

GUÍAS

Puesta en marcha
de instalaciones
según RITE

009

www.idae.es





IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

Puesta en marcha de instalaciones según RITE



IDAE

Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

Guía IDAE: Puesta en marcha de instalaciones según RITE

Esta guía continúa la Colección de Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización

Edita: IDAE

Maquetación: Sedán Oficina de Imaginación

Madrid, noviembre de 2014

La presente guía 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.

Agradecemos a todas las personas que han participado en la elaboración de esta guía y en particular a D. Pedro G. Vicente Quiles y D. Simón Aledo y al Comité Técnico de ATECYR responsable de su revisión técnica.

Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.

ÍNDICE

Introducción	11
· Comprobaciones a realizar	
Equipos de expansión directa aire-aire	17
· Equipos autónomos partidos	
· Equipos de volumen de refrigerante variable y multicircuitos	
· Equipos autónomos compactos y <i>roof top</i>	
Equipos generadores en instalaciones de agua	43
· Calderas	
· Sala de máquinas	
· Enfriadoras de compresión mecánica aire/agua	
· Enfriadoras de compresión mecánica agua/agua	
· Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	
· Otros equipos	
Circuitos hidráulicos	85
· Llenado del circuito hidráulico	
· Grupos de bombeo	
· Ajuste y equilibrado del circuito hidráulico	
Conductos	105
· Red de conductos	
· Unidad de ventilación	
· Difusores de aire. Equilibrado	
Unidades terminales de agua	121
· Unidad de tratamiento de aire	
· <i>Fancoils</i>	
· Radiadores	
· Intercambiadores de calor	
Instalaciones de producción de ACS y energía solar	145
· Instalaciones de producción de ACS	
· Puesta en funcionamiento del circuito primario	
· Prueba de estancamiento del circuito primario	

Pruebas en tuberías y conductos **163**

- Pruebas en tuberías de agua
- Pruebas en tuberías de refrigerante
- Pruebas en conductos

1 Introducción

El Artículo 22 del RITE 2007¹ “Control de la instalación terminada” establece que 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 ordenados por el instalador autorizado o por el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, tanto las previstas en la IT 2, como las exigidas por la normativa vigente.

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.

El presente documento tiene el objetivo de servir de ayuda para la realización de la puesta en servicio de las instalaciones térmicas de los edificios. Se trata de dar cumplimiento de las Instrucciones Técnicas contenidas en la IT2 del RITE de 2007:

La empresa instaladora deberá presentar un informe final de las pruebas efectuadas que contenga las condiciones de funcionamiento de los equipos y aparatos (IT 2.3.1.2.).

Además, la empresa instaladora deberá realizar y documentar las pruebas de eficiencia energética de la instalación según IT 2.4.

En el documento se proponen 25 Fichas de Puesta en Servicio cuyo objetivo es el de servir de ayuda en la realización de las pruebas de la instalación. Las Fichas sirven asimismo para comprobar que la instalación se ha ejecutado según el Proyecto o Memoria Técnica y en cumplimiento del RITE de 2007 actualizado hasta septiembre de 2013 tras diferentes modificaciones. Se recomienda utilizar la versión consolidada de septiembre de 2013 disponible en la página web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Las fichas propuestas son las siguientes:

Ficha 2.1 Equipo autónomo partido

Ficha 2.2 Equipos partidos *multisplit*

Ficha 2.3 Sistema de volumen de refrigerante variable

Ficha 2.4 Equipo autónomo compacto

Ficha 3.1 Caldera

Ficha 3.2 Sala de máquinas

Ficha 3.3 Enfriadora-bomba de calor aire/agua

Ficha 3.4 Enfriadora-bomba de calor agua/agua

Ficha 3.5 Torre de refrigeración

Ficha 4.1 Llenado del circuito hidráulico

¹ Las menciones en el documento al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios se refieren al RITE 2007 RD2017/2007 y sus modificaciones posteriores RD1826/2009, RD249/2010 y RD238/2013.

- Ficha 4.2 Grupo de bombeo
- Ficha 4.3 Equilibrado de unidades de tratamiento de aire
- Ficha 5.1 Red de conductos
- Ficha 5.2 Unidad de ventilación
- Ficha 5.3 Difusores de aire, rejillas, etc. Equilibrado
- Ficha 6.1 Unidad de tratamiento de aire
- Ficha 6.2 *Fancoils* (ventiloconvectores)
- Ficha 6.3 Radiadores
- Ficha 6.4 Intercambiadores de calor
- Ficha 7.1 Instalación de producción de ACS
- Ficha 7.2 Circuito primario de la instalación solar
- Ficha 7.3 Prueba de estancamiento del circuito primario
- Ficha 8.1 Pruebas de las tuberías de agua
- Ficha 8.2 Pruebas de las tuberías de refrigerante
- Ficha 8.3 Pruebas de los conductos

1.1 Comprobaciones a realizar

El presente documento no puede contemplar todos los equipos o sistemas que pueden estar presentes en las instalaciones térmicas de los edificios. Se presentan Fichas de Puesta en Servicio específicas para los equipos y subsistemas más comunes, pero pueden y deben modificarse para adaptarse a los equipos y sistemas concretos que se vayan a analizar.

Las Fichas pueden servir de ayuda para la realización de la puesta en servicio de otros equipos de diferentes características. Se deberán realizar fichas de comprobación similares a las presentadas en este documento. De forma general, las comprobaciones a realizar recogen los aspectos generales mostrados a continuación.

1.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se deben realizar las siguientes comprobaciones:

- Los equipos instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica.
- La ejecución de la instalación térmica se ha realizado según Proyecto o Memoria Técnica y siguiendo la normativa vigente.
- La ubicación de los equipos se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada.
- Se han respetado las distancias mínimas de separación que permitan el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos, según las indicaciones del fabricante.

1.1.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se trata de comprobar que la ejecución de la instalación ha sido la adecuada siguiendo el Proyecto o Memoria Técnica, el RITE, las indicaciones del fabricante y criterios de buenas prácticas. Se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Las unidades se encuentran convenientemente niveladas y ancladas con elementos que impidan la posible transmisión de vibraciones.
- Las tuberías y los conductos están convenientemente conectados a las unidades interiores y a los equipos generadores.
- El conexionado eléctrico se ha ejecutado adecuadamente, comprobándose la tensión de alimentación y las protecciones eléctricas.
- Los equipos instalados al exterior están convenientemente protegidos contra la radiación solar directa, contra la lluvia y contra las heladas.
- Los circuitos están ajustados a sus caudales nominales y están equilibrados.
- En los subsistemas donde se modifiquen las propiedades físicas del aire o agua, se deberá poder medir al menos las temperaturas en la entrada y en la salida.
- Se han realizado las pruebas de estanquidad y presión en las redes de tuberías de agua, en las redes de refrigerante y en los conductos de aire.

1.1.3 Comprobaciones a realizar en la puesta en marcha

Además de las medidas a realizar al arrancar los equipos, se deberán realizar las siguientes comprobaciones:

- Los elementos de seguridad y de control funcionan correctamente.
- Los desagües funcionan adecuadamente.
- El sentido de giro de bombas y ventiladores es el correcto.
- El ruido producido por los equipos es el normal, dentro de lo esperado.
- No se producen ruidos, vibraciones u olores que indiquen algún problema de funcionamiento de la instalación.

Se deberán seguir las recomendaciones del fabricante y de la Dirección Técnica en la realización del listado de comprobaciones indicadas.

La puesta en marcha de los equipos deberá realizarse por un instalador autorizado, perteneciente a una empresa habilitada. En su caso, la puesta en marcha deberá ser realizada o supervisada por el servicio técnico del fabricante. En cualquier caso, se deberán tomar las medidas de seguridad y de protección de las personas necesarias.

1.1.4 Medidas a realizar en la puesta en marcha

En la puesta en marcha de la instalación se realizarán diversas medidas para comprobar que los equipos funcionan dentro de las especificaciones del fabricante. Se realizarán por tanto medidas de eficiencia energética de los equipos generadores. Se comprobará el caudal de agua y de aire en las redes de tuberías y conductos así como el equilibrio hidráulico. Por último será necesario comprobar el correcto funcionamiento de las unidades terminales, verificándose que los locales alcancen las temperaturas de consigna esperadas.

Las medidas se realizarán con equipos fijos instalados en la instalación o mediante equipos portátiles. En este caso se deberán adoptar las medidas de seguridad necesarias para evitar daños a equipos o personas. Se deberá llevar especial cuidado en la medida de la potencia eléctrica de los equipos así como en la medida de la toma de presión en circuitos frigoríficos. La instalación de los equipos de medida deberá realizarse con los equipos parados y si fuera necesario, sin tensión.

Las medidas a realizar de forma general son las siguientes:

- Medida de la potencia útil proporcionada por la máquina.
- Medida de la potencia consumida por los equipos en el momento de realizar la medida (combustible o electricidad).
- Medidas de presiones y temperaturas en el ciclo frigorífico en las máquinas de expansión directa: presiones de alta y baja, grado de recalentamiento y subenfriamiento, etc.
- Medidas de caudales en las redes de tuberías y conductos.
- Medidas de temperatura del agua en la entrada y salida de equipos generadores y baterías. Se podrán aprovechar las vainas que según el RITE deberán haber sido implementadas.
- Medidas de la temperatura y humedad relativa del aire en la entrada y salida del aire en baterías de agua y refrigerante.
- Verificación de que la medida de la temperatura de control de las máquinas sea correcta.
- Verificación de que el equipo no produce molestias por corrientes de aire, humos o ruidos.

Las hojas de Puesta en Marcha de las instalaciones servirán para verificar el correcto funcionamiento de los equipos, debiéndose añadir las comprobaciones que exijan los fabricantes de los mismos. En otros casos, se deberán comprobar los datos nominales especificados en el Proyecto o Memoria Técnica: caudales en tramos de tuberías, en válvulas de equilibrado, en bombas, en ventiladores, etc.

1.1.5 Instrumentación empleada

En el presente documento se realiza un listado de la documentación mínima a emplear para la realización de la puesta en marcha de los distintos equipos. En algunos casos se recomienda el empleo de instrumentación más sofisticada y cara, cuando se realice la puesta en marcha de equipos de grandes potencias.

Es recomendable identificar los equipos de medida utilizados en la puesta en marcha. En el caso de que sea obligatorio que los equipos estén calibrados, éstos se deberán identificar en la hoja de Puesta en Servicio.

2 Equipos de expansión directa aire-aire

La puesta en marcha de los equipos se realiza con posterioridad a la realización de las pruebas de las tuberías de refrigerante y a las pruebas de los conductos.

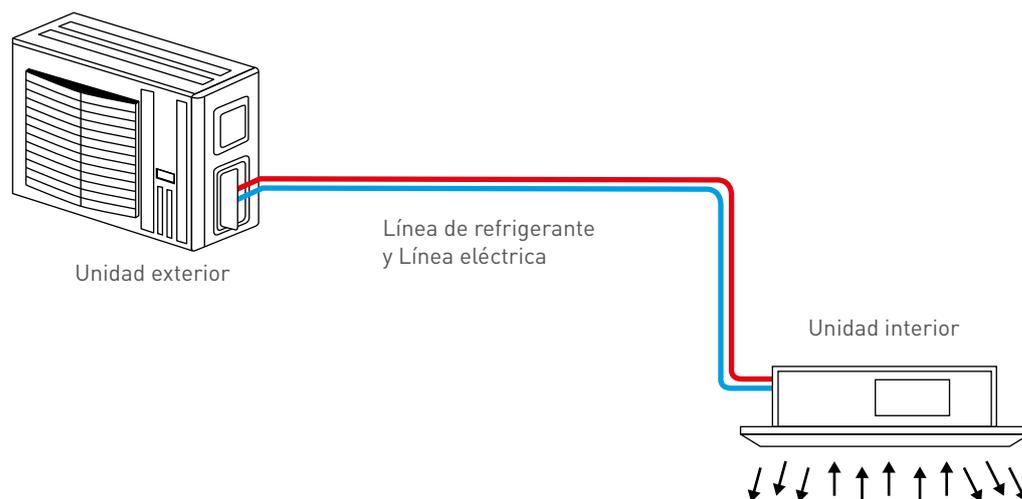
Se deberá realizar una ficha técnica para cada equipo donde queden registrados sus parámetros de funcionamiento. A continuación se describen los procedimientos de puesta en marcha de los siguientes equipos:

- 2.1 Equipos autónomos partidos
- 2.2 Equipos de volumen de refrigerante variable y multicircuitos
- 2.3 Equipos compactos de interior y *roof-top*

2.1 Equipos autónomos partidos

Los equipos autónomos partidos se emplean de forma habitual para la climatización de viviendas y locales pequeños. En esta sección se muestra la puesta en marcha de equipos que constan de una unidad exterior conectada a una única unidad interior. Se trata generalmente de equipos de bajas potencias, aunque algunos fabricantes ofrecen máquinas de tipo *inverter* de potencias nominales no superiores a 25 kW. Existen equipos de esta tipología con varios compresores y circuitos frigoríficos, con potencias nominales útiles que llegan hasta los 80 kW.

