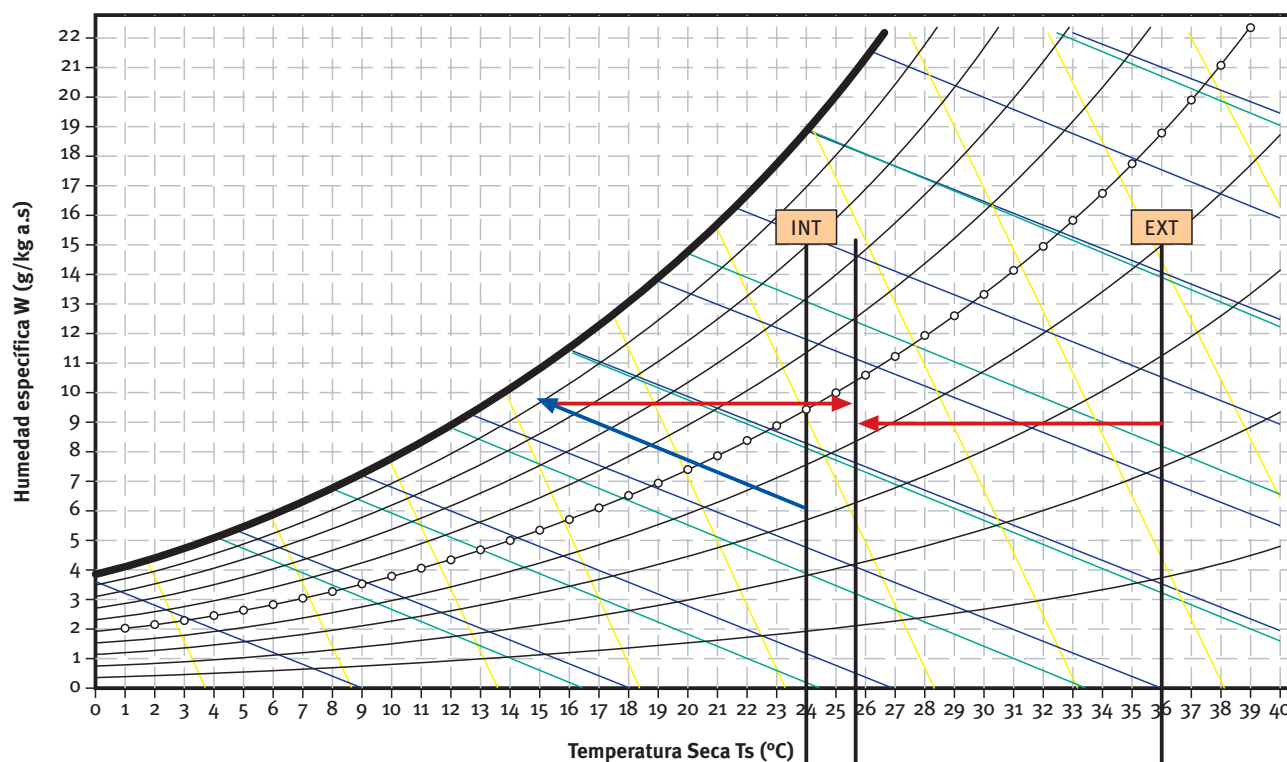


Fig. 60b: Recuperación de calor sensible con EAI

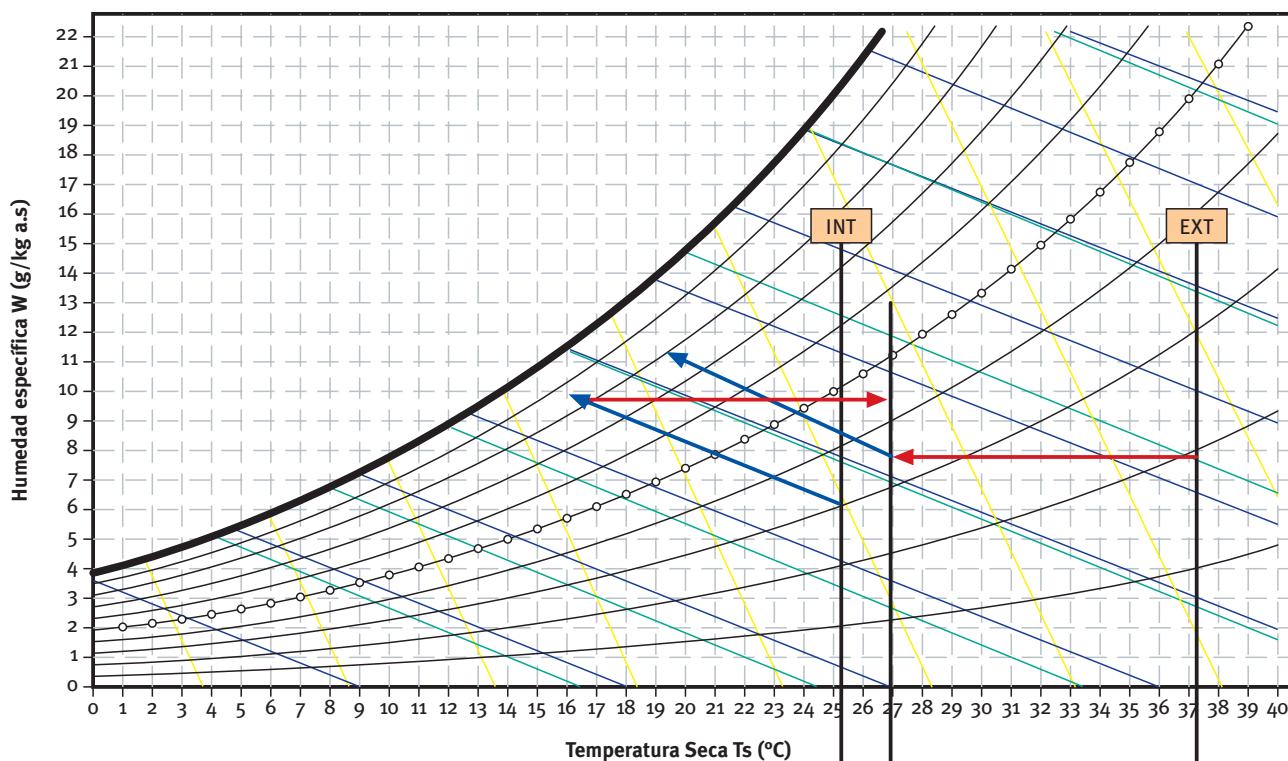


Fig. 60c: Recuperación de calor sensible con EAI y EAD

En los diagramas de aire húmedo de las figuras 60 (a, b y c) se representan las transformaciones de recuperación y de enfriamiento adiabático indirecto (EAI) y directo (EAd) entre dos caudales volumétricos de aire iguales, durante la estación calurosa,

con aparatos de enfriamiento adiabático de un 90% de eficiencia.

La figura 60b indica el extraordinario aumento de eficiencia que provoca un aparato de EAI.

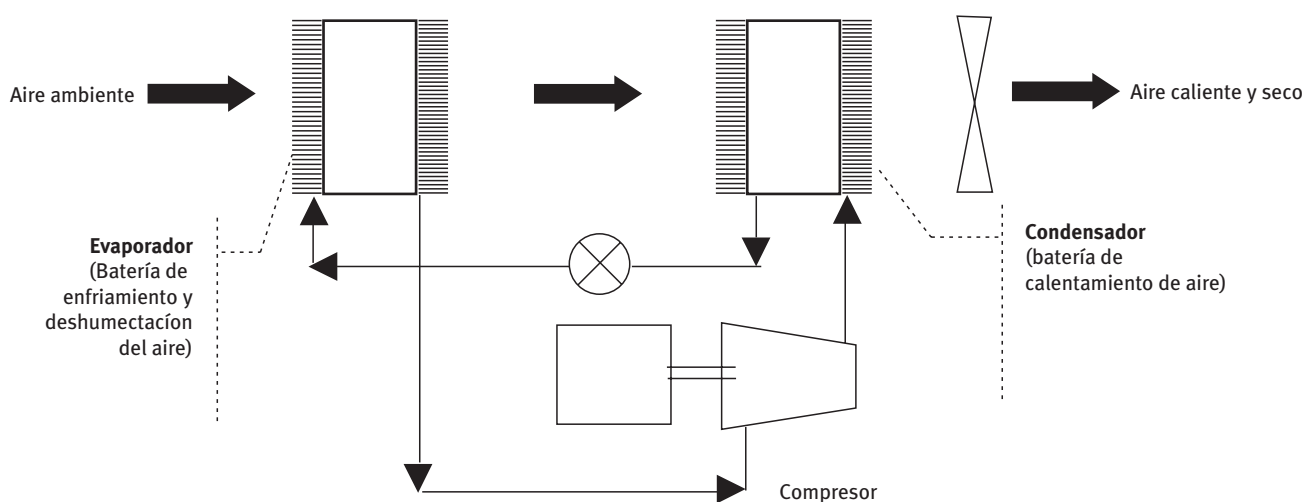


Fig. 61: Bomba de calor para el secado de aire en piscinas

En la figura 60c se puede ver cómo el EAd produce grandes beneficios especialmente cuando las condiciones exteriores son secas.

Dado el elevado contenido energético del aire de las piscinas cubiertas, el RITE exige que el dimensionamiento de la recuperación de calor se haga con los parámetros correspondientes a la fila de la tabla 2.4.5.1 correspondiente a más de 6.000 horas anuales de funcionamiento.

El RITE incide en que, independiente y alternativamente al uso del aire exterior como medio para reducir la humedad del ambiente de las piscinas, se puede emplear una bomba de calor que haga pasar el aire interior primero por la batería evaporadora, donde el aire se enfría y se deshumecta, y, luego, por la batería condensadora, donde el aire se calienta recuperando el calor de enfriamiento, sensible y latente, más el equivalente energético de la potencia eléctrica consumida por el motor del compresor y por el motor del ventilador de circulación del aire (figura 61).

1.2.4.5.3 Estratificación

La climatización de locales de gran altura, mayor que 4 m, debe ser estudiada con cuidado para favorecer o contrarrestar, según los casos, la acumulación de aire caliente en la parte superior del local.

Un caso típico de estratificación provocado por un convector está representado en la figura 62.

Siendo necesario acondicionar solamente la zona ocupada por las personas, hasta dos metros de altura sobre el

suelo, la estratificación es favorable cuando se necesita enfriar el local, siempre dentro de límites razonables para la conservación de los materiales de cobertura, y, por el contrario, es perjudicial cuando el local deba ser calentado.

El problema se resuelve con múltiples soluciones.

- Si la carga es solamente de refrigeración, es decir, se debe favorecer la estratificación, se pueden emplear sistemas de difusión por desplazamiento, incluyendo en esta categoría también aquellos que están diseñados para ser incorporados en elementos de decoración o los difusores de suelo o peldaños. El gradiente vertical de temperatura podrá ser, como máximo, de 2 °C entre cabeza y pies (véase figura 63).

Los símbolos de la figura 63 tienen el siguiente significado:

t_i Temperatura de aire en impulsión

t_s Temperatura de aire en suelo

t_z Temperatura en zona ocupada

t_t Temperatura de aire en techo

- Si la carga es solamente de calefacción, es decir, se debe romper la estratificación, cabe emplear diferentes sistemas para eliminar la estratificación o alguna combinación de ellos:

- 1 Difusión por mezcla, que tiende a uniformar la temperatura en altura, arrastrando el aire caliente de la parte alta del local en la zona ocupada.

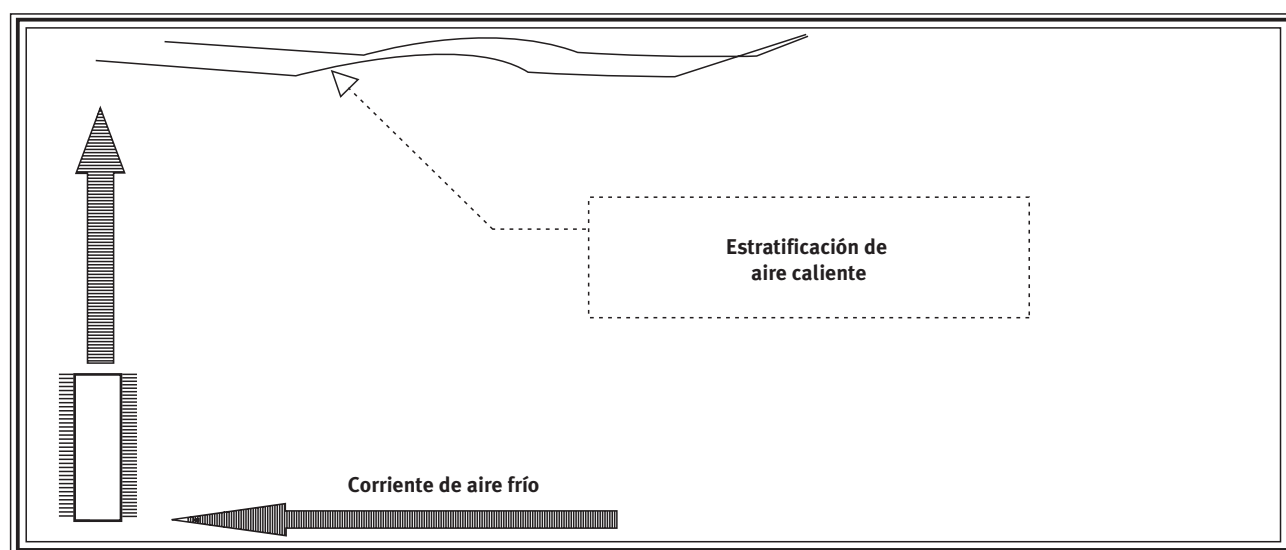


Fig. 62: Estratificación de aire caliente

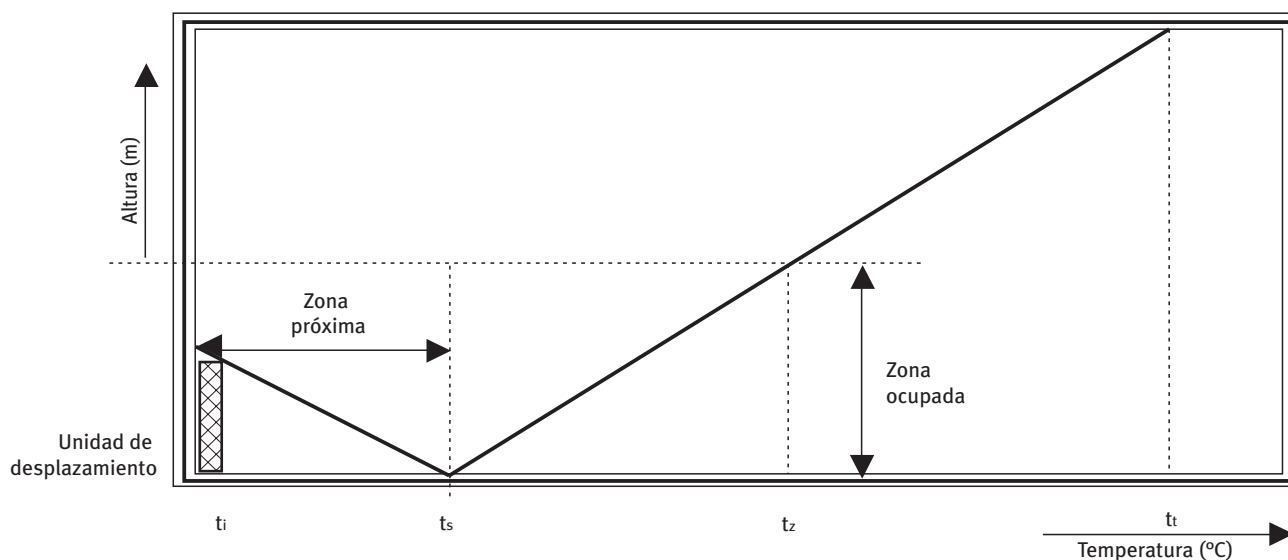


Fig. 63: Difusión por desplazamiento

- 2 Calefacción radiante, por suelo o techo (el aire, prácticamente, no se calienta).
 - 3 Convección en la parte baja de los cerramientos en contacto con el exterior, siempre que se disponga oportunamente la sonda de control de la temperatura.
 - 4 Difusores con ventilador incorporado, que recogen e impulsan el aire caliente de la parte alta del local enviándola a la zona ocupada. Es un sistema conceptualmente similar al sistema de difusión por mezcla: ahora la fuerza motriz es el mismo aire primario impulsado por el ventilador incorporado en el difusor.
 - 5 Distribución de aire por venas secundarias que tienen la función de dirigir el flujo principal de aire en la zona ocupada (toberas).
- Si están presentes ambas cargas, de refrigeración y calefacción, caben las siguientes posibilidades:
 - 1 Diseñar dos sistemas independientes, cada uno con los criterios antes indicados.
 - 2 Emplear un sistema radiante que pueda contrarrestar eficazmente las dos cargas térmicas, por lo menos de forma parcial.
 - 3 Buscar la solución energéticamente más eficiente entre las apropiadas para combatir las cargas de refrigeración y de calefacción, dependiendo del signo de la carga del local.
 - 4 Eliminar la carga procedente del exterior, por ejemplo efectuando un barrido con aire, frío o caliente, desde abajo en las zonas en contacto con cerramientos exteriores, y tratar el resto de la carga, de signo positivo, como se ha indicado antes.
 - 5 Impulsar el aire desde arriba mediante difusores de geometría variable, en función de la temperatura del aire de impulsión.
 - 6 Distribución de aire por venas secundarias, dirigiendo el flujo principal de aire en la zona ocupada mediante toberas.

1.2.4.5.4 Zonificación

La zonificación de los sistemas de climatización se diseñará considerando la compartimentación de los espacios interiores, así como su orientación y las características funcionales y ocupacionales de los diferentes recintos.

El concepto de zonificación se seguirá no solamente para las unidades terminales a servicio de los locales, sino también para diseñar la circuitación de los sistemas de distribución de energía térmica.

1.2.4.5.5 Ahorro de energía en piscinas

En este apartado se comenta también el contenido del apartado IT 1.1.4.3.2.

La temperatura del agua de una piscina, salvo las de usos terapéuticos, se mantendrá entre 24 y 30 °C.

La temperatura a mantener debería variar con el uso, es decir, con la actividad metabólica de los bañistas. Para actividades deportivas de entrenamiento y competición, el agua debería estar entre 24 y 25 °C y uno o dos grados más para actividades de recreo, enseñanza y chapoteo.

En piscinas privadas debería mantenerse una temperatura de 26 a 27 °C, aunque, con frecuencia, se pida mantener una temperatura de hasta 30 °C.

La tolerancia de temperatura en el espacio, horizontal y verticalmente, no debe ser mayor que $\pm 1,5$ °C.

Con el fin de evitar el desagradable efecto de la estratificación de temperatura, el agua caliente debe inyectarse en la piscina desde la parte baja de las paredes de la misma.

Se recuerda que las boquillas de impulsión del agua tratada se sitúan cerca de la superficie, de tal manera que se haga un barrido de la lámina de agua, con el fin de arrastrar las impurezas superficiales hacia el rebosadero (o los skimmers de las piscinas antiguas). Por tanto, la red de distribución de agua caliente debe ser independiente de la de tratamiento sanitario (filtración y tratamientos químicos o físicos).

La temperatura del aire de las piscinas cubiertas debe ser de 2 a 3 °C mayor que la del agua, para compensar el efecto de enfriamiento que provoca la evaporación del agua de un cuerpo mojado, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 a 29 °C. Por tanto, es evidente que estas condiciones son incompatibles con temperaturas del agua mayores que 27 °C.

Condiciones interiores de 30 °C o más con el 60% de humedad relativa son inaceptables desde el punto de vista del bienestar e, incluso, sanitario.

La humedad relativa se mantendrá por debajo del 60 al 65%, con el fin de evitar condensaciones sobre las paredes en contacto con el exterior.

Las piscinas se ponen en temperatura al comienzo de la temporada; la puesta en marcha puede durar hasta tres días. Durante toda la temporada, tanto la temperatura del agua como, en su caso, la del ambiente deben mantenerse constantes, debido a la gran inercia térmica de todo el sistema.

El RITE exige que, cuando la piscina esté a régimen pero no esté en uso, la lámina de agua esté protegida con una barrera térmica. Esta obligación debe entenderse para piscinas cubiertas, para las que se permite el uso de energías convencionales, y es muy recomendable también para las piscinas al aire libre, aún cuando para su calentamiento se deban emplear solamente energías renovables o residuales.

La producción de calor para piscinas se obtendrá de las maneras que se describen a continuación, no sin antes recordar que el circuito de distribución de calor para el calentamiento del agua y la climatización de la piscina debe ser independiente de otras instalaciones térmicas.

Se debe distinguir entre piscinas cubiertas y piscinas al aire libre.

Para piscinas cubiertas, el CTE, en la sección HE 4, exige una contribución solar mínima del 30 hasta el 70%, según la zona climática (de I a V).

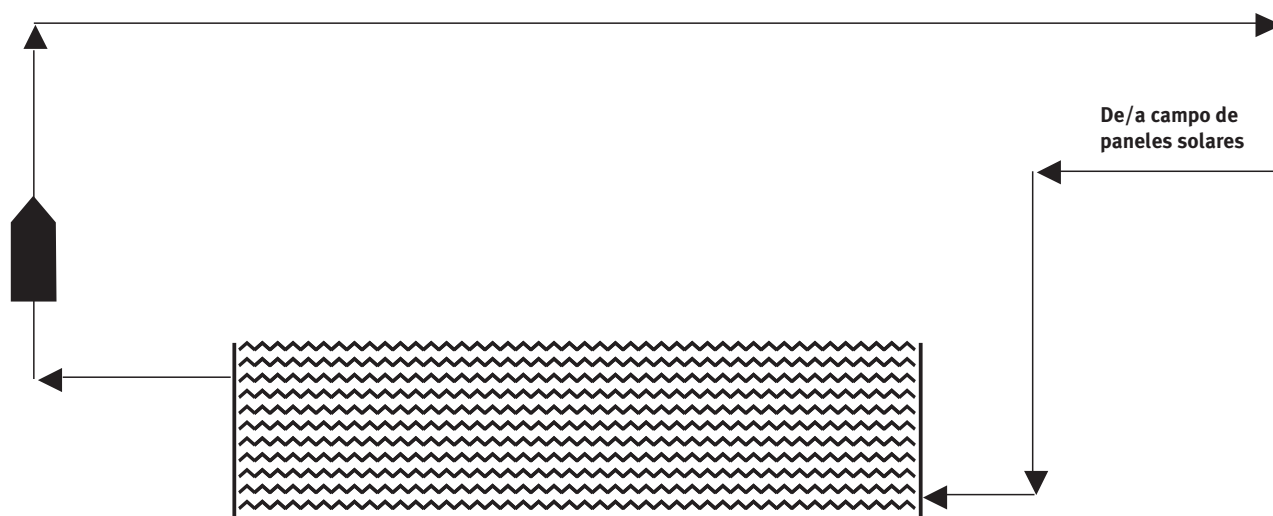


Fig. 64: Calentamiento de agua de piscina con campo de paneles solares

Un esquema puede ser el indicado en la figura 64 (página anterior), donde el vaso funciona como depósito de almacenamiento de energía.

La instalación deberá disponer de un sistema de disipación de los excedentes energéticos, considerando que la aportación de calor durante los meses de verano excede, con mucho, la demanda.

Para el calentamiento del agua de piscinas al aire libre sólo podrán emplearse fuentes de energía renovables (energía solar) o residuales (biomasa). Por tanto, está terminantemente prohibido el uso de energía convencional, aunque sea con un equipo bomba de calor.

1.2.4.6 Aprovechamiento de energías renovables

1.2.4.6.1 Contribución solar para la producción de agua caliente sanitaria

Se trata del cumplimiento de la sección HE 4 del CTE “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” (debe entenderse “Contribución solar mínima para la producción de agua caliente sanitaria”).

En el apartado 3 se fija el grado de cumplimiento en función de la zona climática y el consumo de agua (tabla 2.1), considerando, incluso, la energía eléctrica por efecto joule como apoyo (tabla 2.2).

Se desaconseja el empleo de la energía eléctrica por efecto joule para demandas de más de 1.000 litros diarios.

La mayoría de los fabricantes de paneles solares térmicos disponen de programas de selección que, si bien no reconocidos por la Administración, son necesarios para hallar la superficie que, supuestamente, cubre las exigencias del CTE con esa determinada marca de paneles.

Los sistemas de paneles solares térmicos podrán ser sustituidos por otras técnicas de energías renovables, como sistemas de cogeneración o calderas de biomasa (método prestacional), siempre que no venga superada la producción de CO₂ del sistema exigido por la Administración (método prescriptivo) sobre una base anual:

Producción CO₂ de método prestacional ≤ Producción CO₂ de método prescriptivo

Se muestra un ejemplo que explica lo anterior.

Se considera un edificio destinado a viviendas, cada una de unos 100 m² de superficie.

Las demandas anuales de energía por vivienda han sido estimadas en estos valores:

Calefacción	5.000 kWh	Valor calculado y redondeado ligeramente en exceso
ACS	2.000 kWh	Valor estimado como valor medio
Electricidad	2.500 kWh	Valor estimado como valor medio

Nota: los datos de consumos para edificios de diferentes usos pueden hallarse en las páginas web del MITYC (Ministerio de Industria, Transporte y Comercio) y del IDAE.

Se consideran tres sistemas:

- Solución básica (prescripción del CTE y del RITE): sistema de calefacción con caldera de gas y sistema de preparación de ACS con 70% de grado de cubrimiento mediante paneles solares térmicos. Este sistema necesita de acumulación de agua caliente de paneles solares.
- Solución con equipos de micro-cogeneración: cubrimiento de las demandas de ACS y de calefacción hasta igualar la producción de CO₂ del sistema base. Este sistema necesita acumulación de agua caliente y apoyo mediante caldera de gas.
- Solución con caldera de biomasa: cubrimiento total de las demandas de calefacción y agua caliente sanitaria (no es económicamente viable cubrir parte de la demanda con caldera de biomasa y parte con caldera de gas natural).

Las hipótesis de partida para los cálculos han sido las siguientes:

- Producción de CO₂ por combustión de gas natural: 0,204 kg/kWh
- Producción de CO₂ para la producción de electricidad (mezcla de diferentes fuentes de energía primaria): 0,370 kg/kWh
- Rendimiento medio estacional de calderas de gas: 80%
- Rendimiento de los equipos de cogeneración: eléctrico 26%; térmico 60%; (total 86%)

Sobre el valor de la producción de CO₂ por parte de la electricidad, cabe decir que el valor variará de año en año, dependiendo de la proporción de producción entre centrales térmicas de carbón y gas natural, centrales hidráulicas y centrales nucleares.

La administración deberá fijar cada año el valor a considerar en estos cálculos, por lo que este ejemplo habrá que revisarlo en función del factor de emisión de CO₂ que se fije oficialmente.

Los datos de rendimiento proceden de simulación de sistemas a partir de datos suministrados por los fabricantes.

Los cálculos arrojan los siguientes resultados:

1 Solución básica con Paneles Solares Térmicos PST

Paneles Solares Térmicos PST	kWh/año	Cobertura	
		%	kgCO ₂ /año
Demanda eléctrica	2.500	100,0	925
Calefacción con caldera	5.000	100,0	1.275
ACS con paneles solares	1.400	70,0	0
ACS de caldera	600	30,0	153
Total			2.353

2 Solución con equipos de cogeneración (CHP Combined Heat and Power)

Combined Heat and Power CHP	kWh/año	Cobertura	
		%	kgCO ₂ /año
ACS con CHP	2.000	100,0	680
Calefacción con CHP	3.770	75,4	1.282
Calefacción con caldera	1.230	24,6	314
Demanda eléctrica	2.500	100,0	0
Resto eléctrica	0	0,0	0
Total			2.275

Se observa que para igual producción de CO₂ de la solución básica es necesario cubrir el 55% de la demanda del sistema, y que la producción de energía eléctrica anula la producción de CO₂ por este concepto.

3 Solución con calderas de biomasa

Biomasa	kWh/año	Cobertura	
		%	kgCO ₂ /año
Demanda eléctrica (100% red)	2.500	0,0	925
Calefacción (cobertura 100%)	5.000	100,0	0
ACS (cobertura 100%)	2.000	100,0	0
Total			925

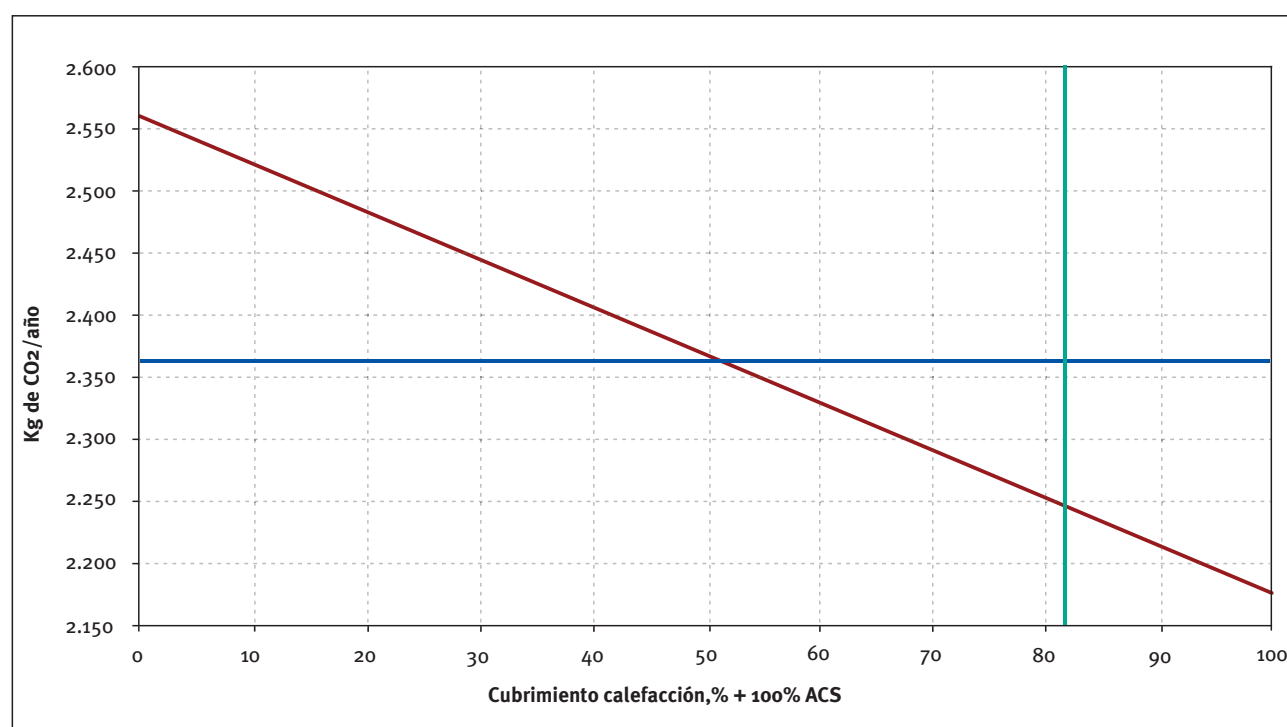


Fig. 65: Producción de CO₂ de sistemas PST y CHP

La solución con biomasa anula la producción de CO₂ por calefacción y agua caliente sanitaria.

Se deben recordar los inconvenientes del sistema de biomasa en edificios situados en casco urbano:

- Aumento del tráfico de vehículos pesados
- Aumento de las medidas de seguridad contra incendios
- Elevada calidad del sistema de depuración de humos

En el gráfico de la figura 65 (página anterior) se comparan las prestaciones del sistema convencional de paneles solares PST con la del sistema CHP.

La línea azul representa la producción del CO₂ por el sistema básico PST.

La línea roja representa la producción de CO₂ en función del tamaño de la instalación CHP. En abscisas se representa el cubrimiento del sistema de calefacción, más el cubrimiento total de la demanda de ACS.

La línea amarilla representa el cubrimiento del 100% de la demanda eléctrica.

En el apartado 3.4.7.1 del CTE se admite la presencia de vasos de expansión abiertos como componentes del sistema de captación de energía solar.

Los vasos de expansión abiertos no deben emplearse por estas razones:

- En los vasos abiertos se pone en contacto el agua o la disolución de glicol en agua con el aire de la atmósfera, aumentando el riesgo de corrosión de los materiales de la instalación.

- Los vasos abiertos deben situarse a una cota mayor a la de los paneles solares térmicos, suficiente para presurizar el sistema en su punto más elevado, dos a tres metros de columna de agua, por lo menos.

Por tanto, es necesario emplear siempre vasos de expansión cerrados.

1.2.4.6.2 Contribución solar para el calentamiento de piscinas cubiertas

En la tabla 2.3 del apartado HE 4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” del CTE se indica la contribución solar mínima para el calentamiento de agua de piscinas cubiertas (véanse también los comentarios al apartado 1.2.4.5.5).

En este tipo de instalación, obviamente, se aprovechará el volumen de agua de la piscina como medio de almacenamiento (véase un esquema en la figura 66 y la figura 64).

1.2.4.6.3 Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas al aire libre

Para la piscina al aire libre sólo está permitido el uso de energía renovables (solar, biomasa) o residuales. Es válido el esquema de la figura 66.

No se puede emplear energía eléctrica en forma de bomba de calor.

1.2.4.6.4 Climatización de espacios abiertos

La climatización de espacios abiertos sólo está permitida si se utilizan energía renovables o residuales.

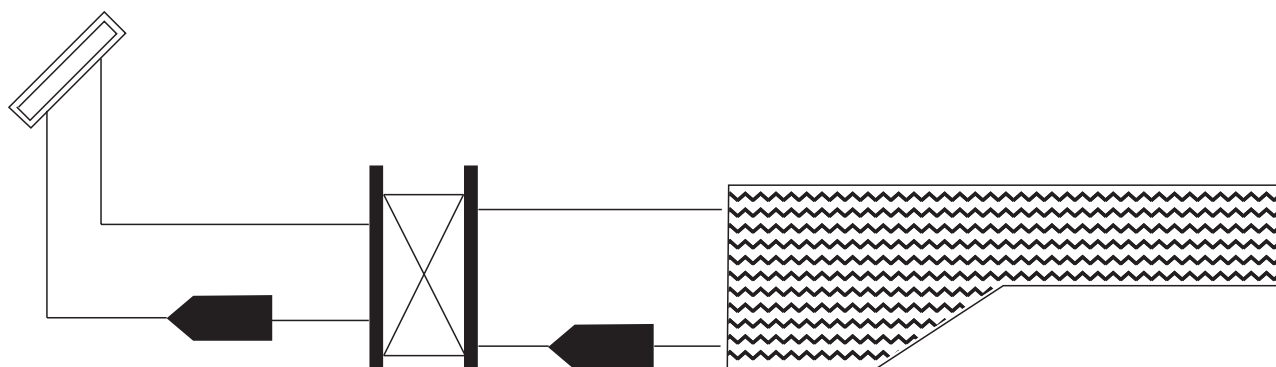


Fig. 66: Paneles solares en piscina

1.2.4.7 Limitación de la utilización de energía convencional

La limitación de la energía eléctrica como fuente de calor por efecto joule en instalaciones centralizadas está permitida solamente en estos casos:

- En apoyo a bombas de calor
- En apoyo a sistemas de energía renovable o residual
- En sistemas de acumulación de calor que consuman energía en horas valle

Los locales no habitables no se climatizarán, salvo cuando se empleen fuentes de energía renovable o residual.

Para el mantenimiento de las condiciones termohigrométricas de los recintos acondicionados no está permitida la acción simultánea de fluidos de temperatura opuesta (con respecto al local acondicionado) o los procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento del aire, salvo en los casos siguientes, que deberán justificarse en la memoria del proyecto:

- Cuando uno de los fluidos proceda de un proceso de recuperación (recuperador de calor del aire de extracción, condensador de un equipo frigorífico, etc.) o de una fuente de energía gratuita.
- Sea imperativo el mantenimiento de la humedad relativa dentro de márgenes muy estrechos (por ejemplo, en algunos laboratorios).
- Se necesite mantener los recintos acondicionados con presión positiva con respecto a los recintos adyacentes (por ejemplo: laboratorios, quirófanos, etc.).
- Se necesite simultanear la entrada de aire caliente y aire frío para mantener el caudal mínimo de aire de ventilación (por ejemplo, sistema de doble conducto); también cuando la carga térmica demandada es menor que la ofrecida por el caudal de aire mínimo de ventilación. Además, deben considerarse incluidos también los sistemas mixtos, con aire mínimo de ventilación a temperatura casi constante, cercana a la neutralidad térmica con respecto al recinto a acondicionar, y el fluido portador a la temperatura requerida por la carga térmica.
- La mezcla de aire tenga lugar en dos zonas diferentes del mismo recinto (por ejemplo, zona periférica y zona central).

También puede considerarse viable la aplicación del sistema de caudal variable con post-calentamiento cuando haya una gran diversidad de demandas térmicas desde una sola UTA, teniendo en cuenta que el post-calentamiento es usado solamente en algunos puntos y a tiempo parcial. En estos casos, se debe limitar el poscalentamiento a un caudal de aire del 35 a 40% del caudal máximo de diseño que, además, suele coincidir con el caudal mínimo admitido por la caja y/o el difusor y es un poco mayor que el caudal mínimo de ventilación.

En estos casos el aire caliente no debe ser nunca descargado a una temperatura mayor que la temperatura a mantener en el ambiente más 8 °C, porque la difusión de aire en el ambiente puede crear graves problemas de estratificación o de cortocircuitos con las rejillas de retorno.

Se puede constatar que temperaturas del aire de impulsión iguales o menores que 30 °C satisfacen con holgura las máximas demandas térmicas negativas de las zonas periféricas de los recintos, en la gran mayoría de los casos. Con estas temperaturas es suficiente impulsar un caudal de aire de unos 5 L/(s·m²) en las zonas periféricas.

De no ser así, se deben revisar los coeficientes de transmisión de calor de la envolvente del recinto, sobre todo de las superficies encristaladas.

IT 1.3 EXIGENCIA DE SEGURIDAD

IT 1.3.1 Ámbito de aplicación

IT 1.3.2 Procedimiento de verificación

IT 1.3.3 Documentación justificativa

IT 1.3.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad

IT 1.3.4.1 Generación de calor y frío

En el apartado 1.3.4.1.1 “Condiciones generales” se destacan los siguientes puntos:

- Los generadores de calor y frío dispondrán de un dispositivo que permita detectar la circulación del fluido portador en su interior. El dispositivo será, en general, un interruptor de flujo; se preferirá un presostato diferencial en el caso de

equipos con una pérdida de presión relevante, como, por ejemplo, una máquina frigorífica. Quedan excluidos los generadores de calor que, según especificación del fabricante, no requieran una circulación mínima de agua como, por ejemplo, las calderas de elevado contenido de agua. Estos criterios han sido ya comentados en el apartado 1.2.4.1.1.

- Todos los tipos de generadores de combustible gaseoso tendrán la certificación de conformidad del RD 1428/1992.
- Los generadores de combustibles líquidos dispondrán de un dispositivo de interrupción del funcionamiento del quemador en caso de retroceso de los productos de la combustión y otro, de rearme manual, que impida que se alcancen temperaturas mayores que la máxima de diseño.
- Los generadores de biocombustibles sólidos deberán tener:
 - Un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión en caso de retroceso de los productos de la combustión.
 - Un sistema que evite la propagación del retroceso de la llama hasta el silo de almacenamiento del combustible.
- Un dispositivo, de rearme manual, que impida que se alcancen temperaturas mayores que la máxima de diseño.
- Cuando se interrumpa el funcionamiento del sistema de combustión, las bombas de circulación, primarias y secundarias, deberán seguir funcionando hasta tanto se haya eliminado el calor residual. Alternativamente, se podrá emplear un intercambiador de calor que evacue el calor residual al exterior, siendo éste uno de los circuitos secundarios.
- Una válvula de seguridad tarada a 1 bar (0,5 bar sería más acertado) por encima de la presión de trabajo del generador.

Cuando en una caldera de combustible sólido (biomasa, por ejemplo) se deba evacuar el calor producido por un exceso de combustible, se pueden emplear estos métodos:

- Dejar que las bombas primarias y las secundarias sigan funcionando, de manera que los usuarios reciban el calor, si es posible; con la práctica adquirida con el transcurrir del tiempo, se conocerá el tiempo necesario para cesar con antelación la alimentación de combustible a la caldera.
- Instalar, en paralelo a los circuitos secundarios, una batería que disipe el calor hacia el exterior.

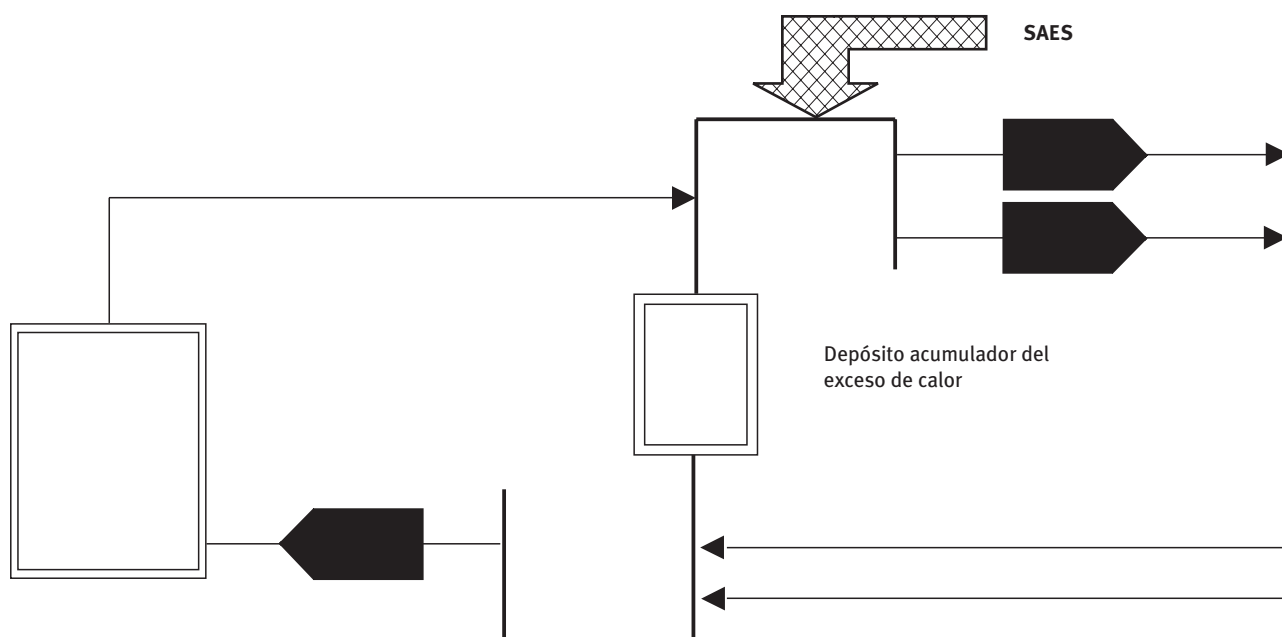


Fig. 67: Esquema de una central térmica

- Acumular el calor en un depósito situado, por ejemplo, en el tramo equilibrador del colector.

La figura 67 representa un esquema de una central térmica. En él se representa un generador de calor y dos circuitos secundarios, uno de los cuales puede ser el dissipador de calor (normalmente una batería agua-aire).

No se deben emplear recipientes de expansión abiertos para evitar el contacto entre el aire y el agua del circuito.

Cuando la evacuación del calor residual no tenga lugar con alguno de los tres métodos anteriores, la temperatura en la caldera subirá hasta que se alcance la temperatura correspondiente a la presión de disparo de la válvula de seguridad.

Por ejemplo, si la presión de referencia, determinada por el vaso de expansión, es de 3,2 bar relativo (4,2 bar absoluto) y la válvula de seguridad está tarada a 3,5 bar (4,5 bar absoluto), la temperatura que se puede alcanzar en la caldera, sin formación de vapor, es de 148°C. Si se sigue suministrando calor, la presión aumentará y la válvula de seguridad abrirá.

Conviene siempre instalar dos válvulas de seguridad en cada caldera, con diferencia en las presiones de disparo de 0,2 a 0,3 bar.

- La descarga de las válvulas de seguridad será siempre conducida hasta un sumidero y deberá quedar a la vista.
- En recintos destinados a almacenes, talleres, naves industriales u otros recintos similares, se podrán emplear equipos de generación de calor de hogar abierto o que viertan los productos de la combustión en el mismo recinto a calentar. Se deberá justificar que la calidad del aire en la zona ocupada se mantiene en los límites fijados por la

Autoridad Sanitaria. Más acertado sería medir algunos parámetros ambientales, como CO, CO₂ y NO_x, antes y después del funcionamiento del equipo.

IT 1.3.4.1.2 Salas de máquinas

Las salas de máquinas son recintos donde se alojan los generadores térmicos y otros equipos auxiliares, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento.

Un recinto tendrá la consideración de sala de máquina cuando la suma de las potencias térmicas nominales instaladas de los generadores sea mayor que 70 kW.

Se consideran parte de la sala de máquinas los locales a los que se acceda desde la misma sala, que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior.

No tendrán consideración de salas de máquinas:

- Los recintos que contengan equipos cuya suma de potencia sea menor que 70 kW.
- Los recintos con generadores de aire caliente, tubos radiantes de gas o aparatos similares, siempre que se tengan en cuenta los requisitos de ventilación de la norma UNE-EN 13410.
- Los equipos de generación de frío y calor de cualquier potencia, diseñados para ser instalados en exteriores, con fluido portador aire o agua. Alrededor de los cuatro lados de estos equipos se dejarán las distancias para ventilación y mantenimiento determinadas por el fabricante (véase también el CTE, en su apartado 2, punto 2).

La clasificación de riesgos (bajo, medio y alto) para las salas de máquinas y almacenes de combustibles está indicada en la tabla 2.1 del DB-SI del CTE, cuyo contenido se repite aquí para comodidad del lector:

- Salas de calderas: el riesgo se establece en función de la potencia
 - Riesgo bajo: potencia mayor que 70 kW y menor o igual que 200 kW
 - Riesgo medio: potencia mayor que 200 kW y menor o igual que 600 kW
 - Riesgo alto: potencia mayor que 600 kW

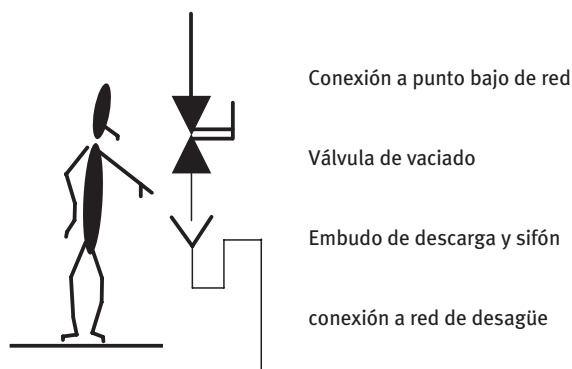


Fig. 68: Vaciado de un circuito

El RITE, en el apartado 1.3.4.1.2.4, indica que son de riesgo alto las salas de calderas de cualquier potencia que trabajen con agua a más de 110°C y las realizadas en edificios institucionales o de pública concurrencia.

- Salas de maquinaria frigorífica con refrigerante halogenado
 - Riesgo bajo para potencia de hasta 400 kW
 - Riesgo medio para potencia mayores que 400 kW
- Salas de maquinaria frigorífica con refrigerante amoníaco
 - Riesgo medio en todo caso
- Salas de unidades de tratamiento de aire, climatizadores, ventiladores
 - Riesgo bajo en todo caso
- Almacén de combustible sólido para calefacción
 - Riesgo medio en todo caso

Las condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios están indicadas en la tabla 2.2 del DB-SI, además de los indicados en los puntos a), b) y c) del apartado 1.3.4.1.2.4 del RITE

Espacios

Toda sala de máquina tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por el que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminoso contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino elementos constructivos o puertas.