Figura 2.1. Esquema de equipo autónomo partido. Esta sección se centra en equipos con una unidad exterior conectada a una única unidad interior



Las unidades en contacto con el aire exterior pueden ser de ventilador axial, si van ubicadas directamente en el exterior, o de ventilador centrífugo, si están pensadas para instalación en el interior del local, en cuyo caso el ventilador debe de ser capaz de vencer la pérdida de carga de la red de conductos que lo comunica con el exterior.

La puesta en marcha de los equipos se realiza después de llevar a cabo la realización de las pruebas de las tuberías de refrigerante. En el caso de emplear unidades interiores de tipo conducto, se deberán haber realizado las pruebas de los conductos.

2.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

En la puesta en marcha se comprobará si la ubicación de las unidades es la adecuada y se corresponde con el Proyecto o con la Memoria Técnica. Se observará si la instalación de los equipos permite la accesibilidad necesaria para la realización del mantenimiento. Se deberá hacer constar si se han respetado las distancias necesarias que permitan un funcionamiento correcto, tanto de la unidad exterior como de la unidad interior.

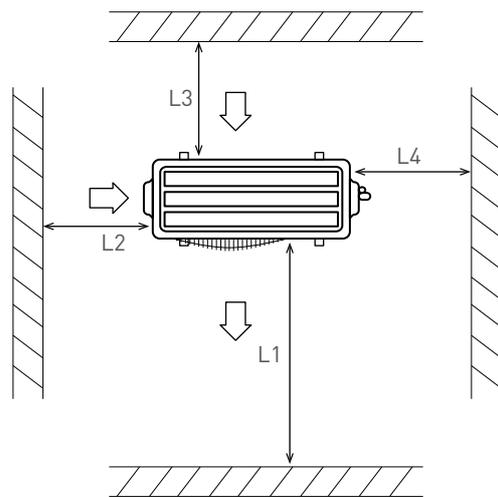
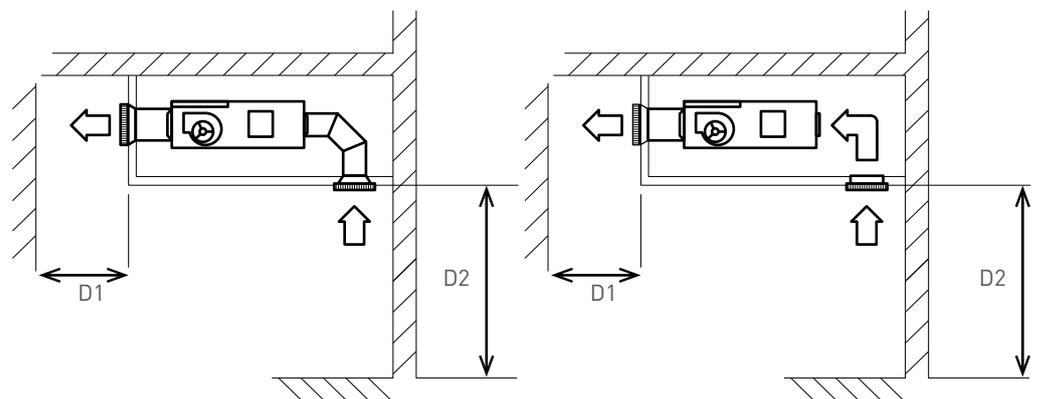


Figura 2.2. Distancias mínimas fijadas por el fabricante para unidad exterior

Figura 2.3. Distancias mínimas fijadas por el fabricante para unidad interior



2.1.2 Comprobaciones previas de la unidad exterior

Se verificará que el chorro de salida del aire de las unidades exteriores no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos. Se atenderá a posibles exigencias que las Ordenanzas Municipales puedan establecer sobre distancias mínimas de separación entre unidades exteriores y ventanas. Asimismo, se comprobará que la entrada de aire está libre de obstáculos y que el equipo no toma aire de ella

misma o de otras unidades próximas. Se recomienda orientar la unidad en función del viento predominante y protegerla en lo posible de la radiación solar directa. Se comprobará que los equipos se encuentren convenientemente anclados, empleando elementos antivibratorios adecuados. Se debe tener en consideración el cumplimiento de las exigencias de la IT 1.3.4.4.3 sobre accesibilidad.

En el caso de máquinas que trabajen como bombas de calor, se comprobará que se haya dispuesto un desagüe adecuado en la unidad exterior. Es conveniente realizar la comprobación del funcionamiento del desagüe con el equipo en funcionamiento.

2.1.3 Comprobaciones previas de la unidad interior

Se verificará que la entrada y salida del aire a la unidad interior es correcta y está libre de obstáculos. Se comprobará que la unidad interior se encuentra convenientemente anclada, empleando los elementos antivibratorios adecuados.

Se comprobará el correcto funcionamiento del desagüe de condensado de la unidad interior. Se debe comprobar el funcionamiento del sifón o, en su caso, de la bomba de condensado. En el caso de unidades de conductos, se comprobará que los conductos se encuentran convenientemente conectados a la unidad con uniones correctamente selladas y sin fugas de aire. Las comprobaciones del funcionamiento del desagüe y de la conexión de los conductos deben corroborarse con la unidad en funcionamiento.

2.1.4 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que las longitudes de tubería y las diferencias de cota se encuentran dentro de las especificaciones del fabricante. Además, se deberá comprobar que se han realizado los sifones necesarios que aseguren el retorno del aceite al compresor. Se comprobará que el diámetro de las tuberías instalado corresponde con el Proyecto o con la Memoria Técnica.

Se comprobará que el espesor de aislamiento de las tuberías corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica y que en los tramos de tubería situados al exterior, el aislante está protegido contra la lluvia y la radiación solar. Se comprobará que las uniones de las tuberías a las unidades queden perfectamente aisladas y que en ningún caso se produzcan condensaciones.

Previamente a la puesta en servicio del equipo, se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. El conexionado eléctrico de cada una de las unidades deberá ser correcto y, en el caso de la unidad exterior, se verificará que disponga de una protección adecuada contra las inclemencias meteorológicas.

Se comprobará la tensión de suministro y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado. Por último, se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta. En particular se comprobará la correcta instalación de la toma de tierra de la unidad y, utilizando un megóhmetro de 500 V, se comprobará que hay 1 M Ω o más entre el bloque de terminales y el suelo o masa. De no ser así, se corregirá antes de hacer funcionar la unidad.

En las unidades provistas con compresor tipo *scroll* trifásicas, se comprobará la secuencia de fases y el correcto giro de compresores. Esta misma comprobación se realizará en cualquier unidad cuyos ventiladores, interiores o exteriores, sean trifásicos.

2.1.5 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha de un equipo partido es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Puente de manómetros. Medida de las presiones de alta y baja de la máquina.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.
- En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:
 - Megóhmetro de 500 V para la comprobación del aislamiento de la instalación eléctrica.
 - Sonda de CO₂ ambiente para el análisis de la ventilación de los locales.
 - Micromanómetro para lectura de la presión disponible en unidades de conductos.
 - Tacómetro para la medida de la velocidad de giro de los ventiladores.

2.1.6 Puesta en marcha y toma de datos

Una vez llevadas a cabo las comprobaciones previas, se conectará el puente de manómetros a la máquina para verificar las presiones de evaporación y condensación. Asimismo, se conectará una pinza amperimétrica para medir la corriente consumida en el momento del arranque y en funcionamiento. Se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación de los instrumentos, siendo recomendable su instalación con el equipo parado. Es posible que en las máquinas de tipo residencial o de pequeña potencia, tanto si son *inverter* como si no lo son, la línea de alta presión se corresponda con una presión media, ya que estas máquinas llevan un sistema de pre-expansión (doble sistema de expansión) a la salida de la unidad exterior. En estos casos la presión de alta medida no es significativa ni aporta información contrastable, por ser una presión intermedia entre la de alta y la de baja.

Al arrancar la máquina se tomará el dato de la corriente máxima de arranque. En la puesta en marcha se deberá prestar especial atención a la aparición de posibles ruidos o vibraciones que puedan indicar problemas de funcionamiento de alguna de las unidades.

Si procede, se añadirá o se quitará más carga de gas refrigerante, siempre siguiendo las instrucciones del fabricante y mediante balanza de precisión adecuada (esta operación puede haber sido realizada con antelación por el instalador).

Cuando la distancia entre unidades interiores y exteriores sea significativa o la carga de refrigerante sea especialmente importante, se procurará tomar nota de aquellos parámetros que figuran en la ficha y que hacen referencia al cálculo del subenfriamiento y del recalentamiento, así como de la temperatura de descarga del compresor.

Si la máquina funciona correctamente, se fijará una temperatura de consigna baja (en modo frío) o alta (en modo calor) para intentar que la máquina funcione el mayor tiempo posible sin parar. Cuando el ventilador de la unidad exterior disponga de varias velocidades, este se fijará en la velocidad "alta".

Si la unidad estuviera conectada a un sistema de “Volumen de Aire Variable” nos aseguraremos de que todas las zonas van a permanecer con las compuertas en su posición de máxima abertura y el *bypass*” totalmente cerrado.

En máquinas provistas del botón *test* se utilizará este dispositivo, de tal modo que la máquina quede funcionando en condiciones nominales. Este dispositivo es especialmente útil e importante en las máquinas de tipo *inverter*, donde la unidad es capaz de controlar y modular múltiples parámetros (velocidad de compresor, de ventiladores interior y exterior, válvula de expansión, etc.), que de otro modo podrían conducirnos a lecturas erróneas.

Se mantendrá la máquina funcionando durante al menos 1 hora y después de este tiempo, cuando la máquina se encuentre funcionando de forma estacionaria, se tomarán los datos de la temperatura del aire en la entrada y salida de la unidad exterior, de las unidades interiores y de los locales acondicionados (se recomienda medir temperatura y humedad relativa del aire). Asimismo, se tomarán los datos de las presiones de alta y baja y la potencia consumida por la unidad (al menos la corriente). Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario, debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha.

Se comprobará el funcionamiento correcto del desagüe y, en su caso, de la bomba de condensados. Es muy importante seguir las instrucciones del fabricante en este caso, ya que las unidades interiores de tipo *split mural* tienen prohibida la instalación o formación de sifones en su línea de desagüe, mientras que las unidades interiores de tipo “conductos de alta presión disponible” necesitan de un buen cierre hidráulico o sifón para su correcto funcionamiento.

Una vez finalizada la prueba de funcionamiento, se comprobará que no hay condensaciones visibles y se prestará atención a posibles olores que indiquen que algún cable pueda estar realizando una mala conexión, que algún elemento se haya sobrecalentado, que algún elemento esté tocando la tubería de descarga del compresor o cualquier anomalía posible.

A continuación se presenta una propuesta de Ficha de Puesta en Marcha para equipos autónomos partidos:

Ficha 2.1. Equipo autónomo partido

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación de los equipos en la instalación:	
PRUEBA DE PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS DE REFRIGERANTE	
Fecha de realización: / /	Presión de prueba (bar):
La prueba se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
UNIDAD EXTERIOR	
Lugar de instalación:	
Fabricante/Modelo/Nº Serie:	
Refrigerante y carga en kg:	
Potencia nominal Frío/Calor (kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /
UNIDAD INTERIOR	
Lugar de instalación:	
Fabricante/Modelo/Nº Serie:	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La unidad exterior y la unidad interior se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad exterior corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad interior se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD EXTERIOR	
La entrada y salida del aire de la unidad exterior es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire es adecuada y no toma aire de la misma o de otras unidades <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD EXTERIOR			
La unidad se encuentra convenientemente anclada con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha realizado un desagüe adecuado (altura, sifones) (sólo bombas de calor) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD INTERIOR			
La entrada y salida del aire de la unidad interior es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La unidad se encuentra convenientemente anclada con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Si la unidad es de conductos, se encuentra convenientemente conectada a la red de conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha comprobado que el desagüe funciona (altura, sifones, bomba de condensados) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
Las tuberías de refrigerante están instaladas según Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se cumplen las longitudes y desniveles máximos permitidos por el fabricante <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las tuberías de refrigerante están aisladas con el aislamiento especificado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones (indicar material y espesor):			
Las conexiones de las tuberías a las unidades se encuentran convenientemente aisladas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS			
Unidad exterior		Medido	Previsión
* Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
* Temperatura, humedad relativa de salida	°C / %	/	/
Unidad interior		Medido	Previsión
* Temperatura, HR(%) aire de entrada a la unidad	°C / %	/	/
* Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad	°C / %	/	/

(Continuación)

Conexiones eléctricas del equipo		Medido	Previsión
* Intensidad por fase: $I_R/I_S/I_T$	A	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fase y neutro): $V_{RN}/V_{SN}/V_{TN}$	V	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fases): $V_{RS}/V_{RT}/V_{ST}$	V	/ /	/ /
* Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico		Medido	Previsión
Presión manométrica de evaporación	bar	/	/
Presión manométrica de condensación	bar	/	/
Temperatura de aspiración del compresor	°C	/	/
Temperatura de descarga del compresor	°C	/	/
Grado de recalentamiento	°C	/	/
Tarado de elementos de seguridad		Medido	Previsión
Presostato de alta, CORTE/REARME	bar	/	/
Presostato de baja, CORTE/REARME	bar	/	/
Control de etapas		Medido	Previsión
1ª Etapa, CORTE/REARME	°C	/	/
2ª Etapa, CORTE/REARME	°C	/	/
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

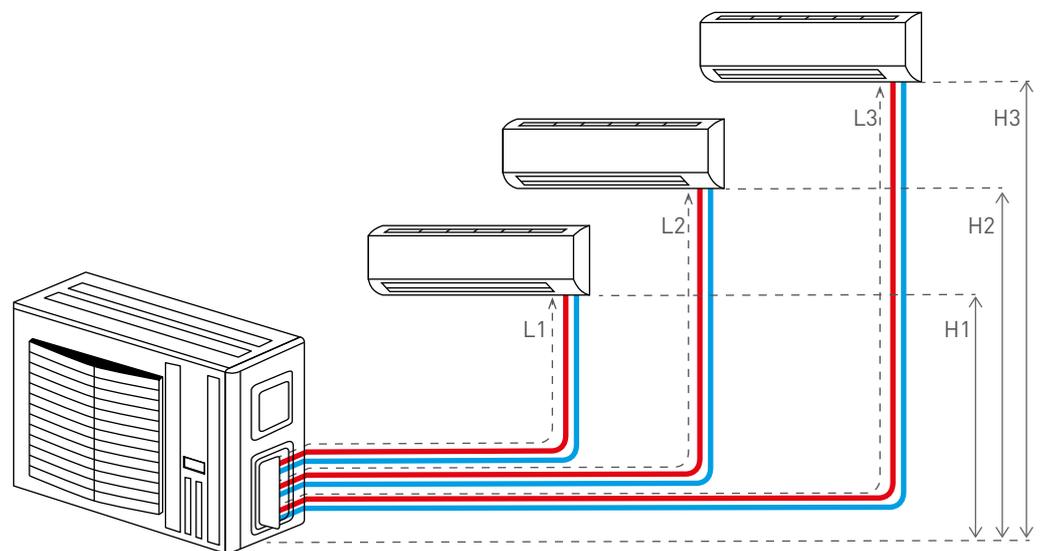
* Medidas mínimas a realizar

2.2 Equipos de volumen de refrigerante variable y multicircuitos

Se trata de una tipología de instalación de climatización con una unidad exterior y varias unidades interiores. Existen dos sistemas distintos, los denominados *multi* y los propiamente de Volumen de Refrigerante Variable (VRV).

Los equipos *multi* del tipo 2x1, 3x1, etc., tienen una finalidad doméstica y residencial y consisten en una unidad exterior con 1, 2 o más compresores, que alimenta a 2 o hasta 5 unidades interiores. Los compresores pueden ser del tipo *inverter* o no y las unidades interiores, aunque habitualmente son del tipo *split mural*, pueden ser de cualquier tipología.

Figura 2.4. Consideraciones sobre la instalación



Los equipos VRV abarcan un gran abanico de potencias, desde unos pocos kW hasta aproximadamente 90 kW térmicos en un sólo circuito frigorífico. Su instalación se extiende a todo tipo de locales y usos, desde el residencial hasta hoteles, oficinas y hospitales.

Existe además una variante en este tipo de instalación denominada comercialmente "a 3 tubos", en la que existe la posibilidad de recuperación de energía en caso de demandas simultáneas de frío y calor dentro de un mismo circuito frigorífico.

La puesta en marcha de estas instalaciones se realizará únicamente después de una estricta y severa prueba de presión que garantice la estanquidad y la resistencia de la instalación frigorífica. Una vez concluidas las pruebas de presión con nitrógeno seco, es necesario realizar un adecuado vacío de toda la instalación previo al llenado con refrigerante y a la apertura de las llaves de servicio.

La carga de refrigerante es un punto crítico en este tipo de instalaciones, por lo que se seguirá el protocolo de cada fabricante para calcular la carga adicional a introducir en la puesta en marcha. Es muy habitual rellenar una tabla con longitudes y diámetros de tuberías de líquido y gas, así como los modelos de unidades interiores.

2.2.1 Puesta en marcha de las instalaciones tipo *multi*

Para la puesta en marcha de estas instalaciones, se tendrá en cuenta todo lo comentado en la sección 2.1 sobre Equipos Autónomos Partidos. Al final de esta sección se muestra la Ficha 2.2, realizada para el caso de un *multisplit* hasta 4x1. Las comprobaciones a realizar están indicadas en la Ficha 2.2 y se recomienda la lectura de las indicaciones incluidas en la sección 2.1, con especial atención al mencionado *Modo Test*, ya que es la única manera de verificar el correcto funcionamiento del sistema en condiciones nominales.

2.2.2 Puesta en marcha de las instalaciones tipo “Volumen de Refrigerante Variable”

En estas instalaciones se lleva a cabo la puesta en funcionamiento de un modo específico para tal fin y es recomendable su realización a la par que el servicio de apoyo técnico oficial de la marca verifica todo el funcionamiento interno de la máquina.

La comprobación del cumplimiento de las especificaciones del Proyecto o Memoria Técnica se realizará de forma similar a lo especificado en la sección 2.1 para equipos partidos. Se verificará la correcta ubicación e instalación de la unidad exterior y de las unidades interiores, asegurando su correcta sujeción sin que se transmitan vibraciones al edificio. Asimismo, se comprobarán los aislamientos de las tuberías, sus conexiones a los equipos, el funcionamiento de los desagües de condensados y las conexiones eléctricas.

La mayoría de los parámetros de presiones y temperaturas que figuran en la ficha de puesta en marcha, generalmente podrán ser leídos directamente de la placa de la unidad.

Las lecturas de presiones y temperaturas generales de funcionamiento de la unidad exterior en *Modo Test* son importantes para comprobar el buen funcionamiento, ya que en los sistemas VRV las longitudes de las tuberías de refrigerante entre unidades pueden ser muy grandes.

En equipos VRV con recuperación a dos tubos, se deberá hacer una prueba para comprobar que los brazos de los controladores coinciden con los equipos interiores. Se comprobará poniendo un equipo en frío y el siguiente en calor para todos los equipos de un mismo controlador. De esta manera evitaremos que la instalación frigorífica vaya a un equipo y la eléctrica a otro y además, que los tubos frigoríficos estén intercalados entre los equipos.

En los VRV las unidades interiores y las exteriores están comunicadas con un mando centralizado, y todos los equipos tienen una dirección que los identifica dentro del circuito. Es conveniente que en la ficha del sistema, junto al número de serie y lugar de instalación, se haga constar la dirección del equipo.

Al final de esta sección se muestra la Ficha 2.3 realizada para el caso de un sistema VRV formado por una unidad exterior conectada a 7 unidades interiores.

Ficha 2.2. Equipos partidos multisplit

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación de los equipos en la instalación:	
PRUEBA DE PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS DE REFRIGERANTE	
Fecha de realización: / /	Presión de prueba (bar):
La prueba se realizó satisfactoriamente:	
UNIDAD EXTERIOR	
Lugar de instalación:	
Fabricante/Modelo/Nº Serie:	
Refrigerante y carga en kg:	
Potencia nominal Frío/Calor (kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /
UNIDAD O UNIDADES INTERIORES	
Ud. 1 Modelo/Nº de Serie:	Lugar de instalación:
Ud. 2 Modelo/Nº de Serie:	Lugar de instalación:
Ud. 3 Modelo/Nº de Serie:	Lugar de instalación:
Ud. 4 Modelo/Nº de Serie:	Lugar de instalación:
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La unidad exterior y las unidades interiores se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad exterior corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de las unidades interiores corresponden con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD EXTERIOR
La entrada y salida del aire de la unidad exterior es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La aspiración del aire es adecuada y no toma aire de la misma o de otras unidades <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La unidad se encuentra convenientemente anclada con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se ha realizado un desagüe adecuado (altura, sifones) (sólo bombas de calor) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La conexión eléctrica es correcta y protegida de las inclemencias meteorológicas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD O UNIDADES INTERIORES
La entrada y salida del aire de las unidades interiores es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La unidades se encuentran convenientemente ancladas con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las unidades de conductos están convenientemente conectadas a la red de conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se han realizado desagües adecuados (altura, sifones) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA
Existen tomas de que permiten la lectura de la presión de alta y baja de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las conexiones de las tuberías a las unidades se encuentran convenientemente aisladas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:

(Continuación)

MEDIDAS REALIZADAS			
Unidad exterior		Medición	Previsión
Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
Temperatura, humedad relativa de salida	°C / %	/	/
Unidades interiores			
Temperatura, HR(%) del aire de entrada de la unidad 1	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 1	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada de la unidad 2	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 2	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada de la unidad 3	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 3	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada de la unidad 4	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 4	°C / %	/	/
Conexiones eléctricas del equipo			
* Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fase y neutro): $V_{RN} / V_{SN} / V_{TN}$	V	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
* Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico (en la unidad exterior)		Medido	Previsión
Presión manométrica de evaporación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
Presión manométrica de condensación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
Temperatura de aspiración compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Temperatura de descarga compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de recalentamiento (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Tarado de elementos de seguridad		Medido	Previsión
Presostato de alta, CORTE/REARME	bar	/	/
Presostato de baja, CORTE/REARME	bar	/	/

RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

* Medidas mínimas a realizar

Ficha 2.3. Sistema de volumen de refrigerante variable

DATOS GENERALES		
Empresa instaladora:	Cliente:	
Técnico:		
Identificación de los equipos en la instalación:		
PRUEBA DE PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS DE REFRIGERANTE		
Fecha de realización: / /	Presión de prueba (bar):.	
La prueba se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
UNIDAD EXTERIOR		
Lugar de instalación:		
Fabricante/Modelo/Nº de Serie:		
Refrigerante y carga en kg:		
Potencia nominal Frío/Calor (kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /	
UNIDAD O UNIDADES INTERIORES		
Modelo/Nº de Serie	Lugar de instalación	Identificación control
Ud. 1		
Ud. 2		
Ud. 3		
Ud. 4		
Ud. 5		
Ud. 6		
Ud. 7		
RESTO DE UNIDADES EN ANEXO A PARTE		

COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA
La unidad exterior y las unidades interiores se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La ubicación de la unidad exterior corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La ubicación de las unidades interiores corresponden con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD EXTERIOR
La entrada y salida del aire de la unidad exterior es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La aspiración del aire es adecuada y no toma aire de la misma o de otras unidades <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La unidad se encuentra convenientemente anclada con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se ha realizado un desagüe adecuado (altura, sifones) (sólo bombas de calor) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA UNIDAD O UNIDADES INTERIORES
La entrada y salida del aire de las unidades interiores es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La unidades se encuentran convenientemente ancladas con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las unidades de conductos están convenientemente conectadas a la red de conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se han realizado desagües adecuados (altura, sifones) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA
Existen tomas que permiten la lectura de la presión de alta y baja de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las conexiones de las tuberías a las unidades se encuentran convenientemente aisladas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:

(Continuación)

MEDIDAS REALIZADAS			
Unidad exterior		Medido	Previsión
Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
Temperatura, humedad relativa de salida	°C / %	/	/
Unidades interiores		Medido	Previsión
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 1	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 1	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 2	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 2	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 3	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 3	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 4	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 4	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 5	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 5	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 6	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 6	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 7	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 7	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de entrada a la unidad 8	°C / %	/	/
Temperatura, HR(%) del aire de salida de la unidad 8	°C / %	/	/
RESTO DE UNIDADES EN ANEXO A PARTE			
Conexiones eléctricas del equipo			
* Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
* Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico (en la unidad exterior)		Medido	Previsión
Presión manométrica de evaporación (Circuito 1 /Circuito 2)	bar	/	/
Presión manométrica de condensación (Circuito 1 /Circuito 2)	bar	/	/
Temperatura de aspiración compresor (Circuito 1 /Circuito 2)	°C	/	/
Temperatura de descarga compresor (Circuito 1 /Circuito 2)	°C	/	/
Grado de recalentamiento (Circuito 1 /Circuito 2)	°C	/	/

(Continuación)

Tarado de elementos de seguridad		Medido	Previsión
Presostato de alta, CORTE/REARME	bar	/	/
Presostato de baja, CORTE/REARME	bar	/	/
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

* Medidas mínimas a realizar

2.3 Equipos autónomos compactos y *roof top*

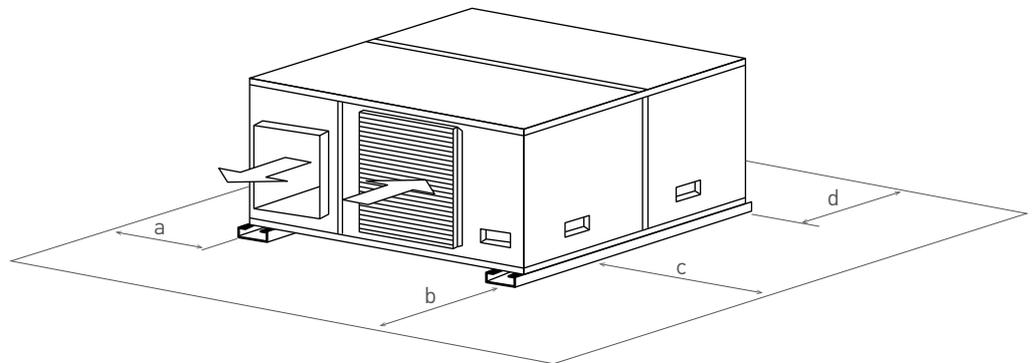
Los equipos autónomos compactos se emplean habitualmente en la climatización de locales comerciales de pequeño y mediano tamaño. En esta sección se considera que se trata de equipos compactos montados en el interior del local (generalmente en el falso techo) o en el exterior. Los equipos denominados *roof-top* condensados por aire son equipos muy similares pero preparados para trabajar a la intemperie. Su ubicación típica en la cubierta les permite tener una gama de posibilidades técnicas mucho más amplia que en los equipos de interior. Habitualmente son los utilizados para la climatización de grandes superficies y locales diáfanos.

2.3.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

La puesta en marcha de los equipos se hará con posterioridad a las pruebas de los conductos, debiéndose verificar la realización de dichas pruebas.

En la puesta en marcha se comprobará si la ubicación del equipo es la adecuada y se corresponde con el Proyecto o con la Memoria Técnica. Se observará si la instalación de los equipos permite la accesibilidad necesaria para la realización del mantenimiento. Se comprobará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el mantenimiento del equipo. Además, se comprobará que los conductos están perfectamente conectados a la unidad, bien sellados y sin fugas de aire.

Figura 2.5. Croquis de distancias mínimas fijadas por el fabricante para un modelo de equipo compacto condensado por aire, instalado al exterior sobre cubierta



2.3.2 Comprobaciones previas de la sección de aire exterior (condensación)

Se verificará que la descarga del aire de condensación no afecte a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos. En el caso de equipos instalados en falsos techos, se deberá comprobar que las Ordenanzas Municipales permitan la expulsión del aire de condensación a la altura del equipo.

En el caso de equipos instalados sobre cubiertas (*roof-top*), se atenderá a las posibles exigencias que las Ordenanzas Municipales puedan establecer sobre distancias mínimas de separación entre equipos y ventanas. Asimismo, se comprobará que la entrada de aire está libre de obstáculos y que la unidad no toma aire de ella misma o de otras unidades próximas. Se recomienda orientar la unidad en función

del viento predominante. Se debe tener en consideración el cumplimiento de las exigencias de la IT 1.3.4.4.3 sobre accesibilidad.

En el caso de máquinas que trabajen como bombas de calor, la sección exterior funcionará como evaporador, produciéndose condensados. Se comprobará la existencia de un desagüe adecuado. Si es posible, es conveniente realizar la comprobación del funcionamiento del desagüe con la unidad en marcha.

2.3.3 Comprobaciones previas de la unidad interior (evaporación)

Se comprobará el correcto funcionamiento del desagüe de condensados de la sección interior. Se debe comprobar el funcionamiento del sifón o, en su caso, de la bomba de condensados. Se comprobará que los conductos se encuentran convenientemente conectados a la sección interior. Se verificará que la entrada y salida del aire a la unidad interior es correcta y libre de obstáculos.

Las comprobaciones del funcionamiento del desagüe y de la conexión de los conductos deben corroborarse con el equipo en funcionamiento.

2.3.4 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Antes de la puesta en servicio del equipo, se deberá verificar la correcta ejecución de las conexiones eléctricas. Se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta, especialmente en los equipos instalados al exterior.

Se deberá medir la tensión de suministro a cada uno de los equipos, confirmando que esta es la adecuada. Asimismo, se deberá comprobar que todos los equipos de protección y medida de la instalación son los apropiados y se han instalado acorde a las indicaciones del proyectista. Se comprobará la secuencia de fases y el sentido de giro de los ventiladores trifásicos.

Se comprobará la correcta instalación de la toma de tierra de la unidad y utilizando un megóhmetro de 500 V se comprobará que hay 1 M Ω o más entre el bloque de terminales y el suelo o masa. Si se detecta menos de 1M Ω , no se hará funcionar la unidad.

2.3.5 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha de un equipo compacto es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.

- Puente de manómetros. Medida de las presiones de alta y baja de la máquina.

- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.

En instalaciones de cierta responsabilidad y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:

- Megóhmetro de 500 V para la comprobación de la toma de tierra en la máquina.

- Sonda de CO₂ ambiente para el análisis de la ventilación de los locales.

- Micromanómetro para lectura de la presión disponible en los conductos.

- Tacómetro para la medida de la velocidad de giro de los ventiladores.

2.3.6 Puesta en marcha y toma de datos

Una vez realizadas las comprobaciones previas, se conectará el puente de manómetros a la máquina para comprobar las presiones de evaporación y condensación. Asimismo, se conectará una pinza amperimétrica para medir la corriente consumida en el momento del arranque y durante el funcionamiento. Se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación de los instrumentos, siendo recomendable su instalación con el equipo parado.

Cuando la unidad esté provista de varios compresores y/o circuitos frigoríficos se comprobarán las presiones frigoríficas de cada circuito frigorífico y la potencia eléctrica consumida por cada compresor. Es recomendable que estas medidas se realicen con todos los compresores funcionando.

Al arrancar la máquina se tomará el dato de la corriente máxima de arranque. En la puesta en marcha se deberá estar pendiente de ruidos o vibraciones que puedan indicar problemas de funcionamiento del equipo.

Si la máquina funciona correctamente, se fijará una temperatura de consigna baja (en modo frío) o alta (en modo calor) para que la máquina funcione el mayor tiempo posible sin parar.

Se medirán las presiones de evaporación y condensación de la máquina, siendo recomendable comprobar tanto el recalentamiento como el sub-enfriamiento de cada circuito frigorífico mientras todos sus compresores se encuentran en marcha.

Si la unidad está conectada a un sistema de Volumen de Aire Variable, nos aseguraremos de que todas las compuertas de zona están abiertas en su posición máxima y el *bypass* cerrado.

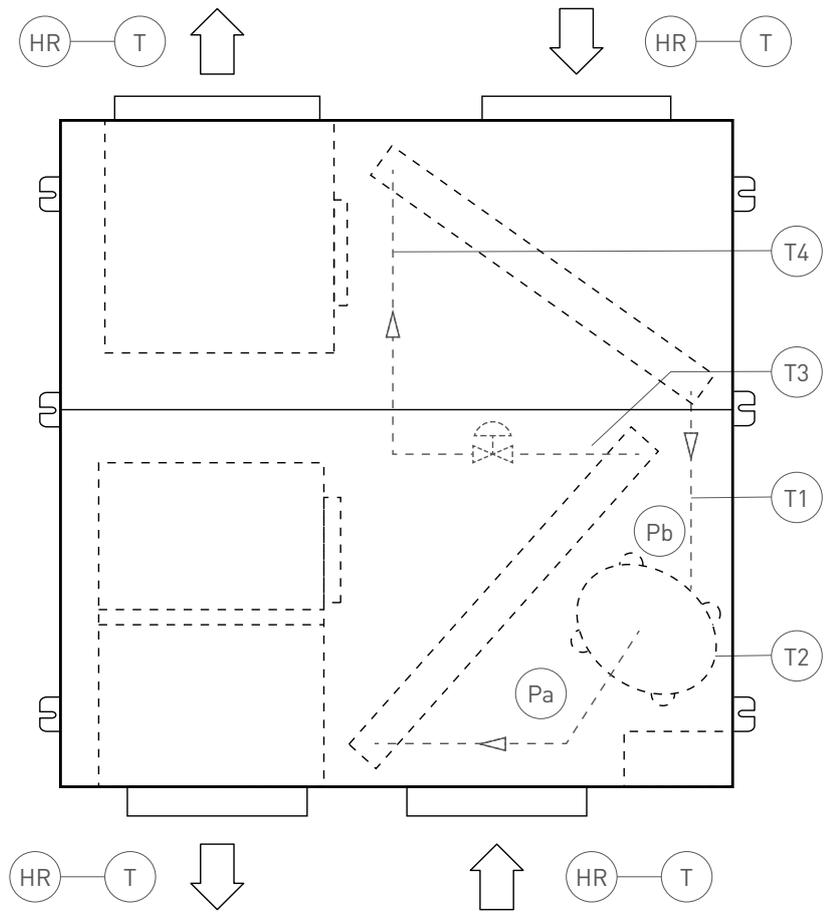
En equipos de gran potencia (150 kW o más), en climas fríos, y sobre todo si van provistos de compresores semi-herméticos, se recomienda tener las resistencias de cárter con tensión durante aproximadamente 24 horas antes de la puesta en marcha.

Se mantendrá la máquina funcionando durante 1 hora y después de este tiempo, cuando la máquina se encuentre funcionando de forma estacionaria, se tomarán los datos de la temperatura del aire en la entrada y salida del aire exterior y del aire de retorno e impulsión al local o locales acondicionados (se recomienda medir temperatura y humedad relativa del aire). Si la unidad climatiza a dos o más locales, se verificará que se alcanza la temperatura de bienestar en todos ellos.

Una vez finalizada la prueba (mínimo 1 hora de funcionamiento) se comprobará que no hayan aparecido condensaciones visibles y se prestará atención a posibles olores que indiquen que algún cable pueda estar realizando una mala conexión o que algún elemento se haya sobrecalentado o esté tocando la tubería de descarga del compresor.

Se tomarán los datos de las presiones de alta y baja y la potencia consumida por la unidad y cada uno de sus circuitos y compresores frigoríficos. Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Servicio.