Los espacios libres alrededor de un generador, lateralmente, frontalmente, en la parte trasera y en altura, se deberán determinar teniendo en cuenta la necesidad de efectuar con comodidad las operaciones de manejo y mantenimiento y, en general, deberán ser tanto más grandes cuanto mayor sea la potencia del equipo. Los valores indicados por el fabricante deben considerarse valores mínimos.

Además, la distancia entre generadores de calor y entre éstos y las paredes deberá contemplar la posibilidad de abrir la puerta frontal sin necesidad de desmontar el quemador.

La distancia mínima entre equipos y entre éstos y los cerramientos que marca la normativa vigente, es decir el RITE, entre 50 y 60 cm, no permite un servicio cómodo; esta distancia no debería ser nunca menor que 80 cm.

En la parte frontal de calderas y máquinas frigoríficas deberá existir un espacio libre de longitud igual, por lo menos, a la del equipo, con el fin de poder efectuar las operaciones de limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor. La altura de este espacio deberá ser la que marque el haz de tubos.

En cuanto a la altura libre sobre los equipos, la cota de un metro, debajo de cualquier obstáculo, parece la mínima aconsejable. La necesidad de pasar por encima de los equipos muchas tuberías, en las que, además, es necesario montar el aislamiento térmico, o instalar un elemento elevador para mover el equipo o una parte de él, hace necesario considerar alturas de la sala de máquinas de varios metros. En este caso, puede considerarse la conveniencia de construir forjados intermedios en la parte donde se sitúan los equipos de bombeo y otros aparatos, para compactar la sala de máquinas, reduciendo la superficie en planta, sin perder la facilidad de acceso a sus componentes.

En cualquier caso, una sala de máquinas no debe tener nunca una altura menor que 2,5 m, lo que, desde luego, debe aplicarse sólo cuando se trate de una sala de pocas decenas de kW de potencia.

En caso de sala de máquinas para calderas de combustible sólido, el diseño de la situación de los generadores y el silo de almacenamiento y de los espacios alrededor de los diferentes componentes se hará siguiendo las instrucciones del fabricante.

Para el mejor aprovechamiento del espacio en las salas de máquinas es necesario que se estudie con esmero la disposición de los pilares, cuando sea posible.

La norma UNE-EN 13779, en el apartado 13 del Anexo A, indica unos requisitos de espacio para salas de UTAs (A.13.2) y para salas de máquinas frigoríficas (A.13.3).

Igualmente, la norma indica requisitos mínimos de espacio para patinillos (A.13.4) y falsos techos (A.13.5). A este respecto debe decirse que la norma no menciona que las dimensiones de estos espacios dependen de la superficie servida por los mismos.

Ventilación

Los requisitos mínimos de ventilación de las salas de máquinas están indicados en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, MIE-AP1 capítulo 5) para los generadores de calor y en el RSF (Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones Frigoríficas, MI IF 007) para generadores de frío. Ambos reglamentos están actualmente en fase de revisión.

La repetición de las mismas instrucciones en diferentes reglamentaciones (RITE y normas UNE) sólo genera confusión y, probablemente, contradicciones.

Como regla general, se recomienda que las salas de máquinas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas).

Esta recomendación es muy fácil de cumplir cuando la sala de máquinas se sitúa en la cubierta de un edificio o, incluso, en un edificio independiente; además, en estos casos, se facilita la salida de los productos de la combustión hacia el exterior.

En cualquier caso, todas las aberturas de ventilación deberán estar protegidas por medio de rejillas y mallas metálicas antiinsectos.

El aire de ventilación de las salas de generadores de calor sirve para un doble propósito: ventilar el local con el

fin de evacuar parte del calor desprendido por los equipos y las tuberías y suministrar el aire necesario para la combustión.

Las entradas de aire se harán en la parte inferior de las paredes, con área libre mínima de 5 cm² por cada kW de potencia térmica instalada.

Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas.

Cuando sea posible, las aberturas se practicarán en diferentes fachadas, para favorecer la creación de corrientes de aire por efecto de los vientos.

En la figura 69 se indica la posición de las aberturas.

Los mismos criterios se seguirán para el diseño de los equipos autónomos de generación de calor.

La envolvente se diseñará de tal manera que el aire entre por el suelo de la unidad (construido con un tramex metálico de resistencia suficiente para soportar el peso de los equipos) y salga por unas rejillas situadas en la parte superior de las paredes laterales, según se indica en la figura 70.

Las paredes laterales serán fácilmente desmontables para poder acceder a todos los equipos situados en su interior.

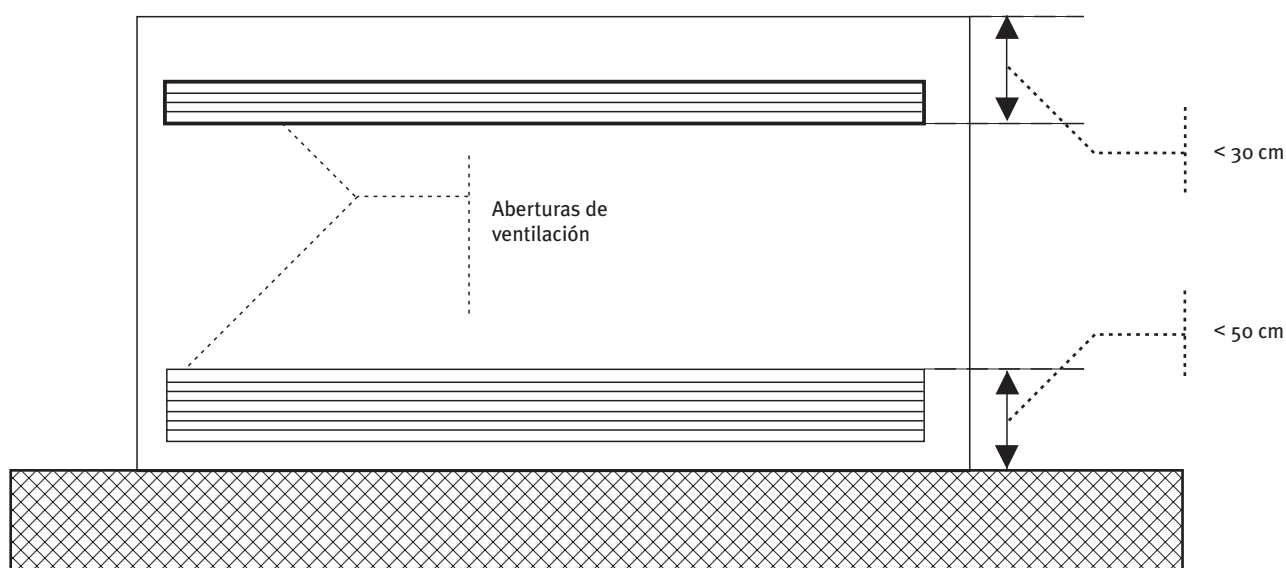


Fig. 69: Ventilación natural de una sala de máquinas

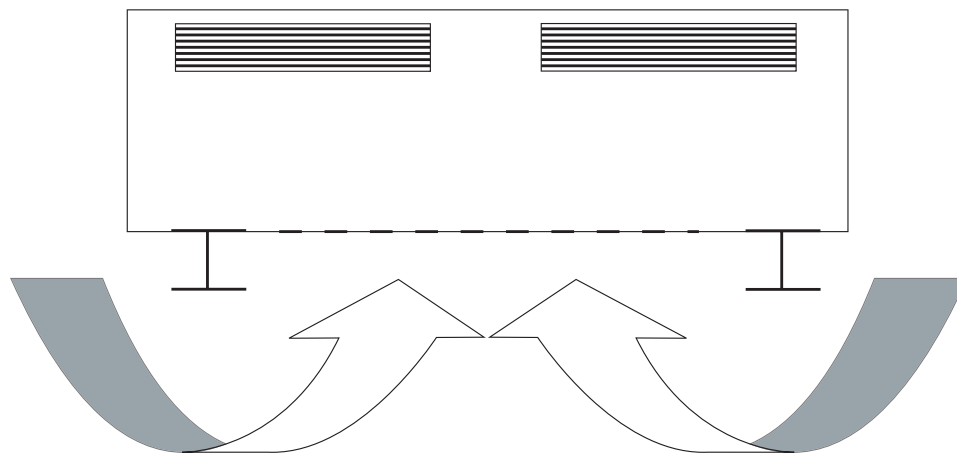


Fig. 70: Unidad compacta de generación de calor

Para las salas de calderas se recomienda evitar la ventilación natural directa por conducto, así como la ventilación forzada.

En lo que respecta a la ventilación de las salas con generadores de frío, podrán seguirse las indicaciones de la norma EN 378, parte III, capítulos 4, 5, 6, 7 y 8, además de los que se diga en el nuevo RSF.

La ventilación para las condiciones normales de funcionamiento deberá asegurar un caudal no menor que 4 renovaciones horarias.

La superficie total mínima de abertura libre para la ventilación natural será de:

$$A = 0,14 \cdot m^{1/2}$$

donde:

- A es la superficie libre mínima de las aberturas, m²
- m es la masa de refrigerante existente en el sistema de refrigeración que cuente con mayor carga, cualquiera que sea la parte del mismo que esté en la sala de máquinas, kg

La ventilación mecánica de emergencia en caso de fuga de refrigerante será la que resulte de aplicar la siguiente ecuación:

$$V = 0,014 \cdot m^{2/3}$$

donde:

- V es el caudal de aire, m³/s

El caudal de ventilación resultante de la aplicación de la ecuación anterior no debe ser mayor que 15 renovaciones horarias. Si lo fuera, deberá aumentarse el volumen de la sala de máquinas.

1.3.4.1.3 Chimeneas

La evacuación de los productos de la combustión se realizará siempre por la cubierta del edificio, salvo en los casos previstos en el apartado 1.3.4.1.3.1, párrafo d), que estarán debidamente autorizados por la Comunidad Autónoma.

Al respecto, debe comentarse que no se puede garantizar la calidad del aire en los patios y fachadas afectados por la salida de los productos de la combustión y, tampoco, la del aire en los locales contiguos a tales salidas.

El apartado 1.3.4.1.3.2 exige que cada generador de más de 400 kW de potencia térmica tenga su propio conducto de evacuación de los productos de la combustión.

Se recomienda extender esta práctica a generadores de cualquier potencia, con el fin de garantizar el funcionamiento correcto del generador bajo cualquier condición de carga y con diferentes temperaturas exteriores.

Se recomienda emplear siempre una chimenea metálica prefabricada, de sección circular, debidamente aislada cuando se trate de calderas convencionales y de baja temperatura.

El cálculo de la chimenea podrá hacerse según los criterios marcados en la norma UNE 123001.

Otras normas de interés relativas a chimeneas son las siguientes: UNE 123002; UNE-EN 13384, Partes 1 y 2; UNE-EN 1856, Partes 1 y 2.

Para calderas de condensación, con temperaturas de humos que no superan los 90 °C, podrán emplearse conductos de evacuación de materiales plásticos, rígidos

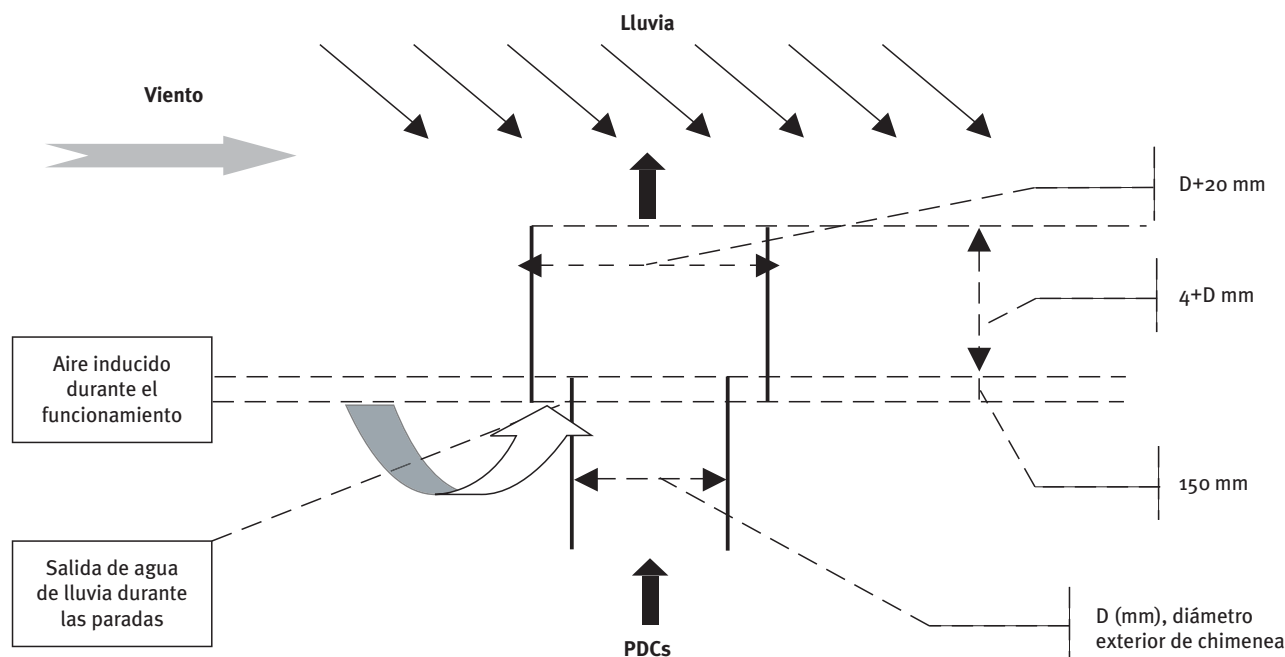


Fig. 71: Terminación de chimenea: 1ª solución

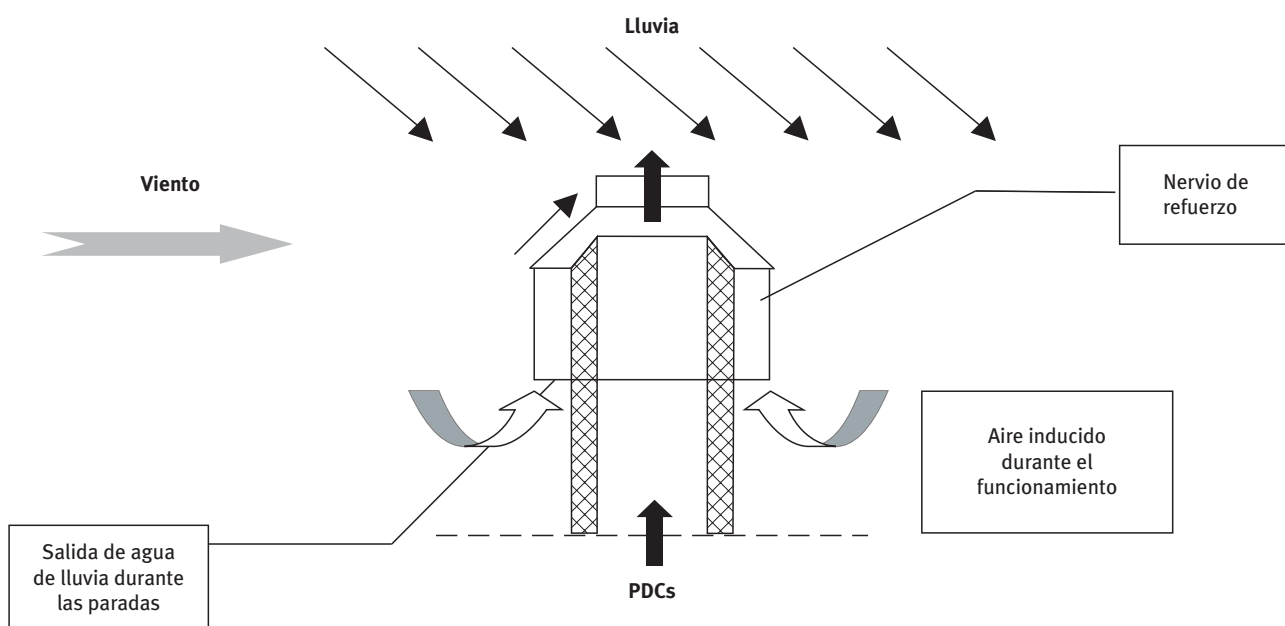


Fig. 72: Terminación de chimenea: 2ª solución

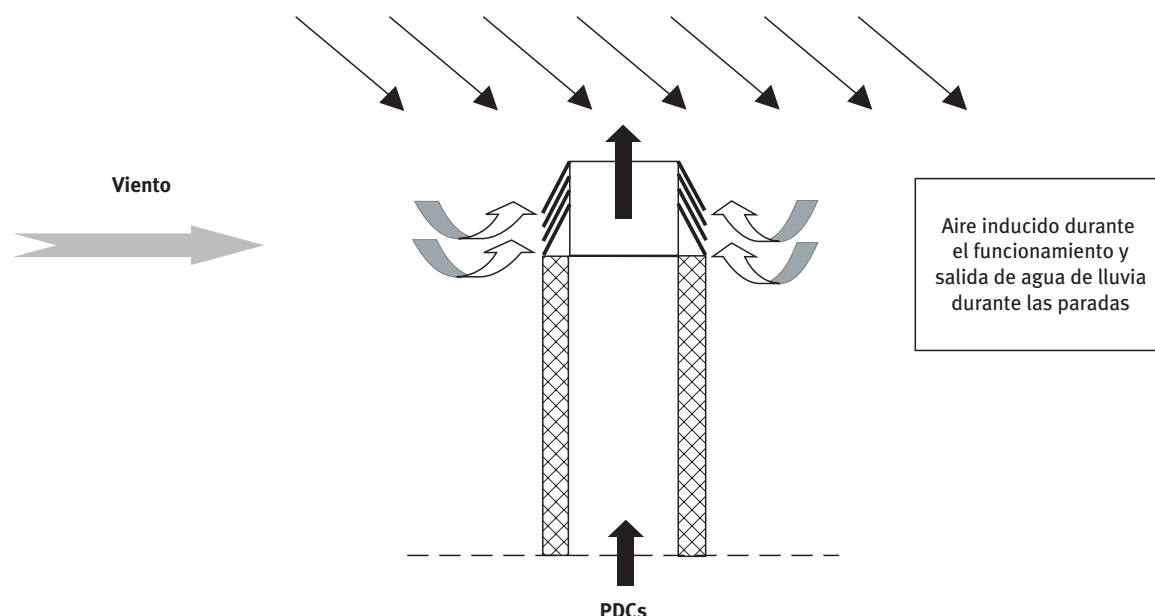


Fig. 73: Terminación de chimenea: 3ª solución

o flexibles, adecuado para la temperatura de trabajo. El aislamiento térmico se deberá emplear solamente para aquellos tramos del conducto de evacuación con los que las personas puedan entrar en contacto.

Las terminaciones de las chimeneas deben diseñarse de manera que se favorezca la dispersión de los productos de la combustión al exterior y, al mismo tiempo, se minimice la entrada del agua de lluvia.

En las figuras 71, 72 y 73 se indican algunas soluciones muy válidas.

Si se desea tener una mayor proyección de los PDCs hacia arriba, todas las chimeneas deberán terminar con un cono con el fin de aumentar la velocidad de salida.

La presencia de sombreretes impide la libre difusión de la pluma de gases en la atmósfera.

En cualquier caso, es conveniente dejar en el fondo de la vertical de la chimenea un fondo de saco de unos 200 a 300 mm de altura, dotado de un grifo de desagüe.

1.3.4.2 Redes de tuberías y conductos

1.3.4.2.1 Tuberías

1.3.4.2.1.1 Generalidades

Para el diseño del sistema de soportes de la red de tuberías se deberá consultar al fabricante de la misma,

considerando, además del material empleado para la fabricación de la tubería, la colocación (enterrada o aérea, horizontal o vertical).

El RITE exige que las conexiones entre tuberías y equipos accionados por motor de potencia mayor que 3 kW se efectúen mediante elementos flexibles. Esta exigencia es válida para equipos (por ejemplo, bombas) aislados del resto de equipos.

No es necesario poner elementos que eliminen vibraciones antes y después de cada uno de los equipos en movimiento. En una sala de máquinas, concretamente, los elementos antivibratorios se deberán instalar a la salida de las tuberías de la misma.

Entre los soportes y las tuberías se interpondrán siempre elementos que puedan absorber las vibraciones.

Los elementos de conexión entre maquinaria en movimiento y tuberías deberán ser flexibles para reducir o suprimir los ruidos y absorber eficazmente las vibraciones horizontales, verticales y angulares; servirán también, dentro de ciertos límites, para compensar las desalineaciones entre ejes de los elementos contiguos acoplados, así como las dilataciones o contracciones de las tuberías.

Cuando se diseñen centrales de producción térmica a servicio de diferentes edificios, se interpondrán intercambiadores de calor para la separación hidráulica de las redes exteriores de distribución de los fluidos portadores y las redes interiores de los edificios.

Esta exigencia se cumple con facilidad en el caso de fluidos portadores calientes, porque la disminución del nivel térmico no supone, normalmente, dificultad alguna.

En el caso de fluido portador frío, el aumento del nivel térmico se puede reducir a un valor aceptable solamente a expensas de aumentar la superficie de intercambio.

La presencia de un elemento que rompa la continuidad hidráulica entre la red exterior y la interior es obligatoria cuando se trate de diferentes usuarios.

Se puede considerar admisible la conexión directa de agua refrigerada entre la red exterior y la interior solamente en el caso de un único usuario.

Los servicios que pueden estar incluidos en una subcentral térmica son los siguientes:

- Agua caliente para calefacción
- Agua caliente para usos sanitarios
- Agua refrigerada

Para cada servicio habrá, en general, un intercambiador de calor y, por lo menos, los accesorios indicados en la figura 74.

1.3.4.2.1.2 Alimentación

En el apartado 1.2.4.1.1 se ha comentado la conveniencia de unificar en un solo elemento, denominado SAES, Sistema de Alimentación, Expansión y Seguridad, las tres funciones mencionada en el acrónimo. El esquema del SAES se repite en la figura 75.

La situación del SAES será siempre en la aspiración de un grupo de bombeo, de acuerdo a lo indicado en los esquemas de los comentarios al apartado 1.2.4.1.1.

Se recuerda la obligatoriedad de instalar un dispositivo (desconector) que evite el reflujo del agua del circuito hacia la red pública, por razones sanitarias. El desconector deberá ser automático.

El diámetro mínimo de las conexiones de alimentación en función de la potencia térmica nominal de la instalación está indicado en la tabla 3.4.2.2.

Para reducir el coste de inversión, se puede instalar, en paralelo al desconector, una válvula de llenado rápido, de cierre hermético, del tamaño indicado en la tabla 3.4.2.2 del RITE, e instalar un desconector de diámetro nominal DN 15 ó 20, como está representado en la figura 75.

Tabla 3.4.2.2 Diámetro de la conexión de alimentación

Potencia térmica nominal		Calor		Frío	
KW		DN		DN	
	P	≤ 70	15	20	
70	< P	≤ 150	20	25	
150	< P	≤ 400	25	32	
400	< P		32	40	

La válvula de llenado rápido, posiblemente de esfera, funcionará solamente durante el período de puesta en marcha de la instalación, dos o tres veces para la limpieza de la red de tuberías y la última para el llenado definitivo.

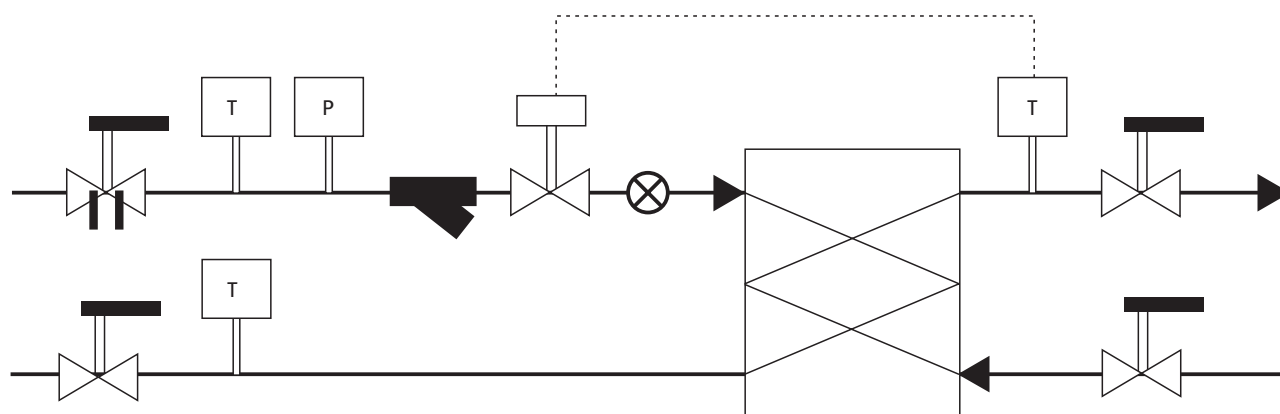


Fig. 74: Subestación térmica

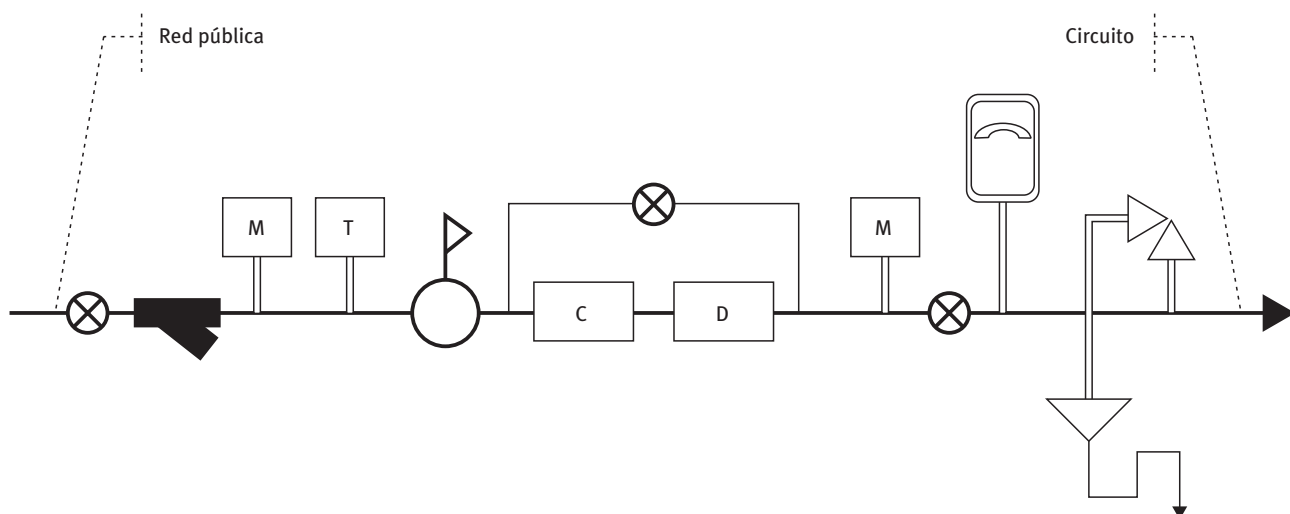


Fig. 75: Esquema de SAES

En el gráfico de la figura 76 se muestra la relación entre las diferentes presiones relativas presentes en un circuito:

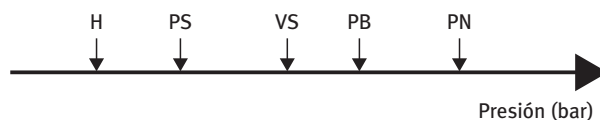


Fig. 76: Relación de presiones entre circuitos

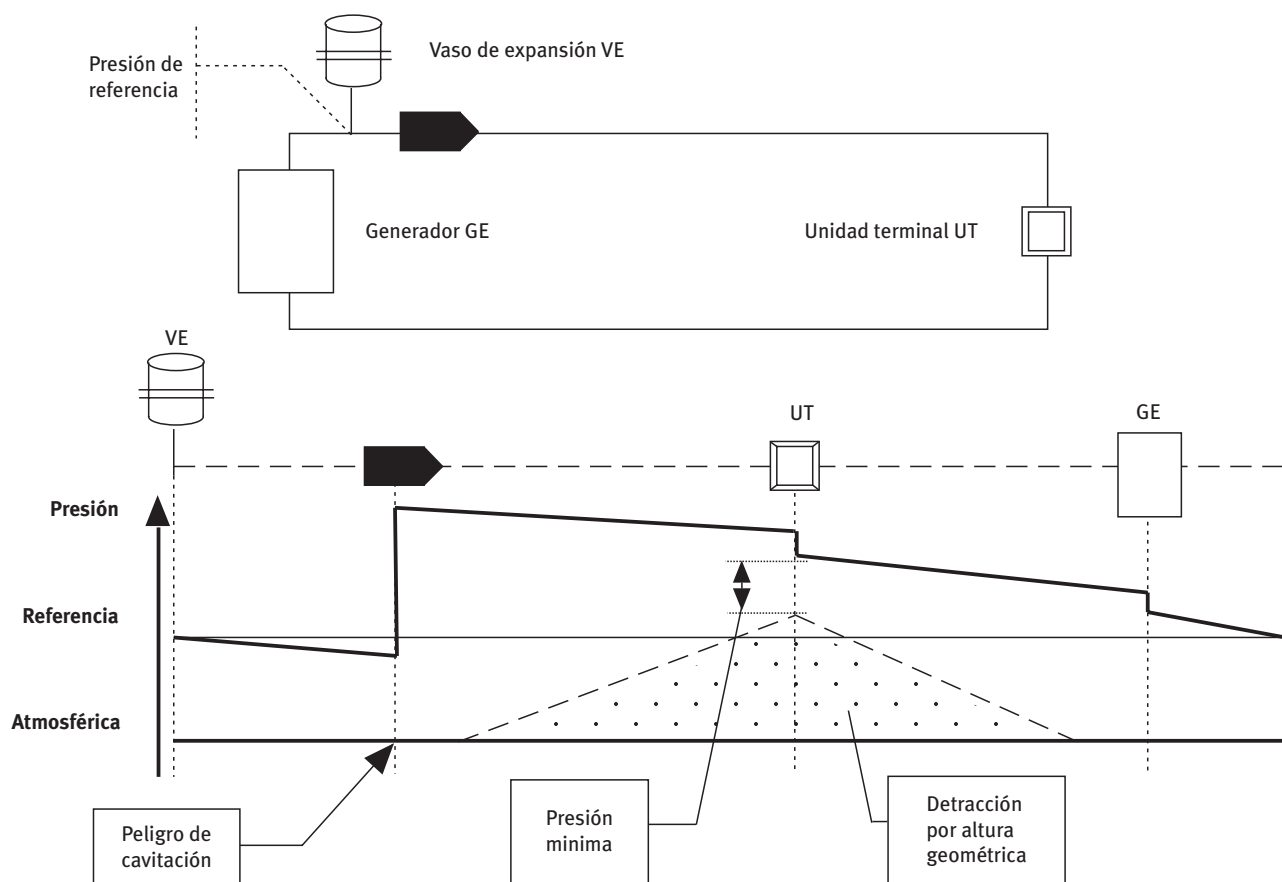


Fig. 77: Diagrama de presiones en un circuito cerrado

donde:

H	m	Altura manométrica del circuito en correspondencia del vaso de expansión
PS	bar	Presión de servicio del circuito $PS = H/10 + 0,2...0,3$, determinada por el vaso de expansión, o presión de referencia
VS	bar	Presión de apertura de la válvula de seguridad $VS = PS + 0,3...0,5$ bar
PB	bar	Presión de prueba $PB \geq 1,5 \cdot PS$
PN	bar	Presión nominal, presión mínima entre las presiones nominales de todos los aparatos y equipos

Se recuerda que la presión nominal PN de un equipo o aparato disminuye al aumentar la temperatura de funcionamiento.

El punto de conexión del vaso de expansión representa la presión de referencia del circuito (figura 77). Esta presión deberá ser suficiente para que en el punto más elevado del circuito y, por tanto, en todos los puntos, exista una presión superior a la presión atmosférica, para evitar la entrada de aire. La presión mínima en el punto más elevado deberá ser de 0,2 a 0,3 bar, por lo menos, como se ha indicado.

Se insiste nuevamente en que un circuito cerrado debe tener una sola presión de referencia.

El agua mezclada con un aditivo (por ejemplo, glicol) se preparará en un depósito y se introducirá en el circuito mediante un grupo de bombeo, manual o automáticamente, según se indica en la figura 78.

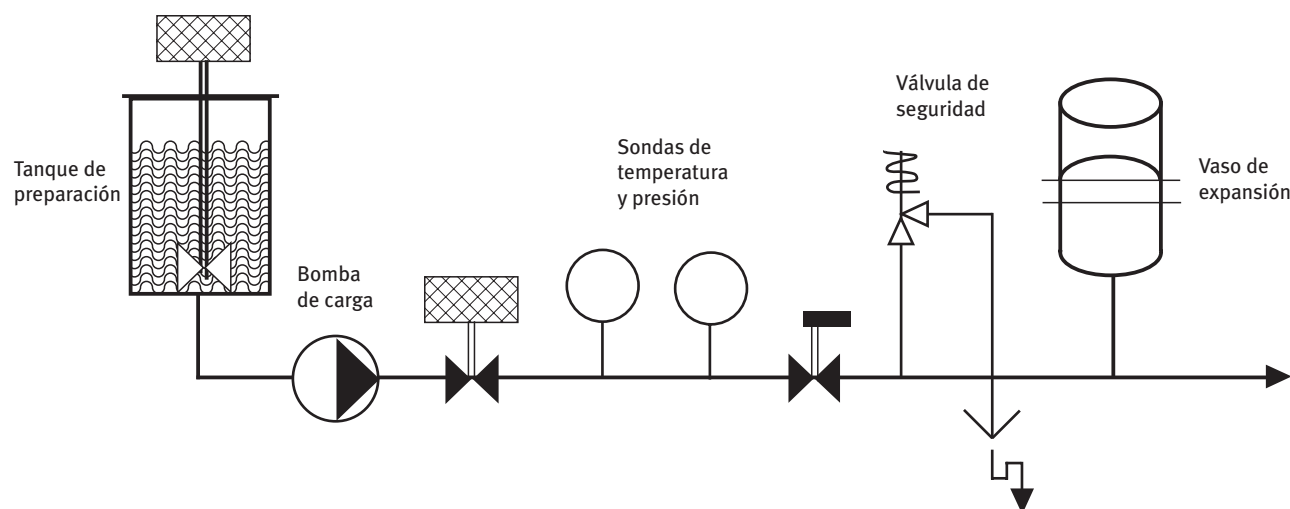


Fig. 78: Detalle de preparación de agua aditivada

1.3.4.2.1.3 Vaciado y purga

Todos los circuitos se podrán vaciar de forma total o parcial desde los puntos más bajos.

Los vaciados parciales se harán por medio de válvula DN 20, como mínimo.

El vaciado total se hará mediante válvulas de diámetro nominal mínimo, en función de la potencia, según lo indicado en la tabla 3.4.2.3 del RITE.

Tabla 3.4.2.3 Diámetro de la conexión de vaciado

Potencia térmica nominal			Calor	Frío
KW			DN	DN
	P	≤ 70	20	25
70	< P	≤ 150	25	32
150	< P	≤ 400	32	40
400	< P		40	50

La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se hará de manera que el paso de agua resulte visible; las válvulas deberán estar protegidas contra maniobras accidentales.

El vaciado de agua con aditivos peligrosos para la salud deberá hacerse en un depósito de recogida, para permitir su vertido en lugar seguro o después de un tratamiento de neutralización.

En todos los puntos altos de los circuitos se instalarán dispositivos de purga de aire, manuales o automáticos.

1.3.4.2.1.4 Expansión

Todos los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados de vasos de expansión cerrados para absorber las variaciones de volumen del fluido, sin o con transferencia de masa de aire con compresores.

Está prohibida la instalación de vasos de expansión abiertos, salvo casos muy especiales, que deberán ser justificado en la memoria del proyecto, en los que se deba emplear la transferencia de masa de agua en circuitos con volúmenes muy grandes.

Para el diseño del sistema se pueden seguir los criterios indicados en el apartado 9 de la norma UNE 100155 y el apartado 7 de la misma norma para los dispositivos de seguridad.

Cuando la red no alcance la presión de ejercicio indicada en proyecto, un dispositivo de seguridad impedirá la puesta en marcha de las bombas y de los generadores térmicos. Este dispositivo puede ser una sonda de presión dispuesta en el SAES, junto al vaso de expansión.

1.3.4.2.1.5 Circuitos cerrados

La redacción del texto está muy clara y no se necesitan más aclaraciones a lo que ha sido comentado anteriormente.

Se reitera que un circuito cerrado debe tener una sola presión de referencia. Por tanto, no se deben instalar vasos de expansión en circuitos primarios de calderas, porque la seguridad del circuito está garantizada, en última instancia, por la válvula de seguridad (o la pareja de válvulas de seguridad) de la que está equipada cada caldera.

La situación de que un generador de calor siga funcionando a pesar de no tener circulación de agua no puede darse.

Se hace notar que entre el sistema de expansión y cada uno de los generadores puede existir un elemento de corte de la circulación de agua.

En efecto, en el siguiente croquis se representa, nuevamente, el caso de una central de producción de calor. En la acometida eléctrica del circuito de mando al quemador estarán los contactos de la válvula motorizada (VM; del servomotor o del fin de carrera), la bomba primaria (BP) y, eventualmente, el interruptor de flujo (IF; o presostato diferencial PD).

Circuito eléctrico de mando a bomba



Circuito eléctrico de mando a quemador



Los tres contactos eléctricos indicados en el croquis estarán cerrados solamente cuando la válvula esté abierta, la bomba esté funcionando y el interruptor de flujo detecte circulación de agua.

Después de un cierre, voluntario o accidental, de la válvula de corte VM, que puede ser manual o motorizada, la secuencia de funcionamiento de los elementos es la siguiente: se abre el contacto de la válvula motorizada, se para la bomba y, en consecuencia, se para el quemador porque abren los tres contactos en serie VM, BP e IF o, por lo menos, uno de ellos. Por tanto, es imposible que haya un fallo simultáneamente en tres contactos eléctricos.

Si no hay circulación de agua debido a una obstrucción de la tubería o de una válvula manual sin final de carrera, estando la bomba en funcionamiento, el interruptor de flujo IF cortaría la alimentación al quemador.

Si, a pesar de todos estos enclavamientos eléctricos, el quemador siguiera funcionando, intervendría la válvula de seguridad del generador (seguridad mecánica), instalada para tal fin.

1.3.4.2.1.6 Dilatación

Las dilataciones de las tuberías por cambios de temperatura se deben compensar para evitar roturas en los puntos de anclaje o en las conexiones a los equipos.

La norma UNE 100156 puede ser de ayuda para el diseño y cálculo de los elementos de dilatación.

Para el estudio de las dilataciones de grandes redes de distribución, aéreas o enterradas, es muy recomendable recurrir a programas de cálculo.

Para tuberías de materiales plásticos son válidos los códigos de buena práctica emitidos por el CTN 53 de AENOR.

1.3.4.2.1.7 Golpe de ariete

Se deben evitar los golpes de ariete en cualquier tipo de circuito, cerrado o abierto.

Para ello, se podrán instalar elementos amortiguadores del golpe de ariete cercanos al aparato que lo provoca.

En cualquier caso, se evitará el empleo de válvulas de retención del tipo de clapetas, por lo menos en diámetros mayores que DN 32.

Para diámetros mayores que DN 100 se instalarán válvulas motorizadas.

1.3.4.2.1.8 Filtración

Se prescribe que el elemento filtrante general dejará un paso de agua de 1 mm como máximo (designación ISO del tamiz 1 mm, equivalente al “mesh” ASTM nº 18; superficie libre 76,1%) y, cuando el elemento filtrante esté protegiendo válvulas automáticas, contadores, válvulas reductoras de presión y aparatos similares, el paso será de 0,25 mm como máximo (designación ISO del tamiz 250 μm , equivalente al “mesh” ASTM nº 60; superficie libre 70,9%). Existe una lista de 57 designaciones de tamices ISO, con aperturas que van desde 125 mm hasta 20 μm (véase norma ISO 3310, 3 partes).

El técnico podrá variar dentro de unos límites el tamaño de esos tamices, debiendo indicar su selección en la memoria.

Con el fin de disminuir las pérdidas de presión, los elementos filtrantes tendrán una superficie libre de paso tal que, a filtro limpio, la velocidad del fluido sea menor o igual que la velocidad en la tubería contigua.

Los aparatos de filtración se dejarán permanentemente en su sitio y deberán limpiarse con una cierta frecuencia al momento de la puesta en marcha de la instalación y durante los primeros meses de funcionamiento de la instalación. Antes del llenado definitivo y sucesiva puesta en marcha la instalación habrá sido limpiada a fondo.

1.3.4.2.2 Conductos

1.3.4.2.2.1 Generalidades

Las normas actualmente emitidas por el CEN sobre conductos de chapa metálica son las siguientes: UNE-EN 1505, UNE-EN 1506, UNE-EN 1507, UNE-ENV 12097, UNE-EN 12236 y UNE-EN 12237. La norma UNE-EN 13403 trata de conductos de materiales no metálicos.

Todas las normas sobre conductos del CTN 100 de AE-NOR han sido anuladas. Debería haberse conservado

la norma UNE 100-104-88, ya que todavía no ha salido la correspondiente norma europea, para efectuar las pruebas de las redes de conductos.

Deberá tenerse en cuenta también la norma UNE 100012, sobre higienización de redes de conductos.

A este propósito, cabe destacar el contenido del apartado 4.7.1 de la norma UNE-EN 13403, sobre conductos de materiales no metálicos, titulado “Salud y Seguridad”:

“Los materiales aislantes utilizados para las planchas no deben estar incluidos en el anexo 1 de la Directiva 67/548/CEE. Los productos MW incluidos en esta norma deben estar clasificados como no carcinógenos, cumpliendo los requisitos especificados en el artículo 1 de la Directiva 97/69/CE.”

Igualmente, se destaca el apartado 4.7.2, titulado “Proliferación microbiana”: “Los materiales utilizados no deben facilitar (o ser nutrientes para) la proliferación microbiana de acuerdo con el método de ensayo del apartado 7.4. Todo tipo de materiales utilizados en las planchas de material aislante debe cumplir los requisitos especificados en el apartado 7.4 después de haber sido expuestos a veinte simulaciones de limpieza.”

Estos criterios deben trasladarse en su totalidad a los revestimientos interiores de los conductos de chapa, cuando se apliquen.

1.3.4.2.2.2 Plenums

Se debe recalcar solamente que los plenums entre forjados y falsos techos o entre forjados y suelos elevados pueden ser empleados como conductos de retorno o impulsión, siempre que cumplan con los requisitos indicados en este apartado del RITE (figura 79).

Los plenums deben ser accesibles para las operaciones periódicas de limpieza y desinfección, así como para el mantenimiento de las unidades terminales.

1.3.4.2.2.3 Aperturas de servicio

Sobre el diseño de las aperturas de servicio en conductos se aplicará la norma UNE-ENV 12097.

Las aperturas de servicio se realizarán en la red de conductos durante su montaje.

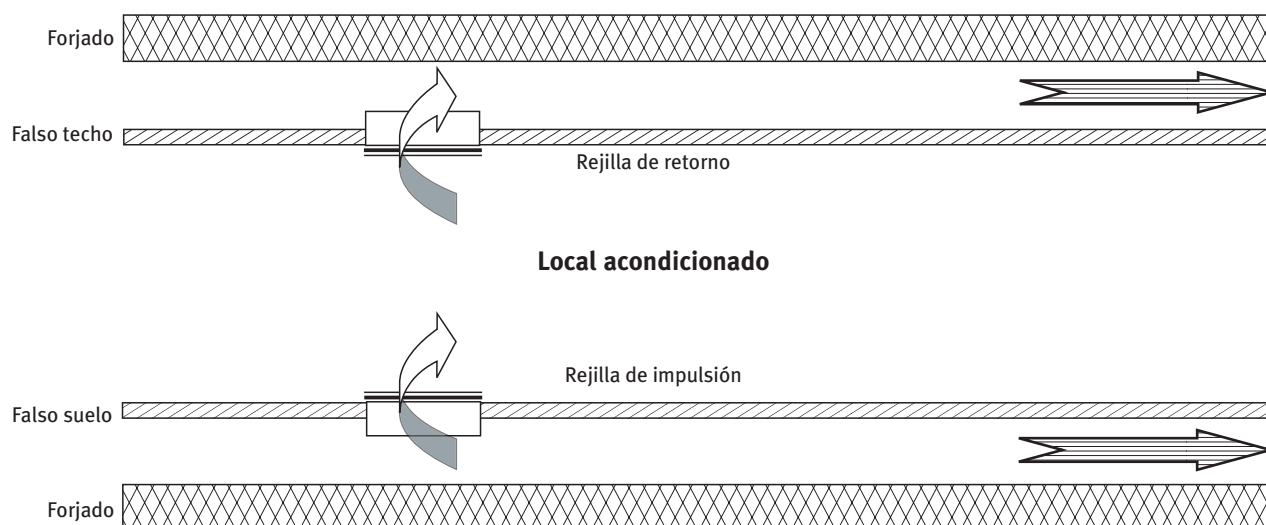


Fig. 79: Plenums de falso techo y falso suelo

Se destaca la importancia que, en la norma UNE 100012, se otorga a la limpieza periódica de las redes de conductos, además de la limpieza de otros componentes de las instalaciones de climatización.

1.3.4.2.2.4 Conductos flexibles

Los conductos flexibles deben cumplir con la norma UNE-EN 13180.

El RITE limita la longitud de los conductos flexibles desde una red de conductos a las unidades terminales a un valor máximo de 1,2 m, con el fin de reducir las pérdidas de presión y además, exige que estos conductos se monten totalmente extendidos.

Según ASHRAE (2005 Handbook, Fundamentals, página 35.7), las rugosidades absolutas a considerar para diferentes tipos de conducciones son, de menos a más, las siguientes:

- Conductos de aluminio: 0,03 mm
- Conductos de chapa de acero galvanizado: desde 0,09 a 0,15 mm
- Conductos rígidos de fibra o revestimientos interiores de conductos: 0,9 mm
- Conductos flexibles de cualquier tipo, totalmente extendidos: 3 mm

El aumento en más de veinte veces de la rugosidad absoluta con respecto a los conductos de chapa de acero

significa que las pérdidas de presión sean más del doble de la que tendría un conducto de chapa.

1.3.4.2.2.5 Pasillos

Los pasillos y los vestíbulos pueden emplearse como recintos de paso para extraer directamente el aire o para la extracción del aire de ventilación desde los locales de servicio.

El esquema de la figura 80 ilustra estos conceptos.

Especial atención deberá prestarse a las zonas de incendios de los locales servidos por el sistema.

1.3.4.2.3 Tratamiento del agua

Para prevenir fenómenos de corrosión e incrustaciones calcáreas en las instalaciones se pueden seguir los criterios indicados en las normas UNE-EN 12502-2, UNE-EN 12502-3 y UNE 112076 IN.