Figura 2.6. Puntos de medida en la realización de la prueba



Ficha 2.4. Equipo autónomo compacto condensado por aire

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
EQUIPO COMPACTO	
Lugar de instalación:	
Fabricante/Modelo/Nº Serie:	
Refrigerante y carga en kg:	
Potencia útil nominal Frío/Calor (kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La unidad compacta instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad compacta corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El equipo se encuentra convenientemente anclado con sus elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La prueba de los conductos se ha realizado satisfactoriamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES PREVIAS DE LA SECCIÓN EXTERIOR (DE CONDENSACIÓN EN MODO FRÍO)	
La entrada y salida del aire de la unidad exterior es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire es adecuada y no toma aire de la misma o de otras unidades <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se ha realizado un desagüe adecuado (altura, sifones) (sólo bombas de calor) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES PREVIAS DE LA SECCIÓN INTERIOR (DE EVAPORACIÓN EN MODO FRÍO)			
La entrada y salida del aire del interior del edificio es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El equipo está convenientemente conectado a la red de conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se han realizado desagües adecuados (altura, sifones) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
Existen tomas de que permiten la lectura de la presión de alta y baja de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las unidad está convenientemente conectada a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La tensión de alimentación es la adecuada para el equipo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS			
Sección de condensación		Medido	Previsión
* Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
* Temperatura, humedad relativa de salida	°C / %	/	/
Sección de evaporación		Medido	Previsión
* Temperatura, HR (%) del aire de entrada a la unidad	°C / %	/	/
* Temperatura, HR (%) del aire de salida de la unidad	°C / %	/	/
Conexiones eléctricas del equipo		Medido	Previsión
* Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fase y neutro): $V_{RN} / V_{SN} / V_{TN}$	V	/ /	/ /
* Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
* Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico (Figura 2.6)		Medido	Previsión
Pb: Pres. manométrica de evaporación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
Pa: Pres. manométrica de condensación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/

(Continuación)

Medidas en el ciclo frigorífico (Figura 2.6)		Medido	Previsión
T1: Tª de aspiración del compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T2: Tª de descarga del compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T3: Tª de salida del condensador (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de recalentamiento de vapor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de subenfriamiento de líquido (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Tarado de elementos de seguridad		Medido	Previsión
Presostato de alta, CORTE/REARME	bar	/	/
Presostato de baja, CORTE/REARME	bar	/	/
Control de etapas		Medido	Previsión
1ª Etapa, CORTE/REARME	°C	/	/
2ª Etapa, CORTE/REARME	°C	/	/
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

* Medidas mínimas a realizar

3 Equipos generadores en instalaciones de agua

En este capítulo se presenta la metodología a seguir para la comprobación y puesta en marcha de los equipos de producción de calor y frío en instalaciones de climatización con agua.

Las fichas presentadas sirven como guía para la realización de la puesta en marcha de los mencionados equipos. En cualquier caso, la empresa instaladora podrá adaptar estas fichas a las características particulares de los equipos instalados.

En todos los equipos generadores de la instalación térmica se deberá realizar una ficha técnica donde queden registrados los parámetros de funcionamiento del equipo. En este capítulo se describen los procedimientos de puesta en marcha de los siguientes equipos:

- 3.1 Calderas
- 3.2 Salas de calderas
- 3.3 Bombas de calor aire-agua
- 3.4 Bombas de calor agua-agua
- 3.5 Torres de refrigeración

El presente documento no puede contemplar todos los tipos de equipos existentes en el mercado, como máquinas de absorción, minicogeneración, bombas de calor con motor a gas, bombas de calor con geotermia, calderas de biocombustibles, etc. En la sección 3.6 se comentan los aspectos a considerar para la realización de la puesta en servicio de estos equipos.

3.1 Calderas

Las calderas se emplean en todo tipo de instalaciones de calefacción, producción de agua caliente sanitaria y calentamiento de piscinas. Antes de la puesta en marcha de la caldera, se habrán realizado las siguientes pruebas y comprobaciones:

- Pruebas de presión en las tuberías de agua.
- Comprobación del llenado y puesta en marcha del grupo de bombas.
- Puesta en marcha y servicio de combustible.

Los trabajos de puesta en marcha de una caldera doméstica de 27 kW, lógicamente se realizarán con menos detalle que en una caldera de 500 kW. Sin embargo, ciertas medidas relacionadas con la seguridad se deberán realizar en cualquier caldera y suele ser más sencillo realizarlas en equipos grandes que en equipos pequeños.

Antes de comenzar con la puesta en marcha de la instalación, se deberá identificar la caldera en la instalación. Se clasificará según la Directiva Europea 92/42/CEE en tipo estándar, baja temperatura o condensación. Según la entrada de aire de combustión y evacuación de los productos de combustión, se clasificará en atmosféricas o estancas y, para mayor detalle, se escribirá el código del tipo de montaje realizado según listado establecido en la UNE-CEN/TR1749, esto es: tipo B12, C11, etc. Se recomienda la consulta de la Guía del IDAE “Instalaciones de Calefacción Individual”. Por último, se especificará la clase de la caldera en función de las emisiones de NO_x . Solo las calderas individuales a gas de Clase V pueden salir a fachada en el caso de reformas de instalaciones existentes y en viviendas aisladas.

3.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Con anterioridad a la puesta en marcha se comprobará si la ubicación de la caldera es la adecuada y si se corresponde con el Proyecto o con la Memoria Técnica. Las calderas de más de 70 kW deberán estar instaladas en salas de calderas o al exterior. En la sección 3.2 se describe la propuesta de procedimiento de puesta en marcha de la sala de calderas. En el caso de calderas de menos de 70 kW, se deberá comprobar que el local donde se aloje la caldera esté bien ventilado y que cuente con las rejillas de ventilación necesarias para que no produzcan concentraciones peligrosas de combustible.

Se observará si el equipo está convenientemente anclado y sujeto con elementos antivibratorios para que no transmita vibraciones al edificio. Se verificará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el mantenimiento del equipo.

Se comprobará que la salida de humos se ha realizado según Proyecto o Memoria Técnica y que permita la adecuada dispersión de los humos, evitando molestias a otros usuarios. Las chimeneas con salida por cubierta deberán sobresalir 1 m por encima de edificios situados a menos de 10 m o alcanzar la misma altura que los situados entre 10 y 20 m. Además, deberán sobresalir 1 m por encima de las aberturas de ventilación próximas o estar separadas de las mismas al menos 1 m. En el caso de chimeneas con evacuación por fachada, se cumplirán las distancias mínimas indicadas en la IT 1.3.4.1.3.3 y en la norma UNE 60670 parte 6. En caso de duda, se vuelve a recomendar la consulta de la Guía del IDAE “Instalaciones de Calefacción Individual”.

3.1.2 Comprobación de otros elementos

En el caso de que la caldera requiera circulación mínima de agua o fluido caloportador, se comprobará la existencia de un interruptor de flujo, verificando su funcionamiento antes de arrancar los quemadores de la caldera. Asimismo, se comprobará que el termómetro de control se encuentre correctamente instalado en el circuito y que la medida de la temperatura sea correcta (es admisible un error de 1 °C).

Se comprobará la existencia de la válvula de seguridad de la caldera, que deberá estar tarada a la presión nominal especificada por el fabricante, no existiendo llave de corte entre esta y la caldera. Las características de esta válvula vendrán asimismo especificadas por el fabricante. El circuito hidráulico llevará su propia válvula de seguridad que debería saltar antes de la válvula de seguridad de la o las calderas. La conducción de la salida al desagüe debe realizarse de forma visible

de forma que, si la válvula perdiera, el goteo debería ser visible. Si se produjera el disparo de la válvula no deberán producirse fugas que puedan producir quemaduras al personal de mantenimiento que pudiera estar trabajando en las proximidades.

Se comprobará que las tuberías están conectadas a la unidad con elementos antivibratorios y que existen las tomas necesarias para realizar la medida de la presión en la entrada y salida de cada batería. El circuito deberá disponer de, al menos, termopozos (vainas) que permitan la lectura de la temperatura de entrada y salida a la caldera. En estas vainas se introducirán las sondas de medida con las que comprobar el funcionamiento de la caldera, así como la lectura del termómetro de control o de otras sondas de monitorización o control que hubiera instaladas (calderas o grupos de calderas de más de 70 kW deben tener contador de energía).

3.1.3 Comprobaciones previas a la puesta en marcha de la caldera

Antes de arrancar la caldera se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Las calderas pequeñas y medianas de gas suelen tener consumos eléctricos de unos cientos de vatios en corriente alterna monofásica. Se trataría de comprobar que el conexionado se haya realizado según indicaciones del fabricante y de que se haya conectado la toma de tierra. Las calderas de combustibles líquidos de altas potencias tienen quemadores trifásicos con consumos eléctricos relativamente altos y se deberá prestar especial atención a la secuencia de fases, a las secciones de los conductores empleadas, a las protecciones eléctricas, etc.

Se deberá comprobar la instalación de suministro de combustible. En el caso de calderas a gas, se comprobará la presión de suministro y el funcionamiento de la válvula de regulación. Además, se realizará una prueba de estanquidad para asegurar que no existen fugas en la tubería de suministro a la caldera, incluyendo también la propia caldera. En el caso de suministro de gasóleo C, se verificará la estanquidad de las tuberías y el funcionamiento del sistema de alimentación. La comprobación de los sistemas de seguridad en salas de calderas se habrá realizado previamente y quedará documentado en la Ficha 3.2 de "Sala de Calderas". Las calderas de más de 70 kW deberán contar con un contador de combustible individual.

Antes de efectuar la puesta en marcha de la caldera se habrá realizado el llenado del circuito hidráulico (Ficha 4.1) y el arranque del grupo de bombeo de primario (Ficha 4.2). En el caso de calderas instaladas en salas de máquinas, se habrán realizado las comprobaciones de montaje y funcionamiento de los elementos de seguridad de la sala de máquinas (Ficha 3.2).

3.1.4 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Analizador de humos. Analizador de humos con medida de la temperatura de los humos, temperatura del local, oxígeno en humos en %, monóxido de carbono en humos en ppm, tiro de la chimenea. Proporciona de forma indirecta el dióxido de carbono en humos en %, el coeficiente de exceso de aire, las pérdidas por humos en % y el rendimiento de la caldera en %, sin incluir las pérdidas por las paredes.

- Opacímetro (en el caso de calderas con combustibles líquidos y sólidos).
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.
- En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:
 - Manómetro para medida de la presión en la entrada y salida de la caldera.
 - Equipo de medida de la presión diferencial para la medida del caudal a partir de la pérdida de presión en válvulas de equilibrado o del incremento de presión de la bomba de primario.
 - Caudalímetro de ultrasonidos para la medida del caudal de primario.
 - Analizador de humos con sonda de NO_x para la medida de óxidos de nitrógeno.
 - Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la caldera, bombas y ventiladores instalados en la sala de máquinas.

3.1.5 Puesta en marcha de la caldera

Con independencia de la puesta en marcha inicial por parte de los servicios técnicos oficiales, que en muchos casos con mayor o menor profundidad realizan las propias marcas de las calderas, el RITE en su IT 2.2.1 Equipos, obliga a realizar una serie de pruebas en los generadores y quemadores de las instalaciones.

Es conveniente distinguir lo que se conoce coloquialmente como “puesta en marcha” y que se refiere al primer arranque de la caldera, realizado habitualmente por los servicios técnicos oficiales, del acta de puesta en marcha o pruebas de puesta en marcha a las que se refiere el RITE y que formarán parte de la documentación final de la instalación. Sin embargo y dada la complejidad de algunas calderas y quemadores, puede ser recomendable su puesta en marcha conjunta.

La comprobación del funcionamiento de la caldera consistirá en analizar que la combustión se realiza de forma adecuada. El análisis de humos en calderas y la determinación de su rendimiento se pueden realizar siguiendo el procedimiento descrito en la Guía Técnica del IDAE “Inspección de calderas”.

En la puesta en marcha se ajustará el quemador de la caldera hasta que las medidas de oxígeno en humos en %, de monóxido de carbono en ppm y la temperatura de los humos se encuentren dentro de los parámetros indicados por el fabricante. En cualquier caso, la Guía Técnica de Calderas establece unos valores límite que cualquier caldera nueva debe mejorar. La puesta en marcha inicial será responsabilidad generalmente del Servicio Técnico del fabricante de la caldera.

En el momento de la puesta en marcha se deberá prestar especial cuidado al posible mal ajuste inicial del quemador, que pueda producir monóxido de carbono (CO) por encima de 10.000 ppm con el consiguiente peligro de explosión en la chimenea. Al parar la caldera entra oxígeno a la chimenea y en el caso de existir altas concentraciones de CO en los humos se puede producir una explosión por la combustión del CO que pasa a CO₂. Antes de parar una caldera que produzca altas concentraciones de CO debería aumentarse el exceso de aire de la combustión y evitar de esta forma el riesgo de explosión en la chimenea en el momento de la parada.