El informe UNE 112076 IN tiene los siguientes capítulos básicos:

- Cap. 4 Aspectos básicos sobre la corrosión
- Cap. 5 Corrosión exterior
- Cap. 6 Corrosión interior
- Cap. 7 Mantenimiento

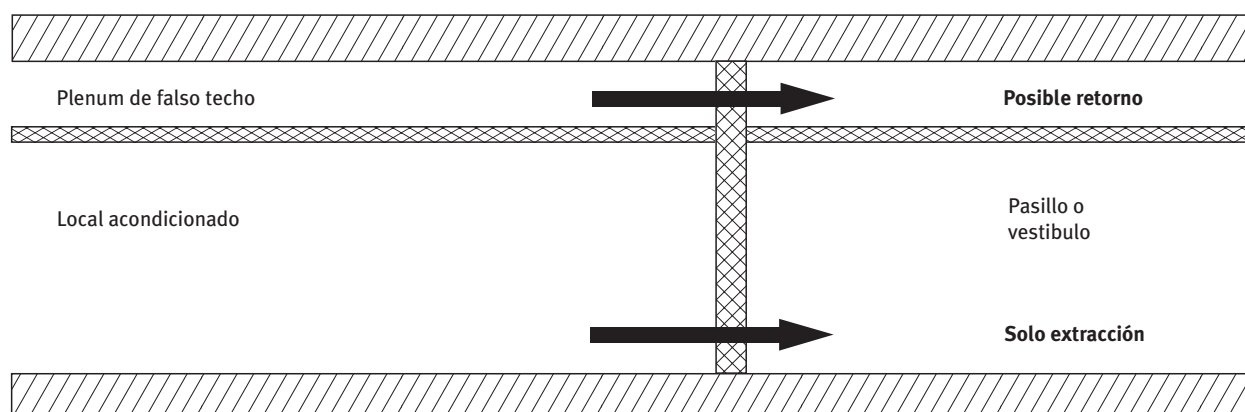


Fig. 80: Paso de aire en pasillos y vestíbulos

Se recomienda seguir estrictamente las prescripciones de esta norma. Además, se recomienda el estudio de dos Anexos informativos, con los siguientes títulos:

Anexo A Causas de formación de ánodos y cátodos

Anexo B Materiales y su problemática

1.3.4.2.4 Unidades terminales

Las unidades terminales de sistemas mixtos de cualquier tipo (ventiloconvectores, inductores, consolas de equipos partidos, radiadores, aerotermos, paneles radiantes, etc.) tendrán válvulas de cierre a la entrada y a la salida del fluido portador para poder efectuar cambios de distribución u operaciones de mantenimiento.

Una de las válvulas de las unidades terminales por agua será específicamente destinada al equilibrado del sistema, salvo cuando la red de distribución esté perfectamente equilibrada por diseño.

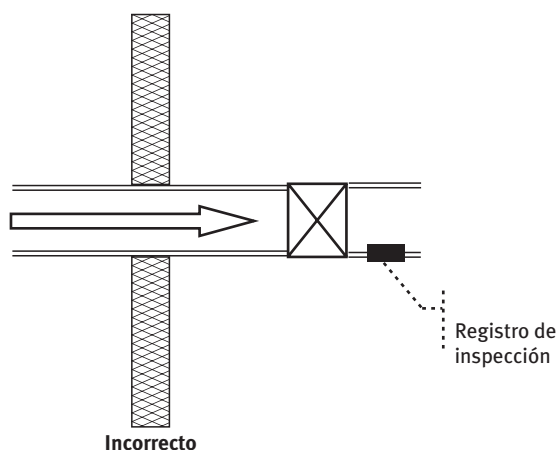


Fig. 81: Situación de compuerta cortafuegos

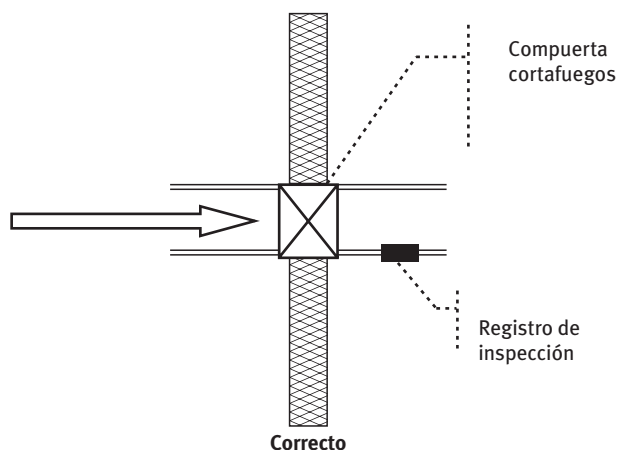
Cualquier tipo de unidad terminal deberá ser fácilmente accesible para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución. Con el fin de facilitar estas labores y evitar molestias para los usuarios, las unidades terminales pueden situarse en un recinto que no sea permanentemente ocupado por las personas, como, por ejemplo, en pasillos.

La norma UNE-EN 1751 trata de los ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas.

1.3.4.3 Protección contra incendios

Las instalaciones térmicas están sometidas a las exigencias del CTE en materia de protección contra incendios.

En la figura 81 se recuerda la necesidad de instalar correctamente las compuertas cortafuegos al paso a través de elementos delimitadores de zonas de fuego (muros o forjados).



Si la posición representada en la figura de la derecha no fuera posible, por ejemplo porque el espesor del elemento delimitador es insuficiente, la parte de la compuerta o del conducto que sobresalga se revestirá con un material resistente al fuego, de resistencia igual a la del elemento delimitador, como se representa en la figura 82.

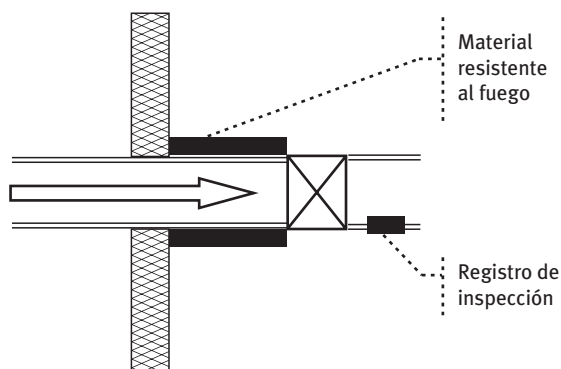


Fig. 82: Compuerta cortafuegos

El marco de la compuerta quedará fijado firmemente al elemento delimitador, directamente o a través de un manguito, de manera que la dilatación de los conductos no afecte a la posición de la compuerta y a su integridad.

La lama (o lamas) de la compuerta, cuando está cerrada, deberá ajustarse al marco mediante un elemento de solape de, al menos, 20 mm. El juego entre lama y marco será suficiente para permitir la libre dilatación de la lama y será igual a una centésima parte del lado o diámetro de la compuerta, por lo menos.

Todos los componentes de las compuertas deberán estar protegidos contra la corrosión mediante la selección de materiales adecuados o la aplicación de barreras protectoras (pinturas o galvanizado).

En el conducto que acomete a la compuerta del lado del mecanismo se practicará un registro de inspección de medidas adecuadas para efectuar pruebas y facilitar las operaciones de mantenimiento.

Bajo ningún concepto se instalarán compuertas, de cualquier tipo, en conductos de extracción de aire de aparcamientos, de evacuación de humos de cocinas y de evacuación de productos de la combustión, por evidentes razones de seguridad.

Por tanto, estas conducciones deberán estar totalmente situadas en una misma zona de fuego.

Los revestimientos de los conductos, interiores o exteriores, deben interrumpirse donde está instalada una compuerta, para no interferir con su funcionamiento.

1.3.4.4 Seguridad de utilización

1.3.4.4.1 Superficies calientes

Las superficies calientes de los emisores de calor accesibles a los usuarios tendrán una temperatura menor que 80 °C, salvo cuando estén protegidas contra contactos (figura 83).

La tendencia actual para la elección la temperatura de entrada del agua de radiadores es la de fijar un valor no mayor que 70 °C para poder aprovechar fuentes de energía de bajo nivel térmico, como bombas de calor, paneles solares, cogeneración, etc.

En cualquier caso, la temperatura de las superficies con las que exista posibilidad de contacto no será mayor que 60 °C.

1.3.4.4.2 Partes móviles

El material aislante instalado en tuberías, conductos y equipos no debe interferir con partes móviles de los componentes de la instalación.

Las partes móviles de equipos como ventiladores y bombas estarán protegidas contra contactos accidentales.

1.3.4.4.3 Accesibilidad

Todos los equipos y aparatos de una instalación deberán ser accesibles para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución.

Para ello, además de cumplir con los requisitos mínimos impuestos por la normativa, se deberán seguir las instrucciones del fabricante.

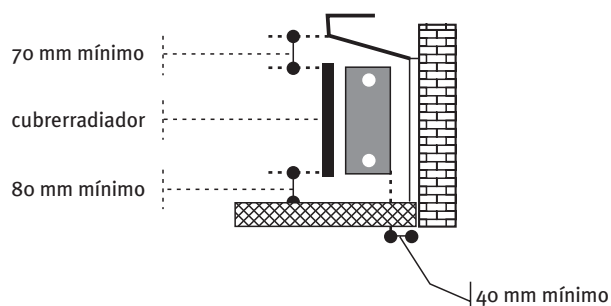


Fig. 83: Cuberradiador

Igualmente, para las unidades terminales que queden ocultas en falsos techos o suelos elevados, se debe prever un acceso que sea cercano al aparato y se pueda abrir sin recurrir a herramientas. Como se ha dicho, es conveniente que tales unidades terminales se sitúen en recintos adyacentes a los locales a climatizar, como los pasillos, para que las operaciones de mantenimiento puedan llevarse a cabo con más facilidad y evitando molestias para los usuarios.

También importantes son la accesibilidad y visibilidad de los instrumentos de medida, control, protección y maniobra.

Las unidades exteriores de los equipos autónomos deben quedar ocultas a la vista en edificios de nueva construcción.

Los edificios multiusuarios con instalaciones térmicas situadas en el interior de sus locales (por ejemplo, edificios de viviendas), deberán disponer de patinillos verticales accesibles para alojar todas las conducciones correspondientes, con la holgura necesaria para poder efectuar las operaciones de mantenimiento.

La norma UNE-EN 13779 (Anexo A, capítulo 13, apartado A.13.2) indica unos requerimientos de espacio para las unidades de tratamiento de aire y las plantas de producción de agua refrigerada (no están indicados los espacios para salas de calderas), así como el espacio necesario en patinillos y en techos suspendidos.

Los requerimientos de espacio para las unidades de tratamiento de aire son discutibles, debido a la gran variedad de composición de las UTAs, pero pueden servir de guía.

1.3.4.4.4 Señalización

En la sala de máquinas deberá figurar el esquema de principio de la instalación, dividido en uno o más planos, según el tamaño de los mismos.

Las instrucciones de seguridad, manejo y mantenimiento de la instalación deberán estar disponibles en

cualquier momento, junto con la memoria técnica, los planos “*as built*” y los manuales de todos los equipos.

La señalización de las conducciones deberá hacerse de acuerdo a la norma UNE 100100.

1.3.4.4.5 Medición

Este apartado suministra las instrucciones para situar los instrumentos de medida de las magnitudes físicas afectadas por los procesos térmicos.

No hay nada que añadir a lo indicado, salvo poner de manifiesto la importancia que tiene la medida, no mencionada en este apartado, de estas magnitudes:

- La energía térmica demandada.
 - La energía térmica consumida.
 - La energía eléctrica consumida por la instalación de acondicionamiento de aire, independientemente del consumo eléctrico de otras instalaciones del edificio.
- Además, es necesario medir de forma independiente la energía eléctrica consumida por la central de producción de frío (maquinaria frigorífica, torres, bombas, etc.), por lo menos para centrales de potencia térmica mayor que 400 kW.
- La energía térmica, calorífica y frigorífica y, en su caso, la energía eléctrica demandada por cada uno de los usuarios.



Instrucción Técnica IT.2: Montaje

IT 2.2 PRUEBAS

Para cada equipo y aparato deberá realizarse una ficha técnica en la que sean incluidos todos los parámetros de funcionamiento del equipo o aparato y, en su caso, sus accesorios.

Se deberán indicar las magnitudes previstas en proyecto y, al lado, las magnitudes medidas en obra. Las diferencias entre las dos servirán para efectuar el ajuste y equilibrado de la instalación, particularmente de los circuitos hidráulicos.

Es de fundamental importancia dejar constancia de los datos de proyecto y de los datos de los ensayos en obra para la empresa o persona que se hará cargo del mantenimiento de la instalación.

A título de ejemplo, se indica que forma podrían tener las fichas técnicas de algunos equipos y sus accesorios. La lista no es completa; el técnico podrá diseñar sus propias fichas técnicas, estén o no incluidas en la lista.

Entre las guías técnicas de ahorro y eficiencia energética editadas por el IDAE, la nº 1 de mantenimiento de las instalaciones térmicas contiene una lista muy amplia de fichas técnicas.

No es necesario rellenar totalmente los datos indicados en las fichas; además, algunos de ellos sólo pueden determinarse mediante cálculo (por ejemplo, los parámetros del diagrama psicrométrico).

Bomba	Proyecto	Prueba	Notas
Identificación del circuito			
Marca			
Modelo			
Marcado CE			
Materiales			
	Rodete		
	Carcasa		
Diámetro de boca de aspiración	mm		
Diámetro de boca de descarga	mm		
Fluido	–		Agua, agua glicolada, etc.
Caudal	L/s		
Altura manométrica	kPa		
Altura a caudal nulo	kPa		Curva característica
Diámetro de rodete	mm		
Rendimiento hidráulico	%		
Potencia absorbida al eje	kW		
Presión de prueba (relativa)	bar		
Presión de trabajo (relativa)	bar		
NPSH	kPa		

Bomba	Proyecto	Prueba	Notas
Motor			
Marca y modelo			
Polos	–		
Velocidad de giro	rpm		
Número de fases	–		
Tensión	V		
Consumo	A		
Cos φ	–		
Rendimiento del motor	%		
Potencia	kW		
VFD			Variador de frecuencia
Protección térmica interna			Clixon
Taradura de relé térmico	A		
Cableado	mm ²		
Tipo de arranque			
Accesorios			
Válvula en aspiración DN	mm		Tipo:
Válvula en descarga DN	mm		Tipo:
Válvula automática DN	mm		Tipo:
Filtro DN	mm		Tipo:
Notas:			

Bombas Gemelas	Proyecto	Prueba	Notas
Identificación del circuito			
Marca			
Modelo			
Marcado CE			
Materiales			
	Rodete		
	Carcasa		
Diámetro aspiración	mm		
Diámetro descarga	mm		
Caudal	L/s		
Altura manométrica	kPa		
Altura a caudal nulo	kPa		Curva característica
Diámetro de rodete	mm		
Rendimiento	%		
Potencia absorbida al eje	kW		
Presión de prueba (relativa)	bar		
Presión de trabajo (relativa)	bar		
NPSH	kPa		

(Continuación)

Bombas Gemelas	Proyecto	Prueba	Notas
Motor			
Marca y modelo			
Polos	—		
Velocidad de giro	rpm		
Fases	—		
Tensión	V		
Consumo	A		
Cos φ	—		
Rendimiento	%		
Potencia	kW		
Variador de frecuencia			
Protección térmica interna			
Taradura de relé térmico	A		
Cableado	mm ²		
Arranque			
Accesorios			
Válvula en aspiración DN	mm		Tipo:
Válvula en descarga DN	mm		Tipo:
Válvula automática DN	mm		Tipo:
Filtro DN	mm		Tipo:
Notas:			

Ventilador	Proyecto	Prueba	Notas
Identificación			
Marca			
Marcado CE			
Tipo			
Serie			
Ejecución			
Tamaño			
Caudal	L/s		
Densidad	kg/m ³		
Temperatura media del aire	°C		
Presión estática	Pa		
Presión dinámica	Pa		
Presión total	Pa		
Velocidad de giro	rpm		
Rendimiento	%		
Potencia absorbida al eje	kW		
Potencia sonora	dB(A)		

Ventilador	Proyecto	Prueba	Notas
Accesorios			
Dispositivo de medición de caudal			
Variador de frecuencia			
Protección para oídos de aspiración			
Protección del eje libre			
Protección de la transmisión			
Bastidor con carriles tensores			
Motor			
Acoplamiento			Directo/Poleas y correas
Potencia	kW		
Rendimiento	%		
Consumo	A		
Número de polos	–		
Velocidad de giro	rpm		
Tensión	V		
Número de fases	–		
Protección térmica interna	–		Clixon
Taradura de relé térmico	A		
Cableado	mm ²		
Tipo de arranque			
Transmisión			
1- Directa			
Reserva de velocidad	%		
2- Por correas			
Tipo de sección	–		
Diámetro de polea de ventilador	mm		
Diámetro de polea de motor	mm		
Distancia entre ejes	mm		
Número de correas	–		
Longitud de correas	mm		
Notas:			

Batería de Refrigeración	Proyecto	Pruebas	Notas
Identificación			
Altitud s. n. m.	m		
Potencia térmica total	kW		
Potencia térmica sensible	kW		
Fluido primario: aire			
Caudal másico	kg/s		
Pérdida de presión	Pa		

(Continuación)

125



Batería de Calentamiento	Proyecto	Pruebas	Notas
Identificación			
Altitud s. n. m.	m		
Potencia térmica total	kW		
Potencia térmica sensible	kW		
Fluido primario: aire			
Caudal másico	kg/s		
Pérdida de presión	Pa		
Condiciones en		Entrada/Salida	Entrada/Salida
Caudal volumétrico	L/s	/	/
Temperatura seca	°C	/	/
Temperatura húmeda	°C	/	/
Temperatura de rocío	°C	/	/
Humedad relativa	%	/	/
Humedad específica	g/kg	/	/
Masa específica	kg/m ³	/	/
Presión parcial del vapor	Pa	/	/
Entalpía	kJ/kg	/	/
Fluido secundario: agua			
Caudal másico	kg/s		
Pérdida de presión	kPa		
		Entrada/Salida	Entrada/Salida
Temperatura	°C	/	/
Caudal volumétrico	L/s	/	/
Presión máxima de servicio	bar		
Características físicas			
Longitud aleteada	mm		
Número de tubos en altura	–		
Altura aleteada	mm		
Número de rangos	–		
Profundidad aleteada	mm		
Superficie frontal	m ²		
Número de circuitos	–		
Número de tubos por circuito	–		
Paso entre aletas	mm		
Diámetro de colectores	mm		
Materiales			
Tubos			
Aletas			
Colectores			
Marco			
Accesorios			
Válvula de control: 2/3 vías; DN		; Kv	; pérdida de presión kPa;
Válvula de equilibrado: DN		; posición de ajuste:	
Válvula de corte: DN			

(Continuación)

Batería de Calentamiento	Proyecto	Pruebas	Notas
Filtro: DN			
Notas:			

Caja de Caudal Constante			
Identificación			
Situación			
Marcado CE			
Función			
Marca			
Modelo			

		Proyecto	Pruebas
Caudal			
	De diseño	L/s	
	Máximo	L/s	
	Mínimo	L/s	
Temperatura de salida del aire	°C		
Caída de presión			
	De diseño	Pa	
	Máxima	Pa	
	Mínima	Pa	
Nivel sonoro			
	Máximo	dB(A)	
	Mínimo	dB(A)	
Dimensiones			
	Anchura	mm	
	Altura	mm	
	Longitud	mm	
Atenuador acústico			
	Longitud	mm	
	Atenuación	dB(A)	
Servomotor			
Notas:			



Caja de Caudal Variable		
Identificación		
Situación		
Marcado CE		
Función		
Marca		
Modelo		
	Proyecto	Pruebas
Caudal		
	De diseño	L/s
	Máximo	L/s
	Mínimo	L/s
Temperatura de salida del aire		°C
Caída de presión		
	De diseño	Pa
	Máxima	Pa
	Mínima	Pa
Nivel sonoro		
	Máximo	dB(A)
	Mínimo	dB(A)
Dimensiones		
	Anchura	mm
	Altura	mm
	Longitud	mm
Atenuador acústico		
	Longitud	mm
	Atenuación	dB(A)
Servomotor		
Notas:		

Inductor		
Identificación		
Situación		
Marcado CE		
Marca		
Modelo		
	Proyecto	Pruebas
Caudal primario		
	De diseño	L/s
	Máximo	L/s
	Mínimo	L/s

(Continuación)

		Proyecto	Pruebas
Presión mínima de diseño	Pa		
Temperaturas de entrada aire seca/húmeda	°C/°C		
Nivel sonoro			
	Máximo		dB(A)
	Mínimo		dB(A)
Relación de inducción	–		
Caudal de agua	L/s		
Pérdida de presión lado agua	kPa		
Temperatura de entrada	°C		
Temperatura de salida	°C		
Potencias térmicas sensibles			
	Lado aire		W
	Lado agua		W
Dimensiones			
	Anchura		mm
	Altura		mm
	Longitud		mm
Servomotor			
Notas:			
Se deben confeccionar dos fichas: una para el verano y la otra para el invierno			

Viga Fría (Inductor de Techo)

Identificación
Situación
Marcado CE
Marca
Modelo

		Proyecto	Pruebas
Caudal primario			
	De diseño		L/s
	Máximo		L/s
	Mínimo		L/s
Presión mínima de diseño	Pa		
Temperaturas de entrada aire seca/húmeda	°C/°C		
Nivel sonoro			
	Máximo		dB(A)
	Mínimo		dB(A)
Relación de inducción	–		
Caudal de agua	L/s		

(Continuación)

Proyecto		Pruebas
Pérdida de presión lado agua	kPa	
Temperatura de entrada	°C	
Temperatura de salida	°C	
Potencias térmicas sensibles		
	Lado aire	W
	Lado agua	W
Dimensiones		
	Anchura	mm
	Altura	mm
	Longitud	mm
Servomotor		
Notas:		
Se deben confeccionar dos fichas: una para el verano y la otra para el invierno		

Ventiloconvector (Fancoil)		
Identificación		
Situación		
Marcado CE		
Marca		
Modelo		
Proyecto		Pruebas
Número de filas de la batería	–	
Número de velocidades	–	
Caudal de aire		
	A la velocidad máxima	L/s
	A la velocidad media	L/s
	A la velocidad mínima	L/s
Caudal de aire exterior		L/s
Temperaturas de entrada aire seca/húmeda		°C/°C
Temperaturas de salida aire seca/húmeda		°C/°C
Nivel sonoro		
	Máximo	dB(A)
	Mínimo	dB(A)
Caudal de agua		L/s
Pérdida de presión		kPa
Temperatura de entrada		°C
Temperatura de salida		°C

(Continuación)

Proyecto		Pruebas
Potencias térmicas		
	Sensible	W
	Total	W
Dimensiones		
	Anchura	mm
	Altura	mm
	Longitud	mm
Notas:		
Se deben confeccionar dos fichas: una para el verano y la otra para el invierno		

Techo Radiante	
Identificación	
Situación	
Marcado CE	
Marca	
Modelo	

Proyecto		Pruebas
Temperaturas del ambiente seca/de rocío	°C/°C	
Superficie del módulo	m ²	
Longitud del serpentín del módulo	m	
Temperatura de entrada del agua refrigerada	°C	
Temperatura de salida del agua refrigerada	°C	
Potencia de refrigeración	W/m ²	
Temperatura de entrada del agua caliente	°C	
Temperatura de salida del agua caliente	°C	
Potencia de calentamiento	W/m ²	
Caudal de agua	L/s	
Pérdida de presión	kPa	
Dimensiones del panel		
	Anchura	mm
	Longitud	mm
	Altura	mm
Aislamiento térmico		
Notas:		



Suelo Radiante		
Identificación		
Situación		
Marcado CE		
Marca		
Modelo		
		Proyecto
		Pruebas
Temperaturas del ambiente seca/de rocío	°C/°C	
Temperatura de entrada del agua caliente	°C	
Temperatura de salida del agua caliente	°C	
Potencia de calentamiento	W/m ²	
Temperatura de entrada del agua refrigerada	°C	
Temperatura de salida del agua refrigerada	°C	
Potencia de refrigeración	W/m ²	
Caudal de agua	L/s	
Pérdida de presión	kPa	
Dimensiones del panel		
	Anchura	mm
	Longitud	mm
	Altura	mm
Longitud del serpentín	m	
Aislamiento térmico		
Notas:		

Desconector		
Identificación del circuito		
Marca		
Modelo		
Marcado CE		
DN		
PN		
Presión aguas-arriba	bar	
Presión aguas-abajo	bar	
Caída de presión	kPa	A caudal máximo
Accesorios		
Válvulas de corte	DN	PN
Filtro de malla	DN	PN
Separador de lodos	DN	PN
Reductora de presión	DN	PN
Contador de agua	DN	PN
Tubería de by-pass	DN	
Notas:		

Chimenea		Proyecto	Pruebas
Identificación			
Marca			
Modelo			
Marcado CE			
Tipo de caldera (Convencional, Baja temperatura, Condensación)			
Potencia térmica			
	Máxima	kW	
	Mínima	kW	
Caudal de PdC			
	Máximo	kg/s	
	Mínimo	kg/s	
Temperatura de PdC			
	Mínima	°C	
	Máxima	°C	
Tiro térmico			
		Pa	
Pérdidas de presión			
		Pa	
Parcialización			
Esbeltez	> 200		
Estabilidad	> 1		
Diámetro			
		mm	
Altura			
		m	
Dimensiones			
	Diámetro	mm	
	Longitud horizontal	mm	
	Altura	mm	
Tipo de terminación			
Materiales			
Aislamiento térmico			
Fondo de saco			
Registros de inspección			
Notas:			

Compuerta	
Identificación	
Situación	
Marca	
Modelo	
Marcado CE	
Tipo de lamas	Perfil aerodinámico o no
Orientación de lamas	Vertical u horizontal

Compuerta		
Movimiento		Paralelo u oposición
Sellado entre lamas		
Sellado entre lamas y marco		
Actuación		Automática o manual
Actuador		
Materiales		
	Lamas	
	Marco	

		Proyecto	Pruebas
Dimensiones	mm x mm		
Caudal	L/s		
Caída de presión	Pa		
Caudal de fuga a la caída de presión de Pa	L/s		
Notas:			

Difusor		
Identificación		
Situación y número		
Marca		
Modelo		
Tipo		
Marcado CE		

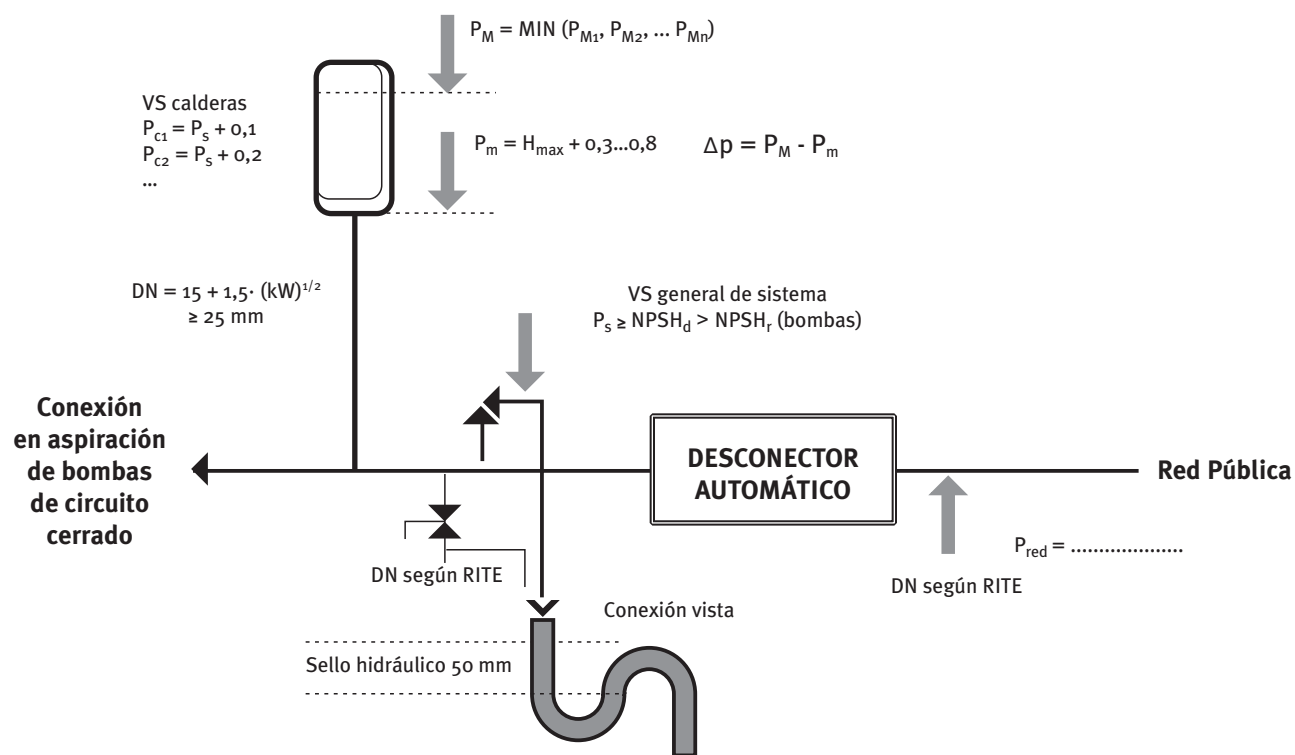
		Proyecto	Pruebas
Caudal			
	De diseño	L/s	
	Máximo	L/s	
	Mínimo	L/s	
Caída de presión			
	De diseño	Pa	
	Máxima	Pa	
	Mínima	Pa	
Nivel sonoro			
	Máximo	dB(A)	
	Mínimo	dB(A)	
Tamaño			
	Cuello	mm	
	Altura de plenum	mm	

(Continuación)

	Proyecto	Pruebas
Anchura	mm	
Longitud	mm	
Notas:		

Generador de Calor		Proyecto	Pruebas
Denominación			
Marca			
Modelo			
Marcado CE			
Tipo de caldera	CONV, BT, COND		
Combustible			
PCI		kJ/kg	
PCS		kJ/kg	
Densidad		kg/m³	
Potencia térmica nominal		kW	
Potencia térmica máxima		kW	
Potencia térmica mínima		kW	
Eficiencias			
	al 100% de carga	%	
	al 30% de carga	%	
Caudal de agua		L/s	
Temperatura de retorno		°C	
Temperatura de retorno	Mínima	°C	
Temperatura de impulsión		°C	
Presión de trabajo		bar	
Pérdida de presión		kPa	
Ajuste de válvula seguridad		bar	
Enclavamientos eléctricos			
Dimensiones			
	Longitud	mm	
	Anchura	mm	
	Altura	mm	
Contenido de agua		L	
Masa		kg	
Notas:			

Vaso de expansión cerrado con diafragma, sin compresor



Volumen:

$$V = \dots\dots\dots m^3 \text{ o } L$$

(de relación de aparatos y tuberías)

Coeficiente de presión:

$$C_p = \frac{P_M + 1}{P_M - P_m} =$$

Coeficiente de expansión:

$$C_e = \frac{V_u}{V} = \quad (t_m = \text{ } ^\circ C \dots t_M = \text{ } ^\circ C)$$

Volumen total mínimo del VE:

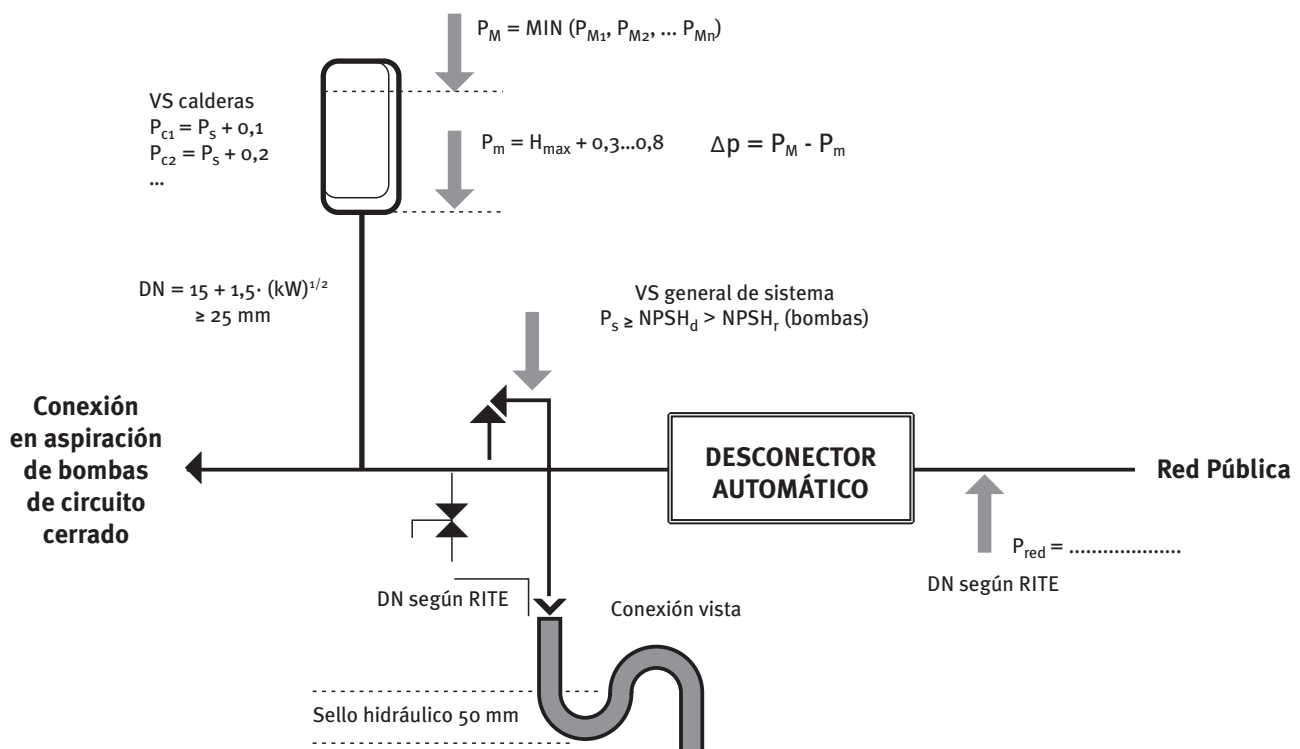
$$V_t = V \times C_e \times C_p = \text{ } m^3 \text{ o } L$$

Vaso de Expansión	Proyecto	Prueba
Identificación circuito		
Marca		
Modelo		
Marcado CE		
Material de membrana recambiable		
Material de carcasa		
Volumen de expansión	L	
Volumen total	L	
Diámetro	mm	
Altura	mm	
Diámetro conexión	DN	
Presión relativa de prueba	bar	

(Continuación)

Vaso de Expansión	Proyecto	Prueba
Presión relativa máxima de trabajo	bar	
Masa	kg	
Notas:		

Vaso de expansión cerrado con diafragma, con compresor



Volumen: $V = \dots\dots\dots m^3 \text{ o } L$
 (de relación de aparatos y tuberías)

Volumen total mínimo del VE:

$$V_t = V \times C_e = m^3 \text{ o } L$$

Coefficiente de expansión:

$$C_e = \frac{V_u}{V} = (t_m = \text{ } ^\circ\text{C} \dots t_M = \text{ } ^\circ\text{C})$$

Vaso de Expansión	Proyecto	Prueba
Marca		
Modelo		
Marcado CE		

(Continuación)

Vaso de Expansión	Proyecto	Prueba
Material de membrana recambiable		
Material de carcasa		
Potencia compresor de aire	kW	
Volumen de expansión	L	
Volumen total	L	
Diámetro	mm	
Altura	mm	
Diámetro conexión	DN	
Presión de prueba	bar	
Presión máxima de trabajo	bar	
Masa	kg	
Notas:		

Planta Enfriadora enfriada por Aire	Proyecto	Prueba
Marca		
Modelo		
Marcado CE		
Tipo de compresor	Scroll, tornillo, alternativo, turbina	
Número de compresores	–	
Parcialización	–	
Potencia térmica	kW	
Potencia térmica mínima	kW	
Evaporador		
	Caudal de agua	L/s
	Temperatura de retorno	°C
	Temperatura de salida	°C
	Pérdida de presión	kPa
	Presión de trabajo	bar
Condensador		
	Caudal de aire	m ³ /s
	Temperatura de entrada del aire	°C
	Tipo y número de ventiladores	–
Recuperador de calor		
	Caudal de agua	L/s
	Temperatura de retorno	°C
	Temperatura de salida	°C
	Potencia recuperada	kW
	Pérdida de presión	kPa
	Presión de trabajo	bar

(Continuación)

Planta Enfriadora enfriada por Aire		Proyecto	Prueba
Potencia absorbida		kW	
EER		–	
Acometida eléctrica	Fases/Tensión/Frecuencia	-/V/Hz	
Tipo de arranque	directo, ★-Δ, otro		
Motor			
	Potencia	kW	
	Velocidad de giro	rpm	
Seguridad			
	Alta Presión	bar	
	Baja presión	bar	
	Presión aceite	bar	
Dimensiones			
	Longitud	mm	
	Anchura	mm	
	Altura	mm	
Masa		kg	
Amortiguadores	Número y tipo		
Notas:			

Planta Enfriadora enfriada por Agua con Turbocompresor	
Marca	
Modelo	
Cumplimiento de Directivas	89/392/CEE, 73/23/CEE, 89/336/CEE, 97/23/CE
Certificado de prestaciones	
Marcado CE	
Refrigerante	R-

		Proyecto	Pruebas
Parcialización mínima		%	
Evaporador			
	Potencia térmica	kW	
	Caudal de agua	L/s	
	Caudal mínimo de agua	L/s	
	Temperatura de entrada	°C	
	Temperatura de salida	°C	
	Temp. de evaporación	°C	
	Caída de presión	KPa	
	Factor de ensuciamiento	m ² ·K/kW	
	Presión máxima de trabajo	bar	
	Número de pasos	–	

		Proyecto	Pruebas
	Tipo de tubos	–	
	Material de los tubos	–	
	Diámetro interior de tubos	mm	
	Espesor de los tubos	mm	
Condensador			
	Potencia térmica	kW	
	Caudal de agua	L/s	
	Caudal mínimo de agua	L/s	
	Temperatura de entrada	°C	
	Temperatura de salida	°C	
	Temp. mínima de salida	°C	
	Temp. de condensación		
	Caída de presión	KPa	
	Factor de ensuciamiento	m ² ·K/kW	
	Presión máxima de trabajo	bar	
	Número de pasos	–	
	Tipo de tubos	–	
	Material de los tubos	–	
	Diámetro interior de tubos	mm	
	Espesor de los tubos	mm	
Motor			
	Potencia absorbida	kW	
	Fases/Tensión/Frecuencia	Ph/V/Hz	
	Intensidades de corriente		
	Nominal	A	
	De arranque	A	
	A rotor bloqueado	A	
	Capacidad mínima de cables	A	
	Protección máxima de sobrecorriente	A	
	Factor de potencia	–	
	Velocidad de giro	rpm	
	EER	–	
Accesorios			
	Arrancador		
	Válvulas de aislamiento de refrigerante		
	Aislamiento térmico de superficies frías		
	Carga de refrigerante y aceite		
	Módulo de control		
	Filtro, enfriador y bomba de aceite		
	Tarjeta de comunicación con sistema de control centralizado		
Notas:			



Planta Enfriadora enfriada por Agua con Compresor de Tornillo		
Marca		
Modelo		
Cumplimiento de Directivas	89/392/CEE, 73/23/CEE, 89/336/CEE, 97/23/CE	
Certificado de prestaciones		
Marcado CE		
Refrigerante	R-	
Proyecto		Pruebas
Número de compresores	–	
Número de etapas de parcialización	–	
Evaporador		
	Potencia térmica	kW
	Caudal de agua	L/s
	Temperatura de entrada	°C
	Temperatura de salida	°C
	Temp. de evaporación	°C
	Caída de presión	KPa
	Factor de ensuciamiento	m2·K/kW
	Presión máxima de trabajo	bar
	Número de pasos	–
Condensador		
	Potencia térmica	kW
	Caudal de agua	L/s
	Temperatura de entrada	°C
	Temperatura de salida	°C
	Temperatura mínima de salida	°C
	Temp. de condensación	
	Caída de presión	KPa
	Factor de ensuciamiento	m2·K/kW
	Presión máxima de trabajo	bar
	Número de pasos	–
Motor		
	Potencia absorbida	kW
	Tensión/Frecuencia	V/Hz
Intensidades de corriente		
	Nominal	A
	De arranque	A
	Factor de potencia	–
	Velocidad de giro	rpm
	EER	–
Accesorios		
	Arrancador	
	Válvulas de aislamiento de refrigerante	
	Aislamiento térmico de superficies frías	
	Carga de refrigerante y aceite	

	Proyecto	Pruebas
	Módulo de control	
	Filtro, enfriador y bomba de aceite	
	Tarjeta de comunicación con sistema de control centralizado	
Notas:		

Filtros			
Identificación			
	Proyecto	Prueba	Notas
Prefiltro			
Clase s/ UNE-EN 779			
Marca y modelo			
Situación			
Superficie filtrante	m ²		
Profundidad	mm		
Pérdida de presión			
	Inicial	Pa	
	Final	Pa	
	Seleccionada	Pa	
Composición celdas			
Filtro			
Clase s/ UNE-EN 779			
Marca y modelo			
Situación			
Superficie filtrante	m ²		
Profundidad	mm		
Pérdida de presión			
	Inicial	Pa	
	Final	Pa	
	Seleccionada	Pa	
Composición celdas			
Filtro final			
Clase s/ UNE-EN 779 o 1882			
Marca y modelo			
Situación			
Superficie filtrante	m ²		
Profundidad	mm		
Pérdida de presión			
	Inicial	Pa	

(Continuación)

	Proyecto	Prueba	Notas
Final	Pa		
Seleccionada	Pa		
Composición celdas			
Notas:			

Humectador o Enfriador Adiabático por Contacto		Proyecto	Prueba
Identificación de UTA			
Caudal de aire		L/s	
Superficie frontal		m ²	
Velocidad frontal		m/s	
Espesor del panel		mm	
Condiciones del aire			
Entrada	Temperatura seca	°C	
	Temperatura húmeda	°C	
Salida	Temperatura seca	°C	
	Temperatura húmeda	°C	
Eficiencia de saturación		%	
Pérdida de presión		Pa	
Materiales			
Material del panel	Cerámico o Fibra		
Bandeja			
Válvula de flotador			
Electroválvula de llenado			
Control automático de nivel			
Bomba de riego			
Tubos de riego			
Vaciado manual			
Electroválvula de vaciado			
Rebosadero			
Bastidor			
Válvula de purga continua			
Separador de gotas			
Cuadro de mando y protección			
Notas:			



Humectador o Enfriador Adiabático por Pulverización			Proyecto	Prueba
Identificación de UTA				
Caudal de aire			L/s	
Superficie frontal			m²	
Velocidad frontal			m/s	
Presión del agua			bar	
Compresor de aire				
Potencia			kW	
Acumulador			L	
Presión			bar	
Condiciones del aire				
Entrada		Temperatura seca	°C	
		Temperatura húmeda	°C	
Salida		Temperatura seca	°C	
		Temperatura húmeda	°C	
Eficiencia de saturación			%	
Pérdida de presión			Pa	
Materiales				
Boquillas				
Bandeja				
Tubos				
Separador de gotas				
Bastidor				
Cuadro de mando y protección				
Notas:				

Humectador a Vapor		Proyecto	Prueba
Identificación			
Tipo	Electrodos o resistencias		
Marcado CE			
Marca			
Modelo			
Capacidad de humectación		g/s	
Potencia eléctrica		kW	
Caudal de aire		kg/s	
Condiciones del aire			
Entrada	Temperatura seca		°C
	Humedad específica		g/kg
Salida	Temperatura seca		°C
	Humedad específica		g/kg
Calidad del agua			
TDS (sólidos disueltos totales)		mg/L	

(Continuación)

Humectador a Vapor		Proyecto	Prueba
TH (dureza)		°F	
Residuos sólidos a 180°C		mg/L	
Conductividad eléctrica		μS/cm	
Calidad sanitaria	Agua potable		
Materiales			
Depósito	Cerámico o Fibra		
Electrodos o resistencias eléctricas			
Lanza de vapor			
Electroválvula de llenado			
Control automático de nivel			
Electroválvula de vaciado			
Cuadro de mando y protección			
Notas:			

Intercambiador de Calor			
Identificación			
Marca			
Modelo			
Tipo (placas o tubular)			
Marcado CE			
Materiales			
		Proyecto	Pruebas
Presión de prueba		bar	
Potencia		kW	
Fluido primario			
	Caudal	L/s	
	Temperatura de entrada	°C	
	Temperatura de salida	°C	
	Factor de ensuciamiento	m ² ·K/W	
	Pérdida de presión	kPa	
	Presión de trabajo	bar	
Fluido secundario			
	Caudal	L/s	
	Temperatura de entrada	°C	
	Temperatura de salida	°C	
	Factor de ensuciamiento	m ² ·K/W	
	Pérdida de presión	kPa	
	Presión de trabajo	bar	

(Continuación)

Proyecto			Pruebas
Dimensiones			
	Longitud	mm	
	Anchura	mm	
	Altura	mm	
Masa		kg	
Control			
	Sonda de temperatura	–	
	Válvula automática	–	
Notas:			

Recuperador de Calor de Placas

Identificación

Marca

Modelo

Marcado CE

Proyecto			Pruebas
Material de placas Aluminio o acero inox			
Material de sellado			
Potencia sensible			
Fluido primario			
	Caudal	L/s	
Entrada	Temperatura	°C	
	Humedad relativa	%	
Salida	Temperatura	°C	
	Humedad relativa	%	
	Pérdida de presión	Pa	
Fluido secundario			
	Caudal	L/s	
Entrada	Temperatura	°C	
	Humedad relativa	%	
Salida	Temperatura	°C	
	Humedad relativa	%	
	Pérdida de presión	Pa	
Dimensiones			
	Longitud	mm	
	Anchura	mm	
	Altura	mm	

(Continuación)

Proyecto	Pruebas
Compuerta de by-pass: aire de expulsión o aire exterior	
Notas:	

Válvulas			
Identificación			
Marca			
Modelo			
Marcado CE			
Tipo de obturador		Asiento, mariposa, bola	
Actuación		Automática o manual	
Actuador			
Materiales			
Cuerpo			
Obturador			
Asiento			
Diámetro	DN		
Número de vías	–	2, 3 ó 4	
Diámetro tubería	DN o mm		
Presión nominal	bar	PN	
Presión de prueba	bar	mínimo 1,5xPN	
Coeficiente de flujo	(métrico)	Kv	
Caudal	L/s		
Caída de presión a obturador abierto	kPa		
Caudal de fuga a la presión diferencial de kPa	L/s	 % de Kv	
Notas:			

Sellos hidráulicos

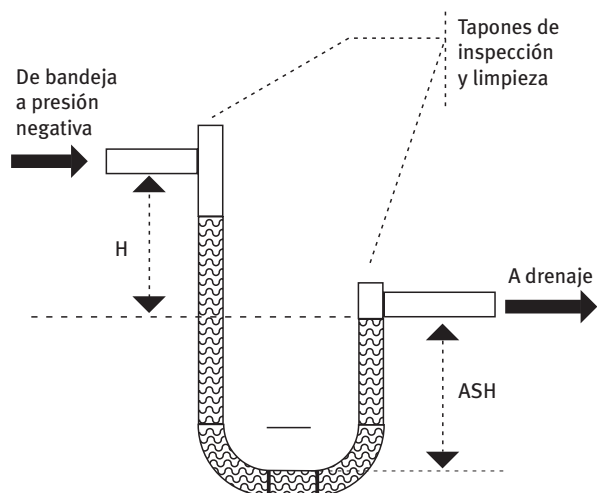
La función de un sello hidráulico en las bandejas de las UTAs es la de eliminar movimientos de aire desde o hacia el interior de las mismas, permitiendo, al mismo tiempo, el drenaje del agua de condensación.

PE	Presión Estática del ventilador	mm c.d.a.	
ASH	Altura Sello Hidráulico	mm	mín: 40 mm

$H \geq PE$ en aspiración + 20 mm

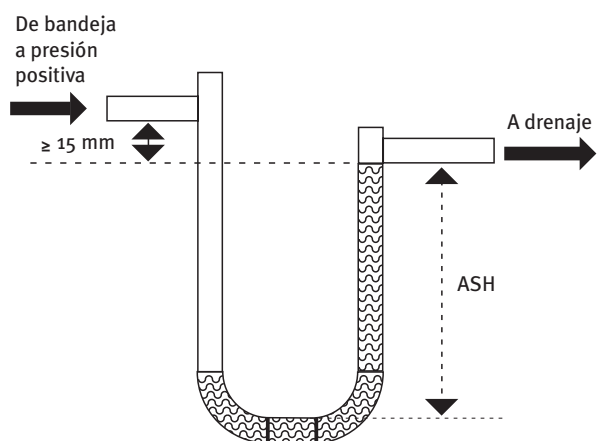
$ASH \geq H/2$

Bandeja en aspiración de ventilador



$ASH \geq PE$ en impulsión + 10 mm

Bandeja en impulsión de ventilador



IT 2.2.2 Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua

Todas las redes de tuberías deberán ser sometidas a una prueba de estanquidad.

Las pruebas de estanquidad podrán realizarse sobre la totalidad de la misma o sobre una parte de ella, cuando así lo exijan las circunstancias de la obra o la extensión de la red.

Todas las partes de la red o el tramo de red de tuberías en prueba deberán ser accesibles para la observación de fugas y su reparación; no deberá estar instalado el aislamiento térmico.

Todos los extremos de la sección de tuberías en prueba deberán sellarse herméticamente.

Antes de realizar la prueba y, por supuesto, antes del sellado de las extremidades, la red de tubería deberá limpiarse de todos los residuos procedentes del montaje, como cascarillas, aceites, barro, etc.

La limpieza se efectuará llenando la red de agua y vaciándola el número de veces que sea necesario. El agua podrá estar aditivada con algún producto detergente; esta práctica no está permitida cuando se trata de redes de agua para usos sanitarios.

En la siguiente descripción se excluyen las pruebas con gases comprimidos (aire o nitrógeno), aptas especialmente para redes especiales, no incluidas en este Reglamento, y no muy indicadas para redes de agua o vapor.

Deberá comprobarse que los equipos, aparatos y accesorios que queden incluido en la sección de la red que se prueba puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos deberán quedar excluidos mediante el cierre de válvulas o la sustitución por tapones.

La fuente de presurización deberá tener una presión igual o mayor que la presión de prueba. La conexión estará dotada de los siguientes accesorios:

- Válvula de interceptación de tipo de esfera
- Filtro para agua
- Válvula de retención
- Válvula graduable reductora de presión o, en caso de no existir una fuente con presión suficiente, bomba dotada de VFD (variador de frecuencia) que aspira, de un depósito de capacidad adecuada, el volumen de agua necesario para el llenado de la red en prueba
- Manómetro calibrado y de escala adecuada
- Válvula de seguridad, tarada a la presión máxima admisible en la red
- Manguito flexible de unión con la red o la sección de red en prueba

El llenado se llevará a cabo desde la parte más baja del circuito o de la sección. Es de fundamental importancia que durante el llenado se elimine sistemáticamente todo el aire que viene desplazado por el agua, dejando abiertos los puntos altos de la red y dotándolos de válvulas de evacuación de aire. La presencia de aire en la red hace inviable la realización de la prueba, porque el aire, siendo un fluido comprimible, no permite alcanzar la estabilidad de la presión y, por tanto, dificultaría la detección de fugas.

Las fugas se detectarán por la formación de un goteo o un chorro de agua o, en caso de aberturas muy pequeñas, por la formación de superficie mojadas.

Después de haber preparado la red mediante las operaciones antes descritas, se procede a efectuar la prueba preliminar de estanquidad.

Se llenará el circuito desde su parte baja, dejando que el aire sea evacuado por los puntos altos. A continuación, bajo la presión hidrostática determinada por la altura de la red, se recorrerá ésta y se comprobará la presencia de fugas, en particular en las uniones. Se procederá a la reparación, en su caso, y se volverá a repetir esta prueba hasta tanto no se detecten fugas.

A continuación, se realizará la prueba de resistencia mecánica. Una vez llenada la red, se sube la presión hasta el valor de prueba y se cierra la acometida del agua. Si la presión en el manómetro bajara, se comprobará, primero, que las válvulas o tapones de las extremidades estén herméticamente cerrados. En caso afirmativo, se recorrerá la red para buscar señales de pérdidas de líquido.

Esta prueba tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

Si se quiere extender la prueba durante un cierto número de horas, se debe considerar que la lectura del manómetro puede verse afectada por las variaciones de temperatura del aire del ambiente o por la insolación.

La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se ha manifestado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Se prohíbe el empleo de masillas u otros materiales o medios improvisados o provisionales.

Una vez reparadas las anomalías, se volverá a repetir las pruebas, empezando de nuevo por la prueba preliminar de estanquidad.

Al terminar las pruebas se reducirá la presión, se conectarán a la red los equipos, aparatos y accesorios que

hayan sido excluidos de la prueba, se actuará sobre las válvulas de corte y las válvulas de evacuación de aire y se volverán a instalar los aparatos de medida y control.

A continuación se resumen los pasos a seguir para la realización de la prueba de estanquidad de una red.

1 Preparación de la red

- Eliminación de equipos, aparatos y accesorios que no soporten la presión de prueba.
- Cierre de todos los terminales abiertos, mediante válvula o tapones, delimitando la sección que va a ser sometida a prueba.
- Eliminación de todos los aparatos de medida y control.
- Apertura de todas las válvulas incluidas en la red en prueba.
- Comprobación de que todo los puntos altos de la red estén equipado de purgadores de aire.
- Comprobación de que la unión entre la fuente de presión y la red está fuertemente apretada.
- Antes de aplicar la presión asegurarse de que todas las personas hayan sido alejadas de los tramos de tuberías en prueba.

2 Prueba preliminar

- Llenado de la red desde la parte baja, asegurándose de que el aire se escapa por los puntos más elevados sin aplicar presión.
- Se deberá recorrer toda la red para comprobar la presencia de fugas. Si se detectan fugas se procederá a su reparación.

3 Prueba de estanquidad

- Una vez llenada toda la red y eliminado el aire eventualmente presente, se aumentará la presión hasta el valor de prueba.
- Se recorre la red para comprobar la presencia de fugas.
- Se verificará visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones. La prueba tendrá la duración necesaria para recorrer toda la red. Cuando la presión del manómetro bajara sin que se manifesten fugas, se podrá alargar la duración de la



prueba tomando nota de las variaciones de temperatura del ambiente, que pueden alterar la presión a la que está sometida la red. Habrá que tener cuidado cuando las condiciones del ambiente puedan reducir la temperatura del agua debajo del punto de congelación.

4 Reparación de fugas

- La reparación de las uniones donde se han originados las fugas se hará desmontando la parte defectuosa o averiada y sustituyéndola por otra nueva.
- Una vez reparadas las anomalías, se volverá a repetir las pruebas desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá todas las veces que sea necesario, hasta tanto la red no sea estanca.

5 Terminación de la prueba

- Reducción de la presión.

- Conexión a la red de los equipos, aparatos y accesorios que hayan sido excluidos de las pruebas.
- Instalación de los aparatos de medida y control que hayan sido desmontado para la prueba.

Las presiones a las que se deben someter las redes de distribución del fluido portador serán las indicadas a continuación.

- Circuitos cerrados de fluidos portadores (incluidas torres de refrigeración): 1,5 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Circuitos abiertos de torres de refrigeración: 2 veces la presión hidrostática máxima, con un mínimo de 6 bar.
- Circuitos de agua para usos sanitarios: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Agua sobrecalentada o vapor: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 10 bar.

Para cada prueba se redactará una ficha técnica que podría tener el siguiente formato:

Ficha técnica de la prueba de redes de tuberías		
Obra		
Red de tuberías		
Aparatos de medida		
Incidencias ocurridas durante las pruebas		
Presión relativa (bar)		Duración (horas)
Prueba preliminar		
Prueba de estanquidad		
Empresa		
Técnico		
Fecha		
Firmas		

Las redes de agua caliente (apartado 2.2.4) deberán llevarse a la máxima temperatura de diseño para comprobar que el sistema dilata correctamente.

IT 2.2.5 Pruebas de recepción de redes de conductos de aire

Las redes de conductos se probarán de acuerdo a lo que se indica a continuación.

Las pruebas se realizarán antes de que la red de conductos quede oculta por la instalación del aislamiento térmico, el cierre de obras de albañilería o de falsos techos o suelos.

Las pruebas se realizarán sobre la totalidad de la red de conductos. Si, por razones de ejecución de obra, se necesita ocultar parte de la red antes de su ultimación, las pruebas podrán realizarse subdividiéndola en tramos.

Las aberturas de terminación de los conductos, donde se conectarán las unidades terminales o los difusores, se cerrarán por medio de tapones de chapa metálica u otro material. El montaje de los elementos de cierre se hará al momento del montaje de los conductos para evitar la introducción de materiales extraños y de suciedad.

La pruebas se realizarán empleando un equipo como el indicado, esquemáticamente, en la figura 84.

El ventilador, directamente acoplado al motor, será capaz de suministrar un caudal entre el 2 al 3% del caudal de la red de conductos, con una presión estática igual, por lo menos, a vez y media la presión máxima de trabajo de la red o a la presión máxima de trabajo de la red más 500 Pa, la mayor entre las dos.

El acoplamiento entre la boca de descarga del ventilador y la entrada al tramo de conducto de medida es crítico; las uniones se harán mediante juntas de goma y soldadura a estaño.

La unión entre el conducto de medida y la red de conductos en prueba se sellará mediante masilla y cinta adhesiva.

El tramo de conducto de unión entre el ventilador y la red en pruebas será calandrado de chapa galvanizada de 15/10 de mm de espesor, de 80 mm de diámetro y una longitud mínima de 1,6 m. En este tramo se instalará un enderezador de flujo y una brida calibrada, con un taladro central de $22 \pm 0,025$ mm de diámetro (véase la figura 84).

Antes y después de la brida calibrada se soldarán al conducto dos manguitos de acoplamiento al manómetro en U. Éste, a su vez, se acoplará a los manguitos mediante dos tubos flexibles de plástico de 6 mm de diámetro interior.

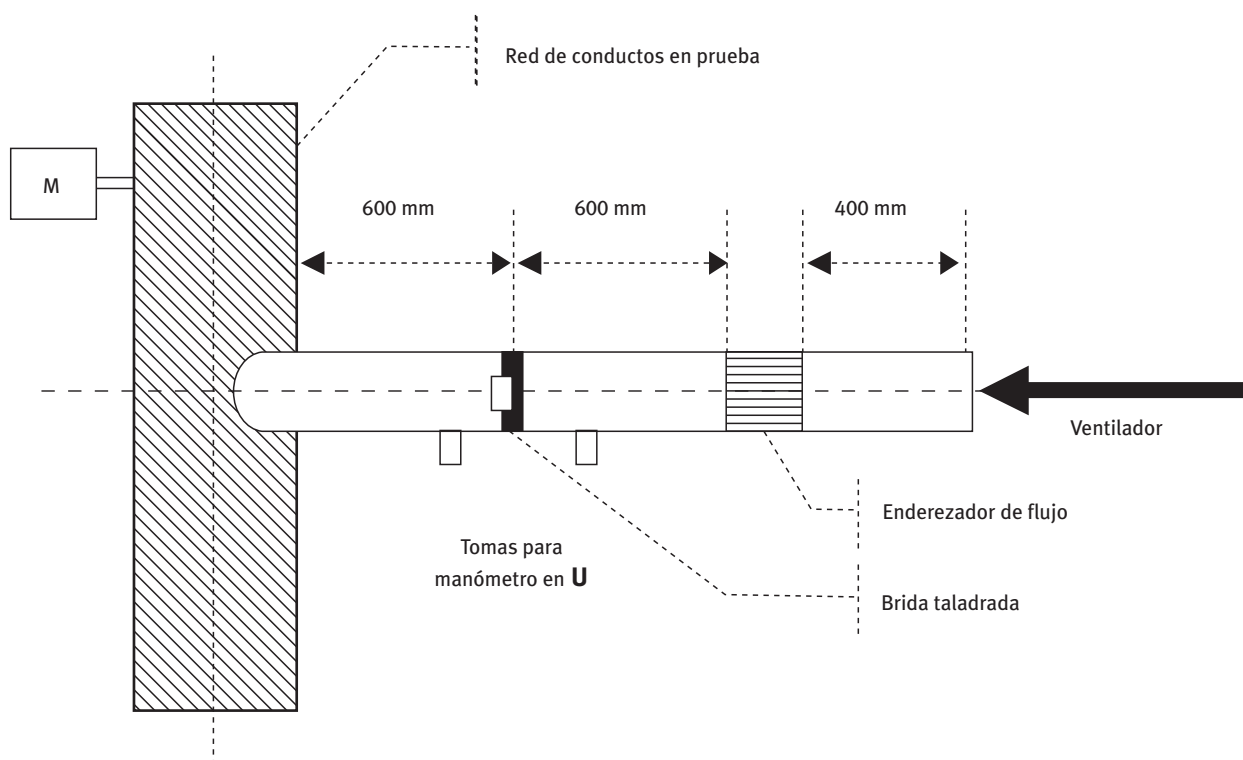


Fig. 84: Aparato para prueba de conductos

Las pruebas se realizarán de la siguiente manera.

Prueba preliminar

Se procede al reconocimiento auditivo del sistema de conductos.

Se pone en marcha el ventilador gradualmente, hasta alcanzar una presión igual a la presión máxima de trabajo más 500 Pa.

Se procede al reconocimiento auditivo de la red en prueba, detectando las fugas de aire.

Se para el ventilador y se procede al sellado de todas las uniones defectuosas.

Se dejará transcurrir el tiempo necesario para que el material sellante tenga tiempo de fraguar.

Se procede de nuevo a efectuar esta prueba hasta que hayan sido eliminadas todas las fugas.

Prueba estructural

Esta prueba sólo se debe hacer para conductos de forma rectangular.

En esta prueba se debe alcanzar una presión igual a una vez y media la presión máxima de trabajo.

Las uniones transversales y longitudinales deben ser capaces de resistir la presión sin deformarse y sin perder la estanquidad.

Para los refuerzos transversales de los conductos o sus uniones transversales, cuando éstas actúan como refuerzos, la deflexión máxima permitida es de 6 mm.

La deflexión máxima permitida para las chapas de las paredes de los conductos será la siguiente:

- Lados de hasta 300 mm: 10 mm
- Lados de hasta 450 mm: 12 mm
- Lados de hasta 600 mm: 15 mm
- Lados de más de 600 mm: 20 mm

Prueba de estanquidad

Para asegurar que el caudal de aire en las unidades terminales sea igual al de diseño, es necesario sobre-dimensionar el caudal del ventilador en una cantidad igual a las pérdidas por exfiltración (fugas), cuando la red de conducto trabaje con presión positiva, o a las ganancias por infiltración, cuando la red de conducto trabaje con presión negativa. En adelante, todas las pérdidas y ganancias de caudal se denominarán con la palabra “pérdidas”.

Las pérdidas son proporcionales a la longitud total de las uniones transversales y longitudinales, que, a su vez, está relacionada con la superficie exterior de los conductos y con la complejidad del sistema. A efectos prácticos, puede considerarse que las pérdidas sean proporcionales a la superficie exterior de los conductos.

Se pone en marcha el ventilador y, gradualmente, se llega a la presión máxima de servicio. En estas condiciones, la lectura del manómetro indica la pérdida de presión a través de la brida taladrada y, en consecuencia, el caudal de fugas.

La relación entre la lectura del manómetro en U (mm) y el caudal (L/s o m^3/s) es:

$$q = e^{a+b \cdot \ln h}$$

donde **a** y **b** son los parámetros característicos que dependen de la geometría del orificio.

Una vez determinado el caudal q (L/s) y conocida la superficie exterior de la red de conductos S (m^2), se podrá determinar el coeficiente de fuga f ($L/(s \cdot m^2)$) con esta ecuación:

$$f = \frac{q}{A}$$

El factor de fuga determinado deberá ser menor o igual que el factor de fuga impuesto en el apartado IT 1.2.4.2.3 (**p** es la presión máxima de ejercicio de la red, en Pa, igual a la presión empleada en la prueba de estanquidad):

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

donde se impone que la red de conductos tenga la estanquidad correspondiente a la clase B, por lo menos, a la que corresponde un coeficiente **c** igual a 0,009.

Se hace notar que las redes de conductos se suelen dividir en partes relacionadas con la presión máxima que cada parte puede soportar. Este criterio es útil cuando la red de conductos es muy extensa. La tendencia actual, sin embargo, es la de hacer redes de conductos de pequeña extensión, con el fin de disminuir las pérdidas de presión y facilitar las operaciones de ajuste y equilibrado.

Cada una de las pruebas dará lugar a una ficha técnica con el siguiente formato:

Ficha técnica de la prueba de redes de conductos			
Obra			
Superficie exterior (m ²)			
Aparatos de medida			
Incidencias ocurridas durante las pruebas			
	Presión relativa (Pa)		Duración (horas)
Prueba preliminar		• •	
		Deflexión (mm)	
Prueba estructural			
		Pérdidas (L/[s·m ²])	Clase (según IT 1.2.4.2.3)
Prueba de estanquidad			
Empresa			
Técnico			
Fecha			
Firmas			

IT 2.2.6 Prueba de estanquidad de las chimeneas

La prueba de estanquidad de los conductos para la evacuación de los productos de la combustión se realizará de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

IT 2.2.7 Pruebas finales

Para las pruebas finales se seguirán las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Esta norma deberá ser completada, en un futuro, con otras normas para averiguar la capacidad de los sistemas de climatización de cubrir las demandas máximas en régimen de calefacción y refrigeración.

Para el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario.



IT 2.3 AJUSTE Y EQUILIBRADO

Los parámetros de funcionamiento de las instalaciones térmicas deberán ser ajustados a los valores indicados en la memoria o los planos del proyecto.

El cumplimiento de las fichas técnicas de cada uno de los equipos, aparatos y sus accesorios garantiza que todos los circuitos de la instalación han sido ajustados y equilibrados y deja constancia escrita de ello, facilitando así la labor del equipo de mantenimiento.

Particularmente importante es el ajuste del sistema de automatización y control, para el cual debe considerarse de obligado cumplimiento la norma UNE-EN ISO 16484, siete partes (tres de ellas todavía no han sido publicadas).

IT 2.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se exige a la empresa instaladora que realice y documente las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de los equipos de generación de calor (temperaturas, caudal, potencia, temperaturas de humos, etc.) a plena carga y a carga parcial. Será de ayuda la guía técnica nº 5 del IDAE “Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas”.
- Comprobación del funcionamiento de los equipos de generación de frío (temperaturas, caudal, potencia, etc.) a plena carga y a carga parcial. Será de ayuda la guía técnica nº 2 del IDAE “Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras y equipos autónomos de tratamiento de aire” y la nº 4 “Torres de refrigeración”.
- Comprobación de la aportación energética de los sistemas de generación de energía de origen renovable.
- Equipos de transferencia energética, como baterías, intercambiadores, etc. Serán de ayuda las fichas técnicas.
- Comprobación del sistema de automatización y control del edificio.
- Comprobación de caudales y temperaturas de impulsión y retorno de todos los circuitos de distribución de energía térmica y de sus pérdidas de energía. Esta comprobación está relacionada con la puesta en marcha de la instalación.
- Comprobación de los consumos energéticos en diferentes situaciones de carga térmica, lo que impone el seguimiento de la instalación durante un año completo.
- Comprobación del funcionamiento de los motores eléctricos, en particular, de su rendimiento.



Instrucción Técnica IT.3: Mantenimiento y uso

IT 3.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El funcionamiento de las instalaciones térmicas deberá asegurar la eficiencia energética, la protección del medio ambiente, la seguridad, la durabilidad y las condiciones de bienestar establecidas en el proyecto.

El mantenimiento preventivo se efectuará de acuerdo a las operaciones y periodicidades establecidas en la Tabla 3.1 para instalaciones de hasta 70 kW.

Para instalaciones de potencia mayor se seguirán las instrucciones de la guía técnica nº 1 del IDAE, titulada “Mantenimiento de instalaciones térmicas”, cuyo objeto es la programación de los protocolos específicos de mantenimiento de las instalaciones térmicas de los edificios, así como los procedimientos de documentación y archivo de todas las actuaciones preventivas y de reparación que tengan lugar en cada instalación.

Se hace hincapié en que las periodicidades indicadas en la tabla 3.1 ó en la citada guía no representan valores máximos o mínimos; las frecuencias han sido establecidas sobre la base del buen criterio y la experiencia.

La frecuencia de las intervenciones depende solamente de la función del equipo; disminuir las intervenciones comporta el riesgo de provocar averías, mientras que aumentar su frecuencia significa aumentar los gastos sin provecho alguno.

Se puede consultar también la norma UNE-EN 13306 para la terminología del mantenimiento, aunque también el manual comprenda términos y definiciones relativos al mantenimiento.

El manual comprende unas fichas técnicas que se deberán rellenar, como complemento y ampliación de las que se han presentado en los comentarios al apartado IT 2.2.

IT 3.4 PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La empresa de mantenimiento deberá también llevar un registro de las mediciones de algunos parámetros de los generadores de calor (Tabla 3.2) y los de frío (Tabla 3.3), con el fin de evaluar periódicamente la eficiencia energética de estos equipos.

Para las instalaciones solares térmicas de más de 20 m² de superficie de captación la empresa de mantenimiento realizará mediciones del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar. Una vez al año se comprobará el cumplimiento de la exigencia de la sección HE4 del CTE.

Es importante destacar que la empresa mantenedora deberá realizar un seguimiento de la evolución del consumo de energía y de agua para instalaciones de más de 70 kW térmicos. El fin es el de detectar posibles desviaciones de los valores iniciales y tomar las medidas correctoras necesarias.

Las instrucciones de seguridad de las instalaciones térmicas de más de 70 kW serán visibles y comprenderán los aspectos relativos a paradas de equipos, indicaciones de seguridad, advertencias, cierre de válvulas, etc.

Las instrucciones de manejo y maniobra, así como las instrucciones de funcionamiento, deberán estar situadas en salas de máquinas y otros locales técnicos.

Se recuerda la obligatoriedad de efectuar la contabilización del consumo de energía de todos los usuarios (véase la guía técnica nº 6 “Contabilización de consumos” del IDAE).



Instrucción Técnica IT.4: Inspección

Esta instrucción establece los procedimientos a seguir en las inspecciones a efectuar en las instalaciones térmicas.

Las inspecciones deberán llevarse a cabo para equipos de producción de calor de más de 20 kW de potencia térmica nominal, incluida la instalación de energía solar, y para equipos de producción de frío de más de 12 kW de potencia térmica nominal.

En ambos casos, las inspecciones incluirán el análisis y evaluación del rendimiento y la revisión del registro oficial de las operaciones de mantenimiento.

Será de utilidad la aplicación de las guías técnicas nº 2 y 5 editadas por el IDAE.

Cuando la instalación térmica tenga más de 15 años de antigüedad y la potencia térmica nominal sea mayor que los valores antes indicados, se deberá realizar una inspección de toda la instalación térmica desde el punto de vista de la eficiencia energética y las operaciones de mantenimiento.

Al final, se emitirá un informe en el que se propondrá al titular de la instalación la realización de modificaciones con el fin de mejorar la eficiencia energética. Las mejoras propuestas estarán justificadas por su rentabilidad económica.

La periodicidad de las inspecciones está indicada en IT 4.3.

Normas y otros documentos

Normas citadas en los Comentarios

UNE-EN ISO	7730	2006	Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
UNE-EN	28996	2005	Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica. (ISO 8996)
UNE-EN ISO	9920	2004	Ergonomía del ambiente térmico. Estimación del aislamiento térmico y de la resistencia a la evaporación de un conjunto de ropa.
UNE-EN ISO	7933	2005	Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada.
UNE-EN	12515	1997	Ambiente calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice de sudoración requerida.
UNE-EN ISO	11079	1998	Evaluación de ambientes fríos. Determinación del aislamiento requerido para la vestimenta.
ASHRAE	Std. 55	2004	Thermal environmental conditions for human occupancy.
UNE-EN	13779	2005	Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
UNE-EN	27243	1995	Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (ISO 7243).
UNE	100713	2005	Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.
UNE-EN	779	2003	Filtros de aire utilizados en ventilación general para eliminación de partículas. Determinación de las prestaciones de los filtros.
Serie UNE-EN	1822		Filtros absolutos (HEPA y ULPA).
UNE-EN	1822-1	1999	Parte1: Clasificación, principios generales del ensayo, marcado.
UNE-EN	1822-2	1999	Parte 2: Producción de aerosol, aparatos de medición, estadísticas de conteo de partículas.
UNE-EN	1822-3	1999	Parte 3: Ensayo de medio filtrante plano.
UNE-EN	1822-4	2001	Parte 4: Ensayo de estanquidad de la célula filtrante (método de exploración).
UNE-EN	1822-5	2001	Parte 5: Medida de la eficacia de la célula filtrante.
UNE-EN	1886	1999	Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Rendimiento mecánico.
UNE-EN	13053	2003	Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimiento de unidades, componentes y secciones.

UNE	100180	2004	Requisitos mínimos exigibles a las unidades de tratamiento de aire según la Norma UNE-EN 1886.
UNE	100030 IN	2005	Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
UNE-ENV	12097	1998	Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento del sistema de conductos.
PNE	100005		Operaciones de mantenimiento higiénico de sistemas de climatización.
UNE	100012	2005	Higienización de sistemas de climatización.
ANSI/ASHRAE	62-1989R	2003	Ventilation for indoor air quality.
Serie UNE-EN	378		Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales.
UNE-EN	378-1	2001	Parte 1: Requisitos básicos, definiciones, clasificación y criterios de elección.
UNE-EN	378-1:2001/A1	2004	Parte1: Requisitos básicos, definiciones, clasificación y criterios de elección.
UNE-EN	378-2	2000	Parte 2: Diseño, fabricación, ensayos, marcado y documentación.
UNE-EN	378-3	2000	Parte 3: Instalación “in situ” y protección de las personas.
UNE-EN	378-3:2000/A1	2004	Parte 3: Instalación “in situ” y protección de las personas.
UNE-EN	378-4	2000	Parte4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación.
UNE-EN	378-4:2000/A1	2004	Parte 4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación.
UNE	100153 IN	2004	Climatización. Soportes antivibratorios. Criterios de selección.
UNE-EN	1717	2001	Protección contra la contaminación del agua potable en las instalaciones de aguas y requisitos generales de los dispositivos para evitar la contaminación por reflujo.
UNE-EN	253	2005	Tubería para calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Tubería de servicio en acero, aislamiento térmico de poliuretano y protección externa de polietileno.
UNE-EN	448	2005	Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Accesorios para tuberías de servicio en acero, aislamiento térmico de poliuretano y protección externa de polietileno.
UNE-EN	488	2005	Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Válvulas preaisladas de acero para tubería de servicio en acero, aislamiento térmico de poliuretano y protección externa de polietileno.
UNE-EN	489	2005	Tuberías de calefacción central. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas directamente. Ensamblaje para tuberías de servicio en acero, aislamiento térmico en poliuretano y protección externa de polietileno.
EN	13941	2003	Diseño e instalación de sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente.
UNE-EN ISO	12241	1999	Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo.
UNE-EN	1505	1999	Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección rectangular. Dimensiones.
UNE-EN	1506	1999	Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica y accesorios de sección circular. Dimensiones.
UNE-EN	1507	2007	Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.

Serie UNE-EN	1434		Contadores de energía térmica.
UNE-EN	1434-1	2007	Parte 1: Requisitos generales.
UNE-EN	1434-2	2007	Parte 2: Requisitos de fabricación.
UNE-EN	1434-3	2007	Parte 3: Intercambio de datos e interfaces.
UNE-EN	1434-4	1998	Parte 4: Ensayos de validación del modelo.
UNE-EN	1434-5	2007	Parte 5: Ensayos de verificación inicial.
UNE-EN	1434-6	2007	Parte 6: Instalación, puesta en servicio, control del funcionamiento y mantenimiento.
UNE-EN	1751	1999	Ventilación de edificios. Unidades terminales de aire. Ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas.
UNE-EN	13410	2002	Aparatos suspendidos de calefacción por radiación que utilizan combustibles gaseosos. Requisitos de ventilación de los locales para uso no doméstico.
UNE	123001	2005	Chimeneas. Cálculo y diseño de chimeneas metálicas. Guía de aplicación.
UNE	123001:2005/1M	2006	Chimeneas. Cálculo y diseño de chimeneas metálicas. Guía de aplicación.
UNE-EN	1856-1	2004	Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: Chimeneas modulares.
UNE-EN	1856-1:2004/1M	2005	Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: Chimeneas modulares.
Serie UNE-EN	13384		Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y fluido-dinámicos.
UNE-EN	13384-1	2003	Parte 1: Chimeneas que se utilizan con un único aparato.
UNE-EN	13384-2	2005	Parte 2: Chimeneas que prestan servicio a más de un generador de calor.
UNE-EN	13384-3	2007	Parte 3: Métodos para el desarrollo de gráficos y de tablas para las chimeneas que prestan servicio a un único generador de calor.
Serie UNE-EN	1856		Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas.
	1856-1	2004	Parte 1: Chimeneas modulares.
UNE-EN	1856-2	2005	Parte 2: Conductos interiores y conductos de unión metálicos.
UNE	100156 IN	2004	Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.
UNE	100155	2004	Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
UNE-EN	12236	2003	Ventilación de edificios. Soportes y apoyos de la red de conductos. Requisitos de resistencia.
UNE-EN	12237	2003	Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica.
UNE-EN	13403	2003	Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante.
UNE-ENV	12097	1998	Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento del sistema de conductos.
UNE-EN	13180	2003	Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles.
Serie UNE-EN	12502		Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua.
UNE-EN	12502-1	2005	Parte 1: Generalidades.
UNE-EN	12502-2	2005	Parte 2: Factores que influyen para el cobre y aleaciones de cobre.
UNE-EN	12502-3	2005	Parte 3: Factores que influyen para materiales férreos galvanizados en caliente.
UNE-EN	12502-4	2005	Parte 4: Factores que influyen para el acero inoxidable.

UNE-EN	12502-5	2005	Parte 5: Factores que influyen para fundición de hierro, acero no aleado y de baja aleación.
UNE	112076 IN	2004	Prevención de la corrosión en circuitos de agua.
UNE-EN	1751	1999	Ventilación de edificios. Unidades terminales de aire. Ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas.
UNE	100155	2004	Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
UNE	100156 IN	2004	Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.
UNE	100100	2000	Climatización. Código de colores.
UNE-EN	14336	2005	Sistemas de calefacción en edificios. Instalación y puesta en servicio de sistemas de calefacción por agua.
UNE-EN	12599	2001	Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.
Serie UNE-EN ISO	16484		Sistemas de automatización y control de edificios (BACS).
UNE-EN ISO	Parte 2	2005	Parte 2: Soporte físico.
UNE-EN ISO	Parte 3	2006	Parte 3: Funciones.
EN ISO	Parte 5	2003	Parte 5: Extractores y dispositivos de salida de aire situados en los tejados.
EN ISO	Parte 6	2005	Parte 6: Conjuntos para sistemas de extracción de aire en viviendas individuales.
Serie UNE-EN	13141		Ventilación de edificios. Ensayos de las prestaciones de componentes y equipos para la ventilación en viviendas.
UNE-EN	13141-1	2004	Parte 1: Dispositivos de transferencia de aire montados en el exterior y en el interior.
UNE-EN	13141-2	2005	Parte 2: Unidades terminales de extracción e impulsión de aire.
UNE-EN	13141-3	2006	Parte 3: Campanas extractoras de aire en cocinas para uso doméstico.
UNE-EN	13141-4	2004	Parte 4: Ventiladores utilizados en sistemas de ventilación en viviendas.
UNE-EN	13141-5	2005	Parte 5: Extractores y dispositivos de salida de aire situados en los tejados.
UNE-EN	13141-6	2004	Parte 6: Conjuntos para sistemas de extracción de aire en viviendas individuales.
UNE-EN	13141-7	2004	Parte 7: Ensayos de prestaciones de unidades de impulsión y extracción mecánica (incluyendo recuperación de calor) para sistemas de ventilación mecánica destinados a viviendas individuales.
UNE-EN	13141-8	2006	Parte 8: Ensayos de prestaciones de unidades de impulsión y extracción mecánica sin conductos (incluyendo recuperación de calor) para sistemas de ventilación mecánica destinados a espacios individuales.
UNE-EN	13142	2004	Ventilación de edificios. Componentes y equipos para la ventilación en viviendas. Características de las prestaciones requeridas y opcionales.
UNE-EN	14134	2004	Ventilación de edificios. Ensayos de prestaciones y controles de instalaciones de sistemas de ventilación en viviendas.
UNE-EN	13465	2004	Ventilación de edificios. Métodos de cálculo para la obtención del caudal de aire en viviendas.
UNE-EN	13306	2002	Terminología del mantenimiento.

Otras normas de interés

UNE	20324	2000	Grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP).
UNE	100100	2000	Climatización. Código de colores.
Serie UNE-EN ISO	14644		Salas limpias y locales anexos.
UNE-EN ISO	14644-1	2000	Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire.
UNE-EN ISO	14644-2	2001	Parte 2: Especificaciones para los ensayos y control para verificar el cumplimiento continuo con la norma ISO 14644-1.

UNE-EN ISO	14644-3	2006	Parte 3: Métodos de ensayo.
UNE-EN ISO	14644-4	2001	Parte 4: Diseño, construcción y puesta en servicio.
UNE-EN ISO	14644-5	2005	Parte 5: Funcionamiento.
prEN ISO	14644-6		Parte 6: Vocabulario
UNE-EN ISO	14644-7	2005	Parte 7: Dispositivos de separación (campanas de aire limpio, cajas de guantes, aisladores, minientornos).
EN ISO	14644-8	2006	Parte 8: Clasificación de la contaminación molecular transportada por el aire.
Serie UNE-EN ISO	14698		Salas limpias y ambientes controlados asociados. Control de la bio-contaminación.
UNE-EN ISO	Parte 1	2004	Principios y métodos generales.
UNE-EN ISO	Parte 2	2004	Evaluación e interpretación de los datos de la bio-contaminación.
UNE-EN	12238	2002	Ventilación de edificios. Unidades terminales. Ensayos aerodinámicos y características para aplicación en difusión por mezcla de aire.
UNE-EN	12239	2002	Ventilación de edificios. Unidades terminales. Ensayos aerodinámicos y características para aplicación en desplazamiento de aire.
UNE-EN	12589	2003	Ventilación de edificios. Unidades terminales. Ensayos aerodinámicos y evaluación de las unidades terminales con caudal de aire constante y variable.
UNE-EN	12792	2004	Ventilación de edificios. Símbolos, terminología y símbolos gráficos.
UNE-EN	14788 IN	2007	Ventilación de edificios. Diseño y dimensionamiento de los sistemas de ventilación en viviendas.
Serie UNE-EN	14511		Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales.
	Parte 1	2004	Términos y definiciones.
	Parte 2	2004	Condiciones de ensayo.
	Parte 3	2004	Métodos de ensayo.
	Parte 4	2004	Requisitos.
UNE-CEN/TS	14825	2004	Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales. Ensayos y clasificación en condiciones de carga parcial.
UNE-EN	14240	2004	Techos fríos. Ensayos y evaluación.
UNE-EN	14239	2004	Ventilación de edificios. Conductos. Medición de la superficie de los conductos.
UNE-EN	13465	2004	Ventilación de edificios. Métodos de cálculo para la obtención del caudal de aire en viviendas.
UNE-EN	14134	2004	Ventilación de edificios. Ensayos de prestaciones y control de instalaciones de sistemas de ventilación en viviendas.
UNE-EN	12170	2002	Sistemas de calefacción en edificios. Procedimiento para la preparación de documentos para manejo, mantenimiento y manejo. Sistemas de calefacción que requieren un operador especializado.
UNE-EN	12171	2003	Sistemas de calefacción en edificios. Procedimiento para la preparación de documentos para manejo, mantenimiento y utilización. Sistemas de calefacción que no requieren un operador especializado.
Serie UNE-EN	1264		Calefacción por suelo radiante. Sistemas y componentes.
	Parte 1	1998	Definiciones y símbolos.
	Parte 2	1998	Determinación de la emisión térmica.
	Parte 3	1998	Dimensionamiento.



UNE-EN	305	1997	Intercambiadores de calor. Definiciones del rendimiento de los intercambiadores de calor y procedimiento general de ensayo para establecer el rendimiento de todos los intercambiadores de calor.
UNE-EN	308	1997	Intercambiadores de calor. Procedimientos para determinar las prestaciones de los recuperadores de calor aire/aire y aire/gases de combustión.
UNE-EN	1216	1999	Intercambiadores de calor. Baterías de calentamiento y enfriamiento de aire por circulación forzada. Procedimientos de ensayos para determinar su rendimiento.
CEI	60034-2	1972	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2: Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de ensayos (excepto las máquinas para vehículos a tracción).
ISO	3310		Test sieves. Technical requirements and testing.
		2000	Part 1: Test sieve of metal wire cloth.
		1999	Part 2: Test sieves of perforated metal plate.
		1990	Part 3: Test sieves of electroformed sheets.
Serie UNE-EN	442		Radiadores y convectores.
		2004	Parte 1: Especificaciones y requisitos técnicos.
		2004	Parte 2: Métodos de ensayo y de evaluación.
		2004	Parte 3: Evaluación de la conformidad.
Serie UNE-EN	13443		Equipos de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Filtros mecánicos.
		2003	Parte 1: Partículas de dimensiones comprendidas entre 80 µm y 150 µm. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.
UNE-EN	13741	2004	Ensayos de recepción de las prestaciones térmicas de las torres de refrigeración húmedas de tiro mecánico fabricadas en serie.
UNE-EN	14705	2006	Intercambiadores de calor. Método de medición y evaluación de las prestaciones térmicas de las torres de refrigeración húmedas.
UNE-EN	14597	2006	Dispositivos de control y limitación de temperatura para los sistemas de producción de calor.
UNE-EN	27726	1995	Ambientes térmicos. Instrumentos y métodos de medida de los parámetros físicos.
UNE-EN	13182	2003	Ventilación de edificios. Requisitos de instrumentación para medición de velocidad de aire en espacios ventilados.
UNE-EN	13313	2002	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Competencia del personal.
UNE-EN	14239	2004	Ventilación de edificios. Conductos. Medición de la superficie de los conductos.
UNE-EN	1050	1997	Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo.
UNE-EN	1397	1999	Intercambiadores de calor. Ventilconvectores (<i>fan-coils</i>) de agua. Procedimientos de ensayo para determinar su rendimiento.

Nota: En algunas normas (UNE-EN 1886, 13053, 1216, 1397; prEN 15315, 15240, 15239) aparece la palabra “rendimiento” como traducción del inglés “performance”; el significado correcto, en el contexto de esas normas, es “prestaciones”.

Para el cumplimiento de la Directiva “Energy Performance of Buildings Directive”, conocida como EPBD, la Comisión Europea envió un mandato al CEN (M343-EN-2004) con el fin de elaborar 31 normas.

Los Comités técnicos del CEN involucrados en la elaboración de las normas has sido:

- 89 “Thermal performance of buildings and building components”
- 156 “Ventilation for buildings”
- 169 “Light and lighting”
- 228 “Heating systems in buildings”
- 247 “Buildings automation, control and building management”

La lista de normas es la siguiente:

prEN	15217	Eficiencia energética en la edificación. Métodos para expresar la eficiencia energética y para la certificación energética de edificios.
prEN	15315	Sistemas de calefacción en edificios. Rendimiento energético de los edificios. Necesidades energéticas globales, energía primaria y emisiones de CO ₂ .
prEN	15203	Eficiencia energética en la edificación. Evaluación de la energía utilizada y definición de los índices de eficiencia.
prEN	15378	Sistemas de calefacción en edificios. Inspección de calderas y sistemas de calefacción.
prEN	15240	Ventilación de edificios. Rendimiento energético de edificios. Directrices para la inspección de sistemas de acondicionamiento de aire.
Serie PNE-prEN	15316	Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de los requisitos de energía del sistema y de la eficiencia del sistema.
		Parte 1: Generalidades
		Parte 2.1: Sistemas de emisión para la calefacción de recintos.
		Parte 2.3: Sistemas de distribución para la calefacción de recintos.
		Parte 3.1: Sistemas de agua caliente doméstica, caracterización de necesidades (requisitos de acometida).
		Parte 3.2: Sistemas de agua caliente sanitaria, distribución.
		Parte 3.3: Sistemas de agua caliente sanitaria, generación.
		Parte 4.1: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, sistemas de combustión.
		Parte 4.2: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, sistemas de bomba de calor.
		Parte 4.3: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, sistemas solares térmicos.
		Parte 4.4: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, calidad y prestaciones de la cogeneración eléctrica y térmica.
		Parte 4.5: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, calidad y prestaciones de los sistemas de calefacción urbana y de los sistemas de gran volumen.
		Parte 4.6: Sistemas de generación para la calefacción de recintos, prestaciones de los sistemas de calefacción y electricidad procedentes de otras energías renovables.
		Parte 4.7: Sistemas de generación de calefacción en recintos, sistemas de combustión de biomasa.

prEN	15243	Ventilación de edificios. Cálculo de la temperatura de los recintos, de las cargas y de la energía para edificios con sistemas de acondicionamiento de recintos.
prEN	15193	Eficiencia energética en la edificación. Requisitos energéticos para la iluminación.
		Parte 1: Estimación energética de la iluminación.
prEN	13790	Eficiencia térmica de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción y refrigeración de los locales (ISO/DIS 13790:2005).
prEN	15255	Prestaciones térmicas de edificios. Cálculo de la carga de calefacción sensible de un local. Criterios generales y procedimientos de validación.
prEN	15265	Prestaciones térmicas de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción y aire acondicionado. Criterios generales y procedimientos de validación.
prEN	15242	Ventilación de edificios. Métodos de cálculo para la determinación de los caudales de aire en edificios, incluyendo la infiltración.
prEN	15241	Ventilación de edificios. Métodos de cálculo de las pérdidas de energía debidas a la ventilación y la infiltración en edificios comerciales.
prEN	15232	Métodos de cálculo para la mejora de la eficiencia energética mediante la aplicación de sistemas de automatización integrada en los edificios FIN IPP 2005-08-21.
prEN ISO	13786	Comportamiento térmico de los componentes y elementos de la edificación. Características térmicas dinámicas. Métodos de cálculo (ISO/DIS 13786: 2005).
prEN ISO	13789	Eficiencia térmica de los edificios. Coeficientes de transferencia de calor por transmisión y ventilación. Método de cálculo (ISO/DIS 13789:2005).
Serie prEN ISO	10077	Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica.
		Parte 1: Generalidades (ISO 10077-1:2006).
prEN ISO	10456	Materiales y productos para la construcción. Propiedades higrotérmicas. Tablas de valores de concepción y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de concepción (ISO/DIS 10456:2005).
prEN ISO	13370	Eficiencia térmica de los edificios. Transferencia de calor por el suelo. Métodos de cálculo (ISO/DIS 13370).
prEN ISO	10211	Puentes térmicos en los edificios. Flujos térmicos y temperaturas de superficie. Cálculos detallados (ISO/DIS 10211:2005).
prEN ISO	14683	Puentes térmicos en los edificios. Coeficiente de transmisión térmica lineal. Método simplificado y valores por defecto (ISO/DIS 14683:2005).
prEN ISO	6946	Componentes y elementos de la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo (ISO/DIS 6946:2005).
prEN	13779	(Revisión) Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire.
PNE-prEN ISO	15377	Sistemas de calefacción en edificios. Diseño de sistemas empotrados de calefacción y refrigeración por agua.
prEN ISO		Parte 1: Determinación de la capacidad nominal de calefacción y refrigeración.
prEN ISO		Parte 2: Diseño, dimensionamiento e instalación.
prEN ISO		Parte 3: Optimización para la utilización de fuentes de energía renovables.
PNE-EN ISO	13791	Comportamiento térmico de edificios. Cálculo de temperaturas interiores en verano de un local sin refrigeración mecánica. Criterios generales y métodos de validación (ISO 13791:2004).

PNE-EN ISO	13792	Comportamiento térmico de edificios. Cálculo de temperaturas interiores en verano de un local sin refrigeración mecánica. Métodos simplificados (ISO 13792:2005).
prEN	15459	Sistemas de calefacción en edificios. Requisitos de datos para los procedimientos normalizados de evaluación económica en relación a sistemas de energía en edificios, incluyendo fuentes de energía renovables.
prEN	15239	Ventilación de edificios. Rendimiento energético de edificios. Directrices para la inspección de sistemas de ventilación.
prEN	15251	Criterios para el ambiente interior incluyendo condiciones térmicas, calidad de aire interior, iluminación y ruido.

La gran mayoría de estas normas será publicada dentro del año 2007.

Para otras normas no incluidas en las listas anteriores véase el “Anuario de climatización y Refrigeración 2006” de ATECYR.

Anexo

Reglamento de

Instalaciones Térmicas

en los Edificios

RITE - 2007



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

La necesidad de transponer la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios y la aprobación del Código Técnico de la Edificación por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, han aconsejado redactar un nuevo texto que derogue y sustituya el vigente Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio y que incorpore, además, la experiencia de su aplicación práctica durante los últimos años.

El nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) que se aprueba por este real decreto es una medida de desarrollo del Plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética en España (2005-2007) y contribuirá también a alcanzar los objetivos establecidos por el Plan de fomento de las energías renovables (2000-2010), fomentando una mayor utilización de la energía solar térmica sobre todo en la producción de agua caliente sanitaria.

Dicho nuevo reglamento se desarrolla con un enfoque basado en prestaciones u objetivos, es decir, expresando los requisitos que deben satisfacer las instalaciones térmicas sin obligar al uso de una determinada técnica o material, ni impidiendo la introducción de nuevas tecnologías y conceptos en cuanto al diseño, frente al enfoque tradicional de reglamentos prescriptivos que consisten en un conjunto de especificaciones técnicas detalladas que presentan el inconveniente de limitar la gama de soluciones aceptables e impiden el uso de nuevos productos y de técnicas innovadoras.

Por otra parte, el reglamento que se aprueba constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

Así, las determinaciones al servicio de la mencionada exigencia de seguridad se dictan al amparo de la competencia atribuida por el artículo 12.5 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, el cual dispone que los reglamentos de seguridad de ámbito estatal se aprobarán por el Gobierno de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas, con competencia legislativa sobre industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

Las medidas que este reglamento contempla presentan una clara dimensión ambiental. Por un lado, contribuyen a la mejora de la calidad del aire en nuestras ciudades y, por otro, añaden elementos en la lucha contra el cambio climático. En el primer caso, se tiene en cuenta que los productos de la combustión son críticos para la salud y el entorno de los ciudadanos. Por eso, ahora se prevé la obligatoriedad de la evacuación por cubierta de esos productos en todos los edificios de nueva construcción. También se fomenta la instalación de calderas que permitan reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes, lo que supondrá una mejora en la calidad del aire de las ciudades. Asimismo, la contribución a la reducción de NOx debe facilitar el cumplimiento de compromisos ratificados por España, tanto internacionales (especialmente el Convenio de Ginebra sobre la contaminación transfronteriza a larga distancia) como comunitarios (en particular, la Directiva de Techos Nacionales de Emisión).