En cualquier caldera deberá registrarse al menos los datos del analizador de humos y las temperaturas de entrada y salida del agua a la caldera. Es muy importante referenciar la medida del rendimiento de la caldera a datos concretos de temperaturas del agua. El salto de temperaturas con la caldera al 100% de potencia nominal dará un dato aproximado del caudal, suficiente para asegurar un funcionamiento adecuado del equipo según las especificaciones del Proyecto o Memoria Técnica. Deberá realizarse la medida del rendimiento de la caldera al 100% de carga, siendo conveniente realizar medidas en las distintas etapas de funcionamiento y a cargas parciales en calderas modulantes.

En calderas de gran tamaño será conveniente tomar más medidas. Debe tenerse en cuenta que las calderas de más de 70 kW o grupos de calderas que sumen más de 70 kW, tendrán instalados contador de combustible individual y contador de energía. En estos casos será posible determinar el rendimiento del equipo por el método directo de forma sencilla.

Solo en calderas que tengan altas pérdidas de presión y tendencia al ensuciamiento será necesario tomar la medida de la presión en la entrada y en la salida de la misma.

Ficha 3.1. Caldera

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
Uso de la caldera: <input type="checkbox"/> Calefacción <input type="checkbox"/> Producción ACS <input type="checkbox"/> Otros	
Instalación de la caldera: <input type="checkbox"/> Individual <input type="checkbox"/> Pertenece a un grupo de __ calderas (PN del grupo ____ kW)	
CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA	
Lugar de instalación:	
Fabricante/Modelo/nº Serie:	
Potencia útil nominal (kW):	Rendimiento nominal (%):
Combustible:	
Tipo de caldera: <input type="checkbox"/> Estándar <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Condensación <input type="checkbox"/> Atmosférica <input type="checkbox"/> Estanca <input type="checkbox"/> Conexión chimenea	
Emisiones de NOx: <input type="checkbox"/> Clase 1 <input type="checkbox"/> Clase 2 <input type="checkbox"/> Clase 3 <input type="checkbox"/> Clase 4 <input type="checkbox"/> Clase 5	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La caldera instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la caldera corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se cumplen las distancias mínimas de funcionamiento y mantenimiento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La salida de humos es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire exterior es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIÓN DE OTROS ELEMENTOS			
El interruptor de flujo está instalado y conectado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La sonda de temperatura de control está instalada y conectada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Existe una válvula de seguridad acoplada directamente a la caldera <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las tuberías están convenientemente conectadas a la caldera con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se dispone de tomas o vainas para la medida de la temperatura con instrumentos portátiles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Si la caldera es de más de 70 kW, existe contador de combustible exclusivo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Si la caldera o grupo de calderas es de más de 400 kW, existe contador de energía <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
La conexiones eléctricas y del combustible se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha realizado la puesta en marcha del circuito y del grupo de bombeo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS. CALDERA AL % DE CARGA			
Fluido Caloportador: <input type="checkbox"/> Agua <input type="checkbox"/> Fluido térmico <input type="checkbox"/> % de glicol		Medido	Previsión
Temperatura de retorno	°C		
Temperatura de impulsión	°C		
Incremento de temperatura producido en la máquina	°C		
Presión en el retorno	bar		-
Presión en la impulsión	bar		-
Pérdida de presión en la caldera	bar		
Caudal. Indicar método de medida:	m ³ /h		
Potencia útil estimada:	kW		
Medidas realizadas en la alimentación de combustible		Medido	Previsión
<input type="checkbox"/> Gas Tipo: ; Poder Calorífico Inferior:	kJ/m ³		
Presión de suministro	mbar		
Lectura inicial del contador de gas	m ³		
Lectura final del contador de gas	m ³		
Tiempo cronometrado	s		

(Continuación)

Medidas realizadas en la alimentación de combustible		Medido	Previsión
<input type="checkbox"/> Líquido	Tipo: ; Poder Calorífico Inferior:	kJ/kg	
	Presión bomba combustible:	bar	
	Consumo de combustible:	L	
	Tiempo cronometrado	s	
	Potencia de combustible estimada:	kW	
	Rendimiento de la caldera por el método directo	%	
Análisis de humos. Método indirecto de estimación del n(%)		Medido	Previsión
	Temperatura de los humos	°C	
	% Oxígeno en humos (%O ₂)	%	
	% Dióxido de Carbono (%CO ₂)	°C	
	Coeficiente de exceso de aire (Lambda)	-	
	Monóxido de Carbono medido (ppm CO)	ppm	
	Monóxido de Carbono corregido (ppm CO _{corr})	ppm	
	Temperatura de la sala de calderas o local	°C	
	Tiro de la chimenea	mbar	
	Opacidad de los humos	-	
	Rendimiento de la caldera por el método indirecto	%	
Parámetros del Quemador		Medido	Previsión
	* Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /
	* Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /
	* Consumo eléctrico del quemador	kW	
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			

(Continuación)

CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

3.2 Sala de máquinas

Las salas de máquinas son los locales técnicos donde se alojan equipos de producción de frío y calor de potencia nominal total superior a 70 kW. El diseño de las salas de máquinas cumplirá las exigencias de la I.T.1.3.4.1.2 del RITE.

Antes de comenzar con la puesta en marcha de los equipos instalados en el interior de la sala de máquinas se deberá comprobar que la sala se ha realizado siguiendo el Proyecto, que la ejecución ha sido adecuada y que los elementos de seguridad funcionan perfectamente.

Al final de la sección se propone una ficha de comprobación que puede servir de ayuda para la realización de la puesta en marcha. En la ficha se incluirán los datos de los diferentes equipos generadores instalados en la sala.

3.2.1 Comprobaciones con el Proyecto

Se comprobará que la ubicación de la sala de máquinas y su acceso se corresponden con las especificaciones del Proyecto. Se comprobará que se cumplen las distancias mínimas de separación de los equipos que permitan el mantenimiento y correcto funcionamiento de los mismos.

Se verificarán las exigencias de seguridad del Documento SI-1, concretamente en lo referente a los accesos de las salas de máquinas a otros locales del edificio: tiempo de resistencia al fuego de las puertas, ejecución de vestíbulos de independencia en salas de riesgo medio y alto.

3.2.2 Características de las salas de máquinas

En primer lugar, se comprobarán las características que deben cumplir las salas de máquinas independientemente de si alojan calderas o equipos de producción de frío. Se trata de verificar *in situ* el cumplimiento de las exigencias recogidas en la IT 1.3.4.1.2.2.

Se comprobará que se haya realizado el cerramiento de baja resistencia mecánica de las dimensiones especificadas en el Proyecto. En las salas de máquinas con generadores de calor a gas, se verificará que el sistema de detección de fugas y corte de gas funcione adecuadamente. Se comprobará que los detectores de gas se encuentren instalados y en funcionamiento así como el sistema de corte formado por una válvula normalmente cerrada.

3.2.3 Comprobaciones previas a la puesta en marcha de las máquinas

Se deberá comprobar el sistema de ventilación especificado en el proyecto. En el caso de rejillas de ventilación natural, se comprobará que el área libre de la rejilla cumple con el área libre especificada en el proyecto. En el caso de ventilación forzada, se comprobará el funcionamiento de la ventilación así como la secuencia de arranque y parada de las calderas y de los ventiladores, tal y como indica la IT.1.3.4.1.2.7.

Se comprobará que los conductores eléctricos se han dispuesto de forma correcta y que las conexiones a las máquinas y al cuadro principal son adecuadas. Por último, y antes de realizar la puesta en marcha de los equipos, en las salas de

máquinas de combustibles se comprobará que no existen fugas de gas o derrames de combustibles líquidos.

3.2.4 Comprobaciones con todas las máquinas en funcionamiento

Una vez realizadas las comprobaciones previas, se podrá comenzar con la puesta en servicio de cada uno de los equipos, cumplimentando la ficha correspondiente.

Las comprobaciones finales de la sala de máquinas se centran en verificar que los sistemas de seguridad funcionen adecuadamente así como el sistema o pulsador de parada de emergencia.

Se deberá asegurar que el nivel de ruido al exterior producido por las máquinas no sea elevado. En caso contrario, y si la propiedad lo considera oportuno, se tomarán mediciones de ruido en el exterior y, si fuera el caso, se deberán plantear las medidas correctoras oportunas. Se recomienda comprobar que la velocidad del aire en las rejillas es adecuada cuando se encuentran todos los equipos en funcionamiento y que no se produzcan silbidos.

Por último, en salas de más de 70 kW, se comprobará el funcionamiento del contador de energía.

Ficha 3.2. Sala de máquinas

DATOS GENERALES				
Empresa instaladora:		Cliente:		
Técnico:				
Ubicación de la sala de máquinas:				
Potencia nominal de la sala de máquinas (kW): (+ + +)				
Riesgo de la sala de máquinas: <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto				
EQUIPOS INSTALADOS EN LA SALA				
Equipo:				
Fabricante:				
Modelo:				
Número de Serie:				
Combustible:				
Potencia útil nominal(kW):				
Identificación de la Ficha de Puesta en Marcha				
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO				
La sala de máquinas está instalada en el lugar indicado en el Proyecto <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
La sala de máquinas cumple las dimensiones mínimas especificadas en la IT.1.3.4.1.2.6 <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Se cumplen las distancias mínimas de funcionamiento y mantenimiento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
En salas de riesgo medio y alto, se ha realizado vestíbulo de independencia en accesos interiores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Las puertas y demás elementos cumplen las exigencias de incendios del Documento SI-1 <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				

(Continuación)

CARACTERÍSTICAS DE LA SALA DE MÁQUINAS (IT 1.3.4.1.2.2.)
Las puertas permiten la apertura desde el interior y tienen las dimensiones adecuadas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El cuadro eléctrico se encuentra en las inmediaciones de uno de los accesos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El cuadro eléctrico dispone de elemento de desconexión rápida (seta) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se comprueba que el desagüe de la sala funciona adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se comprueba que la sala de máquinas no se utiliza para otro fin, ejemplo almacén, trastero, etc <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las instrucciones de parada de seguridad y las indicaciones de emergencia están disponibles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
SALAS DE CALDERAS CON COMBUSTIBLES GASEOSOS
La sala de máquinas dispone de una superficie de baja resistencia mecánica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se han instalado los detectores de fugas en ubicaciones adecuadas y están en funcionamiento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Existe una válvula de cierre del gas de tipo normalmente cerrada y se encuentra operativa <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA DE LAS CALDERAS
Se ha realizado la ventilación según especifica el proyecto <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
En caso de ventilación forzada, se comprueba que funciona según secuencia programada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La distribución de cables eléctricos en la sala es adecuada y su protección es correcta <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se comprueba que no existen fugas de combustible ni manchas de combustibles líquidos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES CON TODAS LAS MÁQUINAS EN FUNCIONAMIENTO
Se ha comprobado que el sistema de seguridad funciona adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se comprueba el botón o sistema de parada de emergencia <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El nivel de ruido en el exterior de la sala de calderas es adecuado (en caso contrario, medir) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
No hay ruidos elevados ni silbidos en las rejillas o conductos de ventilación <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
El contador de energía funciona adecuadamente (PN > 70 kW) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:

RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

3.3 Enfriadoras compresión mecánica aire/agua

Las enfriadoras aire/agua se emplean en la climatización de edificios de mediano y gran tamaño. El uso de enfriadoras aire/agua está muy generalizado frente a las enfriadoras agua/agua, incluso para grandes potencias; en parte debido al rechazo que, de forma injustificada, existe contra la instalación de torres de refrigeración.

En zonas climáticas con inviernos más fríos se suelen emplear unidades solo frío, realizándose la producción de calor mediante calderas. En zonas climáticas con inviernos suaves se suelen instalar máquinas con la posibilidad de trabajar como bomba de calor reversible y dar servicio de calefacción en invierno.

Existen unidades provistas de recuperación de calor total o parcial y unidades más complejas del tipo “4 tubos” o “tres ciclos: agua-aire-agua” con producción permanente de agua fría y agua caliente. Estas unidades son, en realidad, enfriadoras agua-agua con un intercambiador intermedio refrigerante-aire, que permite intercambiar con el aire los diferenciales de calor cuando la demanda de frío y la de calor no están compensadas.

Obliga el RITE, en ciertas circunstancias, al enfriamiento gratuito en enfriadoras, de tal modo que el agua del circuito de climatización intercambia con el aire exterior mediante baterías dispuestas para tal fin.