Por otra parte, la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, establece dentro de los requisitos básicos de la edificación relativos a la habitabilidad el de ahorro de energía. El cumplimiento de estos requisitos se realizará reglamentariamente a través del Código Técnico de la Edificación que es el marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. Dentro de las exigencias básicas de ahorro de energía se establece la referida al rendimiento de las instalaciones térmicas cuyo desarrollo se remite al reglamento objeto de este real decreto.

Asimismo, mediante la norma que se aprueba se transpone parcialmente la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de los edificios, fijando los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios nuevos y existentes y un procedimiento de inspección periódica de calderas y de los sistemas de aire acondicionado.

Por razones de rendimiento energético, medioambientales y de seguridad se establece una fecha límite para la instalación en el mercado español de calderas por debajo de un rendimiento energético mínimo y se prohíbe la utilización de combustibles sólidos de origen fósil. Ambas medidas tendrán una repercusión energética importante al estar destinadas al sector de edificios y en particular al de viviendas.

En la tramitación de este real decreto se han cumplido los trámites establecidos en la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno y en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de las reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información, en aplicación de la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de marzo. Además se ha oído a las Comunidades Autónomas a través de la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios, así como a las asociaciones profesionales y a los sectores afectados.

En su virtud, a propuesta conjunta del Ministro de Industria, Turismo y Comercio y de la Ministra de Vivienda, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 20 de julio de 2007,

DISPONGO :

Artículo único. Aprobación del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

Se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) cuyo texto se incluye como anexo.

Disposición transitoria primera. Edificios y proyectos a los que no se aplicará el reglamento.

No será de aplicación preceptiva el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), que figura como anexo, a los edificios que a la entrada en vigor de este real decreto estén en construcción ni a los proyectos que tengan solicitada licencia de obras, excepto en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección.

Disposición transitoria segunda. Empresas instaladoras y mantenedoras autorizadas.

Las empresas instaladoras y mantenedoras autorizadas que, a la entrada en vigor de este real decreto, figuren inscritas en el registro de empresas de la correspondiente Comunidad Autónoma, de acuerdo con lo indicado en el artículo 14 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, mantendrán su condición y se inscribirán de oficio, a la entrada en vigor de este real decreto, en el registro de empresas instaladoras autorizadas o en el de empresas mantenedoras autorizadas que se indica en los artículos 35 y 36 del nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) que se aprueba por el presente real decreto, según los casos.

Disposición transitoria tercera. Carnés profesionales.

1. Las personas que estén en posesión, a la entrada en vigor de este real decreto, de alguno de los carnés profesionales establecidos en el artículo 15 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, mantendrán su condición y podrán ser renovados a su vencimiento.

2. Las personas que estén en posesión, a la entrada en vigor de este real decreto, de todos los carnés profesionales establecidos en el artículo 15 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, en las dos categorías CI y CM y las dos especialidades A y B, podrán proceder a su convalidación por el carné profesional que se contempla en el artículo 41 del nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

3. Las personas que estén en posesión, a la entrada en vigor de este real decreto, de alguno de los carnés profesionales establecidos en el artículo 15 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, podrán convalidarlo por el carné profesional que se contempla en el artículo 41 del nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE), debiendo superar para ello un curso de formación complementario teórico-práctico, con la duración y el contenido indicados en el apéndice 3.3, impartido por una entidad reconocida por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, dentro del plazo de tres años desde la fecha de entrada en vigor del nuevo Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE). Transcurrido dicho plazo no se podrán efectuar convalidaciones, aunque seguirán siendo vigentes estos carnés en las condiciones en que fueron emitidos.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

1. Quedan derogadas, a partir de la entrada en vigor de este real decreto, las disposiciones siguientes:

a) Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

b) Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprobó el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

2. Asimismo, quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente real decreto.

Disposición final primera. *Carácter básico.*

1. Este real decreto tiene carácter básico y se dicta al amparo de las competencias que las reglas 13.^a, 23.^a y 25.^a del artículo 149.1 de la Constitución Española atribuyen al Estado en materia de bases y coordinación de la planificación general de la actividad económica, protección del medio ambiente y bases del régimen minero y energético; excepto los artículos 7.2, 17.1, 24, 28, 29.2, 29.3, 30.1, 30.3, 31.2, 31.4, 31.6, 38 y 40 del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE).

2. Los preceptos no básicos incluidos en este real decreto no serán de aplicación en aquellas Comunidades Autónomas que, en el ejercicio de sus competencias de desarrollo de las bases estatales, hayan aprobado o aprueben normas de trasposición de la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios, en los aspectos relativos a las instalaciones térmicas.

Disposición final segunda. *Adaptación del real decreto.*

Se faculta al titular del Ministerio de la Presidencia, a propuesta de los Ministros de Industria, Turismo y Comercio y de Vivienda para introducir en el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y, en particular, en las Instrucciones técnicas y en los apéndices, cuantas modificaciones de carácter técnico fuesen precisas para mantenerlos adaptados al progreso de la técnica y especialmente a lo dispuesto en la normativa comunitaria. En particular, la exigencia de eficiencia energética se revisará periódicamente en intervalos no superiores a cinco años y, en caso necesario, será actualizada.

Disposición final tercera. *Inscripción de documentos reconocidos del RITE.*

Se autoriza al Ministro de Industria, Turismo y Comercio para que inscriba en el Registro general de documentos reconocidos del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) los documentos a que se hace referencia en el artículo 6 de dicho reglamento.

Disposición final cuarta. *Entrada en vigor.*

Este real decreto entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Palma de Mallorca, el 20 de julio de 2007.

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno

y Ministra de la Presidencia,

MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

A N E X O

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

ÍNDICE

PARTE I. DISPOSICIONES GENERALES

Capítulo I. Disposiciones generales.

- Artículo 1. Objeto.
- Artículo 2. Ámbito de aplicación.
- Artículo 3. Responsabilidad de su aplicación.
- Artículo 4. Contenido del RITE.
- Artículo 5. Remisión a normas.
- Artículo 6. Documentos reconocidos.
- Artículo 7. Registro general del RITE.
- Artículo 8. Otra reglamentación aplicable.
- Artículo 9. Términos y definiciones.

Capítulo II. Exigencias técnicas.

- Artículo 10. Exigencias técnicas de las instalaciones térmicas.
- Artículo 11. Bienestar e higiene.
- Artículo 12. Eficiencia energética.
- Artículo 13. Seguridad.

Capítulo III. Condiciones administrativas.

- Artículo 14. Condiciones generales para el cumplimiento del RITE.
- Artículo 15. Documentación técnica de diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas.
- Artículo 16. Proyecto.
- Artículo 17. Memoria técnica.
- Artículo 18. Condiciones de los equipos y materiales.

Capítulo IV. Condiciones para la ejecución de las instalaciones.

- Artículo 19. Generalidades.
- Artículo 20. Recepción de equipos y materiales.
- Artículo 21. Ejecución de la instalación.
- Artículo 22. Control de la instalación terminada.
- Artículo 23. Certificado de la instalación.

Capítulo V. Condiciones para la puesta en servicio de la instalación.

- Artículo 24. Puesta en servicio de la instalación.

Capítulo VI. Condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación.

- Artículo 25. Titulares y usuarios.
- Artículo 26. Mantenimiento de las instalaciones.
- Artículo 27. Registro de las operaciones de mantenimiento.
- Artículo 28. Certificado de mantenimiento.



Capítulo VII. Inspección.

Artículo 29. Generalidades.

Artículo 30. Inspecciones iniciales.

Artículo 31. Inspecciones periódicas de eficiencia energética.

Artículo 32. Calificación de las instalaciones.

Artículo 33. Clasificación de defectos de las instalaciones.

Capítulo VIII. Empresas instaladoras y mantenedoras.

Artículo 34. Generalidades.

Artículo 35. Empresas instaladoras autorizadas.

Artículo 36. Empresas mantenedoras autorizadas.

Artículo 37. Acreditación para el ejercicio de la actividad profesional.

Artículo 38. Registro.

Artículo 39. Validez.

Artículo 40. Suspensión y cancelación de inscripciones en el registro.

Artículo 41. Carné profesional de instalaciones térmicas de edificios.

Artículo 42. Requisitos para la obtención del carné profesional.

Capítulo IX. Régimen sancionador.

Artículo 43. Infracciones y sanciones.

Capítulo X. Comisión Asesora.

Artículo 44. Comisión Asesora para las instalaciones térmicas de los edificios.

Artículo 45. Funciones de la Comisión Asesora.

Artículo 46. Composición de la Comisión Asesora.

Artículo 47. Organización de la Comisión Asesora.

PARTE II. INSTRUCCIONES TÉCNICAS

IT 1. Diseño y dimensionado.

IT 1.1. Exigencia de bienestar e higiene.

IT 1.1.1. Ámbito de aplicación.

IT 1.1.2. Procedimiento de verificación.

IT 1.1.3. Documentación justificativa.

IT 1.1.4. Caracterización y cuantificación de las exigencias.

IT 1.1.4.1. Exigencia de calidad térmica del ambiente.

IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior.

IT 1.1.4.3. Exigencia de higiene.

IT 1.1.4.4. Exigencia de calidad del ambiente acústico.

IT 1.2. Exigencia de eficiencia energética.

IT 1.2.1. Ámbito de aplicación.

IT 1.2.2. Procedimiento de verificación.

IT 1.2.3. Documentación justificativa.

IT 1.2.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia.

IT 1.2.4.1. Generación de calor y frío.

IT 1.2.4.2. Redes de tuberías y conductos.

IT 1.2.4.3. Control.

IT 1.2.4.4. Contabilización de consumos.

IT 1.2.4.5. Recuperación de energía.

IT 1.2.4.6. Aprovechamiento de energías renovables.

IT 1.2.4.7. Limitación de la utilización de energía convencional.

IT 1.3. Exigencia de seguridad.

IT 1.3.1. Ámbito de aplicación.

IT 1.3.2. Procedimiento de verificación.

IT 1.3.3. Documentación justificativa.

IT 1.3.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia.

IT 1.3.4.1. Generación de calor y frío.

IT 1.3.4.2. Redes de tuberías y conductos.

IT 1.3.4.3. Protección contra incendios.

IT 1.3.4.4. Seguridad de utilización.

IT 2. Montaje.

IT 2.1. Generalidades.

IT 2.2. Pruebas.

IT 2.2.1. Equipos.

IT 2.2.2. Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua.

IT 2.2.3. Pruebas de estanquidad de los circuitos frigoríficos.

IT 2.2.4. Pruebas de libre dilatación.

IT 2.2.5. Pruebas de recepción de redes de conductos de aire.

IT 2.2.6. Pruebas de estanquidad de chimeneas.

IT 2.2.7. Pruebas finales.

IT 2.3. Ajuste y equilibrado.

IT 2.3.1. Generalidades.

IT 2.3.2. Sistemas de distribución y difusión de aire.

IT 2.3.3. Sistemas de distribución de agua.

IT 2.3.4. Control automático.

IT 2.4. Eficiencia energética.

IT 3. Mantenimiento y uso.

IT 3.1. Generalidades.

IT 3.2. Mantenimiento y uso de las instalaciones térmicas.

IT 3.3. Programa de mantenimiento preventivo.

IT 3.4. Programa de gestión energética.

IT 3.5. Instrucciones de seguridad.

IT 3.6. Instrucciones de manejo y maniobra.

IT 3.7. Instrucciones de funcionamiento.

IT 4. Inspección.

IT 4.1. Generalidades.

IT 4.2. Inspecciones periódicas de eficiencia energética.

IT 4.3. Periodicidad de las inspecciones de eficiencia energética.

Apéndice 1. Términos y definiciones.

Apéndice 2. Normas de referencia.

Apéndice 3. Conocimientos de instalaciones térmicas en edificios.

PARTE I

Disposiciones generales

CAPÍTULO I

Disposiciones generalesArtículo 1. *Objeto.*

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, en adelante RITE, tiene por objeto establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

1. A efectos de la aplicación del RITE se considerarán como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

2. El RITE se aplicará a las instalaciones térmicas en los edificios de nueva construcción y a las instalaciones térmicas en los edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan.

3. Se entenderá por reforma de una instalación térmica todo cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:

- a) La incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de producción de agua caliente sanitaria o la modificación de los existentes;
- b) La sustitución por otro de diferentes características o ampliación del número de equipos generadores de calor o de frío;
- c) El cambio del tipo de energía utilizada o la incorporación de energías renovables;
- d) El cambio de uso previsto del edificio.

4. No será de aplicación el RITE a las instalaciones térmicas de procesos industriales, agrícolas o de otro tipo, en la parte que no esté destinada a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

Artículo 3. *Responsabilidad de su aplicación.*

Quedan responsabilizados del cumplimiento del RITE, los agentes que participan en el diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento e inspección de estas instalaciones, así como las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informe de los proyectos o memorias técnicas y los titulares y usuarios de las mismas, según lo establecido en este reglamento.

Artículo 4. *Contenido del RITE.*

Con el fin de facilitar su comprensión y utilización, el RITE se ordena en dos partes:

1. La Parte I, Disposiciones generales, que contiene las condiciones generales de aplicación del RITE y las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas.

2. La Parte II, constituida por las Instrucciones técnicas, en adelante IT, que contiene la caracterización de las exigencias técnicas y su cuantificación, con arreglo al desarrollo actual de la técnica. La cuantificación de las exigencias se realiza mediante el establecimiento de niveles o valores límite, así como procedimientos expresados en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica cuya utilización permite acreditar su cumplimiento.

Artículo 5. *Remisión a normas.*

1. Las Instrucciones técnicas pueden establecer la aplicación obligatoria, voluntaria, o como simple referencia a normas UNE u otras reconocidas internacionalmente, de manera total o parcial, a fin de facilitar su adaptación al estado de la técnica en cada momento.

2. Cuando una Instrucción técnica haga referencia a una norma determinada, la versión aparecerá especificada, y será ésta la que deba ser utilizada, aun existiendo una nueva versión.

3. En el apéndice 2 se recoge el listado de todas las normas de referencia citadas en el texto del RITE, identificadas por su título, numeración y año de edición.

Artículo 6. *Documentos reconocidos.*

1. Con el fin de facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE, se crean los denominados documentos reconocidos del RITE, que se definen como documentos técnicos sin carácter reglamentario, que cuenten con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y del Ministerio de Vivienda.

2. Los documentos reconocidos podrán tener el contenido siguiente:

- a) especificaciones, guías técnicas o códigos de buena práctica que incluyan procedimientos de diseño, dimensionado, montaje, mantenimiento, uso o inspección de las instalaciones térmicas;
- b) métodos de evaluación, modelos de soluciones, programas informáticos y datos estadísticos sobre las instalaciones térmicas;
- c) guías de aplicación con criterios que faciliten la aplicación técnico-administrativa del RITE;
- d) cualquier otro documento que facilite la aplicación del RITE, excluidos los que se refieran a la utilización de un producto o sistema particular o bajo patente.

Artículo 7. Registro general de documentos reconocidos para el RITE.

1. Se crea en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y adscrito a la Secretaría General de Energía, el Registro general de documentos reconocidos para el RITE, que tendrá carácter público e informativo.

2. El funcionamiento de dicho registro será atendido con los medios personales y materiales de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Artículo 8. Otra reglamentación aplicable.

Las instalaciones objeto del RITE deben cumplir, asimismo, con los demás reglamentos que estén vigentes y que le sean de aplicación.

Artículo 9. Términos y definiciones.

A efectos de la aplicación del RITE, los términos que figuran en él deben utilizarse conforme al significado y a las condiciones que se establecen para cada uno de ellos en el apéndice 1. Para los términos no incluidos habrán de considerarse las definiciones específicas recogidas en las normas elaboradas por los Comités Técnicos de Normalización de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

CAPÍTULO II

Exigencias técnicas

Artículo 10. Exigencias técnicas de las instalaciones térmicas.

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse, de forma que se cumplan las exigencias técnicas de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que establece este reglamento.

Artículo 11. Bienestar e higiene.

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que sean aceptables para los usuarios del edificio sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

1. Calidad térmica del ambiente: las instalaciones térmicas permitirán mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.

2. Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

3. Higiene: las instalaciones térmicas permitirán proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas.

4. Calidad del ambiente acústico: en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas, estará limitado.

Artículo 12. Eficiencia energética.

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

1. Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.

2. Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los

fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.

3. Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.

4. Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

5. Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.

6. Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

Artículo 13. Seguridad.

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades.

CAPÍTULO III

Condiciones administrativas

Artículo 14. Condiciones generales para el cumplimiento del RITE.

1. Los agentes que intervienen en las instalaciones térmicas, en la medida en que afecte a su actuación, deben cumplir las condiciones que el RITE establece sobre diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento, uso e inspección de la instalación.

2. Para justificar que una instalación cumple las exigencias que se establecen en el RITE podrá optarse por una de las siguientes opciones:

a) adoptar soluciones basadas en las Instrucciones técnicas, cuya correcta aplicación en el diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y utilización de la instalación, es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias; o

b) adoptar soluciones alternativas, entendidas como aquellas que se apartan parcial o totalmente de las Instrucciones técnicas. El proyectista o el director de la instalación, bajo su responsabilidad y previa conformidad de la propiedad, pueden adoptar soluciones alternativas, siempre que justifiquen documentalmente que la instalación diseñada satisface las exigencias del RITE porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación de las soluciones basadas en las Instrucciones técnicas.

Artículo 15. Documentación técnica de diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas.

1. Las instalaciones térmicas incluidas en el ámbito de aplicación del RITE deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, debe adoptar una de las siguientes modalidades:

a) cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 70 kW, se requerirá la realización de un proyecto;

b) cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor o igual que 5 kW y menor o igual que 70 kW, el proyecto podrá ser sustituido por una memoria técnica;

c) no es preceptiva la presentación de la documentación anterior para acreditar el cumplimiento reglamentario ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma para las instalaciones de potencia térmica nominal instalada en generación de calor o frío menor que 5 kW, las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria por medio de calentadores instantáneos, calentadores acumuladores, termos eléctricos cuando la potencia térmica nominal de cada uno de ellos por separado o su suma sea menor o igual que 70 kW y los sistemas solares consistentes en un único elemento prefabricado.

2. Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores de calor, frío, o de ambos tipos, la potencia térmica nominal de la instalación, a efectos de determinar la documentación técnica de diseño requerida, se obtendrá como la suma de las potencias térmicas nominales de los generadores de calor o de los generadores de frío

necesarios para cubrir el servicio, sin considerar en esta suma la instalación solar térmica.

3. En el caso de las instalaciones solares térmicas la documentación técnica de diseño requerida será la que corresponda a la potencia térmica nominal en generación de calor o frío del equipo de energía de apoyo. En el caso de que no exista este equipo de energía de apoyo o cuando se trate de una reforma de la instalación térmica que únicamente incorpore energía solar, la potencia, a estos efectos, se determinará multiplicando la superficie de apertura de campo de los captadores solares instalados por $0,7 \text{ kW/m}^2$.

4. Toda reforma de una instalación de las contempladas en el artículo 2.3 requerirá la realización previa de un proyecto o memoria técnica sobre el alcance de la misma, en la que se justifique el cumplimiento de las exigencias del RITE y la normativa vigente que le afecte en la parte reformada.

5. Cuando la reforma implique el cambio del tipo de energía o la incorporación de energías renovables, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se debe justificar la adaptación de los equipos generadores de calor o frío y sus nuevos rendimientos energéticos así como, en su caso, las medidas de seguridad complementarias que la nueva fuente de energía demande para el local donde se ubique, de acuerdo con este reglamento y la normativa vigente que le afecte.

6. Cuando haya un cambio del uso previsto de un edificio, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se analizará y justificará su explotación energética y la idoneidad de las instalaciones existentes para el nuevo uso así como la necesidad de modificaciones que obliguen a contemplar la zonificación y el fraccionamiento de las demandas de acuerdo con las exigencias técnicas del RITE y la normativa vigente que le afecte.

Artículo 16. *Proyecto.*

1. Cuando se precise proyecto, éste debe ser redactado y firmado por técnico titulado competente. El proyectista será responsable de que el mismo se adapte a las exigencias del RITE y de cualquier otra reglamentación o normativa que pudiera ser de aplicación a la instalación proyectada.

2. El proyecto de la instalación se desarrollará en forma de uno o varios proyectos específicos, o integrado en el proyecto general del edificio. Cuando los autores de los proyectos específicos fueran dis-

tintos que el autor del proyecto general, deben actuar coordinadamente con éste.

3. El proyecto describirá la instalación térmica en su totalidad, sus características generales y la forma de ejecución de la misma, con el detalle suficiente para que pueda valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución. En el proyecto se incluirá la siguiente información:

a) Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE y demás normativa aplicable.

b) Las características técnicas mínimas que deben reunir los equipos y materiales que conforman la instalación proyectada, así como sus condiciones de suministro y ejecución, las garantías de calidad y el control de recepción en obra que deba realizarse;

c) Las verificaciones y las pruebas que deban efectuarse para realizar el control de la ejecución de la instalación y el control de la instalación terminada;

d) Las instrucciones de uso y mantenimiento de acuerdo con las características específicas de la instalación, mediante la elaboración de un "Manual de Uso y Mantenimiento" que contendrá las instrucciones de seguridad, manejo y maniobra, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada, de acuerdo con la IT 3.

4. Para extender un visado de un proyecto, los Colegios Profesionales comprobarán que se cumple lo establecido en el apartado tercero de este artículo. Los organismos que, preceptivamente, extiendan visados técnicos sobre proyectos, comprobarán, además, que lo reseñado en dicho apartado se ajusta a este reglamento.

Artículo 17. *Memoria técnica.*

1. La memoria técnica se redactará sobre impresos, según modelo determinado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, y constará de los documentos siguientes:

a) Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE.

b) Una breve memoria descriptiva de la instalación, en la que figuren el tipo, el número y las características de los equipos generadores de calor o frío, sistemas de energías renovables y otros elementos principales;

c) El cálculo de la potencia térmica instalada de acuerdo con un procedimiento reconocido. Se explicitarán los parámetros de diseño elegidos;

d) Los planos o esquemas de las instalaciones.

2. Será elaborada por instalador autorizado, o por técnico titulado competente. El autor de la memoria técnica será responsable de que la instalación se adapte a las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE y actuará coordinadamente con el autor del proyecto general del edificio.

Artículo 18. *Condiciones de los equipos y materiales.*

1. Los equipos y materiales que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevarán el marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente.

2. La certificación de conformidad de los equipos y materiales, con los reglamentos aplicables y con la legislación vigente, se realizará mediante los procedimientos establecidos en la normativa correspondiente.

Se aceptarán las marcas, sellos, certificaciones de conformidad u otros distintivos de calidad voluntarios, legalmente concedidos en cualquier Estado miembro de la Unión Europea, en un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, o en Turquía, siempre que se reconozca por la Administración pública competente que se garantizan un nivel de seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente, equivalente a las normas aplicables en España.

3. Se aceptarán, para su instalación y uso en los edificios sujetos a este reglamento, los productos procedentes de otros Estados miembros de la Unión Europea o de un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Espacio Económico Europeo, o de Turquía que cumplan lo exigido en el apartado 2 de este artículo.

CAPÍTULO IV

Condiciones para la ejecución de las instalaciones térmicas

Artículo 19. *Generalidades.*

1. La ejecución de las instalaciones sujetas a este RITE se realizará por empresas instaladoras autorizadas.

2. La ejecución de las instalaciones térmicas que requiera la realización de un proyecto, de acuerdo con el artículo 15, debe efectuarse bajo la dirección de un técnico titulado competente, en funciones de director de la instalación.

3. La ejecución de las instalaciones térmicas se llevará a cabo con sujeción al proyecto o memoria técnica, según corresponda, y se ajustará a la normativa vigente y a las normas de la buena práctica.

4. Las preinstalaciones, entendidas como instalaciones especificadas pero no montadas parcial o totalmente, deben ser ejecutadas de acuerdo al proyecto o memoria técnica que las diseñó y dimensionó.

5. Las modificaciones que se pudieran realizar al proyecto o memoria técnica se autorizarán y documentarán, por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, previa conformidad de la propiedad.

6. El instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, realizarán los controles relativos a:

- a) control de la recepción en obra de equipos y materiales;
- b) control de la ejecución de la instalación;
- c) control de la instalación terminada.

Artículo 20. *Recepción en obra de equipos y materiales.*

1. Generalidades:

a) El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los equipos y materiales suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto o memoria técnica mediante:

- i. control de la documentación de los suministros;
- ii. control mediante distintivos de calidad, en los términos del artículo 18.3 de este reglamento;
- iii. control mediante ensayos y pruebas.

b) En el pliego de condiciones técnicas del proyecto o en la memoria técnica se indicarán las condiciones parti-

culares de control para la recepción de los equipos y materiales de las instalaciones térmicas.

- c) El instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, deben comprobar que los equipos y materiales recibidos:
 - i. corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto o en la memoria técnica;
 - ii. disponen de la documentación exigida;
 - iii. cumplen con las propiedades exigidas en el proyecto o memoria técnica;
 - iv. han sido sometidos a los ensayos y pruebas exigidos por la normativa en vigor o cuando así se establezca en el pliego de condiciones.

2. Control de la documentación de los suministros. El instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, verificarán la documentación proporcionada por los suministradores de los equipos y materiales que entregarán los documentos de identificación exigidos por las disposiciones de obligado cumplimiento y por el proyecto o memoria técnica. En cualquier caso, esta documentación comprenderá al menos los siguientes documentos:

- a) documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
- b) copia del certificado de garantía del fabricante, de acuerdo con la Ley 23/2003, de 10 de julio, de garantías en la venta de bienes de consumo;
- c) documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las directivas europeas que afecten a los productos suministrados.

3. Control de recepción mediante distintivos de calidad.-El instalador autorizado y el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, verificarán que la documentación proporcionada por los suministradores sobre los distintivos de calidad que ostenten los equipos o materiales suministrados, que aseguren las características técnicas exigidas en el proyecto o memoria técnica sea correcta y suficiente para la aceptación de los equipos y materiales amparados por ella.

4. Control de recepción mediante ensayos y pruebas.-Para verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas

del RITE, puede ser necesario, en determinados casos y para aquellos materiales o equipos que no estén obligados al marcado CE correspondiente, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto o memoria técnica u ordenado por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

Artículo 21. *Control de la ejecución de la instalación.*

1. El control de la ejecución de las instalaciones se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto o memoria técnica, y las modificaciones autorizadas por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

2. Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones técnicas.

3. Cualquier modificación o replanteo a la instalación que pudiera introducirse durante la ejecución de su obra, debe ser reflejada en la documentación de la obra.

Artículo 22. *Control de la instalación terminada.*

1. En la instalación terminada, bien sobre la instalación en su conjunto o bien sobre sus diferentes partes, deben realizarse las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto o memoria técnica u ordenadas por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, las previstas en la IT 2 y las exigidas por la normativa vigente.

2. Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, de acuerdo a los requisitos de la IT 2.

3. Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, quien debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

4. Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

5. Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por el instalador autorizado o por el director de la instalación

a los que se refiere este reglamento, y bajo su responsabilidad.

Artículo 23. *Certificado de la instalación.*

1. Una vez finalizada la instalación, realizadas las pruebas de puesta en servicio de la instalación que se especifican en la IT 2, con resultados satisfactorios, el instalador autorizado y el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de la instalación.

2. El certificado, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) identificación y datos referentes a sus principales características técnicas de la instalación realmente ejecutada;
- b) identificación de la empresa instaladora, instalador autorizado con carné profesional y del director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva;
- c) los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2.
- d) declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto o memoria técnica y de que cumple con los requisitos exigidos por el RITE.

CAPÍTULO V

Condiciones para la puesta en servicio de la instalación

Artículo 24. *Puesta en servicio de la instalación.*

1. Para la puesta en servicio de instalaciones térmicas, tanto de nueva planta como de reforma de las existentes, a las que se refiere el artículo 15.1.a) y b), será necesario el registro del certificado de la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique la instalación, para lo cual la empresa instaladora debe presentar al mismo la siguiente documentación:

- a) proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada;
- b) certificado de la instalación;
- c) certificado de inspección inicial con calificación aceptable, cuando sea preceptivo.

2. Las instalaciones térmicas a las que se refiere el artículo

15.1.c) no precisarán acreditación del cumplimiento reglamentario ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

3. Una vez comprobada la documentación aportada, el certificado de la instalación será registrado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, pudiendo a partir de este momento realizar la puesta en servicio de la instalación.

4. La puesta en servicio efectivo de las instalaciones estará supeditada, en su caso, a la acreditación del cumplimiento de otros reglamentos de seguridad que la afecten y a la obtención de las correspondientes autorizaciones.

5. No se tendrá por válida la actuación que no reúna los requisitos exigidos por el RITE o que se refiera a una instalación con deficiencias técnicas detectadas por los servicios de inspección de la Administración o de los organismos de control, en tanto no se subsanen debidamente tales carencias o se corrijan las deficiencias técnicas señaladas.

6. En ningún caso, el hecho de que un certificado de instalación se dé por registrado, supone la aprobación técnica del proyecto o memoria técnica, ni un pronunciamiento favorable sobre la idoneidad técnica de la instalación, acorde con los reglamentos y disposiciones vigentes que la afectan por parte de la Administración. El incumplimiento de los reglamentos y disposiciones vigentes que la afecten, podrá dar lugar a actuaciones para la corrección de deficiencias o incluso a la paralización inmediata de la instalación, sin perjuicio de la instrucción de expediente sancionador.

7. No se registrarán las preinstalaciones térmicas en los edificios.

8. Registrada la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma, el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de éste último sea preceptiva, hará entrega al titular de la instalación de la documentación que se relaciona a continuación, que se debe incorporar en el Libro del Edificio:

- a) el proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada;
- b) el "Manual de uso y mantenimiento" de la instalación realmente ejecutada;
- c) una relación de los materiales y los equipos realmente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía;



- d) los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2;
- e) el certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma;
- f) el certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

9. El titular de la instalación debe solicitar el suministro regular de energía a la empresa suministradora de energía mediante la entrega de una copia del certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

10. Queda prohibido el suministro regular de energía a aquellas instalaciones sujetas a este reglamento cuyo titular no facilite a la empresa suministradora copia del certificado de la instalación registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente.

CAPÍTULO VI

Condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación

Artículo 25. Titulares y usuarios.

1. El titular o usuario de las instalaciones térmicas es responsable del cumplimiento del RITE desde el momento en que se realiza su recepción provisional, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12.1.c) de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, en lo que se refiere a su uso y mantenimiento, y sin que este mantenimiento pueda ser sustituido por la garantía.
2. Las instalaciones térmicas se utilizarán adecuadamente, de conformidad con las instrucciones de uso contenidas en el "Manual de Uso y Mantenimiento" de la instalación térmica, absteniéndose de hacer un uso incompatible con el previsto.
3. Se pondrá en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal de las instalaciones térmicas.
4. Las instalaciones mantendrán sus características originales. Si son necesarias reformas, éstas deben ser efectuadas por empresas autorizadas para ello de acuerdo a lo prescrito por este RITE.
5. El titular de la instalación será responsable de que se realicen las siguientes acciones:
 - a) encargar a una empresa mantenedora, la realización del mantenimiento de la instalación térmica;

b) realizar las inspecciones obligatorias y conservar su correspondiente documentación;

c) conservar la documentación de todas las actuaciones, ya sean de reparación o reforma realizadas en la instalación térmica, así como las relacionadas con el fin de la vida útil de la misma o sus equipos, consignándolas en el Libro del Edificio.

Artículo 26. Mantenimiento de las instalaciones.

1. Las operaciones de mantenimiento de las instalaciones sujetas al RITE se realizarán por empresas mantenedoras autorizadas.

2. Al hacerse cargo del mantenimiento, el titular de la instalación entregará al representante de la empresa mantenedora una copia del "Manual de Uso y Mantenimiento" de la instalación térmica, contenido en el Libro del Edificio.

3. La empresa mantenedora será responsable de que el mantenimiento de la instalación térmica sea realizado correctamente de acuerdo con las instrucciones del "Manual de Uso y Mantenimiento" y con las exigencias de este RITE.

4. El "Manual de Uso y Mantenimiento" de la instalación térmica debe contener las instrucciones de seguridad y de manejo y maniobra de la instalación, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética.

5. Será obligación del mantenedor autorizado y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, la actualización y adecuación permanente de la documentación contenida en el "Manual de Uso y Mantenimiento" a las características técnicas de la instalación.

6. El mantenimiento de las instalaciones sujetas a este RITE será realizado de acuerdo con lo establecido en la IT 3, atendiendo a los siguientes casos:

- a) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío igual o superior a 5 kW e inferior o igual a 70 kW.

Estas instalaciones se mantendrán por una empresa mantenedora, que debe realizar su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el "Manual de Uso y Mantenimiento".

- b) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío mayor que 70 kW.

Estas instalaciones se mantendrán por una empresa mantenedora con la que el titular de la instalación térmica debe suscribir un contrato de mantenimiento, realizando su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el "Manual de Uso y Mantenimiento".

- c) Instalaciones térmicas cuya potencia térmica nominal total instalada sea igual o mayor que 5.000 kW en calor y/o 1.000 kW en frío, así como las instalaciones de calefacción o refrigeración solar cuya potencia térmica sea mayor que 400 kW.

Estas instalaciones se mantendrán por una empresa mantenedora con la que el titular debe suscribir un contrato de mantenimiento. El mantenimiento debe realizarse bajo la dirección de un técnico titulado competente con funciones de director de mantenimiento, ya pertenezca a la propiedad del edificio o a la plantilla de la empresa mantenedora.

7. En el caso de las instalaciones solares térmicas la clasificación en los apartados anteriores será la que corresponda a la potencia térmica nominal en generación de calor o frío del equipo de energía de apoyo. En el caso de que no exista este equipo de energía de apoyo la potencia, a estos efectos, se determinará multiplicando la superficie de apertura de campo de los captadores solares instalados por $0,7 \text{ kW/m}^2$.

8. El titular de la instalación podrá realizar con personal de su plantilla el mantenimiento de sus propias instalaciones térmicas siempre y cuando acredite cumplir con los requisitos exigidos en el artículo 41 para el ejercicio de la actividad de mantenimiento, y sea autorizado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Artículo 27. *Registro de las operaciones de mantenimiento.*

1. Toda instalación térmica debe disponer de un registro en el que se recojan las operaciones de mantenimiento y las reparaciones que se produzcan en la instalación, y que formará parte del Libro del Edificio.
2. El titular de la instalación será responsable de su existencia y lo tendrá a disposición de las autoridades competentes que así lo exijan por inspección o cualquier otro requerimiento. Se deberá conservar durante un tiempo no inferior a cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.
3. La empresa mantenedora confeccionará el registro y será responsable de las anotaciones en el mismo.

Artículo 28. *Certificado de mantenimiento.*

1. Anualmente el mantenedor autorizado titular del carné profesional y el director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de mantenimiento, que será enviado, si así se determina, al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quedando una copia del mismo en posesión del titular de la instalación. La validez del certificado de mantenimiento expedido será como máximo de un año.

2. El certificado de mantenimiento, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) identificación de la instalación;
- b) identificación de la empresa mantenedora, mantenedor autorizado responsable de la instalación y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva;
- c) los resultados de las operaciones realizadas de acuerdo con la IT 3;
- d) declaración expresa de que la instalación ha sido mantenida de acuerdo con el "Manual de Uso y Mantenimiento" y que cumple con los requisitos exigidos en la IT 3.

CAPÍTULO VII

Inspección

Artículo 29. *Generalidades.*

1. Las instalaciones térmicas se inspeccionarán a fin de verificar el cumplimiento reglamentario. La IT 4 determina las instalaciones que deben ser objeto de inspección periódica, así como los contenidos y plazos de estas inspecciones, y los criterios de valoración y medidas a adoptar como resultado de las mismas, en función de las características de la instalación.

2. El órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá acordar cuantas inspecciones juzgue necesarias, que podrán ser iniciales, periódicas o aquellas otras que establezca por propia iniciativa, denuncia de terceros o resultados desfavorables apreciados en el registro de las operaciones de mantenimiento, con el fin de comprobar y vigilar el cumplimiento de este RITE a lo largo de la vida de las instalaciones térmicas en los edificios.

3. Las instalaciones se inspeccionarán por personal facultativo de los servicios del órgano competente de la Comunidad Autónoma o por organismos de control autorizados para este campo reglamentario, o bien por entidades o agentes que determine el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Artículo 30. Inspecciones iniciales.

1. El órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá disponer una inspección inicial de las instalaciones térmicas, con el fin de comprobar el cumplimiento de este RITE, una vez ejecutadas las instalaciones térmicas y le haya sido presentada la documentación necesaria para su puesta en servicio.

2. La inspección inicial de las instalaciones térmicas se realizará sobre la base de las exigencias de bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad que establece este RITE, por la reglamentación general de seguridad industrial y en el caso de instalaciones que utilicen combustibles gaseosos por las correspondientes a su reglamentación específica.

3. Las inspecciones se efectuarán por personal facultativo de los servicios del órgano competente de la Comunidad Autónoma o, cuando el órgano competente así lo determine por organismos o entidades de control autorizadas para este campo reglamentario, que será elegida libremente por el titular de la instalación de entre las autorizadas para realizar esta función.

4. Como resultado de la inspección, se emitirá un certificado de inspección, en que se indicará si el proyecto o memoria técnica y la instalación ejecutada cumple con el RITE, la posible relación de defectos, con su clasificación, y la calificación de la instalación.

Artículo 31. Inspecciones periódicas de eficiencia energética.

1. Las instalaciones térmicas y, en particular, sus equipos de generación de calor y frío y las instalaciones solares térmicas se inspeccionarán periódicamente a lo largo de su vida útil, a fin de verificar el cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética de este RITE.

2. El órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá el calendario de inspecciones periódicas de eficiencia energética de las instalaciones térmicas, coordinando su realización con otras inspecciones a las que vengan obligadas por razón de otros reglamentos.

3. El órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá los requisitos de los agentes autorizados para llevar a cabo estas inspecciones de eficiencia energética, que podrán ser, entre otros, organismos o entidades de control autorizadas para este campo reglamentario, o técnicos independientes, cualificados y acreditados por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, elegidos libremente por el titular de la instalación de entre los autorizados para realizar estas funciones.

4. El órgano competente, si así lo decide, podrá establecer la realización de estas inspecciones mediante cam-

ñas específicas en el territorio de su competencia.

5. Las instalaciones existentes a la entrada en vigor de este RITE estarán sometidas al régimen y periodicidad de las inspecciones periódicas de eficiencia energética establecidas en la IT 4 y a las condiciones técnicas del reglamento con el que fueron autorizadas.

6. Si, con motivo de esta inspección, se comprobase que una instalación existente no cumple con la exigencia de eficiencia energética, el órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá acordar que se adecue a la normativa vigente.

Artículo 32. Calificación de las instalaciones.

A efectos de su inspección de eficiencia energética la calificación de la instalación podrá ser:

1. Aceptable: cuando no se determine la existencia de algún defecto grave o muy grave. En este caso, los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que debe establecer los medios para subsanarlos, acreditando su subsanación antes de tres meses.

2. Condicionada: cuando se detecte la existencia de, al menos, un defecto grave o de un defecto leve ya detectado en otra inspección anterior y que no se haya corregido. En este caso:

a) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio y ser suministradas de energía en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.

b) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, acreditando su subsanación antes de 15 días. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el organismo que haya efectuado ese control debe remitir el certificado de inspección al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién podrá disponer la suspensión del suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

3. Negativa: cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

a) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.

b) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá certificado de calificación negativa, que se remitirá inmediatamente al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién deberá disponer la suspensión del

suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

Artículo 33. *Clasificación de defectos en las instalaciones.*

Los defectos en las instalaciones térmicas se clasificarán en: muy graves, graves o leves.

1. Defecto muy grave: es aquel que suponga un peligro inmediato para la seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente.

2. Defecto grave: es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes o del medio ambiente, pero el defecto puede reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación térmica o su eficiencia energética, así como la sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

3. Defecto leve: es aquel que no perturba el funcionamiento de la instalación y por el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

CAPÍTULO VIII

Empresas instaladoras y mantenedoras

Artículo 34. *Generalidades.*

Este capítulo tiene como objeto establecer las condiciones y requisitos que deben observarse para la autorización administrativa de las empresas instaladoras y empresas mantenedoras autorizadas, así como para la obtención del carné profesional en instalaciones térmicas en edificios.

Artículo 35. *Empresas instaladoras autorizadas.*

1. Empresa instaladora autorizada es la persona física o jurídica que realiza el montaje y la reparación de las instalaciones térmicas en el ámbito de este RITE.

2. Para el ejercicio de esta actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritos en el Registro de empresas instaladoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social.

Artículo 36. *Empresas mantenedoras autorizadas.*

1. Empresa mantenedora autorizada es la persona física o jurídica que realiza el mantenimiento y la reparación de las instalaciones térmicas en el ámbito de este RITE.

2. Para el ejercicio de esta actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritas en el Registro de empresas mantenedoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social.

Artículo 37. *Acreditación de requisitos para el ejercicio de la actividad profesional.*

Para obtener la autorización para el ejercicio de la actividad profesional de instalador o de mantenedor, las empresas deben acreditar ante la Comunidad Autónoma donde radique el domicilio social del solicitante los siguientes requisitos:

a) los que acrediten la personalidad física o jurídica del solicitante. En el caso de personas jurídicas, estar constituidas legalmente e incluir en su objeto social las actividades de montaje y reparación de instalaciones térmicas en edificios, para la actividad de instalador, y de mantenimiento y reparación de instalaciones térmicas en edificios, en el caso de mantenedor;

b) estar dados de alta en el correspondiente régimen de la Seguridad Social (Régimen General de la Seguridad Social o Régimen Especial de Trabajadores Autónomos);

c) tener suscrito seguro de responsabilidad civil que cubra los riesgos que puedan derivarse de sus actuaciones, mediante póliza por una cuantía mínima de 300.000 euros, que se actualizará anualmente, según la variación del índice de precios al consumo, certificada por el Instituto Nacional de Estadística. De dicha actualización se trasladará justificante al órgano competente de la Comunidad Autónoma;

d) disponer de los medios técnicos para el desarrollo de la actividad que se solicita;

e) la plantilla de personal acreditada mediante una fotocopia compulsada del último boletín de cotización a la Seguridad Social TC-2 (relación nominal de trabajadores) presentado, en la que conste el número total de operarios y restantes empleados. Los empresarios autónomos deben presentar un justificante de afiliación en la Seguridad Social, y

f) la lista de operarios que posean carné profesional; la empresa debe tener, como mínimo, un operario con carné profesional de instalaciones térmicas en edificios.

Artículo 38. *Registro.*

1. El órgano competente de la Comunidad Autónoma, en caso de que se cumplan los requisitos indicados en el apartado anterior, expedirá el correspondiente certificado de registro de empresa instaladora autorizada de instalaciones térmicas en edificios o el certificado de registro de empresa mantenedora autorizada de instalaciones térmicas en edificios.

2. El órgano competente de la Comunidad Autónoma llevará dos registros: uno de las autorizaciones concedidas

a las empresas instaladoras y otro de las concedidas a las empresas mantenedoras, respectivamente.

3. Cualquier empresa del ámbito de la Unión Europea que cumpla los requisitos establecidos en el artículo 37, podrá solicitar su inscripción en el Registro de empresas instaladoras autorizadas de instalaciones técnicas en edificios o en el Registro de empresas mantenedoras autorizadas de instalaciones térmicas en los edificios, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde desee realizar su actividad.

4. Las empresas instaladoras y mantenedoras registradas están obligadas a tener una copia del certificado de registro a disposición del público y deben hacerlo constar en sus documentos técnicos y comerciales.

Artículo 39. *Validez.*

1. El certificado de registro de empresa instaladora o mantenedora autorizada tendrá validez en toda España, según lo establecido en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

2. Cuando una empresa instaladora o mantenedora autorizada precise ejercer su actividad en una Comunidad Autónoma distinta de aquella en la que está inscrita, será preceptiva la notificación previa ante la Comunidad Autónoma en cuya demarcación vaya a realizar sus actividades, para lo cual debe presentar el certificado de registro de la Comunidad Autónoma en donde formalizó su inscripción y un certificado emitido por la misma Comunidad Autónoma de no estar sujeta a procedimiento sancionador que la inhabilite para el ejercicio profesional.

3. El certificado de registro de empresa instaladora o mantenedora tendrá validez por un período de cinco años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión, debiendo ser renovado, a solicitud del interesado, antes de la finalización de dicho plazo.

4. Cualquier variación en las condiciones y requisitos establecidos para la concesión del certificado debe ser comunicada al órgano competente de la Comunidad Autónoma, en el plazo de un mes, si no afecta a la validez del mismo. En caso de que dicha variación supusiera dejar de cumplir los requisitos necesarios para la concesión del certificado, la comunicación debe ser realizada en el plazo de 15 días inmediatos posteriores a producirse la incidencia, a fin de que el órgano competente de la Comunidad Autónoma, a la vista de las circunstancias, pueda determinar la cancelación del mismo o, en su caso, la suspensión o prórroga condicionada de la actividad, en tanto se restablezcan los referidos requisitos.

5. Las empresas instaladoras y mantenedoras autorizadas tienen la obligación de comunicar al órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, y en el plazo de un mes, las altas y bajas de los trabajadores con carné profesional.

Artículo 40. *Suspensión y cancelación de inscripciones en el registro.*

1. La inscripción en el registro será cancelada con carácter definitivo por el órgano competente que lo realizó, previa instrucción de expediente, cuando se compruebe que el titular no reúne los requisitos que le fueron exigidos para su inscripción.

2. Contra toda resolución del órgano competente, que suspenda o cancele con carácter definitivo una inscripción en el registro por las causas que se contemplan en este apartado, podrá interponerse el correspondiente recurso.

Artículo 41. *Carné profesional en instalaciones térmicas de edificios.*

1. El carné profesional en instalaciones térmicas de edificios es el documento mediante el cual la Administración reconoce a su titular la capacidad para desempeñar las actividades de instalación y mantenimiento de las instalaciones térmicas en edificios, como instalador o mantenedor autorizado, identificándole ante terceros para ejercer su profesión en el ámbito de este RITE.

2. Este carné profesional no capacita, por sí solo, para la realización de dicha actividad, sino que la misma debe ser ejercida en el seno de una empresa instaladora o mantenedora en instalaciones térmicas.

3. El carné profesional se concederá, con carácter individual, a todas las personas que cumplan los requisitos que se señalan en el artículo 42 y será expedido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

4. El órgano competente de la Comunidad Autónoma llevará un registro con los carnés profesionales concedidos.

5. El carné profesional tendrá validez en toda España, según lo establecido en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

6. El incumplimiento de las disposiciones reguladas por este RITE por parte de los titulares del carné profesional, dará lugar a la incoación del oportuno expediente administrativo.

Artículo 42. *Requisitos para la obtención del carné profesional.*

1. Para obtener el carné profesional de instalaciones térmicas en edificios, las personas físicas deben acreditar, ante la Comunidad Autónoma donde radique el interesado, las siguientes condiciones:

a) Ser mayor de edad.

b) Tener los conocimientos teóricos y prácticos sobre instalaciones térmicas en edificios.

b.1 Se entenderá que poseen dichos conocimientos las personas que acrediten estar en posesión del título de Técnico Superior en Mantenimiento y Montaje de Instalaciones de Edificio y Proceso o del título de Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de Frío, Climatización y Producción de Calor, correspondientes a la Formación Profesional de Grado Superior y Medio, respectivamente.

b.2 Los solicitantes del carné que no posean la titulación exigida en el apartado b.1, deben justificar haber recibido y superado:

b.2.1 Un curso teórico y práctico de conocimientos básicos y otro sobre conocimientos específicos en instalaciones térmicas de edificios, impartido por una entidad reconocida por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, con la duración y el contenido indicados en los apartados 3.1 y 3.2 del apéndice 3.

b.2.2 Acreditar una experiencia laboral de, al menos, tres años en una empresa instaladora o mantenedora como técnico.

c) Haber superado un examen ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, sobre conocimiento de este RITE.

2. Los solicitantes que estén en posesión del título de Técnico Superior o de Técnico al que alude el apartado b.1, obtenido en un centro oficial de formación profesional, podrán obtener directamente el carné profesional, mediante solicitud ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma y sin tener que cumplir el requisito del apartado c), por el procedimiento que dicho órgano establezca.

3. Los técnicos titulados competentes, con atribuciones específicas en materias reguladas por este RITE, podrán obtener directamente el carné, mediante solicitud ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma y sin tener que cumplir los requisitos enumerados en los apartados b) y c), bastando con la presentación de una copia compulsada del título académico.

CAPÍTULO IX

Régimen sancionador

Artículo 43. *Infracciones y sanciones.*

En caso de incumplimiento de las disposiciones obligatorias reguladas en este RITE se estará a lo dispuesto en los artículos 30 a 38 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, sobre infracciones administrativas.

CAPÍTULO X

Comisión Asesora

Artículo 44. *Comisión Asesora para las instalaciones térmicas de los edificios.*

La Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios es un órgano colegiado de carácter permanente, que depende orgánicamente de la Secretaría General de Energía del Ministerio Industria, Turismo y Comercio.

Artículo 45. *Funciones de la Comisión Asesora.*

Corresponde a esta Comisión asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con las instalaciones térmicas de los edificios, mediante las siguientes actuaciones:

1. Analizar los resultados obtenidos en la aplicación práctica del Reglamento de instalaciones térmicas, proponiendo criterios para su correcta interpretación y aplicación.

2. Recibir las propuestas y comentarios que formulen las distintas Administraciones Públicas, agentes del sector y usuarios y proceder a su estudio y consideración.

3. Estudiar y proponer la actualización del reglamento, conforme a la evolución de la técnica.

4. Estudiar las actuaciones internacionales en la materia, y especialmente las de la Unión Europea, proponiendo las correspondientes acciones.

5. Establecer los requisitos que deben cumplir los documentos reconocidos del Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, las condiciones para su validación y el procedimiento a seguir para su reconocimiento conjunto por los Ministerios de Industria, Turismo y Comercio y de Vivienda, así como proponer a la Secretaría General de Energía su inclusión en el Registro General.

Artículo 46. *Composición de la Comisión Asesora.*

1. La Comisión Asesora estará compuesta por el Presidente, dos Vicepresidentes, los Vocales y el Secretario.

2. Será Presidente el Secretario General de Energía, quien podrá delegar dicha función, y los Vicepresidentes serán un representante designado con tal carácter por la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda y otro designado en representación del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

3. Serán Vocales de la Comisión los representantes designados por cada una de las siguientes entidades:

a) En representación de la Administración General del Estado:

Un representante de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Un representante de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Un representante de la Dirección General de Desarrollo Industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Dos representantes de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Un representante del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

Un representante del Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Un representante de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

Un representante del Instituto Nacional del Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo.

b) En representación de las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales:

Un vocal por cada una de las Comunidades Autónomas y de las Ciudades de Ceuta y Melilla, que voluntariamente hubieran aceptado su participación en este órgano.

Un vocal propuesto por la Federación Española de Municipios y Provincias.

c) En representación de los agentes del sector y usuarios:

Representantes de las organizaciones, de ámbito nacional, con mayor implantación de los sectores afectados y de los usuarios relacionados con las instalaciones térmicas, según lo establecido en el apartado 5.

4. Actuará como Secretario, con voz y voto, uno de los vocales en representación del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, que será un funcionario titular de un puesto de trabajo ya existente.

5. Las organizaciones representativas de los sectores y usuarios afectados podrán solicitar su participación al

Presidente de la Comisión Asesora. Ésta fijará reglamentariamente el procedimiento y los requisitos para su admisión, que deberá contar con la opinión favorable del Pleno.

Artículo 47. Organización de la Comisión Asesora.

1. La Comisión Asesora funcionará en Pleno, en Comisión Permanente y en Grupos de Trabajo.

2. La Comisión conocerá, en Pleno, aquellos asuntos que, después de haber sido objeto de consideración por la Comisión permanente y los Grupos de trabajo específicos, en su caso, estime el Presidente que deban serlo en razón de su importancia. Corresponderá al Pleno la aprobación del Reglamento de régimen interior. El Pleno se reunirá como mínimo una vez al año, por convocatoria de su Presidente, o por petición de, al menos, una cuarta parte de sus miembros.

3. La Comisión Permanente, que se reunirá una vez al semestre, ejercerá las competencias que el Pleno le delegue, ejecutará sus acuerdos y coordinará los grupos de trabajo específicos. Estará compuesta por el Presidente, los dos Vicepresidentes y el Secretario. Además de los anteriores, y previa convocatoria del Presidente, asistirán a sus reuniones los vocales representantes del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, del Ministerio de Vivienda, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.), cuatro representantes de las Comunidades Autónomas elegidos en el pleno y los directamente afectados por la naturaleza de los asuntos a tratar.

4. Los Grupos de Trabajo se constituirán para analizar aquellos asuntos específicos que el Pleno les delegue, relacionados con las funciones de la Comisión Asesora. Podrán participar, además de los miembros de la Comisión Asesora, representantes de la Administración, de los sectores interesados, así como expertos en la materia. Serán designados por acuerdo de la Comisión Permanente, bajo la coordinación de un miembro de la misma.

5. El funcionamiento de la Comisión Asesora será atendido con los medios de personal y de material de la Secretaría General de Energía.

6. La Comisión Asesora utilizará las técnicas y medios electrónicos, informáticos y telemáticos que faciliten el desarrollo de su actividad, de acuerdo con el artículo 45 de la Ley 30/1992, de 26 de diciembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

7. Para su adecuado funcionamiento, la Comisión aprobará su reglamento interno. En lo no previsto en dicho reglamento, se aplicarán las previsiones que sobre órganos colegiados figuran en el capítulo II del título II de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

PARTE II

INSTRUCCIONES TÉCNICAS

**INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.1
DISEÑO Y DIMENSIONADO****IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE****IT 1.1.1 Ámbito de aplicación**

El ámbito de aplicación de esta sección es el que se establece con carácter general para el RITE, en su artículo 2, con las limitaciones que se fijan en este apartado.

IT 1.1.2 Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas debe seguirse la secuencia de verificaciones siguiente:

- Cumplimiento de la exigencia de calidad térmica del ambiente del apartado 1.4.1.
- Cumplimiento de la exigencia de calidad de aire interior del apartado 1.4.2.
- Cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.3.d
- Cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.4.

IT 1.1.3 Documentación justificativa

El proyecto o memoria técnica, contendrá la siguiente documentación justificativa del cumplimiento de esta exigencia de bienestar térmico e higiene:

- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente térmico del apartado 1.4.1.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad de aire interior del apartado 1.4.2.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.3.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.4.

IT 1.1.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene.**IT 1.1.4.1 Exigencia de calidad térmica del ambiente.****IT 1.1.4.1.1 Generalidades**

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionado de la instalación térmica, si los parámetros que definen el bienestar térmico, como la temperatura seca del aire y operativa, humedad relativa, temperatura radiante media del recinto, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia se mantienen en la zona ocupada dentro de los valores establecidos a continuación.

IT 1.1.4.1.2 Temperatura operativa y humedad relativa

1. Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se fijarán en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos:

actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD), según los siguientes casos:

- Para personas con actividad metabólica sedentaria de 1,2 met, con grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15 %, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla 1.4.1.1.

Tabla 1.4.1.1 Condiciones interiores de diseño

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

- Para valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD del apartado a) es válido el cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa realizado por el procedimiento indicado en la norma UNE-EN ISO 7730.

2. Al cambiar las condiciones exteriores la temperatura operativa se podrá variar entre los dos valores calculados para las condiciones extremas de diseño. Se podrá admitir una humedad relativa del 35 % en las condiciones extremas de invierno durante cortos períodos de tiempo.

3. La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1 °C y 2 °C por encima de la del agua del vaso, con un máximo de 30 °C. La humedad relativa del local se mantendrá siempre por debajo del 65 %, para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.

IT 1.1.4.1.3 Velocidad media del aire

1. La velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de bienestar, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.

2. La velocidad media admisible del aire en la zona ocupada (V), se calculará de la forma siguiente:

Para valores de la temperatura seca t del aire dentro de los márgenes de 20 °C a 27 °C, se calculará con las siguientes ecuaciones:

- Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40 % y PPD por corrientes de aire del 15 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \quad m/s$$

- Con difusión por desplazamiento, intensidad de la turbulencia del 15 % y PPD por corrientes de aire menor que el 10 %:

$$V = \frac{t}{100} - 0,10 \quad m/s$$

Para otro valor del porcentaje de personas insatisfechas PPD, es válido el método de cálculo de las normas UNE-EN ISO 7730 y UNE-EN 13779, así como el informe CR 1752.

3. La velocidad podrá resultar mayor, solamente en lugares del espacio que estén fuera de la zona ocupada, dependiendo del sistema de difusión adoptado o del tipo de unidades terminales empleadas.

IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior

IT 1.1.4.2.1 Generalidades

1. En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

2. El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

IT 1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)

IT 1.1.4.2.3 Caudal mínimo del aire exterior de ventilación

1. El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior que se indican en el apartado 1.4.2.2, se calculará de acuerdo con alguno de los cinco métodos que se indican a continuación.

A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona

a) Se emplearán los valores de la tabla 1.4.2.1 cuando las personas tengan una actividad metabólica de alrededor 1,2 met, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar.

Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm^3/s por persona

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

b) Para locales donde esté permitido fumar, los caudales de aire exterior serán, como mínimo, el doble de los indicados en la tabla 1.4.2.1.

c) Cuando el edificio disponga de zonas específicas para fumadores, estas deben consistir en locales delimitados por cerramientos estancos al aire, y en depresión con respecto a los locales contiguos.

B. Método directo por calidad del aire percibido

En este método basado en el informe CR 1752 (método olfativo), los valores a emplear son los de la tabla 1.4.2.2.

Tabla 1.4.2.2 Calidad del aire percibido, en decipols

Categoría	dp
IDA 1	0,8
IDA 2	1,2
IDA 3	2,0
IDA 4	3,0

C. Método directo por concentración de CO_2

a) Para locales con elevada actividad metabólica (salas de fiestas, locales para el deporte y actividades físicas, etc.), en los que no está permitido fumar, se podrá emplear el método de la concentración de CO_2 , buen indicador de las emisiones de bioefluentes humanos. Los valores se indican en la tabla 1.4.2.3.

Tabla 1.4.2.3 Concentración de CO_2 en los locales

Categoría	ppm (*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

(*) Concentración de CO_2 (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior

b) Para locales con elevada producción de contaminantes (piscinas, restaurantes, cafeterías, bares, algunos tipos de tiendas, etc.) se podrá emplear los datos de la tabla 1.4.2.3, aunque si se conocen la composición y caudal de las sustancias contaminantes se recomienda el método de la dilución del apartado E.

D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie

Para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, se aplicarán los valores de la tabla 1.4.2.4.

Tabla 1.4.2.4 Caudales de aire exterior por unidad de superficie de locales no dedicados a ocupación humana permanente.

Categoría	dm ³ /(s·m ²)
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

E. Método de dilución.

Cuando en un local existan emisiones conocidas de materiales contaminantes específicos, se empleará el método de dilución. Se considerarán válidos a estos efectos, los cálculos realizados como se indica en el apartado 6.4.2.3 de la EN 13779. La concentración obtenida de cada sustancia contaminante, considerando la concentración en el aire de impulsión SUP y las emisiones en los mismos locales, deberá ser menor que el límite fijado por las autoridades sanitarias.

2. En las piscinas climatizadas el aire exterior de ventilación necesario para la dilución de los contaminantes será de 2,5 dm³/s por metro cuadrado de superficie de la lámina de agua y de la playa (no está incluida la zona de espectadores). A este caudal se debe añadir el necesario para controlar la humedad relativa, en su caso. El local se mantendrá con una presión negativa de entre 20 a 40 Pa con respecto a los locales contiguos.

3. En edificios para hospitales y clínicas son válidos los valores de la norma UNE 100713.

IT 1.1.4.2.4 Filtración del aire exterior mínimo de ventilación

1. El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en el edificio.

2. Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad del aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA), serán las que se indican en la tabla 1.4.2.5.

3. La calidad del aire exterior (ODA) se clasificará de acuerdo con los siguientes niveles:

ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólidas (p.e. polen) de forma temporal.

ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas.

ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.

ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Tabla 1.4.2.5 Clases de filtración

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6/F7	G4/F6

(*) Se deberá prever la instalación de un filtro de gas o un filtro químico (GF) situado entre las dos etapas de filtración.

4. Se emplearán prefiltros para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.

5. Los filtros finales se instalarán después de la sección de tratamiento y, cuando los locales servidos sean especialmente sensibles a la suciedad, después del ventilador de impulsión, procurando que la distribución de aire sobre la sección de filtros sea uniforme.

6. En todas las secciones de filtración, salvo las situadas en tomas de aire exterior, se garantizarán las condiciones de funcionamiento en seco; la humedad relativa del aire será siempre menor que el 90 %.

7. Las secciones de filtros de la clase G4 o menor para las categorías de aire interior IDA 1, IDA 2 e IDA 3 sólo se admitirán como secciones adicionales a las indicadas en la tabla 1.4.2.5

8. Los aparatos de recuperación de calor deben siempre estar protegidos con una sección de filtros de la clase F6 o más elevada.

IT 1.1.4.2.5 Aire de extracción

1. En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en las siguientes categorías:

a) AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.

Están incluidos en este apartado: oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.

b) AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupado con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.

Están incluidos en este apartado: restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, bares, almacenes.

c) AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

Están incluidos en este apartado: aseos, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas, habitaciones destinadas a fumadores.

d) AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Están incluidos en este apartado: extracción de campanas de humos, aparcamientos, locales para manejo de pinturas y solventes, locales donde se guarda lencería sucia, locales de almacenamiento de residuos de comida, locales de fumadores de uso continuo, laboratorios químicos.

2. El caudal de aire de extracción de locales de servicio será como mínimo de 2 dm³/s por m² de superficie en planta.

3. Sólo el aire de categoría AE 1, exento de humo de tabaco, puede ser retornado a los locales.

4. El aire de categoría AE 2 puede ser empleado solamente como aire de transferencia de un local hacia locales de servicio, aseos y garajes.

5. El aire de las categorías AE 3 y AE 4 no puede ser empleado como aire de recirculación o de transferencia. Además, la expulsión hacia el exterior del aire de estas categorías no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías AE 1 y AE 2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

IT 1.1.4.3 Exigencia de higiene.

IT 1.1.4.3.1 Preparación de agua caliente para usos sanitarios.

1. En la preparación de agua caliente para usos sanitarios se cumplirá con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención y control de la legionelosis.

2. En los casos no regulados por la legislación vigente, el agua caliente sanitaria se preparará a la temperatura mínima que resulte compatible con su uso, considerando las pérdidas en la red de tuberías.

3. Los sistemas, equipos y componentes de la instalación térmica, que de acuerdo con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención y control de la legionelosis deban ser sometidos a tratamientos de choque térmico se diseñarán para poder efectuar y soportar los mismos.

4. Los materiales empleados en el circuito resistirán la acción agresiva del agua sometida a tratamiento de choque químico.

5. No se permite la preparación de agua caliente para usos sanitarios mediante la mezcla directa de agua fría con condensado o vapor procedente de calderas.

IT 1.1.4.3.2 Calentamiento del agua en piscinas climatizadas.

1. La temperatura del agua estará comprendida entre 24° y 30 °C según el uso principal de la piscina (se excluyen las piscinas para usos terapéuticos). La temperatura del agua se

medirá en el centro de la piscina y a unos 20 cm por debajo de la lámina de agua.

2. La tolerancia en el espacio, horizontal y verticalmente, de la temperatura del agua no podrá ser mayor que $\pm 1,5$ °C.

IT 1.1.4.3.3 Humidificadores.

1. El agua de aportación que se emplee para la humectación o el enfriamiento adiabático deberá tener calidad sanitaria.

2. No se permite la humectación del aire mediante inyección directa de vapor procedente de calderas, salvo cuando el vapor tenga calidad sanitaria.

IT 1.1.4.3.4 Aperturas de servicio para limpieza de conductos y plenums de aire

1. Las redes de conductos deben estar equipadas de aperturas de servicio de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-ENV 12097 para permitir las operaciones de limpieza y desinfección.

2. Los elementos instalados en una red de conductos deben ser desmontables y tener una apertura de acceso o una sección desmontable de conducto para permitir las operaciones de mantenimiento.

3. Los falsos techos deben tener registros de inspección en correspondencia con los registros en conductos y los aparatos situados en los mismos.

IT 1.1.4.4 Exigencia de calidad del ambiente acústico.

Las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir la exigencia del documento DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación, que les afecten.

IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

IT 1.2.1 Ámbito de aplicación.

El ámbito de aplicación de esta sección es el que se establece con carácter general para el RITE, en su artículo 2, con las limitaciones que se fijan en este apartado.

IT 1.2.2 Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionado de la instalación térmica se optará por uno de los dos procedimientos de verificación siguientes:

1. Procedimiento simplificado: consistirá en la adopción de soluciones basadas en la limitación indirecta del consumo de energía de la instalación térmica mediante el cumplimiento de los valores límite y soluciones especificadas en esta sección, para cada sistema o subsistema diseñado. Su cumplimiento asegura la superación de la exigencia de eficiencia energética.

Para ello debe seguirse la secuencia de verificaciones siguiente:

- a) Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1.

- b) Cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2.
- c) Cumplimiento de la exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.
- d) Cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos del apartado 1.2.4.4.
- e) Cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5.
- f) Cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6.
- g) Cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7.

2. Procedimiento alternativo: consistirá en la adopción de soluciones alternativas, entendidas como aquellas que se apartan parcial o totalmente de las propuestas de esta sección, basadas en la limitación directa del consumo energético de la instalación térmica diseñada.

Se podrán adoptar soluciones alternativas, siempre que se justifique documentalmente que la instalación térmica proyectada satisface las exigencias técnicas de esta sección porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación directa del procedimiento simplificado.

Para ello se evaluará el consumo energético de la instalación térmica completa o del subsistema en cuestión, mediante la utilización de un método de cálculo y su comparación con el consumo energético de una instalación térmica que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

El cumplimiento de las exigencias mínimas se producirá cuando el consumo de energía primaria y las emisiones de dióxido de carbono de la instalación evaluada sea inferior o igual que la de la instalación que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

IT 1.2.3 Documentación justificativa.

El proyecto o memoria técnica, contendrá la siguiente documentación del cumplimiento de esta exigencia de eficiencia energética, de acuerdo con el procedimiento simplificado o alternativo elegido:

- a) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1.
- b) Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2.
- c) Justificación del cumplimiento de la exigencia eficiencia energética de control de las instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3.
- d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de contabilización de consumos del apartado 1.2.4.4.
- e) Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5.

- f) Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6.
- g) Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7.

3. El proyecto de una instalación térmica, deberá incluir una estimación del consumo de energía mensual y anual expresado en energía primaria y emisiones de dióxido de carbono. En el caso de una memoria técnica será suficiente con una estimación anual. La estimación deberá realizarse mediante un método que la buena práctica haya contrastado. Se indicará el método adoptado y las fuentes de energía convencional, renovable y residual utilizadas.

4. El proyecto o memoria técnica incluirá una lista de los equipos consumidores de energía y de sus potencias.

5. En el proyecto o memoria técnica se justificará el sistema de climatización y de producción de agua caliente sanitaria elegido desde el punto de vista de la eficiencia energética.

6. En los edificios nuevos que dispongan de una instalación térmica de las incluidas en el artículo 15.1, apartado a), y cuya superficie útil total sea mayor que 1.000 m², la justificación anterior incluirá la comparación del sistema de producción de energía elegido con otros alternativos.

En este análisis se deberá considerar y tener en cuenta aquellos sistemas que sean viables técnica, medioambiental y económicamente, en función del clima y de las características específicas del edificio y su entorno, como:

- a) Sistemas de producción de energía, basados en energías renovables, en particular la energía solar térmica y biomasa;
- b) La cogeneración, en los edificios de servicios en los que se prevea una actividad ocupacional y funcional superior a las 4.000 horas al año, y cuya previsión de consumo energético tenga una relación estable entre la energía térmica (calor y frío) y la energía eléctrica consumida a lo largo de todo el periodo de ocupación;
- c) La conexión a una red de calefacción y/o refrigeración urbana cuando ésta exista previamente;
- d) La calefacción y refrigeración centralizada;
- e) Las bombas de calor.

7. Cuando se deban comparar sistemas alternativos de producción frigorífica, es aceptable el cálculo del impacto total de calentamiento equivalente (TEWI), de acuerdo al método propuesto en el Anexo B de la parte 1 de la norma UNE-EN 378.

IT 1.2.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética.

IT 1.2.4.1 Generación de calor y frío.

IT 1.2.4.1.1 Criterios generales

1. La potencia que suministren las unidades de producción de calor o frío que utilicen energías convencionales se ajustará a la demanda máxima simultánea de las instalaciones

servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

2. En el procedimiento de análisis se estudiarán las distintas demandas al variar la hora del día y el mes del año, para hallar la demanda máxima simultánea, así como las demandas parciales y la mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.

3. Los generadores que utilicen energías convencionales se conectarán hidráulicamente en paralelo y se deben poder independizar entre sí. En casos excepcionales, que deben justificarse, los generadores de agua refrigerada podrán conectarse hidráulicamente en serie.

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

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

IT 1.2.4.1.2 Generación de calor

IT 1.2.4.1.2.1 Requisitos mínimos de rendimiento energético de los generadores de calor.

1. En el proyecto o memoria técnica se indicará la prestación energética de la caldera, los rendimientos a potencia nominal y con una carga parcial del 30 por 100 y la temperatura media del agua en la caldera de acuerdo con lo que establece el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero.

2. Las calderas de potencia mayor que 400 kW tendrán un rendimiento igual o mayor que el exigido para las calderas de 400 kW en el Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero.

3. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos mínimos de rendimiento del punto 1 los generadores de agua caliente alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.

4. En el caso de generadores de calor que utilicen biomasa el rendimiento mínimo instantáneo exigido será del 75 % a plena carga.

5. Cuando el generador de calor utilice biocombustibles sólidos sólo se deberá indicar el rendimiento instantáneo del conjunto caldera-sistema de combustión para el 100 % de la potencia máxima, para uno de los biocombustibles sólidos que se prevé se utilizará en su alimentación o, en su caso, la mezcla de biocombustibles.

6. Se indicará el rendimiento y la temperatura media del agua del conjunto caldera-quemador o conjunto caldera-sistema de combustión cuando se utilice biomasa, a la potencia máxima demandada por el sistema de calefacción y, en su

caso, por el sistema de preparación de agua caliente sanitaria.

7. Queda prohibida la instalación de calderas de las características siguientes, a partir de las fechas que se indican a continuación:

- a) Calderas de tipo atmosférico a partir del uno de enero de 2010.
- b) Calderas con un marcado de prestación energética, según Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, de una estrella a partir del uno de enero de 2010.
- c) Calderas con un marcado de prestación energética, según Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, de dos estrellas a partir del uno de enero de 2012.

IT 1.2.4.1.2.2 Fraccionamiento de potencia

1. Se dispondrá del número de generadores necesarios en número, potencia y tipos adecuados, según el perfil de la demanda de energía térmica prevista.

2. Las centrales de producción de calor equipadas con generadores que utilicen combustible líquido o gaseoso, cumplirán con estos requisitos:

- a) Si la potencia térmica nominal a instalar es mayor que 400 kW se instalarán dos o más generadores.
- b) Si la potencia térmica nominal a instalar es igual o menor que 400 kW y la instalación suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria, se podrá emplear un único generador siempre que la potencia demandada por el servicio de agua caliente sanitaria sea igual o mayor que la potencia del primer escalón del quemador.

3. Se podrán adoptar soluciones distintas a las establecidas en el punto 2, siempre que se justifique técnicamente que la solución propuesta es al menos equivalente desde el punto de vista de la eficiencia energética.

4. Quedan excluidos de cumplir con los requisitos establecidos en el punto 2, los generadores de calor alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, como biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental.

5. Los generadores atmosféricos a gas de tipo modular se considerarán como un único generador, salvo cuando dispongan de un sistema automático de independización del circuito hidráulico, de tal forma que se consiga la parcialización del conjunto.

IT 1.2.4.1.2.3 Regulación de quemadores

La regulación de los quemadores alimentados por combustible líquido o gaseoso será, en función de la potencia térmica nominal del generador de calor, la indicada en la tabla 2.4.1.1.

Tabla 2.4.1.1 Regulación de quemadores

Potencia térmica nominal del generador de calor kW	Regulación
$P \leq 70$	una marcha o modulante
$70 < P \leq 400$	dos marchas o modulante
$400 < P$	tres marchas o modulante

IT 1.2.4.1.3 Generación de frío

IT 1.2.4.1.3.1 Requisitos mínimos de eficiencia energética de los generadores de frío.

1. Se indicará los coeficientes EER y COP individual de cada equipo al variar la demanda desde el máximo hasta el límite inferior de parcialización, en las condiciones previstas de diseño, así como el de la central con la estrategia de funcionamiento elegida.
2. En aquellos casos en que los equipos dispongan de etiquetado energético se indicará la clase de eficiencia energética del mismo.
3. La temperatura del agua refrigerada a la salida de las plantas deberá ser mantenida constante al variar la demanda, salvo excepciones que se justificarán.
4. El salto de temperatura será una función creciente de la potencia del generador o generadores, hasta el límite establecido por el fabricante, con el fin de ahorrar potencia de bombeo, salvo excepciones que se justificarán.

IT 1.2.4.1.3.2 Escalonamiento de potencia en centrales de generación de frío.

1. Las centrales de generación de frío deben diseñarse con un número de generadores tal que se cubra la variación de la demanda del sistema con una eficiencia próxima a la máxima que ofrecen los generadores elegidos.
2. La parcialización de la potencia suministrada podrá obtenerse escalonadamente o con continuidad.
3. Si el límite inferior de la demanda pudiese ser menor que el límite inferior de parcialización de una máquina, se debe instalar un sistema diseñado para cubrir esa demanda durante su tiempo de duración a lo largo de un día. El mismo sistema se empleará para limitar la punta de la demanda máxima diaria.
4. A este requisito están sometidos también los equipos frigoríficos reversibles cuando funcionen en régimen de bomba de calor.

IT 1.2.4.1.3.3 Maquinaria frigorífica enfriada por aire

1. Los condensadores de la maquinaria frigorífica enfriada por aire se dimensionarán para una temperatura exterior igual a la del nivel percentil más exigente más 3 °C.
2. La maquinaria frigorífica enfriada por aire estará dotada de un sistema de control de la presión de condensación, salvo cuando se tenga la seguridad de que nunca funcionará

con temperaturas exteriores menores que el límite mínimo que indique el fabricante.

3. Cuando las máquinas sean reversibles, la temperatura mínima de diseño será la húmeda del nivel percentil más exigente menos 2 °C.

IT 1.2.4.1.3.4 Maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo

1. Las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos se dimensionarán para el valor de la temperatura húmeda que corresponde al nivel percentil más exigente más 1 °C.
2. Se seleccionará el diferencial de acercamiento y el salto de temperatura del agua para optimizar el dimensionamiento de los equipos, considerando la incidencia de tales parámetros en el consumo energético del sistema.
3. Al disminuir la temperatura de bulbo húmedo y/o la carga térmica se hará disminuir el nivel térmico del agua de condensación hasta el valor mínimo recomendado por el fabricante del equipo frigorífico, variando la velocidad de rotación de los ventiladores, por escalones o con continuidad, o el número de los mismos en funcionamiento.
4. El agua del circuito de condensación se protegerá de manera adecuada contra las heladas.
5. Las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos se seleccionarán con ventiladores de bajo consumo, preferentemente de tiro inducido.
6. Se recomienda diseñar un desacoplamiento hidráulico entre los equipos refrigeradores del agua de condensación y los condensadores de las máquinas frigoríficas.
7. Las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos cumplirán con lo dispuesto en la norma UNE 100030 IN, apartado 6.1.3.2, en lo que se refiere a la distancia a tomas de aire y ventanas.

IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos.

IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías

IT 1.2.4.2.1.1 Generalidades

1. Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:
 - a) temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran;
 - b) temperatura mayor que 40 °C cuando están instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiéndose excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.
2. Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento debe-

rá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

3. Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. En particular, todas las superficies frías de los equipos frigoríficos estarán aisladas térmicamente con el espesor determinado por el fabricante.

4. Para evitar la congelación del agua en tuberías expuestas a temperaturas del aire menores que la de cambio de estado se podrá recurrir a estas técnicas: empleo de una mezcla de agua con anticongelante, circulación del fluido o aislamiento de la tubería calculado de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 12241, apartado 6. También se podrá recurrir al calentamiento directo del fluido incluso mediante "trazado" de la tubería excepto en los subsistemas solares.

5. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que 50 MPa·m²·s/g. Se considera válido el cálculo realizado siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.3 de la norma UNE-EN ISO 12241.

6. En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.

7. Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo.

IT 1.2.4.2.1.2 Procedimiento simplificado

1. En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m·K) deben ser los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.4

2. Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.

3. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes

de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm.

4. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.

5. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.

6. Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.

7. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.

8. Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/(m·K)}$ a 10 °C, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

donde:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m·K) a 10 °C.

λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)

d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm

d : espesor mínimo del material empleado, en mm

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

$\ln$: logaritmo neperiano (base 2,7183...)

$\exp$: significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 1.2.4.2.3: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	30	20	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Tabla 1.2.4.2.4: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	50	40	40
$35 < D \leq 60$	60	50	40
$60 < D \leq 90$	60	50	50
$90 < D \leq 140$	70	60	50
$140 < D$	70	60	50

IT 1.2.4.2.1.3 Procedimiento alternativo

1. El método de cálculo elegido para justificar el cumplimiento de esta opción tendrá en consideración los siguientes factores:

- El diámetro exterior de la tubería.
- La temperatura del fluido, máxima o mínima.
- Las condiciones del ambiente donde está instalada la tubería, como temperatura seca, mínima o máxima respectivamente, la velocidad media del aire y, en el caso de fluidos fríos, la temperatura de rocío y la radiación solar.
- La conductividad térmica del material aislante que se pretende emplear a la temperatura media de funcionamiento del fluido.
- El coeficiente superficial exterior, convectivo y radiante, de transmisión de calor, considerando la emitancia del acabado y la velocidad media del aire.

- La situación de las superficies, vertical u horizontal.
- la resistencia térmica del material de la tubería.

2. El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático siguiendo los criterios indicados en la norma UNE-EN ISO 12241.

3. El estudio justificará documentalmente, por cada diámetro de la tubería, el espesor empleado del material aislante elegido, las pérdidas o ganancias de calor, las pérdidas o ganancias de las tuberías sin aislar, la temperatura superficial, y las pérdidas totales de la red.

IT 1.2.4.2.2 Aislamiento térmico de redes de conductos

1. Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4 % de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.

2. Cuando la potencia térmica nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW son válidos los espesores mínimos de aislamiento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire de la tabla 1.2.4.2.5. Para potencias mayores que 70 kW deberá justificarse documentalmente que las pérdidas no son mayores que las indicadas anteriormente.

- a) para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m·K), serán los siguientes:

Tabla 1.2.4.2.5 Espesores de aislamiento de conductos

	En interiores mm	En exteriores mm
aire caliente	20	30
aire frío	30	50

- b) Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las ecuaciones del apartado 1.2.4.2.1.2.

3. Las redes de retorno se aislarán cuando discurran por el exterior del edificio y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la de rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.

4. A efectos de aislamiento térmico, los aparcamientos se equiparán al ambiente exterior.

5. Los conductos de tomas de aire exterior se aislarán con el nivel necesario para evitar la formación de condensaciones.

6. Cuando los conductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección

suficiente contra la intemperie. Se prestará especial cuidado en la realización de la estanquidad de las juntas al paso del agua de lluvia.

7. Los componentes que vengan aislados de fábrica tendrán el nivel de aislamiento indicado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

IT 1.2.4.2.3 Estanquidad de redes de conductos

1. La estanquidad de la red de conductos se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$f = c \cdot p^{0,65}$$

en la que:

f representa las fugas de aire, en dm³/(s·m²)

p es la presión estática, en Pa

c es un coeficiente que define la clase de estanquidad

2. Se definen las siguientes cuatro clases de estanquidad:

Tabla 2.4.2.6 Clases de estanquidad

Clase	Coefficiente c
A	0,027
B	0,009
C	0,003
D	0,001

3. Las redes de conductos tendrán una estanquidad correspondiente a la clase B o superior, según la aplicación.

IT 1.2.4.2.4 Caídas de presión en componentes

1. Las caídas de presión máximas admisibles serán las siguientes:

Baterías de calentamiento	40
Baterías de refrigeración en seco	60
Baterías de refrigeración y deshumectación	120
Recuperadores de calor	80 a 120
Atenuadores acústicos	60
Unidades terminales de aire	40
Elementos de difusión de aire	40 a 200
Rejillas de retorno de aire	20
Secciones de filtración	

Pa

Pa

Pa

Pa

Pa

Pa

Pa dependiendo del tipo de difusor

Pa

Menor que la caída de presión admitida por el fabricante, según tipo de filtro

Al ser algunas de las caídas de presión función de las prestaciones del componente, se podrán superar esos valores.

2. Las baterías de refrigeración y deshumectación deben ser diseñadas con una velocidad frontal tal que no origine arrastre de gotas de agua. Se prohíbe el uso de separadores de gotas, salvo en casos especiales que deben justificarse.

IT 1.2.4.2.5 Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos

1. La selección de los equipos de propulsión de los fluidos portadores se realizará de forma que su rendimiento

sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento.

2. Para sistemas de caudal variable, el requisito anterior deberá ser cumplido en las condiciones medias de funcionamiento a lo largo de una temporada.

3. Se justificará, para cada circuito, la potencia específica de los sistemas de bombeo, denominado SFP y definida como la potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado, medida en W/(m³/s).

4. Se indicará la categoría a la que pertenece cada sistema, considerando el ventilador de impulsión y el de retorno, de acuerdo con la siguiente clasificación:

SFP 1 y SFP 2 para sistemas de ventilación y de extracción
SFP 3 y SFP 4 para sistemas de climatización, dependiendo de su complejidad

5. Para los ventiladores, la potencia específica absorbida por cada ventilador de un sistema de climatización, será la indicada en la tabla 2.4.2.7

Tabla 2.4.2.7 Potencia específica de ventiladores

Categoría	Potencia específica W/(m³/s)
SFP 1	$W_{esp} \leq 500$
SFP 2	$500 < W_{esp} \leq 750$
SFP 3	$750 < W_{esp} \leq 1.250$
SFP 4	$1.250 < W_{esp} \leq 2.000$
SFP 5	$W_{esp} > 2.000$

kW	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90
%	76,2	78,5	81,0	82,6	84,2	85,7	87,0	88,4	89,4	90,0	90,5	91,4	92,0	92,5	93,0	93,6	93,9

3. Quedan excluidos los siguientes motores: para ambientes especiales, encapsulados, no ventilados, motores directamente acoplados a bombas, sumergibles, de compresores herméticos y otros.

4. La eficiencia deberá ser medida de acuerdo a la norma UNE-EN 60034-2.

IT 1.2.4.2.7 Redes de tuberías

1. Los trazados de los circuitos de tuberías de los fluidos portadores se diseñarán, en el número y forma que resulte necesario, teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

2. Se conseguirá el equilibrado hidráulico de los circuitos de tuberías durante la fase de diseño empleando válvulas de equilibrado, si fuera necesario.

IT 1.2.4.3 Control

IT 1.2.4.3.1 Control de las instalaciones de climatización

1. Todas las instalaciones térmicas estarán dotadas de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los locales las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.

2. El empleo de controles de tipo todo-nada está limitado a las siguientes aplicaciones:

- límites de seguridad de temperatura y presión,
- regulación de la velocidad de ventiladores de unidades terminales,
- control de la emisión térmica de generadores de instalaciones individuales,
- control de la temperatura de ambientes servidos por aparatos unitarios, siempre que la potencia térmica nominal total del sistema no sea mayor que 70 kW y

6. Para las bombas de circulación de agua en redes de tuberías será suficiente equilibrar el circuito por diseño y, luego, emplear válvulas de equilibrado, si es necesario.

IT 1.2.4.2.6 Eficiencia energética de los motores eléctricos

1. La selección de los motores eléctricos se justificará basándose en criterios de eficiencia energética.

2. En instalaciones térmicas en las que se utilicen motores eléctricos de inducción con jaula de ardilla, trifásicos, protección IP 54 o IP 55, de 2 o 4 polos, de diseño estándar, de 1,1 a 90 kW de potencia, el rendimiento mínimo de dichos motores será el indicado en la tabla 2.4.2.8:

Tabla 2.4.2.8 Rendimiento de motores eléctricos

e) control del funcionamiento de la ventilación de salas de máquinas con ventilación forzada.

3. El rearme automático de los dispositivos de seguridad sólo se permitirá cuando se indique expresamente en estas Instrucciones técnicas.

4. Los sistemas formados por diferentes subsistemas deben disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio cada uno de estos en función del régimen de ocupación, sin que se vea afectado el resto de las instalaciones.

5. Las válvulas de control automático se seleccionarán de manera que, al caudal máximo de proyecto y con la válvula abierta, la pérdida de presión que se producirá en la válvula esté comprendida entre 0,6 y 1,3 veces la pérdida del elemento controlado.

6. La variación de la temperatura del agua en función de las condiciones exteriores se hará en los circuitos secundarios de los generadores de calor de tipo estándar y en el mismo generador en el caso de generadores de baja temperatura y de condensación, hasta el límite fijado por el fabricante.

7. La temperatura del fluido refrigerado a la salida de una central frigorífica de producción instantánea se mantendrá constante, cualquiera que sea la demanda e independientemente de las condiciones exteriores, salvo situaciones que deben estar justificadas.

8. El control de la secuencia de funcionamiento de los generadores de calor o frío se hará siguiendo estos criterios:

- Quando la eficiencia del generador disminuye al disminuir la demanda, los generadores trabajarán en secuencia.

Al disminuir la demanda se modulará la potencia entregada por cada generador (con continuidad o por escalones) hasta alcanzar el valor mínimo permitido y parar una máquina; a continuación, se actuará de la misma manera sobre los otros generadores.

Al aumentar la demanda se actuará de forma inversa.

- b) Cuando la eficiencia del generador aumente al disminuir la demanda, los generadores se mantendrán funcionando en paralelo.

Al disminuir la demanda se modulará la potencia entregada por los generadores (con continuidad o por escalones) hasta alcanzar la eficiencia máxima; a continuación, se modulará la potencia de un generador hasta llegar a su parada y se actuará de la misma manera sobre los otros generadores.

Al aumentar la demanda se actuará de forma inversa.

9. Para el control de la temperatura de condensación de la máquina frigorífica se seguirán los criterios indicados en los apartados 1.2.4.1.3 para máquinas enfriadas por aire y para máquinas enfriadas por agua.

10. Los ventiladores de más de 5 m³/s llevarán incorporado un dispositivo indirecto para la medición y el control del caudal de aire.

IT 1.2.4.3.2 Control de las condiciones termo-higrométricas

1. Los sistemas de climatización, centralizados o individuales, se diseñarán para controlar el ambiente interior desde el punto de vista termo-higrométrico.

2. De acuerdo con la capacidad del sistema de climatización para controlar la temperatura y la humedad relativa de los locales, los sistemas de control de las condiciones termo-higrométricas se clasificarán, a efectos de aplicación de esta IT, en las categorías indicadas de la tabla 2.4.3.1

Tabla 2.4.3.1 Control de las condiciones termohigrométricas

Categoría	Ventilación	Calentamiento	Refrigeración	Humidificación	Deshumidificación
THM-C 0	x	-	-	-	-
THM-C 1	x	x	-	-	-
THM-C 2	x	x	-	x	-
THM-C 3	x	x	x	-	(x)
THM-C 4	x	x	x	x	(x)
THM-C 5	x	x	x	x	x

Notas:

- no influenciado por el sistema
 x controlado por el sistema y garantizado en el local
 (x) afectado por el sistema pero no controlado en el local

3. El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los locales, según las categorías de la tabla 2.4.3.1., es el siguiente:

a) THM-C1

Variación de la temperatura del fluido portador (agua o aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se instalará una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los locales principales de las mismas (sala de estar, comedor, dormitorios, etc.).

b) THM-C2

Como THM-C1, más control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

c) THM-C3

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la

temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

d) THM-C4

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

e) THM-C5

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en los locales.

IT 1.2.4.3.3 Control de la calidad de aire interior en las instalaciones de climatización

1. Los sistemas de ventilación y climatización, centralizados o individuales, se diseñarán para controlar el ambiente interior, desde el punto de vista de la calidad de aire interior.

2. La calidad del aire interior será controlada por uno de los métodos enumerados en la tabla 2.4.3.2

Tabla 2.4.3.2 Control de la calidad del aire interior

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia (encendido de luces, infrarrojos, etc.)
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior (CO ₂ o VOCs)

3. El método IDA-C1 será el utilizado con carácter general.

4. Los métodos IDA-C2, IDA-C3 e IDA-C4 se emplearán en locales no diseñados para ocupación humana permanente.

5. Los métodos IDA-C5 e IDA-C6 se emplearán para locales de gran ocupación, como teatros, cines, salones de actos, recintos para el deporte y similares.

IT 1.2.4.3.4 Control de instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria

El equipamiento mínimo del control de las instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria será el siguiente:

- Control de la temperatura de acumulación;
- Control de la temperatura del agua de la red de tuberías en el punto hidráulicamente más lejano del acumulador;
- Control para efectuar el tratamiento de choque térmico;
- Control de funcionamiento de tipo diferencial en la circulación forzada del primario de las instalaciones de energía solar térmica. Alternativamente al control diferencial se podrán emplear sistemas de control accionados en función de la radiación solar;
- Control de seguridad para los usuarios.

IT 1.2.4.4 Contabilización de consumos

1. Toda instalación térmica que dé servicio a más de un usuario dispondrá de algún sistema que permita el reparto de los gastos correspondientes a cada servicio (calor, frío y agua caliente sanitaria) entre los diferentes usuarios. El sistema previsto, instalado en el tramo de acometida a cada unidad de consumo, permitirá regular y medir los consumos, así como interrumpir los servicios desde el exterior de los locales.

2. Las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal mayor que 70 kW, en régimen de refrigeración o calefacción, dispondrán de dispositivos que permita efectuar la medición y registrar el consumo de combustible y energía eléctrica, de forma separada del consumo debido a otros usos del resto del edificio.

3. Se dispondrán dispositivos para la medición de la energía térmica generada ó demandada en centrales de potencia

térmica nominal mayor que 400 kW, en refrigeración o calefacción. Este dispositivo se podrá emplear también para modular la producción de energía térmica en función de la demanda.

4. Las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal en refrigeración mayor que 400 kW dispondrán de un dispositivo que permita medir y registrar el consumo de energía eléctrica de la central frigorífica (maquinaria frigorífica, torres y bombas de agua refrigerada, esencialmente) de forma diferenciada de la medición del consumo de energía del resto de equipos del sistema de acondicionamiento.

5. Los generadores de calor y de frío de potencia térmica nominal mayor que 70 kW dispondrán de un dispositivo que permita registrar el número de horas de funcionamiento del generador.

6. Las bombas y ventiladores de potencia eléctrica del motor mayor que 20 kW dispondrán de un dispositivo que permita registrar las horas de funcionamiento del equipo.

7. Los compresores frigoríficos de más de 70 kW de potencia térmica nominal dispondrán de un dispositivo que permita registrar el número de arrancadas del mismo.

IT 1.2.4.5 Recuperación de energía

IT 1.2.4.5.1 Enfriamiento gratuito por aire exterior

1. Los subsistemas de climatización del tipo todo aire, de potencia térmica nominal mayor que 70 kW en régimen de refrigeración, dispondrán de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior.

2. En los sistemas de climatización del tipo todo aire es válido el diseño de las secciones de compuertas siguiendo los apartados 6.6 y 6.7 de la norma UNE-EN 13053 y UNE-EN 1751:

- Velocidad frontal máxima en las compuertas de toma y expulsión de aire: 6 m/s
- Eficiencia de temperatura en la sección de mezcla: mayor que el 75 %

3. En los sistemas de climatización de tipo mixto agua-aire, el enfriamiento gratuito se obtendrá mediante agua procedente de torres de refrigeración, preferentemente de circuito cerrado, o, en caso de empleo de máquinas frigoríficas aire-

agua, mediante el empleo de baterías puestas hidráulicamente en serie con el evaporador.

4. En ambos casos, se evaluará la necesidad de reducir la temperatura de congelación del agua mediante el uso de disoluciones de glicol en agua.

IT 1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción

1. En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios me-

cánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado.

2. Sobre el lado del aire de extracción se instalará un aparato de enfriamiento adiabático.

3. Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior (m³/s) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la tabla 2.4.5.1

Tabla 2.4.5.1 Eficiencia de la recuperación

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m³/s)									
	> 0,5...1,5		> 1,5...3,0		> 3,0...6,0		> 6,0...12		> 12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000...4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000...6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

4. En las piscinas climatizadas, la energía térmica contenida en el aire expulsado deberá ser recuperada, con una eficiencia mínima y unas pérdidas máximas de presión iguales a las indicadas en la tabla 2.4.5.1. para más de 6.000 horas anuales de funcionamiento, en función del caudal.

5. Alternativamente al uso del aire exterior, el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente puede lograrse por medio de una bomba de calor, dimensionada específicamente para esta función, que enfríe, deshumedezca y recaliente el mismo aire del ambiente en ciclo cerrado.

IT 1.2.4.5.3 Estratificación

En los locales de gran altura la estratificación se debe estudiar y favorecer durante los períodos de demanda térmica positiva y combatir durante los períodos de demanda térmica negativa.

IT 1.2.4.5.4 Zonificación

1. La zonificación de un sistema de climatización será adoptada a efectos de obtener un elevado bienestar y ahorro de energía.

2. Cada sistema se dividirá en subsistemas, teniendo en cuenta la compartimentación de los espacios interiores, orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

IT 1.2.4.5.5 Ahorro de energía en piscinas

1. La lámina de agua de las piscinas climatizadas deberá estar protegida con barreras térmicas contra las pérdidas de calor del agua por evaporación durante el tiempo en que estén fuera de servicio.

2. La distribución de calor para el calentamiento del agua y la climatización del ambiente de piscinas será independiente de otras instalaciones térmicas.

IT 1.2.4.6 Aprovechamiento de energías renovables

IT 1.2.4.6.1 Contribución solar para la producción de agua caliente sanitaria

1. En los edificios nuevos o sometidos a reforma, con previsión de demanda de agua caliente sanitaria una parte de las necesidades energéticas térmicas derivadas de esa demanda se cubrirá mediante la incorporación en los mismos de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar, adecuada a la radiación global de su emplazamiento y a la demanda total de agua caliente del edificio.

2. Las instalaciones térmicas destinadas a la producción de agua caliente sanitaria cumplirán con la exigencia fijada en la sección HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del Código Técnico de la Edificación, que les afecten.