La puesta en marcha de los equipos se realizará después del llenado de las tuberías (Ficha 4.1) y de la puesta en marcha del grupo de bombeo (Ficha 4.2). Es necesario garantizar la circulación de un caudal de agua similar al nominal para proceder al arranque de la máquina.

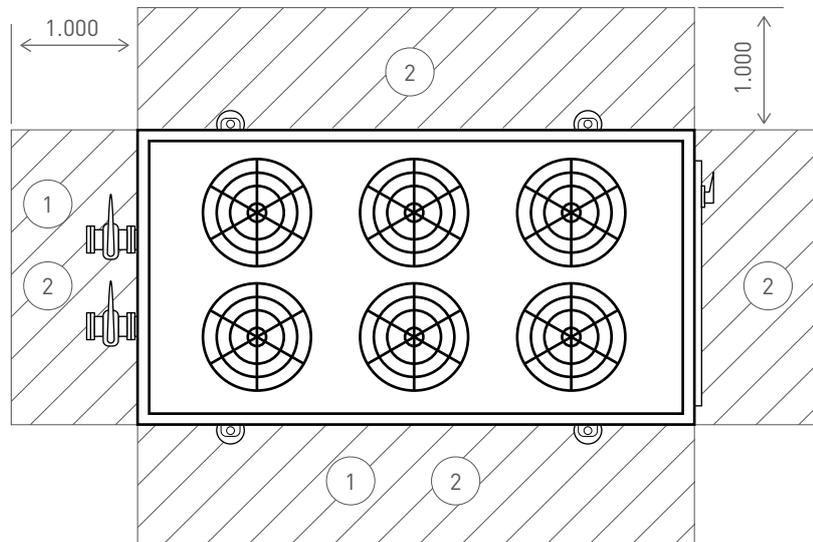
3.3.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que la ubicación de la máquina se corresponda con el Proyecto o Memoria Técnica y además sea adecuada. Se observará si el equipo está convenientemente anclado, y sujeto con los elementos antivibratorios que exija el fabricante.

Las enfriadoras aire/agua se suelen instalar al exterior, aunque existen modelos, generalmente con ventiladores centrífugos, preparados para su instalación en interior. Si la potencia nominal útil de los generadores en modo frío o calor instalados en un local técnico supera los 70 kW, el local deberá ser Sala de Máquinas. En el caso de las enfriadoras con el aire de condensación conducido mediante conductos, se deberá comprobar que la pérdida de carga sea inferior a la permitida por el fabricante.

Se verificará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el correcto funcionamiento del equipo y su mantenimiento en cumplimiento de las exigencias de la IT 1.3.4.4.3 sobre accesibilidad.

Figura 3.1. Ejemplo de distancias mínimas fijadas por un fabricante para un modelo de enfriadora. 1 Área de servicio para entrada del aire, 2 Área de servicio para mantenimiento



La Figura 3.1 muestra las distancias mínimas libres que se deben dejar en la instalación de una enfriadora, a modo de ejemplo. En este caso, se distingue entre las distancias a respetar para que el funcionamiento de la máquina sea el adecuado y las distancias mínimas necesarias para realizar el mantenimiento del equipo.

Se comprobará que el equipo se encuentre convenientemente anclado y sujeto con los elementos antivibratorios necesarios para que no transmita vibraciones al edificio. Algunos fabricantes exigen que la colocación de la máquina se realice con un desnivel máximo de 1-2 mm por metro en ambos ejes de la máquina. Cualquier no conformidad con las especificaciones del fabricante o con el Proyecto o Memoria Técnica deberá quedar reflejada en el apartado correspondiente y si no existiera, quedaría reflejado en apartado de “Resultado de la Actividad” de la ficha de puesta en marcha.

Se verificará que el caudal de aire de condensación no afecte a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos. Se atenderá a posibles exigencias que las Ordenanzas Municipales puedan establecer sobre distancias mínimas de separación entre unidades exteriores y ventanas. Asimismo, se comprobará que la entrada de aire esté libre de obstáculos y que el equipo no tome aire de sí mismo o de otros equipos próximos. Se recomienda orientar la unidad en función del viento predominante de la localidad para favorecer la condensación.

3.3.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

En el caso de máquinas que trabajen como bomba de calor y, en particular, cuando su instalación sea en Sala Técnica o local interior, se comprobará que se haya instalado una bandeja de recogida de condensados o que se haya dispuesto una canaleta de recogida. En cualquier caso, el desagüe debe ser adecuado, siendo conveniente comprobar su eficacia con la máquina en funcionamiento.

Se verificará que las tuberías estén conectadas a la unidad con elementos antivibratorios y que existan las tomas necesarias para tomar la medida de la presión

en la aspiración y en la impulsión de la máquina. Si la máquina dispone de módulo hidráulico incorporado por el fabricante, se comprobará que cuenta con los manómetros necesarios para medir la pérdida de presión en el evaporador. En el circuito se instalarán vainas adecuadas para la medida de la temperatura de impulsión y retorno del agua a la máquina mediante termómetros portátiles.

Antes de la puesta en servicio del equipo se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica. Se comprobará la tensión de suministro y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado y para la sección de los cables empleados. En unidades trifásicas se vigilará la secuencia correcta de fases. Por último, se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta y conforme a normativa vigente.

En equipos de gran potencia, en climas fríos y sobre todo si van provistos de compresores semi-herméticos, se recomienda tener las resistencias de cárter con tensión durante aproximadamente 24 horas antes de la puesta en marcha.

Se comprobará que existe un interruptor de caudal y que su regulación y funcionamiento es adecuado, de tal modo que en caso de falta de caudal actúe con la suficiente rapidez.

Se comprobará que existe un filtro de malla a la entrada de agua del intercambiador. Este filtro estará limpio y tendrá un tamiz aproximado de 1 mm².

Se verificará que el circuito hidráulico está convenientemente purgado y libre de gases, recomendándose la instalación de purgas rápidas a la entrada y salida del evaporador.

Por último, se comprobará que circula el caudal nominal o de proyecto por la unidad enfriadora. La medida del caudal que circula por la enfriadora podrá realizarse mediante alguno de los siguientes métodos:

- Pérdida de carga en el evaporador. Muchos fabricantes de enfriadoras proporcionan la curva de la pérdida de presión en el evaporador en función del caudal.
- Incremento de presión de la bomba de primario. Con la curva de la bomba de primario, es posible determinar el caudal de primario a partir de la medida del incremento de presión producido por la misma.
- Pérdida de presión en válvula de equilibrado. Los fabricantes de válvulas de equilibrado proporcionan ábacos que relacionan la pérdida de presión producida por la válvula con el caudal.
- Caudalímetro. Utilización de un caudalímetro existente en el circuito (o contador de energía) o instalación de un caudalímetro no intrusivo por ultrasonidos.

En ocasiones se instalan medidores de caudal, válvulas de equilibrado o cualquier otro componente que permite medir el caudal real de una forma más precisa. La IT.1.2.4.4, exige que cuando la suma de la potencia de los equipos sea superior a 70 kW, será obligatoria la instalación de un contador de energía permanente. Cualquiera de estos sistemas se considera válido para medir el caudal real que circula por la enfriadora.

En general y dada la gran diversidad de tipología de máquinas e instalaciones, sin desestimar lo aquí expuesto, es conveniente seguir las instrucciones concretas de los fabricantes.

3.3.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para llevar a cabo la puesta en servicio de una enfriadora es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura para instalación en vaina, para la medida del agua en la entrada y salida de la máquina.
- Puente de manómetros. Medida de las presiones de alta y baja de la máquina.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura superficial para la medida del recalentamiento y del subenfriamiento del refrigerante.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, puede ser recomendable:

- Megóhmetro de 500 V para la comprobación de la toma de tierra en la máquina.
- Micromanómetro para lectura de la pérdida de presión en los conductos de expulsión o admisión del aire de condensación.
- Manómetro para medida de la presión en la entrada y salida de la máquina (de no existir manómetro fijo o en caso de requerir mayor precisión de medida).
- Caudalímetro de ultrasonidos o manómetro de presión diferencial para la medida del caudal a partir de la pérdida de presión en el evaporador, en válvulas de equilibrado o a partir del incremento de presión producido por la bomba de primario.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la enfriadora.

3.3.4 Puesta en marcha y toma de datos

Todas las mediciones se realizarán con la máquina funcionando en régimen estacionario. Las medidas tomadas en régimen transitorio no son útiles.

Una vez realizadas las comprobaciones previas, se conectará el puente de manómetros a la máquina para medir las presiones de evaporación y condensación. Se recomienda medir además la temperatura del refrigerante en la aspiración del compresor, en la descarga del compresor y en la salida del condensador (entrada a la válvula de expansión). De esta forma se medirán el grado de recalentamiento, el grado de subenfriamiento y se verificará que la máquina funciona correctamente.

Se instalarán 2 termómetros en las vainas dispuestas en las tuberías de entrada y salida de la máquina. Además de la medida del salto de temperaturas producido en el fluido térmico, se comprobará la correcta medida del sensor de temperatura de control que dispone la máquina.

Se conectará una pinza amperimétrica para medir la corriente consumida en el momento del arranque y en funcionamiento. Se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación de los instrumentos, siendo recomendable su instalación con el equipo parado.

Al arrancar la máquina se tomará el dato de la corriente consumida por la misma antes de que arranque ninguno de los compresores. Es conveniente realizar las siguientes medidas antes de que se produzca el arranque de compresores:

presiones frigoríficas e hidráulicas, corriente de la máquina (si es posible, se medirá la potencia consumida empleando un vatímetro). Por último, se comprobará que las sondas de temperatura del agua en la impulsión y retorno miden lo mismo (solo será admisible una diferencia de 0,1 °C).

Una vez realizadas todas las comprobaciones del funcionamiento de la enfriadora sin el arranque de los compresores, se permitirá el arranque de los mismos. En máquinas con dos circuitos independientes o más, puede ser interesante llevar a cabo la puesta en marcha de cada uno de ellos de forma independiente. En la puesta en marcha se prestará atención a la posible aparición de ruidos o vibraciones que puedan indicar problemas de funcionamiento de alguno de los compresores o ventiladores.

Si la máquina funciona correctamente, se fijará una temperatura de consigna baja (en modo frío) o alta (en modo calor) para tratar que la máquina funcione el mayor tiempo posible sin parar.

Se mantendrá la máquina funcionando durante al menos 15 minutos y después de este tiempo, cuando la máquina alcance el régimen estacionario, se tomarán los datos de la temperatura del agua en la entrada y salida, la temperatura del aire exterior y la del aire en la salida del condensador. Se verificará el diferencial de funcionamiento del termostato de regulación y control, permitiendo que la máquina realice una secuencia completa de parada y arranque, observando el buen funcionamiento del control de las etapas.

Asimismo, se constatará que la cadencia de paro/arranque de la etapa más pequeña de la unidad, cuando no existe demanda por parte de la instalación, está dentro de los límites recomendados por el fabricante.

Se tomarán los datos de las presiones de alta y baja y la potencia consumida por la unidad (al menos la corriente). Cuando la unidad disponga de más de un circuito frigorífico se medirán ambos y cuando a su vez disponga de dos compresores o más, se medirá al menos el consumo de cada uno de ellos.

Se comprobará el buen funcionamiento del interruptor de caudal, cerrando lenta y progresivamente una de las llaves de servicio, vigilando que la secuencia de avería y rearme sea la prevista por el fabricante.

Cuando la unidad esté provista de ventiladores centrífugos o axiales con presión disponible, se prestará especial atención al consumo de los ventiladores, verificando que se encuentran dentro de su curva de trabajo.

Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario, debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha. A continuación se presenta una propuesta de Ficha de Puesta en Marcha para enfriadora.