IT 1.2.4.6.2 Contribución solar para el calentamiento de piscinas cubiertas

1. En las piscinas cubiertas una parte de las necesidades energéticas del calentamiento del agua se cubrirá mediante la incorporación de sistemas de captación, almacenamiento y utilización de energía solar.

2. Las instalaciones térmicas destinadas al calentamiento de piscinas cubiertas cumplirán con la exigencia fijada en la sección HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del Código Técnico de la Edificación, que les afecten.

IT 1.2.4.6.3 Contribución solar mínima para el calentamiento de piscinas al aire libre

1. Para el calentamiento del agua de piscinas al aire libre sólo podrán utilizarse fuentes de energía renovables, como la energía solar, o residuales. No puede utilizarse energía convencional para el calentamiento de piscinas al aire libre.

2. Las instalaciones térmicas destinadas al calentamiento de piscinas al aire libre cumplirán con la exigencia fijada en la sección HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del Código Técnico de la Edificación, que les afecten, en el caso de estar dotadas de instalación solar térmica.

IT 1.2.4.6.4 Climatización de espacios abiertos

La climatización de espacios abiertos sólo podrá realizarse mediante la utilización de energías renovables o residuales. No podrá utilizarse energía convencional para la generación de calor y frío destinado a la climatización de estos espacios.

IT 1.2.4.7 Limitación de la utilización de energía convencional

IT 1.2.4.7.1 Limitación de la utilización de energía convencional para la producción de calefacción

La utilización de energía eléctrica directa por "efecto Joule" para la producción de calefacción, en instalaciones centralizadas solo estará permitida en:

- Las instalaciones con bomba de calor, cuando la relación entre la potencia eléctrica en resistencias de apoyo y la potencia eléctrica en bornes del motor del compresor, sea igual o inferior a 1,2.
- Los locales servidos por instalaciones que, usando fuentes de energía renovable o energía residual, empleen la energía eléctrica como fuente auxiliar de apoyo, siempre que el grado de cobertura de las necesidades energéticas anuales por parte de la fuente de energía renovable o energía residual sea mayor que dos tercios.
- Los locales servidos con instalaciones de generación de calor mediante sistemas de acumulación térmica, siempre que la capacidad de acumulación sea suficiente para captar y retener durante las horas de suministro eléctrico tipo "valle", definidas para la tarifa eléctrica regulada, la demanda térmica total diaria prevista en proyecto, debiéndose justificar en su memoria el número de horas al día de cobertura de dicha demanda por el sistema de acumulación sin necesidad de acoplar su generador de calor a la red de suministro eléctrico.

IT 1.2.4.7.2 Locales sin climatización

Los locales no habitables no deben climatizarse, salvo cuando se empleen fuentes de energía renovables o energía residual.

IT 1.2.4.7.3 Acción simultánea de fluidos con temperatura opuesta

1. No se permite el mantenimiento de las condiciones termo-higrométricas de los locales mediante:

- procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento;
- la acción simultánea de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos;

2. Se exceptúa de la prohibición anterior, siempre que se justifique la solución adoptada, en los siguientes casos, cuando:

- se realice por una fuente de energía gratuita o sea recuperado del condensador de un equipo frigorífico;
- sea imperativo el mantenimiento de la humedad relativa dentro de intervalos muy estrechos;
- se necesite mantener los locales acondicionados con presión positiva con respecto a los locales adyacentes;
- se necesite simultanear las entradas de caudales de aire de temperaturas antagonistas para mantener el caudal mínimo de aire de ventilación;
- la mezcla de aire tenga lugar en dos zonas diferentes del mismo ambiente.

IT 1.2.4.7.4 Limitación del consumo de combustibles sólidos de origen fósil.

Queda prohibida la utilización de combustibles sólidos de origen fósil en las instalaciones térmicas de los edificios en el ámbito de aplicación de este reglamento a partir del 1 de enero de 2012.

IT 1.3 EXIGENCIA DE SEGURIDAD

IT 1.3.1 Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de esta sección es el que se establece con carácter general para el RITE, en su artículo 2, con las limitaciones que se fijan en este apartado.

IT 1.3.2 Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionado de la instalación térmica debe seguirse la secuencia de verificaciones siguiente:

- Cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.
- Cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.
- Cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.
- Cumplimiento de la exigencia de seguridad de utilización del apartado 3.4.4.

IT 1.3.3 Documentación justificativa

El proyecto o memoria técnica contendrá la siguiente documentación justificativa del cumplimiento de esta exigencia de seguridad:

- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.
- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.

- d) Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad de utilización del apartado 3.4.4.

IT 1.3.4 Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad

IT 1.3.4.1 Generación de calor y frío

IT 1.3.4.1.1 Condiciones Generales

1. Los generadores de calor que utilizan combustibles gaseosos, incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1428/1992 de 27 de noviembre, tendrán la certificación de conformidad según lo establecido en dicho real decreto.
2. Los generadores de calor estarán equipados de un interruptor de flujo, salvo que el fabricante especifique que no requieren circulación mínima.
3. Los generadores de calor con combustibles que no sean gases dispondrán de:
 - a) un dispositivo de interrupción de funcionamiento del quemador en caso de retroceso de los productos de la combustión;
 - b) un dispositivo de interrupción de funcionamiento del quemador que impida que se alcancen temperaturas mayores que las de diseño, que será de rearme manual.
4. Los generadores de calor que utilicen biocombustible sólido tendrán:
 - a) un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión en caso de retroceso de los productos de la combustión o de llama. Deberá incluirse un sistema que evite la propagación del retroceso de la llama hasta el silo de almacenamiento que puede ser de inundación del alimentador de la caldera o dispositivo similar, o garantice la depresión en la zona de combustión;
 - b) un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión que impida que se alcancen temperaturas mayores que las de diseño, que será de rearme manual;
 - c) un sistema de eliminación del calor residual producido en la caldera como consecuencia del biocombustible ya introducido en la misma cuando se interrumpa el funcionamiento del sistema de combustión. Son válidos a estos efectos un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua en la caldera alcanza los 100 °C o un intercambiador de calor de seguridad;
 - d) una válvula de seguridad tarada a 1 bar por encima de la presión de trabajo del generador. Esta válvula en su zona de descarga deberá estar conducida hasta sumidero.
5. Los generadores de calor por radiación, aparatos de generación de aire caliente y equipos de absorción de llama directa, así como cualquier otro generador que utilice

combustibles gaseosos y esté incluido en el Real Decreto 1428/1992, de 27 de noviembre, deben cumplir con la reglamentación prevista en dicho real decreto. La evacuación de los productos de la combustión y la ventilación de los locales donde se instalen estos equipos cumplirán con los requisitos de la reglamentación de seguridad industrial vigente.

6. La instalación en espacios habitables de generadores de calor de hogar abierto para calefacción o preparación de agua caliente sanitaria, solo podrá realizarse si se cumple la reglamentación de seguridad Industrial vigente y además aquellos cuyo combustible sea el gas lo establecido en el Real Decreto 1428/1992 sobre aparatos de gas

7. En espacios destinados a almacenes, talleres, naves industriales u otros recintos especiales, podrán ser utilizados equipos de generación de calor de hogar abierto, o que viertan los productos de la combustión al local a calentar, siempre que se justifique que la calidad del aire del recinto no se vea afectada negativamente, indicándose las medidas de seguridad adoptadas para tal fin.

8. Los generadores de agua refrigerada tendrán, a la salida de cada evaporador, un presostato diferencial o un interruptor de flujo enclavado eléctricamente con el arrancador del compresor.

IT 1.3.4.1.2 Salas de máquinas

IT 1.3.4.1.2.1 Ámbito de aplicación

1. Se considera sala de máquinas al local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 70 kW. Los locales anexos a la sala de máquinas que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior a través de la misma sala se consideran parte de la misma.
2. No tienen consideración de sala de máquinas los locales en los que se sitúen generadores de calor con potencia térmica nominal menor o igual que 70 kW o los equipos autónomos de climatización de cualquier potencia, tanto en generación de calor como de frío, para tratamiento de aire o agua, preparados en fábrica para instalar en exteriores. Tampoco tendrán la consideración de sala de máquinas los locales con calefacción mediante generadores de aire caliente, tubos radiantes a gas, o sistemas similares; si bien en los mismos se deberán tener en consideración los requisitos de ventilación fijados en la norma UNE EN 13.410.
3. Las salas de máquinas para centrales de producción de frío cumplirán con lo dispuesto en la reglamentación vigente que les sea de aplicación.
4. Las exigencias de este apartado deberán considerarse como mínimas, debiendo cumplirse, además, con la legislación de seguridad vigente que les afecte.

IT 1.3.4.1.2.2 Características comunes de los locales destinados a sala de máquinas

Los locales que tengan la consideración de salas de máquinas deben cumplir las siguientes prescripciones, además de

las establecidas en la sección SI-1 del Código Técnico de la Edificación:

- a) no se debe practicar el acceso normal a la sala de máquinas a través de una abertura en el suelo o techo;
- b) las puertas tendrán una permeabilidad no mayor a $1 \text{ l/(s·m}^2\text{)}$ bajo una presión diferencial de 100 Pa, salvo cuando estén en contacto directo con el exterior;
- c) las dimensiones de la puerta de acceso serán las suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- d) las puertas deben estar provistas de cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- e) en el exterior de la puerta se colocará un cartel con la inscripción: "Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio".
- f) no se permitirá ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados;
- g) los elementos de cerramiento de la sala no permitirán filtraciones de humedad;
- h) la sala dispondrá de un eficaz sistema de desagüe por gravedad o, en caso necesario, por bombeo;
- i) el cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general estará situado en las proximidades de la puerta principal de acceso. Este interruptor no podrá cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala;
- j) el interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, si existe, también se situará en las proximidades de la puerta principal de acceso;
- k) el nivel de iluminación medio en servicio de la sala de máquinas será suficiente para realizar los trabajos de conducción e inspección, como mínimo, de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5;
- l) no podrán ser utilizados para otros fines, ni podrán realizarse en ellas trabajos ajenos a los propios de la instalación;
- m) los motores y sus transmisiones deberán estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal;
- n) entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas deben dejarse los pasos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de partes de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa;
- o) la conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible.
- p) en el interior de la sala de máquinas figurarán, visibles y debidamente protegidas, las indicaciones siguientes:
 - ii. el nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación;
 - iii. la dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable del edificio;
 - iv. indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos;
 - v. Plano con esquema de principio de la instalación.

IT.1.3.4.1.2.3 Salas de máquinas con generadores de calor a gas

1. Las salas de máquinas con generadores de calor a gas se situarán en un nivel igual o superior al semisótano o primer sótano; para gases más ligeros que el aire, se ubicarán preferentemente en cubierta.

2. Los cerramientos (paredes y techos exteriores) del recinto deben tener un elemento o disposición constructiva de superficie mínima que, en metros cuadrados, sea la centésima parte del volumen del local expresado en metros cúbicos, con un mínimo de un metro cuadrado, de baja resistencia mecánica, en comunicación directa a una zona exterior o patio descubierto de dimensiones mínimas $2 \times 2 \text{ m}$.

3. La sección de ventilación y/o la puerta directa al exterior pueden ser una parte de esta superficie. Si la superficie de baja resistencia mecánica se fragmenta en varias, se debe aumentar un 10 % la superficie exigible en la norma con un mínimo de 250 cm^2 por división. Las salas de máquinas que no comuniquen directamente con el exterior o con un patio de ventilación de dimensiones mínimas, lo pueden realizar a través de un conducto de sección mínima equivalente a la del elemento o disposición constructiva anteriormente definido y cuya relación entre lado mayor y lado menor sea menor que 3. Dicho conducto discurrirá en sentido ascendente sin aberturas en su recorrido y con desembocadura libre de obstáculos.

Las superficies de baja resistencia mecánica no deben practicarse a patios que contengan escaleras o ascensores (no se consideraran como patio con ascensor los que tengan exclusivamente el contrapeso del ascensor).

4. En las salas de máquinas con generadores de calor a gas se instalará un sistema de detección de fugas y corte de gas. Se instalará un detector por cada 25 m^2 de superficie de la sala, con un mínimo de dos, ubicándolos en las proximidades de los generadores alimentados con gas. Para gases combustibles más densos que el aire los detectores se instalarán a una altura máxima de 0,2 m del suelo de la sala, y para gases menos densos que el aire los detectores se instalarán a una distancia menor de 0,5 m del techo de la sala.

5. Los detectores de fugas de gas deberán actuar antes de que se alcance el 50 % del límite inferior de explosividad del gas combustible utilizado, activando el sistema de corte de suministro de gas a la sala y, para salas con ventilación mecánica, activando el sistema de extracción. Deben ser conformes con las normas UNE-EN 50194, UNE-EN 50244, UNE-EN 61779-1 y UNE-EN 61779-4.

6. El sistema de corte de suministro de gas consistirá en una válvula de corte automática del tipo todo-nada instalada en la línea de alimentación de gas a la sala de máquinas y ubicada en el exterior de la sala. Será de tipo cerrada, es decir, cortará el paso de gas en caso de fallo del suministro de su energía de accionamiento.

7. En caso de que el sistema de detección haya sido activado por cualquier causa, la reposición del suministro de gas será siempre manual.

8. En los demás requisitos exigibles a las salas de máquinas con generadores de calor a gas se estará en lo dispuesto en la norma UNE 60601.

9. Los equipos de llama directa para refrigeración por absorción, así como los equipos de cogeneración, que utilicen combustibles gaseosos, siempre que su potencia útil nominal conjunta sea superior a 70 kW, deberán instalarse en salas de máquinas ó integrarse como equipos autónomos de conformidad con los requisitos recogidos en la norma UNE 60601.

IT.1.3.4.1.2.4 Sala de máquinas de riesgo alto

Las instalaciones que requieren sala de máquinas de riesgo alto son aquellas que cumplen una cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) las realizadas en edificios institucionales o de pública concurrencia;
- b) las que trabajen con agua a temperatura superior a 110 °C.

Además de los requisitos generales exigidos en los apartados anteriores para cualquier sala de máquinas, en una sala de máquinas de riesgo alto el cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general y el interruptor del sistema de ventilación deben situarse fuera de la misma y en la proximidad de uno de los accesos.

IT.1.3.4.1.2.5 Equipos autónomos de generación de calor

1. Los equipos autónomos de generación de calor se deben instalar en el exterior de los edificios, a la intemperie, en zonas no transitadas por el uso habitual del edificio, salvo por personal especializado de mantenimiento de estos u otros equipos, en plantas al nivel de calle o en terreno colindante, en azoteas o terrazas.

2. En el caso de que se sitúe en zonas de tránsito se debe dejar una franja libre alrededor del equipo que garantice el mantenimiento del mismo, con un mínimo de 1 metro, delimitada por medio de elementos que impidan el acceso a la misma a personal no autorizado. Aquellos equipos autónomos de generación de calor que no tengan ningún tipo de registro en su parte posterior y el fabricante autorice su instalación adosada a un muro, deben respetar la franja mínima de 1 m exclusivamente en sus partes frontal y lateral.

3. Cuando el equipo autónomo se alimente de gases más densos que el aire, no debe existir comunicación con niveles inferiores (desagües, sumideros, conductos de ventilación a ras del suelo... etc.), en la zona de influencia del equipo (1 m alrededor del mismo).

4. En el caso de instalación sobre forjado, se debe verificar que las cargas de peso no excedan los valores soportados por el forjado, emplazando el equipo sobre viguetas apoyadas sobre muros o pilares de carga cuando sea necesario.

IT.1.3.4.1.2.6 Dimensiones de las salas de máquinas

1. Las instalaciones térmicas deberán ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que puedan realizarse adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción.

2. La altura mínima de la sala será de 2,50 m; respetándose una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m.

3. Los espacios mínimos libres que deben dejarse alrededor de los generadores de calor, según el tipo de caldera, serán los que se señalan a continuación, o los que indique el fabricante, cuando sus exigencias superen las mínimas anteriores:

- a) Calderas con quemador de combustión forzada.

Para estas calderas el espacio mínimo será de 0,5 m entre uno de los laterales de la caldera y la pared permitiendo la apertura total de la puerta sin necesidad de desmontar el quemador, y de 0,7 m entre el fondo de la caja de humos y la pared de la sala.

Cuando existan varias calderas, la distancia mínima entre ellas será de 0,5 m, siempre permitiendo la apertura de las puertas de las calderas sin necesidad de desmontar los quemadores.

El espacio libre en la parte frontal será igual a la profundidad de la caldera, con un mínimo de un metro; en esta zona se respetará una altura mínima libre de obstáculos de 2 m.

- b) Calderas Atmosféricas.

El espacio libre en el frente de la caldera será como mínimo de 1 m, con una altura mínima de 2 m libre de obstáculos.

Entre calderas, así como las calderas extremas y los muros laterales y de fondo, debe existir un espacio libre de al menos 0,5 m que podrá disminuirse en los modelos en que el mantenimiento de las calderas y su aislamiento térmico lo permita. Deben tenerse en cuenta las recomendaciones del fabricante.

En el caso de que las calderas a instalar sean del tipo mural y/o modular formando una batería de calderas o cuando las paredes laterales de las calderas a instalar no precisen acceso, puede reducirse la distancia entre ellas, teniendo en cuenta el espacio preciso para poder efectuar las operaciones de desmontaje de la envolvente y del mantenimiento de las mismas.

Con calderas de combustibles sólidos, la distancia entre éstas y la chimenea será igual, al menos, al tamaño de la caldera.

Las calderas de combustibles sólidos en las que sea necesaria la accesibilidad al hogar, para carga o reparto del combustible, tendrán un espacio libre frontal igual, por lo menos, a vez y media la profundidad de la caldera.

Las calderas de biocombustibles sólidos en las que la retirada de cenizas sea manual, tendrán un espacio libre frontal igual, por lo menos, a vez y media la profundidad de la caldera.

IT 1.3.4.1.2.7 Ventilación de salas de máquinas

1. Generalidades

1.1 Toda sala de máquinas cerrada debe disponer de medios suficientes de ventilación.

1.2 El sistema de ventilación podrá ser del tipo: natural directa por orificios o conductos, o forzada.

1.3 Se recomienda adoptar, para mayor garantía de funcionamiento, el sistema de ventilación directa por orificios.

1.4 En cualquier caso, se intentará lograr, siempre que sea posible, una ventilación cruzada, colocando las aberturas sobre paredes opuestas de la sala y en las cercanías del techo y del suelo.

1.5 Los orificios de ventilación, tanto directa como forzada, distarán al menos 50 cm de cualquier hueco practicable o rejillas de ventilación de otros locales distintos de la sala de máquinas. Las aberturas estarán protegidas para evitar la entrada de cuerpos extraños y que no puedan ser obstruidos o inundados.

2. Ventilación natural directa por orificios

2.1 La ventilación natural directa al exterior puede realizarse, para las salas contiguas a zonas al aire libre, mediante aberturas de área libre mínima de 5 cm²/kW de potencia térmica nominal.

2.2 Se recomienda practicar más de una abertura y colocarlas en diferentes fachadas y a distintas alturas, de manera que se creen corrientes de aire que favorezcan el barrido de la sala.

2.3 Para combustibles gaseosos el orificio para entrada de aire se situará obligatoriamente con su parte superior a menos de 50 cm del suelo; la ventilación se complementará con un orificio, con su lado inferior a menos de 30 cm del techo, este último de superficie $10 \cdot A$ (cm²), siendo A la superficie de la sala de máquinas en m².

3. Ventilación natural directa por conducto

3.1 Cuando la sala no sea contigua a zona al aire libre, pero pueda comunicarse con ésta por medio de conductos de menos de 10 m de recorrido horizontal, la sección libre mínima de éstos, referida a la potencia térmica nominal instalada, será:

conductos verticales: 7,5 cm²/kW

conductos horizontales: 10 cm²/kW

3.2 Las secciones indicadas se dividirán en dos aberturas, por lo menos, una situada cerca del techo y otra cerca del suelo y, a ser posible, sobre paredes opuestas.

3.3 Para combustibles gaseosos el conducto de ventilación inferior desembocará a menos de 50 cm del suelo; en el caso de gases mas pesados que el aire el conducto será obligatoriamente ascendente; el conducto de ventilación superior será siempre ascendente.

4. Ventilación forzada

4.1 En la ventilación, se dispondrá de un ventilador de impulsión, soplando en la parte inferior de la sala, que asegure un caudal mínimo, en m³/h de $1,8 \cdot PN + 10 \cdot A$, siendo PN la potencia térmica nominal instalada, en kW y A la superficie de la sala en m².

4.2 El ventilador estará enclavado eléctricamente con los quemadores, de manera que entre en funcionamiento cuando al menos uno de los quemadores funcione y pare cuando todos los quemadores estén parados.

4.3 Para disminuir la presurización de la sala con respecto a los locales contiguos, se dispondrá de un conducto de evacuación del aire de exceso, situado a menos de 30 cm del techo y en lado opuesto de la ventilación inferior de manera que se garantice una ventilación cruzada, construido con material incombustible y dimensionado de manera que la sobre-presión no sea mayor que 20 Pa; las dimensiones mínimas de dicho conducto serán $10 \cdot A$ (cm²), siendo A la superficie en m² de la sala de máquinas, con un mínimo de 250 cm².

4.4 Las pautas del funcionamiento del sistema de ventilación forzada serán las siguientes:

Encendido:

- Arrancar el ventilador.
- Mediante un detector de flujo o un presostato debe activarse un relé temporizado que garantice el funcionamiento del sistema de ventilación antes de dar la señal de encendido a la caldera.
- Arrancar el generador de calor.

Apagado:

- Parar el generador de calor.
- Sólo cuando todas las calderas de la sala estén paradas debe desactivarse el relé mencionado anteriormente y parar el ventilador.

5. Sistema de extracción para gases más pesados que el aire

5.1 En las salas de máquinas con calderas que utilicen gases más pesados que el aire, en las que no se pueda lograr un conducto inferior para evacuación de fugas de gas al exterior se instalará un sistema de extracción de aire activado por el sistema de detección de fugas.

5.2 El equipo de extracción debe estar compuesto de un extractor de aire de tipo centrífugo instalado en el exterior del recinto, en el caso que no pueda instalarse en el exterior del local, puede ser ubicado en el interior lo más próximo al punto de penetración del conducto de extracción en la sala de máquinas. El conjunto carcasa-rodete debe estar fabricado con materiales que no produzcan chispas mecánicas y debe estar accionado por un motor eléctrico externo al conjunto, con envolvente IP-33.

5.3 Conductos de extracción: el extractor debe ser conectado a una red de conductos con bocas de aspiración dispuestas en las proximidades de los posibles puntos de fuga de gas coincidiendo, por lo general, con la situación de los detectores. La altura de las mencionadas bocas debe ser la misma que la indicada para los detectores en el apartado cuatro de la IT 1.3.4.1.2.3. El número mínimo de bocas de aspiración debe ser igual al número de detectores.

5.4 Caudal de extracción: el caudal de extracción mínimo, expresado en m^3/h , se calcula mediante la expresión: $Q = 10 \cdot A$, donde A es la superficie en planta de la sala de máquinas, expresada en m^2 . En todos los casos debe garantizarse un caudal mínimo de $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.5 Funcionamiento del sistema: el conjunto de extracción debe funcionar cuando el equipo de detección esté activado y permanecerá en funcionamiento hasta que se restablezcan las condiciones normales de operación.

IT 1.3.4.1.2.8 Medidas específicas para edificación existente

Para las salas de máquinas en edificios existentes se consideran válidos los mismos criterios detallados en los apartados anteriores, si bien cuando ello no sea posible se admiten las siguientes excepciones:

1. Dimensiones

Las dimensiones indicadas en la IT 1.3.4.1.2.2 y en la IT 1.3.4.1.2.3, podrán modificarse de manera justificada, siempre que se garantice el mantenimiento de los equipos instalados; en el caso concreto de las calderas se deberá incluir la documentación aportada por el fabricante de las mismas, en la cual se detalle el mencionado aspecto.

2. Patio de ventilación

En edificios ya construidos, dicho patio podrá tener una superficie mínima en planta de 3 m^2 y la dimensión del lado menor será como mínimo de 1 m.

3. Salas de máquinas con calderas a gas en las que no se logre la superficie no resistente

En las reformas de las salas de máquinas en edificios existentes con calderas de gas, en las que no sea posible lograr la superficie no resistente al exterior, o a patio de ventilación, se realizará una ventilación forzada y se instalará un sistema de detección y corte de fugas de gas.

4. Emplazamiento

No está permitida la ubicación de salas máquinas con calderas a gas en niveles inferiores a semisótano o primer sótano; en las reformas de salas por debajo de ese nivel se deberá habilitar un nuevo local para las calderas.

5. Ventilación superior

En las reformas de las salas de máquinas en edificios existentes con calderas de gas, si existiera una viga o cualquier otro obstáculo constructivo que impidiera la colocación de la rejilla superior de ventilación según lo descrito en el apartado 2.3 de la IT 1.3.4.1.2.7, se podrá colocar ésta más baja siem-

pre que su parte superior se encuentre a menos de 30 cm del techo y su parte inferior se encuentre a menos de 50 cm del mismo techo.

IT 1.3.4.1.3 Chimeneas

IT 1.3.4.1.3.1 Evacuación de los productos de la combustión

La evacuación de los productos de la combustión en las instalaciones térmicas se realizará de acuerdo con las siguientes normas generales:

- Los edificios de viviendas de nueva construcción en los que no se prevea una instalación térmica central ni individual, dispondrán de una preinstalación para la evacuación individualizada de los productos de la combustión, mediante un conducto conforme con la normativa europea, que desemboque por cubierta y que permita conectar en su caso calderas de cámara de combustión estanca tipo C, según la norma UNE-CEN/TR 1749 IN.
- En los edificios de nueva construcción en los que se prevea una instalación térmica, la evacuación de los productos de la combustión del generador se realizará por un conducto por la cubierta del edificio, en el caso de instalación centralizada, o mediante un conducto igual al previsto en el apartado anterior, en el caso de instalación individualizada.
- En las instalaciones térmicas que se reformen cambiando sus generadores y que ya dispongan de un conducto de evacuación a cubierta, este será el empleado para la evacuación, siempre que sea adecuado al nuevo generador objeto de la reforma y de conformidad con las condiciones establecidas en la reglamentación vigente.
- En las instalaciones térmicas existentes que se reformen cambiando sus generadores que no dispongan de conducto de evacuación a cubierta o éste no sea adecuado al nuevo generador objeto de la reforma, la evacuación se realizará por la cubierta del edificio mediante un nuevo conducto adecuado.

Como excepción a los anteriores casos generales anteriores se permitirá siempre que los generadores utilicen combustibles gaseosos, la salida directa de estos productos al exterior con conductos por fachada o patio de ventilación, únicamente, cuando se trate de aparatos estancos de potencia útil nominal igual o inferior a 70 kW ó de aparatos de tiro natural para la producción de agua caliente sanitaria de potencia útil igual o inferior a $24,4 \text{ kW}$, en los siguientes casos:

- En las instalaciones térmicas de viviendas unifamiliares
- En las instalaciones térmicas de edificios existentes que se reformen, con las circunstancias mencionadas en el apartado d), cuando se instalen calderas individuales con emisiones de NOx de clase 5.

IT 1.3.4.1.3.2 Diseño y dimensionado de chimeneas

- Queda prohibida la unificación del uso de los conductos de evacuación de los productos de la combustión con otras instalaciones de evacuación.

2. Cada generador de calor de potencia térmica nominal mayor que 400 kW tendrá su propio conducto de evacuación de los productos de la combustión.

3. Los generadores de calor de potencia térmica nominal igual o menor que 400 kW, que tengan la misma configuración para la evacuación de los productos de la combustión, podrán tener el conducto de evacuación común a varios generadores, siempre y cuando la suma de la potencia sea igual o menor a 400 kW. Para generadores atmosféricos, instalados en cascada, el ramal auxiliar, antes de su conexión al conducto común, tendrá un tramo vertical ascendente de altura igual o mayor que 0,2 m.

4. En ningún caso se podrán conectar a un mismo conducto de humos generadores que empleen combustibles diferentes.

5. Es válido el dimensionado de las chimeneas de acuerdo a lo indicado en las normas UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 ó UNE 123001, según el caso.

6. En el dimensionado se analizará el comportamiento de la chimenea en las diferentes condiciones de carga; además, si el generador de calor funciona a lo largo de todo el año, se comprobará su funcionamiento en las condiciones extremas de invierno y verano.

7. El tramo horizontal del sistema de evacuación, con pendiente hacia el generador de calor, será lo más corto posible.

8. Se dispondrá un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.

9. La chimenea será de material resistente a la acción agresiva de los productos de la combustión y a la temperatura, con la estanquidad adecuada al tipo de generador empleado. En el caso de chimeneas metálicas la designación según la norma UNE-EN 1856-1 o UNE-EN 1856-2 de la chimenea elegida en cada caso y para cada aplicación será de acuerdo a lo establecido en la norma UNE 123001.

10. Para la evacuación de los productos de la combustión de calderas que incorporan extractor, la sección de la chimenea, su material y longitud serán los certificados por el fabricante de la caldera. El sistema de evacuación de estas calderas tendrá el certificado CE conjuntamente con la caldera y podrá ser de pared simple, siempre que quede fuera del alcance de las personas, y podrá estar construido con tubos de materiales plásticos, rígidos o flexibles, que sean resistentes a la temperatura de los productos de la combustión y a la acción agresiva del condensado. Se cuidarán con particular esmero las juntas de estanquidad del sistema, por quedar en sobrepresión con respecto al ambiente.

11. En ningún caso el diseño de la terminación de la chimenea obstaculizará la libre difusión en la atmósfera de los productos de la combustión.

IT 1.3.4.1.3.3 Evacuación por conducto con salida directa al exterior o a patio de ventilación

1. Condiciones de aplicación

Los sistemas de evacuación recogidos en esta IT serán exclusivamente utilizados para los casos excepcionales in-

dicados en el apartado d) de la IT 1.3.4.1.3.1. Evacuación de productos de combustión.

2. Características de los patios de ventilación

1. Los patios de ventilación para la evacuación de productos de combustión de aparatos conducidos en edificios existentes, deben tener como mínimo una superficie en planta, medida en m², igual a 0,5 x NT, con un mínimo de 4 m², siendo NT el número total de locales que puedan contener aparatos conducidos que desemboquen en el patio.

2. Además, si el patio esta cubierto en su parte superior con un techado, este debe dejar libre una superficie permanente de comunicación con el exterior del 25 % de su sección en planta, con un mínimo de 4 m²

3. Aparatos de tipo estanco

1. Características de los tubos de evacuación. En el caso de aparatos de tipo estanco, el sistema de evacuación de los productos de combustión y admisión del aire debe ser el diseñado por el fabricante para el aparato. Con carácter general, el extremo final del tubo debe estar diseñado de manera que se favorezca la salida frontal (tipo cañón) a la mayor distancia horizontal posible de los productos de combustión. Cuando no se puedan cumplir las distancias mínimas a una pared frontal, se pueden utilizar en el extremo deflectores desviadores del flujo de los productos de la combustión.

2. Características de la instalación. La proyección perpendicular del conducto de salida de los productos de la combustión sobre los planos en que se encuentran los orificios de ventilación y la parte practicable de los marcos de ventanas debe distar 40 cm como mínimo de éstos, salvo cuando dicha salida se efectúe por encima, en que no es necesario guardar tal distancia mínima. Se pueden utilizar desviadores laterales de los productos de la combustión cuando no pueda respetarse la distancia mínima de 40 cm.

Dependiendo del tipo de fachada y del tipo de salida (concéntrica o de conductos independientes) se distinguen los siguientes casos:

a) A través de fachada, celosía o similar.

a1) Tubo concéntrico (interior salida productos de la combustión, exterior toma de aire para combustión). El tubo debe sobresalir ligeramente del muro en la zona exterior hasta un máximo de 3 cm para el tubo exterior.

a2) Tubo de conductos independientes (un tubo para entrada de aire y otro para salida de los productos de la combustión). Tanto el tubo para salida de los productos de la combustión como el tubo para entrada de aire puede sobresalir como máximo 3 cm de la superficie de la fachada.

En ambos casos, se pueden colocar rejillas en los extremos diseñadas por el fabricante.

b) A través de la superficie de fachada perteneciente al ámbito de una terraza, balcón o galería techados y abiertos al exterior. En este caso, caben dos posibilidades:

b1) El eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentra a una distancia igual o inferior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, medidos perpendicularmente.

En esta situación, dicho tubo se debe prolongar hacia el límite del techo de la terraza, balcón o galería de forma que entre el mismo y el extremo del tubo se guarde una distancia máxima de 10 cm, prevaleciendo las indicaciones que el fabricante facilite al respecto.

b2) El eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentra a una distancia superior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, medidos perpendicularmente. En esta situación, el extremo de dicho tubo no debe sobresalir de la pared que atraviesa más de 10 cm, prevaleciendo las indicaciones que el fabricante facilite al respecto.

c) A través de fachada, celosía o similar, existiendo una cornisa o balcón en cota superior a la de salida de los productos de la combustión. Se debe seguir el mismo criterio que en el caso b), siendo el límite a considerar el de la cornisa o balcón.

d) Aparato situado en el exterior, en una terraza, balcón o galería abiertos y techados. De forma general se debe seguir el mismo criterio que en los casos b) y c), con la salvedad de que cuando el eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentre a una distancia superior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, la longitud del tubo de salida de los productos de la combustión debe ser la mínima indicada por el fabricante.

Si en los casos b) o d) la terraza, balcón o galería fuese cerrada con sistema permanente, con posterioridad a la instalación del aparato, los tubos de salida de los productos de la combustión se deben prolongar para atravesar el cerramiento siguiendo los mismos criterios que a través de muro o celosía indicados en el caso a).

En cualquiera de los casos anteriores, y de forma general, cuando la salida de los productos de la combustión se realice directamente al exterior a través de una pared, el eje del conducto de evacuación de los productos de la combustión se debe situar, como mínimo, a 2,20 m del nivel del suelo más próximo con tránsito o permanencia de personas, medidos en sentido vertical. Se exceptúan de este requisito, las salidas de productos de la combustión de los radiadores murales de tipo ventosa de potencia inferior a 4,2 kW, siempre y cuando estén protegidas adecuadamente para evitar el contacto directo.

Entre dos salidas de productos de la combustión situadas al mismo nivel, se debe mantener una distancia mínima de 60 cm. La distancia mínima se puede reducir a 30 cm si se emplean deflectores divergentes indicados por el fabricante o cualquier otro método que utilizando los medios suministrados por el fabricante garantice que las dos salidas sean divergentes.

La salida de productos de la combustión debe distar al menos 1 m de pared lateral con ventanas o huecos de ventilación, o 30 cm de pared lateral sin ventanas o huecos de ventilación.

La salida de productos de la combustión debe distar al menos 3 m de pared frontal con ventana o huecos de ventilación, o de 2 m de pared frontal sin ventanas o huecos de ventilación.

Además se tendrá en cuenta lo indicado en el apartado 8.5 de la Norma UNE 60670-6 referente a requisitos adicionales de los conductos de evacuación.

IT.1.3.4.1.4 Almacenamiento de biocombustibles sólidos

1. Las instalaciones alimentadas con biocombustibles sólidos deben incluir un lugar de almacenamiento dentro o fuera del edificio, destinado exclusivamente para este uso.

2. Cuando el almacenamiento esté situado fuera del edificio podrá construirse en superficie o subterráneo, pudiendo utilizarse también contenedores específicos de biocombustible, debiendo prever un sistema adecuado de transporte.

3. En edificios nuevos la capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir el consumo de dos semanas.

4. Se debe prever un procedimiento de vaciado del almacenamiento de biocombustible para el caso de que sea necesario, para la realización de trabajos de mantenimiento o reparación o en situaciones de riesgo de incendio.

5. En edificios nuevos el almacenamiento de biocombustible sólido y la sala de máquinas deben encontrarse situados en locales distintos y con las aperturas para el transporte desde el almacenamiento a los generadores de calor dotadas con los elementos adecuados para evitar la propagación de incendios de una a otra.

6. En instalaciones térmicas existentes que se reformen, en donde no pueda realizarse una división en dos locales distintos, el depósito de almacenamiento estará situado a una distancia de la caldera superior a 0,7 m y deberá existir entre el generador de calor y el almacenamiento una pared con resistencia ante el fuego de acuerdo con la reglamentación vigente de protección contra incendios.

7. Las paredes, suelo y techo del almacenamiento no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso necesario.

8. Las paredes y puertas del almacén deben ser capaces de soportar la presión del biocombustible. Así mismo, la resistencia al fuego de los elementos delimitadores y estructurales del almacenamiento de biocombustible será la que determine la reglamentación de protección contra incendios vigente.

9. No están permitidas las instalaciones eléctricas dentro del almacén.

10. Cuando se utilice un sistema neumático para el transporte de la biomasa, éste deberá contar con una toma de tierra.

11. Cuando se utilicen sistemas neumáticos de llenado del almacenamiento debe:

- a) instalarse en la zona de impacto un sistema de protección de la pared contra la abrasión derivada del golpeteo de los biocombustibles y para evitar su desintegración por impacto;
- b) diseñarse dos aberturas, una de conexión a la manguera de llenado y otra de salida de aire para evitar sobrepresiones y para permitir la aspiración del polvo impulsado durante la operación de llenado. Podrán utilizarse soluciones distintas a la expuesta de

acuerdo con las circunstancias específicas, siempre que sean debidamente justificadas.

12. Cuando se utilicen sistemas de llenado del almacenamiento mediante descarga directa a través de compuertas a nivel del suelo, estas deben constar de los elementos necesarios de seguridad para evitar caídas dentro del almacenamiento.

IT 1.3.4.2 Redes de tuberías y conductos

IT 1.3.4.2.1 Generalidades

1. Para el diseño y colocación de los soportes de las tuberías, se emplearán las instrucciones del fabricante considerando el material empleado, su diámetro y la colocación (enterrada o al aire, horizontal o vertical).

2. Las conexiones entre tuberías y equipos accionados por motor de potencia mayor que 3 kW se efectuarán mediante elementos flexibles.

3. Los circuitos hidráulicos de diferentes edificios conectados a una misma central térmica estarán hidráulicamente separados del circuito principal mediante intercambiadores de calor.

IT 1.3.4.2.2 Alimentación

1. La alimentación de los circuitos se realizará mediante un dispositivo que servirá para reponer las pérdidas de agua. El dispositivo, denominado desconector, será capaz de evitar el reflujo del agua de forma segura en caso de caída de presión en la red pública, creando una discontinuidad entre el circuito y la misma red pública.

2. Antes de este dispositivo se dispondrá una válvula de cierre, un filtro y un contador, en el orden indicado. El llenado será manual, y se instalará también un presostato que actúe una alarma y pare los equipos.

3. El diámetro mínimo de las conexiones en función de la potencia térmica nominal de la instalación se elegirá de acuerdo a lo indicado en la tabla 3.4.2.2.

Tabla 3.4.2.2 Diámetro de la conexión de alimentación

Potencia térmica nominal kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

4. En el tramo que conecta los circuitos cerrados al dispositivo de alimentación se instalará una válvula automática de alivio que tendrá un diámetro mínimo DN 20 y estará tarada a una presión igual a la máxima de servicio en el punto de conexión más 0,2 a 0,3 bar, siempre menor que la presión de prueba.

5. Si el agua estuviera mezclada con un aditivo, la solución se preparará en un depósito y se introducirá en el circuito por medio de una bomba, de forma manual o automática.

IT 1.3.4.2.3 Vaciado y purga

1. Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total.

2. Los vaciados parciales se harán en puntos adecuados del circuito, a través de un elemento que tendrá un diámetro mínimo nominal de 20 mm.

3. El vaciado total se hará por el punto accesible más bajo de la instalación a través de una válvula cuyo diámetro mínimo, en función de la potencia térmica del circuito, se indica en la tabla 3.4.2.3.

Tabla 3.4.2.3 Diámetro de la conexión de vaciado

Potencia térmica kW	Calor DN (mm)	Frío DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

4. La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se hará de forma que el paso de agua resulte visible. Las válvulas se protegerán contra maniobras accidentales.

5. El vaciado de agua con aditivos peligrosos para la salud se hará en un depósito de recogida para permitir su posterior tratamiento antes del vertido a la red de alcantarillado público.

6. Los puntos altos de los circuitos deben estar provistos de un dispositivo de purga de aire, manual o automático. El diámetro nominal del purgador no será menor que 15 mm.

IT 1.3.4.2.4 Expansión

1. Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

2. Es válido el diseño y dimensionado de los sistemas de expansión siguiendo los criterios indicados en el capítulo 9 de la norma UNE 100155.

IT 1.3.4.2.5 Circuitos cerrados

1. Los circuitos cerrados con fluidos calientes dispondrán, además de la válvula de alivio, de una o más válvulas de seguridad. El valor de la presión de tarado, mayor que la presión máxima de ejercicio en el punto de instalación y menor que la de prueba, vendrá determinado por la norma específica del producto o, en su defecto, por la reglamentación de equipos y aparatos a presión. Su descarga estará conducida a un lugar seguro y será visible.

2. En el caso de generadores de calor, la válvula de seguridad estará dimensionada por el fabricante del generador.

3. Las válvulas de seguridad deben tener un dispositivo de accionamiento manual para pruebas que, cuando sea accionado, no modifique el tarado de las mismas.

4. Son válidos los criterios de diseño de los dispositivos de seguridad indicados en el apartado 7 de la norma UNE 100155.

5. Se dispondrá un dispositivo de seguridad que impidan la puesta en marcha de la instalación si el sistema no tiene la presión de ejercicio de proyecto o memoria técnica

IT 1.3.4.2.6 Dilatación

1. Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura del fluido que contiene se deben compensar con el fin de evitar roturas en los puntos más débiles.

2. En las salas de máquinas se pueden aprovechar los frecuentes cambios de dirección, con curvas de radio largo, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar los esfuerzos a los que está sometida.

3. En los tendidos de gran longitud, tanto horizontales como verticales, los esfuerzos sobre las tuberías se absorberán por medio de compensadores de dilatación y cambios de dirección.

4. Los elementos de dilatación se pueden diseñar y calcular según la norma UNE 100156.

5. Para las tuberías de materiales plásticos son válidos los criterios indicados en los códigos de buena práctica emitidos por el CTN 53 del AENOR.

IT 1.3.4.2.7 Golpe de ariete

1. Para prevenir los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito, se instalarán elementos amortiguadores en puntos cercanos a los elementos que los provocan.

2. En diámetros mayores que DN 32 se evitará, en lo posible, el empleo de válvulas de retención de clapeta.

3. En diámetros mayores que DN 100 las válvulas de retención se sustituirán por válvulas motorizadas con tiempo de actuación ajustable.

IT 1.3.4.2.8 Filtración

1. Cada circuito hidráulico se protegerá mediante un filtro con una luz de 1 mm, como máximo, y se dimensionarán con una velocidad de paso, a filtro limpio, menor o igual que la velocidad del fluido en las tuberías contiguas.

2. Las válvulas automáticas de diámetro nominal mayor que DN 15, contadores y aparatos similares se protegerán con filtros de 0,25 mm de luz, como máximo.

3. Los elementos filtrantes se dejarán permanentemente en su sitio.

IT 1.3.4.2.9 Tuberías de circuitos frigoríficos

1. Para el diseño y dimensionado de las tuberías de los circuitos frigoríficos se cumplirá con la normativa vigente.

2. Además, para los sistemas de tipo partido se tendrá en cuenta lo siguiente:

- las tuberías deberán soportar la presión máxima específica del refrigerante seleccionado;
- los tubos serán nuevos, con extremidades debidamente tapadas, con espesores adecuados a la presión de trabajo;
- el dimensionado de las tuberías se hará de acuerdo a las indicaciones del fabricante;
- las tuberías se dejarán instaladas con los extremos tapados y soldados hasta el momento de la conexión.

IT 1.3.4.2.10 Conductos de aire

IT 1.3.4.2.10.1 Generalidades

1. Los conductos deben cumplir en materiales y fabricación, las normas UNE-EN 12237 para conductos metálicos, y UNE-EN 13403 para conductos no metálicos.

2. El revestimiento interior de los conductos resistirá la acción agresiva de los productos de desinfección, y su superficie interior tendrá una resistencia mecánica que permita soportar los esfuerzos a los que estará sometida durante las operaciones de limpieza mecánica que establece la norma UNE 100012 sobre higienización de sistemas de climatización.

3. La velocidad y la presión máximas admitidas en los conductos serán las que vengan determinadas por el tipo de construcción, según las normas UNE-EN 12237 para conductos metálicos y UNE-EN 13403 para conductos de materiales aislantes.

4. Para el diseño de los soportes de los conductos se seguirán las instrucciones que dicte el fabricante, en función del material empleado, sus dimensiones y colocación.

IT 1.3.4.2.10.2 Plenums

1. El espacio situado entre un forjado y un techo suspendido o un suelo elevado puede ser utilizado como plenum de retorno o de impulsión de aire siempre que cumpla las siguientes condiciones:

- que esté delimitado por materiales que cumplan con las condiciones requeridas a los conductos
- que se garantice su accesibilidad para efectuar intervenciones de limpieza y desinfección

2. Los plenums podrán ser atravesados por conducciones de electricidad, agua, etc., siempre que se ejecuten de acuerdo a la reglamentación específica que les afecta.

3. Los plenums podrán ser atravesados por conducciones de saneamiento siempre que las uniones no sean del tipo "enchufe y cordón".

IT 1.3.4.2.10.3 Conexión de unidades terminales

Los conductos flexibles que se utilicen para la conexión de la red a las unidades terminales se instalarán totalmente desplegados y con curvas de radio igual o mayor que el diámetro

nominal y cumplirán en cuanto a materiales y fabricación la norma UNE EN 13180. La longitud de cada conexión flexible no será mayor de 1,5 m.

IT 1.3.4.2.10.4 Pasillos

1. Los pasillos y los vestíbulos pueden utilizarse como elementos de distribución solamente cuando sirvan de paso del aire desde las zonas acondicionadas hacia los locales de servicio y no se empleen como lugares de almacenamiento.
2. Los pasillos y los vestíbulos pueden utilizarse como plenums de retorno solamente en viviendas.

IT 1.3.4.2.11 Tratamiento del agua

Al fin de prevenir los fenómenos de corrosión e incrustación calcárea en las instalaciones son válidos los criterios indicados en las normas prEN 12502, parte 3, y UNE 112076, así como los indicados por los fabricantes de los equipos.

IT 1.3.4.2.12 Unidades terminales

Todas las unidades terminales por agua y los equipos autónomos partidos tendrán válvulas de cierre en la entrada y en la salida del fluido portador, así como un dispositivo, manual o automático, para poder modificar las aportaciones térmicas. Una de las válvulas de las unidades terminales por agua será específicamente destinada para el equilibrado del sistema.

IT 1.3.4.3 Protección contra incendios

Se cumplirá la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que sea de aplicación a la instalación térmica.

IT 1.3.4.4 Seguridad de utilización

IT 1.3.4.4.1 Superficies calientes

1. Ninguna superficie con la que exista posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, podrá tener una temperatura mayor que 60 °C.
2. Las superficies calientes de las unidades terminales que sean accesibles al usuario tendrán una temperatura menor que 80 °C o estarán adecuadamente protegidas contra contactos accidentales.

IT 1.3.4.4.2 Partes móviles

El material aislante en tuberías, conductos o equipos nunca podrá interferir con partes móviles de sus componentes.

IT 1.3.4.4.3 Accesibilidad

1. Los equipos y aparatos deben estar situados de forma tal que se facilite su limpieza, mantenimiento y reparación.
2. Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles.
3. Para aquellos equipos o aparatos que deban quedar ocultos se preverá un acceso fácil. En los falsos techos se

deben prever accesos adecuados cerca de cada aparato que pueden ser abiertos sin necesidad de recurrir a herramientas. La situación exacta de estos elementos de acceso y de los mismos aparatos deberá quedar reflejada en los planos finales de la instalación.

4. Los edificios multiusuarios con instalaciones térmicas ubicadas en el interior de sus locales, deben disponer de patinillos verticales accesibles, desde los locales de cada usuario hasta la cubierta, de dimensiones suficientes para alojar las conducciones correspondientes (chimeneas, tuberías de refrigerante, conductos de ventilación, etc.).

5. En edificios de nueva construcción las unidades exteriores de los equipos autónomos de refrigeración situadas en fachada deben integrarse en la misma, quedando ocultas a la vista exterior.

6. Las tuberías se instalarán en lugares que permitan la accesibilidad de las mismas y de sus accesorios, además de facilitar el montaje del aislamiento térmico, en su recorrido, salvo cuando vayan empotradas.

7. Para locales destinadas al emplazamiento de unidades de tratamiento de aire son válidos los requisitos de espacio indicados de la EN 13779, Anexo A, capítulo A 13, apartado A 13.2.

IT 1.3.4.4.4 Señalización

1. En la sala de máquinas se dispondrá un plano con el esquema de principio de la instalación, enmarcado en un cuadro de protección.
2. Todas las instrucciones de seguridad, de manejo y maniobra y de funcionamiento, según lo que figure en el "Manual de Uso y Mantenimiento", deben estar situadas en lugar visible, en sala de máquinas y locales técnicos.
3. Las conducciones de las instalaciones deben estar señalizadas de acuerdo con la norma UNE 100100.

IT 1.3.4.4.5 Medición

1. Todas las instalaciones térmicas deben disponer de la instrumentación de medida suficiente para la supervisión de todas las magnitudes y valores de los parámetros que intervienen de forma fundamental en el funcionamiento de los mismos.
2. Los aparatos de medida se situarán en lugares visibles y fácilmente accesibles para su lectura y mantenimiento. El tamaño de las escalas será suficiente para que la lectura pueda efectuarse sin esfuerzo.
3. Antes y después de cada proceso que lleve implícita la variación de una magnitud física debe haber la posibilidad de efectuar su medición, situando instrumentos permanentes, de lectura continua, o mediante instrumentos portátiles. La lectura podrá efectuarse también aprovechando las señales de los instrumentos de control.
4. En el caso de medida de temperatura en circuitos de agua, el sensor penetrará en el interior de la tubería o equipo a través de una vaina, que estará rellena de una sustancia conductora de calor. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

5. Las medidas de presión en circuitos de agua se harán con manómetros equipados de dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

6. En instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW, el equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

- a) Colectores de impulsión y retorno de un fluido portador: un termómetro.
- b) Vasos de expansión: un manómetro.
- c) Circuitos secundarios de tuberías de un fluido portador: un termómetro en el retorno, uno por cada circuito.
- d) Bombas: un manómetro para lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga, uno por cada bomba.
- e) Chimeneas: un pirómetro o un pirostato con escala indicadora.
- f) Intercambiadores de calor: termómetros y manómetros a la entrada y salida de los fluidos, salvo cuando se trate de agentes frigorígenos.
- g) Baterías agua-aire: un termómetro a la entrada y otro a la salida del circuito del fluido primario y tomas para la lectura de las magnitudes relativas al aire, antes y después de la batería.
- h) Recuperadores de calor aire-aire: tomas para la lectura de las magnitudes físicas de las dos corrientes de aire.
- i) Unidades de tratamiento de aire: medida permanente de las temperaturas del aire en impulsión, retorno y toma de aire exterior.

INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT 2. MONTAJE

IT 2.1 GENERALIDADES

Esta instrucción tiene por objeto establecer el procedimiento a seguir para efectuar las pruebas de puesta en servicio de una instalación térmica.

IT 2.2 PRUEBAS

IT 2.2.1 Equipos

1. Se tomará nota de los datos de funcionamiento de los equipos y aparatos, que pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se registrarán los datos nominales de funcionamiento que figuren en el proyecto o memoria técnica y los datos reales de funcionamiento.
2. Los quemadores se ajustarán a las potencias de los generadores, verificando, al mismo tiempo los parámetros de la combustión; se medirán los rendimientos de los conjuntos caldera-quemador, exceptuando aquellos generadores que aporten la certificación CE conforme al Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero.
3. Se ajustarán las temperaturas de funcionamiento del agua de las plantas enfriadoras y se medirá la potencia absorbida en cada una de ellas.

IT 2.2.2 Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua

IT 2.2.2.1 Generalidades

1. Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben 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 válidas las pruebas realizadas de acuerdo a la norma UNE 100151 o a UNE-ENV 12108, en función del tipo de fluido transportado.

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.

IT 2.2.2.2 Preparación y limpieza de redes de tuberías

1. Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje.
2. Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de los terminales abiertos. Deberá 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 deben quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.
3. 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.
4. El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.
5. 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.
6. En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100 °C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

IT 2.2.2.3 Prueba preliminar de estanquidad

1. Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que podría

provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado.

2. La prueba preliminar tendrá la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.

IT 2.2.2.4 Prueba de resistencia mecánica

1. Esta prueba se efectuará a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100 °C, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar; para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a dos veces, con un mínimo de 6 bar.

2. Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad.

3. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba.

4. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

IT 2.2.2.5 Reparación de fugas

1. La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.

2. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

IT 2.2.3 Pruebas de estanquidad de los circuitos frigoríficos

1. Los circuitos frigoríficos de las instalaciones realizadas en obra serán sometidos a las pruebas especificadas en la normativa vigente.

2. No es necesario someter a una prueba de estanquidad la instalación de unidades por elementos, cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que entregará el correspondiente certificado de pruebas.

IT 2.2.4 Pruebas de libre dilatación

1. Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad,

las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. En el caso de instalaciones con captadores solares se llevará a la temperatura de estancamiento.

2. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

IT 2.2.5 Pruebas de recepción de redes de conductos de aire

IT 2.2.5.1 Preparación y limpieza de redes de conductos

1. La limpieza interior de las redes de conductos de aire se efectuará una vez se haya completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado y los muebles.

2. En las redes de conductos se cumplirá con las condiciones que prescribe la norma UNE 100012.

3. Antes de que una red de conductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de falsos techos, se realizarán pruebas de resistencia mecánica y de estanquidad para establecer si se ajustan al servicio requerido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o memoria técnica.

4. Para la realización de las pruebas las aperturas de los conductos, donde irán conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales, deben cerrarse rigidamente y quedar perfectamente selladas.

IT 2.2.5.2 Pruebas de resistencia estructural y estanquidad

1. Las redes de conductos deben someterse a pruebas de resistencia estructural y estanquidad.

2. El caudal de fuga admitido se ajustará a lo indicado en el proyecto o memoria técnica, de acuerdo con la clase de estanquidad elegida.

IT 2.2.6 Pruebas de estanquidad de chimeneas

La estanquidad de los conductos de evacuación de humos se ensayará según las instrucciones de su fabricante.

IT 2.2.7 Pruebas finales

1. Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599:01 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales, indicados en los capítulos 5 y 6.

2. Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales del subsistema solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

3. En el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80 % del valor de irradiancia fijada como máxima, durante al menos una hora.

IT 2.3 AJUSTE Y EQUILIBRADO

IT 2.3.1 Generalidades

1. Las instalaciones térmicas deben ser ajustadas a los valores de las prestaciones que figuren en el proyecto o memoria técnica, dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.
2. La empresa instaladora deberá presentar un informe final de las pruebas efectuadas que contenga las condiciones de funcionamiento de los equipos y aparatos.

IT 2.3.2 Sistemas de distribución y difusión de aire

La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución y difusión de aire, de acuerdo con lo siguiente:

1. De cada circuito se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
2. El punto de trabajo de cada ventilador, del que se debe conocer la curva característica, deberá ser ajustado al caudal y la presión correspondiente de diseño.
3. Las unidades terminales de impulsión y retorno serán ajustadas al caudal de diseño mediante sus dispositivos de regulación.
4. Para cada local se debe conocer el caudal nominal del aire impulsado y extraído previsto en el proyecto o memoria técnica, así como el número, tipo y ubicación de las unidades terminales de impulsión y retorno.
5. El caudal de las unidades terminales deberá quedar ajustado al valor especificado en el proyecto o memoria técnica.
6. En unidades terminales con flujo direccional, se deben ajustar las lamas para minimizar las corrientes de aire y establecer una distribución adecuada del mismo.
7. En locales donde la presión diferencial del aire respecto a los locales de su entorno o el exterior sea un condicionante del proyecto o memoria técnica, se deberá ajustar la presión diferencial de diseño mediante actuaciones sobre los elementos de regulación de los caudales de impulsión y extracción de aire, en función de la diferencia de presión a mantener en el local, manteniendo a la vez constante la presión en el conducto. El ventilador adaptará, en cada caso, su punto de trabajo a las variaciones de la presión diferencial mediante un dispositivo adecuado.

IT 2.3.3 Sistemas de distribución de agua.

La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua, de acuerdo con lo siguiente:

1. De cada circuito hidráulico se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
2. Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.
3. Cada bomba, de la que se debe conocer la curva característica, deberá ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los generadores de calor y frío a los caudales y temperaturas de diseño.
4. Las unidades terminales, o los dispositivos de equilibrado de los ramales, serán equilibradas al caudal de diseño.
5. En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se deberá ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.
6. Cuando exista más de una unidad terminal de cualquier tipo, se deberá comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales, mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica.
7. De cada intercambiador de calor se deben conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.
8. Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se deberá probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica.
9. Cuando exista riesgo de heladas se comprobará que el fluido de llenado del circuito primario del subsistema de energía solar cumple con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.
10. Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.

IT 2.3.4 Control automático

A efectos del control automático:

1. Se ajustarán los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto o memoria técnica y se comprobará el funcionamiento de los componentes que configuran el sistema de control.
2. Para ello, se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.
3. Los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto o memoria técnica. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.

4. Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

IT 2.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La empresa instaladora realizará y documentará las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de la instalación en las condiciones de régimen;
- Comprobación de la eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de trabajo. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite inferior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- Comprobación de los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica;
- Comprobación de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable;
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control;
- Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen;
- Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica;
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo;
- Comprobación de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT 3. MANTENIMIENTO Y USO

IT 3.1 GENERALIDADES

Esta instrucción técnica contiene las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas con el fin de asegurar que

su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente, así como las exigencias establecidas en el proyecto o memoria técnica de la instalación final realizada.

IT 3.2 MANTENIMIENTO Y USO DE LAS INSTALACIONES TÉRMICAS

Las instalaciones térmicas se utilizarán y mantendrán de conformidad con los procedimientos que se establecen a continuación y de acuerdo con su potencia térmica nominal y sus características técnicas:

- La instalación térmica se mantendrá de acuerdo con un programa de mantenimiento preventivo que cumpla con lo establecido en el apartado IT.3.3.
- La instalación térmica dispondrá de un programa de gestión energética, que cumplirá con el apartado IT.3.4.
- La instalación térmica dispondrá de instrucciones de seguridad actualizadas de acuerdo con el apartado IT.3.5.
- La instalación térmica se utilizará de acuerdo con las instrucciones de manejo y maniobra, según el apartado IT.3.6.
- La instalación térmica se utilizará de acuerdo con un programa de funcionamiento, según el apartado IT.3.7.

IT 3.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Las instalaciones térmicas se mantendrán de acuerdo con las operaciones y periodicidades contenidas en el programa de mantenimiento preventivo establecido en el "Manual de Uso y Mantenimiento" que serán, al menos, las indicadas en la tabla 3.1 de esta instrucción para instalaciones de potencia térmica nominal menor o igual que 70 kW o mayor que 70 kW.

2. Es responsabilidad del mantenedor autorizado o del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, la actualización y adecuación permanente de las mismas a las características técnicas de la instalación.

Tabla 3.1. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.

Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
1. Limpieza de los evaporadores	t	t
2. Limpieza de los condensadores	t	t
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de refrigeración	t	2 t
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	t	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	t	2 t



Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea	t	2 t
7. Limpieza del quemador de la caldera	t	m
8. Revisión del vaso de expansión	t	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	t	m
10. Comprobación de material refractario	---	2 t
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera	t	m
12. Revisión general de calderas de gas	t	t
13. Revisión general de calderas de gasóleo	t	t
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos	t	m
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías	---	t
16. Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación	---	2 t
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad	---	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	---	2 t
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	t	m
20. Revisión de baterías de intercambio térmico	---	t
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	t	m
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	t	2 t
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	t	2 t
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	t	2 t
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t	t
26. Revisión de equipos autónomos	t	2 t
27. Revisión de bombas y ventiladores	---	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	t	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	t	t
30. Revisión del sistema de control automático	t	2 t
31. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal ≤24,4 kW	4a	---
32. Instalación de energía solar térmica	*	*
33. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	s	s
34. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido	2t	2t
35. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m	m
36. Control visual de la caldera de biomasa	s	S
37. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa.	t	m
38. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m	m

s: una vez cada semana

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada.

t: una vez por temporada (año).

2 t: dos veces por temporada (año); una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas.

4a: cada cuatro años.

*: El mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 "Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria" del Código Técnico de la Edificación.

IT 3.4 PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

IT 3.4.1 Evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de calor

La empresa mantenedora realizará un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de

calor en función de su potencia térmica nominal instalada, midiendo y registrando los valores, de acuerdo con las operaciones y periodicidades indicadas en la tabla 3.2. que se deberán mantener dentro de los límites de la IT 4.2.1.2 a).

Tabla 3.2.- Medidas de generadores de calor y su periodicidad.

Medidas de generadores de calor	Periodicidad		
	20 kW < P ≤ 70 kW	70 kW < P < 1000 kW	P > 1000 kW
1. Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2a	3m	m
2. Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	2a	3m	m
3. Temperatura de los gases de combustión	2a	3m	m
4. Contenido de CO y CO ₂ en los productos de combustión	2a	3m	m
5. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	2a	3m	m
6. Tiro en la caja de humos de la caldera	2a	3m	m

m: una vez al mes; 3m: cada tres meses, la primera al inicio de la temporada; 2a: cada dos años.

IT 3.4.2 Evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de frío

La empresa mantenedora realizará un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de

frío en función de su potencia térmica nominal, midiendo y registrando los valores, de acuerdo con las operaciones y periodicidades de la tabla 3.3.

Tabla 3.3.- Medidas de generadores de frío y su periodicidad.

Medidas de generadores de frío	Periodicidad	
	70 kW < P ≤ 1.000 kW	P > 1.000 kW
1. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del evaporador	3m	m
2. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del condensador	3m	m
3. Pérdida de presión en el evaporador en plantas enfriadas por agua	3m	m
4. Pérdida de presión en el condensador en plantas enfriadas por agua	3m	m
5. Temperatura y presión de evaporación	3m	m
6. Temperatura y presión de condensación	3m	m
7. Potencia eléctrica absorbida	3m	m
8. Potencia térmica instantánea del generador, como porcentaje de la carga máxima	3m	m
9. CEE o COP instantáneo	3m	m
10. Caudal de agua en el evaporador	3m	m
11. Caudal de agua en el condensador	3m	m

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada; 3m: cada tres meses; la primera al inicio de la temporada

IT 3.4.3 Instalaciones de energía solar térmica

En las instalaciones de energía solar térmica con superficie de apertura de captación mayor que 20 m² se realizará un seguimiento periódico del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar, midiendo y registrando los valores. Una vez al año se realizará una verificación del cumplimiento de la exigencia que figura en la Sección HE 4 "Contribución solar mínima de agua caliente" del Código Técnico de la Edificación.

IT 3.4.4 Asesoramiento energético

1. La empresa mantenedora asesorará al titular, recomendando mejoras o modificaciones de la instalación así como en su uso y funcionamiento que redunden en una mayor eficiencia energética.

2. Además, en instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW, la empresa mantenedora realizará un seguimiento de la evolución del consumo de energía y de agua

de la instalación térmica periódicamente, con el fin de poder detectar posibles desviaciones y tomar las medidas correctoras oportunas. Esta información se conservará por un plazo de, al menos, cinco años.

IT 3.5 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

1. Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.

2. En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar claramente visibles antes del acceso y en el interior de salas de máquinas, locales técnicos y junto a aparatos y equipos, con absoluta prioridad sobre el resto de instrucciones y deben hacer referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación: parada de los equipos antes de una intervención; desconexión de la corriente eléctrica antes de intervenir en un equipo; colocación de advertencias antes de intervenir en un equipo, indicaciones de seguridad para distintas presiones, temperaturas, intensidades eléctricas, etc.; cierre de válvulas antes de abrir un circuito hidráulico; etc.

IT 3.6 INSTRUCCIONES DE MANEJO Y MANIOBRA

1. Las instrucciones de manejo y maniobra, serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deben servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

2. En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW estas instrucciones deben estar situadas en lugar visible de la sala de máquinas y locales técnicos y deben hacer referencia, entre otros, a los siguientes aspectos de la instalación: secuencia de arranque de bombas de circulación; limitación de puntas de potencia eléctrica, evitando poner en marcha simultáneamente varios motores a plena carga; utilización del sistema de enfriamiento gratuito en régimen de verano y de invierno.

IT 3.7 INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO

El programa de funcionamiento, será adecuado a las características técnicas de la instalación concreta con el fin de dar el servicio demandado con el mínimo consumo energético.

En el caso de instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW comprenderá los siguientes aspectos:

- horario de puesta en marcha y parada de la instalación;
- orden de puesta en marcha y parada de los equipos;
- programa de modificación del régimen de funcionamiento;
- programa de paradas intermedias del conjunto o de parte de equipos;
- programa y régimen especial para los fines de semana y para condiciones especiales de uso del edificio o de condiciones exteriores excepcionales.

INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT 4. INSPECCIÓN

IT 4.1 GENERALIDADES

Esta instrucción establece las exigencias técnicas y procedimientos a seguir en las inspecciones a efectuar en las instalaciones térmicas objeto de este RITE.

IT 4.2 INSPECCIONES PERIÓDICAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

IT 4.2.1 Inspección de los generadores de calor

- Serán inspeccionados los generadores de calor de potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW.
- La inspección del generador de calor comprenderá:

- análisis y evaluación del rendimiento;

En las sucesivas inspecciones o medidas el rendimiento tendrá un valor no inferior a 2 unidades con respecto al determinado en la puesta en servicio;

- inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, relacionadas con el generador de calor y de energía solar térmica, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;
- la inspección incluirá la instalación de energía solar, caso de existir, y comprenderá la evaluación de la contribución solar mínima en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar.

IT 4.2.2 Inspección de los generadores de frío

- Serán inspeccionados periódicamente los generadores de frío de potencia térmica nominal instalada mayor que 12 kW.
- La inspección del generador de frío comprenderá:

- análisis y evaluación del rendimiento;

- inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, relacionadas con el generador de frío, para verificar su realización periódica, así como el cumplimiento y adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;

- la inspección incluirá la instalación de energía solar, caso de existir, y comprenderá la evaluación de la contribución de energía solar al sistema de refrigeración solar.

IT 4.2.3 Inspección de la instalación térmica completa

- Cuando la instalación térmica de calor o frío tenga más de quince años de antigüedad, contados a partir de la fecha de emisión del primer certificado de la instalación, y la potencia térmica nominal instalada sea mayor que 20 kW

en calor o 12 kW en frío, se realizará una inspección de toda la instalación térmica, que comprenderá, como mínimo, las siguientes actuaciones:

- inspección de todo el sistema relacionado con la exigencia de eficiencia energética regulada en la IT.1 de este RITE;
- inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento que se establecen en la IT.3, para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y la adecuación del "Manual de Uso y Mantenimiento" a la instalación existente;
- elaboración de un dictamen con el fin de asesorar al titular de la instalación, proponiéndole mejoras o modificaciones de su instalación, para mejorar su

eficiencia energética y contemplar la incorporación de energía solar. Las medidas técnicas estarán justificadas en base a su rentabilidad energética, medioambiental y económica.

IT 4.3 PERIODICIDAD DE LAS INSPECCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

IT 4.3.1 Periodicidad de las inspecciones de los generadores de calor

- Los generadores de calor puestos en servicio en fecha posterior a la entrada en vigor de este RITE y que posean una potencia térmica nominal instalada igual o mayor que 20 kW, se inspeccionarán con la periodicidad que se indica en la Tabla 4.3.1.

Tabla 4.3.1 Periodicidad de las inspecciones de generadores de calor

Potencia térmica nominal (kW)	Tipo de combustible	Períodos de inspección
$20 \leq P \leq$	Gases y combustibles renovables	Cada 5 años
	Otros combustibles	Cada 5 años
$P > 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 4 años
	Otros combustibles	Cada 2 años

2. Los generadores de calor de las instalaciones existentes a la entrada en vigor de este RITE, deben superar su primera inspección de acuerdo con el calendario que establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en función de su potencia, tipo de combustible y antigüedad.

IT 4.3.2 Periodicidad de las inspecciones de los generadores de frío

Los generadores de frío de las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal superior a 12 kW, deben ser inspeccionados periódicamente, de acuerdo con el calendario que establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en función de su antigüedad y de que su potencia térmica nominal sea mayor que 70 kW o igual o inferior que 70 kW.

IT 4.3.3 Periodicidad de las inspecciones de la instalación térmica completa

1. La inspección de la instalación térmica completa, a la que viene obligada por la IT 4.2.3, se hará coincidir con la primera inspección del generador de calor o frío, una vez que la instalación haya superado los quince años de antigüedad.

2. La inspección de la instalación térmica completa se realizará cada quince años.

condiciones que se establecen para cada uno de ellos en este apéndice:

Aire de expulsión (EHA) (Exhaust air): es el aire extraído de uno o más locales y expulsado al exterior.

Aire de extracción (AE) (Extract air): aire tratado que sale de un local.

Aire exterior (ODA) (Outdoor air): aire que entra en el sistema procedente del exterior antes de cualquier tratamiento.

Aire de impulsión (SUP) (Supply air): aire que entra tratado en el local o en el sistema después de cualquier tipo de tratamiento.

Aire interior (IDA) (Indoor air): aire tratado en el local o en la zona.

Biomasa: cualquier combustible sólido, líquido o gaseoso, no fósil, compuesto por materia vegetal o animal, o producido a partir de la misma mediante procesos físicos o químicos, susceptible de ser utilizado en aplicaciones energéticas, como por ejemplo, las astillas, el metiléster de girasol, o el biogás procedente de una digestión anaerobia.

Biocombustibles sólidos: aquellos combustibles sólidos no fósiles compuestos por materia vegetal o animal, o producidos a partir de la misma mediante procesos físicos o químicos, susceptibles de ser utilizados en aplicaciones energéticas, como por ejemplo los huesos de aceituna, las cáscaras de almendra, los pelets, las astillas y los orujillos.

Calefacción: proceso por el que se controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga negativa.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A efectos de aplicación de este RITE, los términos que figuran en él deben utilizarse conforme al significado y a las

Calefacción y refrigeración urbana: cuando la producción de calor o frío es única para un conjunto de usuarios que utilizan una misma red urbana. En inglés se conoce como “district heating”.

Captador solar térmico: dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Climatización: acción y efecto de climatizar, es decir de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

Clo: unidad de resistencia térmica de la ropa; $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$.

Coeficiente de eficiencia energética de una máquina frigorífica:

En la modalidad de calefacción; COP (acrónimo del inglés “Coefficient of Performance”) es la relación entre la capacidad calorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad.

En la modalidad de refrigeración; EER (acrónimo del inglés “Energy Efficiency Ratio”) es la relación entre la capacidad frigorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad.

Conjunto caldera-sistema de combustión: en las calderas de biomasa se sustituye la denominación caldera-generador por caldera-sistema de combustión, dado que la combustión se produce por medio de sistemas que no son equiparables a un quemador.

Contenedores específicos de biocombustible: sistemas de almacenamiento de biocombustible prefabricados que se producen bajo condiciones que se presumen uniformes y son ofrecidos a la venta como depósitos listos para instalar.

Decipol (dp): se define como la calidad del aire en un espacio con una fuente de contaminación de fuerza 1 olf, ventilada por 10 L/s de aire limpio.

Director de la instalación: técnico titulado competente bajo cuya dirección se realiza la ejecución de las instalaciones térmicas que requiera la realización de un proyecto.

Director de mantenimiento: técnico titulado competente bajo cuya dirección deber realizarse el mantenimiento de las instalaciones térmicas cuya potencia térmica nominal total instalada sea igual o mayor que 5.000 kW en calor y/o 1.000 kW en frío, así como las instalaciones de calefacción o refrigeración solar cuya potencia térmica sea mayor que 400 kW.

Edificio: construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el clima interior: puede referirse a un edificio en su conjunto ó a partes del mismo que hayan sido diseñadas ó modificadas para ser utilizadas por separado.

Edificios o locales institucionales: son aquellos donde se reúnen personas que carecen de libertad plena para abandonarlos en cualquier momento. Ejemplo: hospitales, residencias de ancianos, centros penitenciarios, colegios y centros de enseñanza infantil, primaria, secundaria y bachillerato, cuarteles y similares.

Edificios o locales de pública reunión: son aquellos donde se reúnen personas para desarrollar actividades de carácter público o privado, en los que los ocupantes tienen libertad para abandonarlos en cualquier momento. Ejemplo: teatros, cines, auditorios, estaciones de transporte, pabellones deportivos, centros de enseñanza universitaria, aeropuertos, locales para el culto, salas de fiestas, discotecas, salas de espectáculos y actividades recreativas, salas de exposiciones, bibliotecas, museos y similares.

Empresa suministradora: aquella empresa legalmente capacitada para proveer energía y productos energéticos (gas, electricidad, productos petrolíferos, agua, etc.).

Energía convencional: aquella energía tradicional, normalmente comercializada, que entra en el cómputo del Producto Interior Bruto de la nación.

Energía residual: energía que se puede obtener como subproducto de un proceso principal.

Entidad reconocida: aquella entidad autorizada para impartir los cursos de formación de profesionales autorizados en instalaciones térmicas de los edificios e inscrita en el registro especial del órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Equipo autónomo de generación de calor: es el equipo, compacto o no, que contiene todos los elementos necesarios para la producción de calor, dentro de un único cerramiento, preparado para instalar en el exterior del edificio y realizar el mantenimiento desde el exterior del mismo.

Equipo de energía de apoyo: generador que complementa el aporte solar y cuya potencia térmica es suficiente para que pueda proporcionar la energía suficiente para cubrir la demanda prevista.

AE 1: (bajo nivel de contaminación) aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.

AE 2: (moderado nivel de contaminación) aire procedente de locales ocupado con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.

AE 3: (alto nivel de contaminación) aire de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

AE 4: (muy alto nivel de contaminación) aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud, en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Fluido portador: medio empleado para transportar energía térmica en las canalizaciones de una instalación de climatización.

Generador: equipo para la producción de calor o frío.

Generador de aire caliente: es un tipo especial de generador de calor, en el cual el fluido portador de la energía térmica es el aire.

IDA 1: aire de calidad alta.

IDA 2: aire de calidad media.

IDA 3: aire de calidad mediocre.

IDA 4: aire de calidad baja.

Instalaciones centralizadas: aquellas en las que la producción de calor es única para todo el edificio, realizándose su distribución desde la central generadora a las correspondientes viviendas y/o locales por medio de fluidos térmicos.

Instalador autorizado: toda persona física acreditada mediante el correspondiente carné profesional expedido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Licencia municipal de obras: documento municipal que autoriza la ejecución de las obras.

Local habitable: local interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones térmicas, acústicas y de salubridad adecuadas.

Local no habitable: local interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, huecos de escaleras, rellanos de ascensores, cuartos de servicio, salas de máquinas, las cámaras técnicas, los desvanes no acondicionados, sus zonas comunes, y locales similares.

Local de servicio: espacio normalmente no habitado destinado por ejemplo a cuarto de contadores, limpieza etc.

Local técnico: espacio destinado únicamente a albergar maquinaria de las instalaciones térmicas.

Mantenedor autorizado: toda persona física acreditada mediante el correspondiente carné profesional expedido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Marcado "CE": marcado que deben llevar los productos de construcción para su libre circulación en el territorio de los Estados miembros de la Unión Europea y países parte del Espacio Económico Europeo, conforme a las condiciones establecidas en la Directiva 89/106/CEE u otras Directivas que les sean de aplicación.

Met: unidad metabólica; $1 \text{ met} = 58,2 \text{ W/m}^2$

Nivel de comunicaciones: corresponde a todos los controladores e interfaces de comunicación del sistema de gestión, así como a los buses de comunicación, drivers, redes, etc.

Nivel de gestión y telegestión: corresponde a los puestos centrales, programas residentes y periféricos asociados a los puestos centrales, tales como impresoras, pantallas de vídeo, módems, routers, etc.

Nivel de proceso: corresponde a los controladores, tanto analógicos como digitales, que manejan los elementos del nivel de periferia.

Nivel de unidades de campo: corresponde a los equipos de campo como: elementos primarios de medida, sondas, unidades de ambiente, termostatos, indicadores de estados y alarmas, así como elementos finales de control y mando, válvulas, actuadores, variadores de tensión/frecuencia, elementos finales de control, etc.

Organismos de Control: son entidades públicas o privadas, con personalidad jurídica, que se constituyen con la finalidad de verificar el cumplimiento de carácter obligatorio de las condiciones de seguridad de productos e instalaciones industriales, establecidas por los Reglamentos de Seguridad Industrial, mediante actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoria, de acuerdo con el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólidas (p.e. polen) de forma temporal.

ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas.

ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.

ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) (Predicted Percentage of Dissatisfied): proporciona datos sobre la incomodidad o insatisfacción térmica basándose en la estimación del porcentaje de personas susceptibles de sentir demasiado calor o demasiado frío en unas condiciones ambientales dadas. (UNE-EN ISO 7730)

Potencia térmica nominal: potencia máxima que, según determine y garantice el fabricante, puede suministrar un equipo en funcionamiento continuo, ajustándose a los rendimientos declarados por el fabricante.

Proyectista: agente que redacta el proyecto por encargo de la propiedad y con sujeción a la normativa correspondiente.

Refrigeración: en climatización, proceso que controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga positiva.

Rendimiento: relación entre la potencia útil y la potencia nominal de un generador.

Sistema: conjunto de equipos y aparatos que, relacionados entre sí, constituyen una instalación de climatización.

Sistema de transporte de biocombustible sólido: sistema para movimiento de biocombustible dentro de la instalación que puede realizarse por diferentes medios como, por ejemplo, suelos con rascadores horizontales hidráulicos, rascadores giratorios, suelos inclinados con tornillo sin fin o suelos inclinados con sistema de alimentación neumático.

Sistema mixto: técnica de acondicionamiento en la que el control de las condiciones térmicas interiores está a cargo de un subsistema (ventiloconvectores, inductores, aparatos autónomos, techos radiantes, suelos radiantes, radiadores, etc.) en combinación con el subsistema de ventilación.

Sistema solar prefabricado: son los que se producen bajo condiciones que se presumen uniformes y son ofrecidos a la venta como equipos completos y listos para instalar bajo un solo nombre comercial. Pueden ser compactos o partidos, y por otro lado constituir un sistema integrado o bien un conjunto y configuración uniforme de componentes.

Sistema todo-aire: técnica de acondicionamiento en la que el control de las condiciones térmicas interiores está a cargo del sistema de ventilación.

Superficie de apertura de captación solar instalada: máxima proyección plana de la superficie del captador transparente expuesta a la radiación solar incidente no concentrada.

Superficie de calefacción: superficie de intercambio de calor que está en contacto con el fluido transmisor.

SUP 1: aire de impulsión que contiene solamente aire exterior (ODA).

SUP 2: aire de impulsión que contiene aire exterior (ODA) y aire de recirculación (RCA).

Técnico titulado competente: persona que está en posesión de una titulación técnica, universitaria, que lo habilita para el ejercicio de la actividad regulada en este RITE, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias y determinada por las disposiciones legales vigentes.

Titular de una instalación térmica: persona física o jurídica propietaria o beneficiaria de una instalación térmica, responsable del cumplimiento de las obligaciones derivadas de la normativa vigente ante la Administración competente.

Unidad de tratamiento de aire (UTA): aparato en el que se realizan uno o más tratamientos térmicos del aire y de variación del contenido del vapor de agua, así como de filtración y/o lavado, sin producción propia de frío o calor.

Unidad terminal: equipo receptor de aire o agua de una instalación centralizada que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona acondicionada.

Uso previsto del edificio: uso específico para el que se proyecta y realiza un edificio. El uso previsto se caracteriza por

las actividades que se desarrollan en el edificio y por el tipo de usuario. El uso previsto de un edificio estará reflejado documentalmente en el proyecto o memoria técnica.

Usuario: persona física o jurídica que utiliza la instalación térmica.

Ventilación mecánica: proceso de renovación del aire de los locales por medios mecánicos.

Ventilación natural: proceso de renovación del aire de los locales por medios naturales (acción del viento y/o tiro térmico), la acción de los cuales puede verse favorecida con apertura de elementos de los cerramientos:

Zona ocupada: se considera zona ocupada al volumen destinado dentro de un espacio para la ocupación humana. Representa el volumen delimitado por planos verticales paralelos a las paredes del local y un plano horizontal que define la altura. Las distancias de esos planos desde las superficies interiores del local son:

Límite inferior desde el suelo: 5 cm

Límite superior desde el suelo: 180 cm

Paredes exteriores con ventanas o puertas: 100 cm

Paredes interiores y paredes exteriores sin ventanas: 50 cm

Puertas y zonas de tránsito: 100 cm

No tienen la consideración de zona ocupada los lugares en los que puedan darse importantes variaciones de temperatura con respecto a la media y pueda haber presencia de corriente de aire en la cercanía de las personas, como: zonas de tránsito, zonas próximas a puertas de uso frecuente, zonas próximas a cualquier tipo de unidad terminal que impulse aire y zonas próximas a aparatos con fuerte producción de calor.

APÉNDICE 2

NORMAS DE REFERENCIA

Se incluyen en este apéndice, por razones prácticas y para facilitar su actualización periódica, el conjunto de las normas a las que se hace referencia en las IT.

Norma	Número	Parte	Año	Título
UNE-EN	378		2001	Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medioambientales.
UNE-EN ISO	1751		1999	Ventilación de edificios. Unidades terminales de aire. Ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas
CR	1752		1998	Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment
UNE-EN	1856	1	2004	Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1. Chimeneas modulares.
UNE-EN	1856	1/1M	2005	Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: Chimeneas modulares
UNE-EN	1856	2	2005	Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 2: Conductos interiores y conductos de unión metálicos
UNE-EN ISO	7730		2006	Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2005).
UNE-EN V	12097		1998	Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de sistemas de conductos

Norma	Número	Parte	Año	Título
UNE-EN V	12108		2002	Sistemas de canalización en materiales plásticos. Práctica recomendada para la instalación en el interior de la estructura de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano
UNE-EN	12237		2003	Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica
UNE-EN ISO	12241		1999	Aislamiento térmico para equipos de edificaciones e instalaciones industriales. Método de cálculo.
UNE-EN	12502	3	2005	Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 3: Factores que influyen para materiales férreos galvanizados en caliente
UNE-EN	12599	AC	2002	Ventilación de edificios. Procedimiento de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados
UNE-EN	12599		2001	Ventilación de edificios. Procedimiento de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados
UNE-EN	13053		2003	Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimiento de unidades, componentes y secciones
UNE-EN	13384	1	2003	Chimeneas. Métodos de cálculo térmico y de fluidos dinámicos. Parte 1: Chimeneas que se utilizan con un único aparato
UNE-EN	13384	1/AC	2004	Chimeneas. Métodos de cálculo térmico y de fluidos dinámicos. Parte 1: Chimeneas que se utilizan con un único aparato
EN	13384	1:2002/A1	2005	Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y de fluidos dinámicos. Parte 1: Chimeneas que se utilizan con un único aparato.
UNE-EN	13384	2	2005	Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y fluido-dinámicos. Parte 2: Chimeneas que prestan servicio a más de un generador de calor
UNE-EN	13403		2003	Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante
UNE-EN	13410		2002	Aparatos suspendidos de calefacción por radiación que utilizan combustibles gaseosos. Requisitos de ventilación de los locales para uso no doméstico
UNE-EN	13779		2005	Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos
UNE-EN	14336		2005	Sistemas de calefacción en edificios. Instalación y puesta en servicio de sistemas de calefacción por agua
UNE-EN ISO	16484	3	2006	Sistemas de automatización y control de edificios (BACS). Parte 3: Funciones. (ISO 16484-3:2005)
UNE	20324		1993	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). (CEI 529:1989)
UNE	20324	1M	2000	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE	20324	Erratum	2004	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
UNE-EN	50194		2001	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos. Métodos de ensayo y requisitos de funcionamiento.
UNE-EN	50194	Erratum	2005	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos. Métodos de ensayo y requisitos de funcionamiento.
UNE-EN	50194	2	2007	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos. Parte 2: Aparatos eléctricos de funcionamiento continuo en instalaciones fijas de vehículos recreativos y emplazamientos similares. Métodos de ensayo adicionales y requisitos de funcionamiento

Norma	Número	Parte	Año	Título
UNE-EN	50244	+Erratum	2001	Aparatos eléctricos para la detección de gases combustibles en locales domésticos. Guía de selección, instalación, uso y mantenimiento
UNE-EN	60034	2	1997	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2: Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de ensayos excluyendo las máquinas para vehículos de tracción
UNE-EN	60034	2/A1	1998	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2: Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de ensayos excluyendo las máquinas para vehículos de tracción
UNE-EN	60034	2/A2	1997	Máquinas eléctricas rotativas. Parte 2: Métodos para la determinación de las pérdidas y del rendimiento de las máquinas eléctricas rotativas a partir de ensayos excluyendo las máquinas para vehículos de tracción
UNE	60670	6	2005	Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 6: Requisitos de configuración, ventilación y evacuación de los productos de la combustión en los locales destinados a contener los aparatos a gas
UNE-EN	61779	1	2002	Aparatos eléctricos para la detección y medida de los gases inflamables. Parte 1: Requisitos generales y métodos de ensayo.
UNE-EN	61779	1/A11	2004	Aparatos eléctricos para la detección y medida de los gases inflamables. Parte 1: Requisitos generales y métodos de ensayo.
UNE-EN	61779	4	2002	Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases inflamables. Parte 4: Requisitos de funcionamiento para los aparatos del Grupo II, pudiendo indicar una fracción volumétrica de hasta el 100 % del límite inferior de explosividad
UNE	100012		2005	Higienización de sistemas de climatización
UNE	100012	Erratum	2005	Higienización de sistemas de climatización
UNE	100100		2000	Climatización. Código de colores.
UNE	100155		2004	Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
UNE	100156		2004	Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño.
UNE	100713		2005	Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales
PNE	112076		2004	Prevención de la corrosión en circuitos de agua
UNE	123001		2005	Cálculo y diseño de chimeneas metálicas. Guía de aplicación
UNE	123001	1M	2006	Cálculo y diseño de chimeneas metálicas. Guía de aplicación
UNE	123001	1M/Erratum	2006	Cálculo y diseño de chimeneas metálicas. Guía de aplicación
UNE	100030-IN		2005	Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
UNE-EN	13180		2003	Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles

APÉNDICE 3

CONOCIMIENTOS DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS

A 3.1 CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS

1. Conocimientos básicos.

Magnitudes, unidades, conversiones. Energía y calor, transmisión del calor. Termodinámica de los gases. Dinámica de fluidos. El aire y el agua como medios caloportadores. Generación de calor, combustión y combustibles. Conceptos básicos de la producción frigorífica. Calidad de aire interior, contaminantes. Influencia de las instalaciones sobre la salud de las personas.

2. Instalaciones y equipos de calefacción y producción de agua caliente sanitaria.

Definiciones y clasificación de instalaciones. Partes y elementos constituyentes. Análisis funcional. Instalaciones de combustibles. Combustión. Chimeneas. Dimensionado y selección de equipos: calderas, quemadores, intercambiadores de calor, captadores térmicos de energía solar, acumuladores, interacumuladores, vasos de expansión, depósitos de inercia.

3. Instalaciones y equipos de acondicionamiento de aire y ventilación.

Definiciones y clasificación de instalaciones. Partes y elementos constituyentes. Análisis funcional. Procesos

de tratamiento y acondicionamiento del aire. Diagrama psicrométrico. Dimensionado y selección de equipos. Equipos de generación de calor y frío para instalaciones de acondicionamiento de aire. Plantas enfriadoras. Bombas de calor. Equipos de absorción. Grupos autónomos de acondicionamiento de aire. Torres de refrigeración.

4. Aprovechamiento de las energías renovables en las instalaciones térmicas.

Aprovechamiento de la energía solar térmica para calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria. Conceptos básicos de radiación y posición solar. Dimensionamiento y acoplamiento con otras instalaciones térmicas. Biomasa.

5. Redes de transporte de fluidos portadores.

Bombas y ventiladores: tipos, características y selección. Técnicas de mecanizado y unión para el montaje y mantenimiento de las instalaciones térmicas. Redes de tuberías, redes de conductos y sus accesorios. Aislamiento térmico. Válvulas: tipología y características. Calidad y efectos del agua sobre las instalaciones. Tratamiento de agua.

6. Equipos terminales y de tratamiento de aire.

Unidades de tratamiento de aire y unidades terminales. Emisores de calor. Distribución del aire en los locales. Rejillas y difusores.

7. Regulación, control, medición y contabilización de consumos para instalaciones térmicas.

8. Conocimientos básicos de electricidad para instalaciones térmicas.

Número mínimo de horas del curso de Conocimientos básicos de instalaciones térmicas en edificios: 180 horas (120 horas de temas teóricos + 60 horas de temas prácticos).

A 3.2 CONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN EDIFICIOS

1. Ejecución de procesos de montaje de instalaciones térmicas.

Organización del montaje de instalaciones. Preparación de los montajes. Planificación y programación de montajes. Replanteo. Control de recepción en obra de equipos y materiales. Control de la ejecución de la instalación. Técnicas de montaje de redes de tuberías y conductos. Técnicas de montaje electromecánico de máquinas y equipos.

2. Mantenimiento de instalaciones térmicas.

Técnicas y criterios de organización, planificación y programación del mantenimiento preventivo y correctivo de averías. Planteamiento y preparación de los trabajos de mantenimiento. Técnicas de diagnóstico y tipificación de averías. Procedimientos de reparación. Lubricación. Refrigerantes y su manipulación. Prevención de fugas y recuperación.

Conocimientos específicos sobre: gestión económica del mantenimiento, gestión de almacén y material de mantenimiento. Gestión del mantenimiento asistido por ordenador.

3. Explotación energética de las instalaciones.

Técnicas de mantenimiento energético y ambiental. Control de los consumos energéticos. Tipos de energía y su impacto ambiental. Residuos y su gestión. Criterios para auditorías energéticas de instalaciones térmicas en edificios. Medidas de ahorro y eficiencia energética en las instalaciones térmicas.

4. Técnicas de medición en instalaciones térmicas.

Técnicas de medición en instalaciones térmicas. Conocimiento y manejo de instrumentos de medida de variables termodinámicas, hidráulicas y eléctricas. Tipología, características y aplicación. Aplicaciones específicas: evaluación del rendimiento de generadores de calor y frío. Interpretación de resultados y aplicación de medidas de corrección y optimización.

5. Pruebas y puesta en funcionamiento de instalaciones térmicas.

Elaboración de protocolos de procedimientos de: pruebas de estanquidad de redes de tuberías de fluidos portadores, pruebas de recepción de redes de conductos, pruebas de libre dilatación, pruebas finales, ajustes y equilibrado de sistemas. Puesta en funcionamiento. Confección del certificado de la instalación.

6. Seguridad en el montaje y mantenimiento de equipos e instalaciones.

Planes y normas de seguridad e higiene. Factores y situaciones de riesgo. Medios, equipos y técnicas de seguridad. Criterios de seguridad y salud laboral aplicados a la actividad. Procedimientos contrastados de montaje. Gamas de actuación en intervenciones en mantenimiento preventivo y correctivo y para la reparación de averías características. Gestión de componentes, materiales y sustancias de las instalaciones al final de su vida útil.

7. Calidad en el mantenimiento y montaje de equipos e instalaciones térmicas.

La calidad en la ejecución del mantenimiento y montaje de equipos e instalaciones. Planificación y organización. Criterios que deben adoptarse para garantizar la calidad en la ejecución del mantenimiento y montaje de los equipos e instalaciones. Control de calidad. Fases y procedimientos. Recursos. Proceso de control de la calidad. Calidad de proveedores. Recepción. Calidad del proceso. Calidad en el cliente y en el servicio. Documentación de la calidad.

8. Documentación técnica de las instalaciones térmicas: Memoria técnica.

Procedimientos para la elaboración de: memorias técnicas. Diseño y dimensionado de instalaciones térmicas. Programas informáticos aplicados al diseño de instalaciones térmicas. Diseño e interpretación de planos y esquemas. Elaboración de pliegos de condiciones técnicas. Presupuesto. Representación gráfica de instalaciones.



Confección de Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación térmica.

9. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas en las partes que le son de aplicación, Reglamento Europeo 842/2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero y otra normativa de aplicación.

Número mínimo de horas del curso de Conocimientos específicos de instalaciones térmicas en edificios: 270 horas (150 horas de temas teóricos + 120 horas de temas prácticos).

A 3.3 CONTENIDOS DE LOS CURSOS DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIOS PARA LA CONVALIDACIÓN DE LOS CARNÉS PROFESIONALES ESTABLECIDOS EN EL REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE), APROBADO POR REAL DECRETO 1751/1998, DE 31 DE JULIO, POR EL CARNÉ PROFESIONAL DE INSTALACIONES TÉRMICAS DE EDIFICIOS

A 3.3.1 Temario para la convalidación del carné de Instalador

1. Instalaciones y equipos de acondicionamiento de aire (para la especialidad A);
2. Instalaciones y equipos de calefacción y producción de agua caliente sanitaria (para la especialidad B);
3. Aprovechamiento de las energías renovables en las instalaciones térmicas;
4. Pruebas y puesta en funcionamiento de las instalaciones térmicas;
5. Mantenimiento de las instalaciones térmicas;

6. Calidad y Seguridad en el mantenimiento de equipos e instalaciones térmicas;
7. Explotación energética de las instalaciones térmicas;
8. Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas en las partes que le son de aplicación, Reglamento Europeo 842/2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero y otra normativa de aplicación;

Número mínimo de horas del curso: 120 horas (80 horas de temas teóricos + 40 horas de temas prácticos).

A 3.3.2 Temario para la convalidación del carné de Mantenedor

1. Instalaciones y equipos de acondicionamiento de aire (para la especialidad A);
2. Instalaciones y equipos de calefacción y producción de agua caliente sanitaria (para la especialidad B);
3. Aprovechamiento de las energías renovables en las instalaciones térmicas;
4. Calidad y Seguridad en el montaje de instalaciones térmicas;
5. Explotación energética de las instalaciones térmicas;
6. Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios, Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas en las partes que le son de aplicación, Reglamento Europeo 842/2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero, y otra normativa de aplicación;

Número mínimo de horas del curso: 80 horas (55 horas de temas teóricos + 25 horas de temas prácticos).

Guía nº 1:

Guía técnica.

Mantenimiento de instalaciones térmicas

Guía nº 2:

Guía técnica.

Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire

Guía nº 3:

Guía técnica.

Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos.

Incluye CD-ROM con programa AISLAM

Guía nº 4:

Guía técnica.

Torres de refrigeración

Guía nº 5:

Guía técnica.

Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas

Guía nº 6:

Guía técnica.

Contabilización de consumos

Guía nº 7:

Comentarios al Reglamento

de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

RITE - 2007