Ficha 3.3 ENFRIADORA-BOMBA DE CALOR AIRE/AGUA

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
CARACTERÍSTICAS DE LA ENFRIADORA	
Lugar de instalación:	
Fabricante / Modelo / N° Serie:	
Potencia nominal Frío/Calor(kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /
Refrigerante y carga en kg:	
Tipo de máquina: <input type="checkbox"/> Solo frío <input type="checkbox"/> Bomba de calor <input type="checkbox"/> Con recuperación	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La máquina instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación del equipo corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se cumplen las distancias mínimas de funcionamiento especificadas por el fabricante <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La entrada y salida del aire al condensador es libre y sin obstáculos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire exterior es adecuada y no toma aire de la misma o de otras unidades <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibradores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha realizado un desagüe adecuado (altura, sifones) (sólo para bombas de calor) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Existen tomas que permiten la lectura de la presión de alta y baja de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las tuberías están convenientemente conectadas a la máquina con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se dispone de tomas para la medida de la temperatura con instrumentos portátiles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se dispone de tomas para manómetros en la entrada y salida de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES DE OTROS ELEMENTOS			
El interruptor de flujo está instalado, conectado y funciona correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La sonda de temperatura de control está instalada, conectada y mide correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones (indicar situación):			
MEDIDAS REALIZADAS			
Compresores y circuitos en funcionamiento: compresores de ; circuitos de			
Condensador de aire (condensación en modo frío)		Medido	Previsión
Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
Temperatura, humedad relativa de salida del aire exterior	°C / %	/	/
Corriente por fase cuando sólo funcionan los ventiladores	A		
Consumo eléctrico de los ventiladores	kW		
Evaporador		Medido	Previsión
Temperatura del agua de entrada	°C		
Temperatura del agua de salida	°C		

(Continuación)

Evaporador		Medido	Previsión
Variación de temperatura producido en la máquina	°C		
Presión en la aspiración	bar	-	
Presión en la impulsión	bar	-	
Pérdida de presión en el evaporador	bar		
Caudal. Indicar método de medida:	m³/h		
Conexiones eléctricas del equipo			
Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico (Figura 2.6)		Medido	Previsión
Pb: Pres. manométrica de evaporación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
Pa: Pres. manométrica de condensación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
T1: Tª de aspiración del compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T2: Tª de descarga compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T3: Tª de salida del condensador (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de recalentamiento de vapor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de subenfriamiento de líquido (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Potencia frigorífica útil (o calorífica)	kW		
EER o COP	-		
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA			
Tipo de instrumento		Identificación	

(Continuación)

RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

3.4 Enfriadoras de compresión mecánica agua/agua

Las enfriadoras agua-agua se emplean habitualmente en instalaciones medianas y grandes. Las unidades de más de un megavatio de potencia térmica son el tamaño natural que ha quedado para esta tipología de enfriadora. Tienen un magnífico rendimiento tanto instantáneo como estacional, bastante superior a sus homónimas de condensación por aire. Se prestan bien a la recuperación de energía cuando existen demandas simultáneas de frío y calor dentro del mismo edificio.

No es frecuente el uso de la bomba de calor reversible, ya que en lugar de invertir el ciclo frigorífico, en este tipo de unidad se invierte el circuito hidráulico. Por ello técnicamente son unidades no reversibles comúnmente llamadas “solo frío”.

Habitualmente, las enfriadoras están condensadas por agua de torre o agua de pozo, aunque también pueden estar condensadas por agua de mar o cualquier otro fluido caloportador a las temperaturas adecuadas.

La geotermia constituye una aplicación concreta y novedosa de estas unidades en pequeña y mediana potencia, donde se aprovecha la capacidad de absorber y ceder energía del terreno para utilizarlo como intercambiador. Su reducido tamaño hace posible la ubicación en el interior de edificios.

La puesta en marcha de los equipos se realizará posteriormente a la realización del llenado de las tuberías (Ficha 4.1) y de la puesta en marcha del grupo de bombeo (Ficha 4.2). Es necesario garantizar la circulación de un caudal de agua similar al nominal para proceder al arranque de la máquina.

En general es válido todo lo comentado en la Sección 3.3 Enfriadoras de Agua, siempre que le sea de aplicación.

3.4.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que la ubicación de la máquina se corresponda con el Proyecto o Memoria Técnica y además sea adecuada. Se observará si el equipo está convenientemente anclado, y sujeto con los elementos antivibratorios que exija el fabricante.

Si la potencia nominal útil de los generadores en modo frío o calor instalados en un local técnico supera los 70 kW, el local deberá ser Sala de Máquinas.

Se verificará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el correcto funcionamiento del equipo y su mantenimiento en cumplimiento de las exigencias de la IT 1.3.4.4.3 sobre accesibilidad.

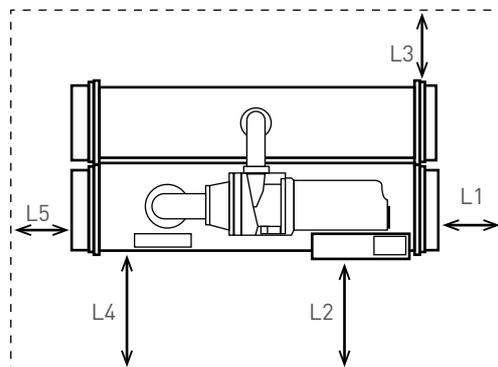


Figura 3.2. Distancias mínimas fijadas por un fabricante para una enfriadora con el objeto de asegurar espacios necesarios para mantenimiento y funcionamiento.

Se debe poner especial atención a las medidas de mantenimiento en máquinas con intercambiadores multi-tubulares, ya que los útiles de limpieza pueden ser bastante largos y requieren de un espacio adicional importante para su uso correcto.

3.4.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que las tuberías están conectadas a la unidad con elementos antivibratorios y que existen las tomas necesarias para realizar la medida de la presión en la aspiración y en la impulsión de la máquina. Si la máquina dispone de módulo hidráulico incorporado por el fabricante, se comprobará que dispone de los manómetros necesarios para medir la pérdida de presión en el evaporador y en el condensador. En el circuito se dispondrá de vainas adecuadas para la medida de la temperatura de impulsión y retorno del agua a la máquina mediante termómetros portátiles, tanto en el lado de condensación como en el lado de evaporación.

Previamente a la puesta en servicio se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Se comprobará la tensión de suministro y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado y para la sección de los cables empleados. En unidades trifásicas se vigilará la secuencia correcta de fases. Por último se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta y conforme a normativa vigente.

En equipos de gran potencia, en climas fríos y sobre todo si van provistos de compresores semi-herméticos, se recomienda tener las resistencias de cárter con tensión durante aproximadamente 24 horas antes de la puesta en marcha.

Se comprobará que existe un interruptor de caudal y que su regulación y funcionamiento es adecuado, de tal modo que en caso de falta de caudal actúe con la suficiente rapidez.

Se comprobará que existen filtros de malla a la entrada de los intercambiadores. Estos filtros estarán limpios y tendrán un tamiz aproximado de 1 mm².

Se verificará que los circuitos hidráulicos están convenientemente purgados y libres de gases, recomendándose la instalación de purgas rápidas a la entrada y salida del evaporador y condensador.

Por último, se comprobará que circula el caudal nominal o de proyecto por la unidad enfriadora, tanto en el lado de condensación como en el lado de evaporación. La medida del caudal que circula por la enfriadora podrá realizarse mediante alguno de los métodos expuestos en la sección anterior: pérdida de presión en intercambiadores, pérdida de presión en válvula de equilibrado, incremento de presión de la bomba del circuito o caudalímetro no intrusivo por ultrasonidos. En ocasiones se encuentran caudalímetros instalados en los circuitos o contadores de energía (obligatorios en centrales de más de 70 kW). En este caso la medida será más precisa y permitirá al mantenedor verificar periódicamente el caudal o caudales de la máquina.

En general y dada la gran diversidad de tipología de máquinas e instalaciones, sin desestimar lo aquí expuesto, es conveniente seguir las instrucciones concretas de los fabricantes.

3.4.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha de un equipo partido es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura para instalación en vaina, para la medida del agua en la entrada y salida de la máquina.
- Puente de manómetros. Medida de las presiones de alta y baja de la máquina.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura superficial para la medida del recalentamiento y del subenfriamiento del refrigerante.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, puede ser recomendable:

- Megóhmetro de 500 V para la comprobación de la toma de tierra en la máquina.
- Micromanómetro para lectura de la pérdida de presión en los conductos de expulsión o admisión del aire de condensación.
- Manómetro para medida de la presión en la entrada y salida de la máquina (de no existir manómetro fijo o en caso de requerir mayor precisión de medida).
- Caudalímetro de ultrasonidos o manómetro de presión diferencial para la medida del caudal a partir de la pérdida de presión en válvulas de equilibrado.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la enfriadora.

3.4.4 Puesta en marcha y toma de datos

Una vez realizadas las comprobaciones previas, se conectará el puente de manómetros a la máquina para comprobar las presiones de evaporación y condensación. Se recomienda medir además la temperatura del refrigerante en la aspiración del compresor, en la descarga del compresor y en la salida del condensador (entrada a la válvula de expansión). De esta forma se medirá el grado de recalentamiento, el grado de subenfriamiento y se verificará que la máquina funciona correctamente.

Se instalarán termómetros en las vainas dispuestas en las tuberías de entrada y salida de los intercambiadores de la máquina. Además se la medida del salto de temperaturas producido en los intercambiadores, se comprobará la correcta medida de los sensores de temperatura que dispone la máquina para su control.

Se conectará una pinza amperimétrica para medir la corriente consumida en el momento del arranque y en funcionamiento. Se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación de los instrumentos, siendo recomendable su instalación con el equipo parado.

Al arrancar la máquina se tomará el dato de la corriente consumida por la misma antes de que arranque ninguno de los compresores. Es conveniente realizar las siguientes medidas antes de que se produzca el arranque de compresores: presiones frigoríficas e hidráulicas, corriente de la máquina (si es posible, se medirá la potencia consumida empleando un vatímetro). Por último, se comprobará que las sondas de temperatura del agua en la impulsión y retorno miden lo mismo (solo será admisible una diferencia de 0,1 °C).

Una vez realizadas todas las comprobaciones del funcionamiento de la enfriadora sin el arranque de los compresores, se permitirá el arranque de los mismos. En máquinas con dos circuitos independientes o más, puede ser interesante realizar la puesta en marcha de los mismos de forma independiente. En la puesta en marcha se estará pendiente de ruidos o vibraciones que puedan indicar problemas de funcionamiento de alguno de los compresores o ventiladores.

Si la máquina funciona correctamente, se fijará una temperatura de consigna baja (en modo frío) o alta (en modo calor) para tratar que la máquina funcione el mayor tiempo posible sin parar.

Se mantendrá la máquina funcionando durante al menos 30 minutos y después de este tiempo, cuando la máquina se encuentre funcionando de forma estacionaria, se tomarán los datos de la temperatura del agua en la entrada y salida, la temperatura del aire exterior y la del aire en la salida del condensador. Se verificará el diferencial de funcionamiento del termostato de regulación y control, permitiendo que la máquina realice una secuencia completa de parada y arranque y, cuando exista la frecuencia, observando el buen funcionamiento del control de etapas. Así mismo se constatará que la cadencia de paro/arranque de la etapa más pequeña de la unidad, cuando no existe demanda por parte de la instalación, está dentro de los límites recomendados por el fabricante.

Se tomarán los datos de las presiones de alta y baja y la potencia consumida por la unidad (al menos la corriente). Cuando la unidad disponga de más de un circuito frigorífico se medirán ambos y cuando, a su vez, disponga de dos compresores o más, se medirá al menos la potencia consumida por cada uno de ellos.

Se comprobará el buen funcionamiento del interruptor de caudal cerrando lenta y progresivamente una de las llaves de servicio, vigilando que la secuencia de avería y rearme sea la prevista por el fabricante.

Cuando la unidad esté provista de bombas circuladoras, se prestará especial atención a la potencia eléctrica consumida por éstas, verificando que se encuentran dentro de su curva de trabajo.

Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha. A continuación se presenta una propuesta de Ficha de Puesta en Marcha para enfriadora.

Ficha 3.4. Enfriadora-bomba de calor agua/agua

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
CARACTERÍSTICAS DE LA ENFRIADORA	
Fabricante / Modelo / N° Serie:	
Número de Circuitos / Etapas / Etapas de capacidad:	/ /
Potencia nominal Frío/Calor(kW): /	Pot. eléctrica nominal Frío/Calor (kW): /
Refrigerante y carga en kg:	
Tipo de máquina: <input type="checkbox"/> Solo frío <input type="checkbox"/> Bomba de calor	Tipo de Condensación: <input type="checkbox"/> Torre <input type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/> Otro
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La máquina instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación del equipo corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se cumplen las distancias mínimas de funcionamiento especificadas por el fabricante <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Existen tomas que permiten la lectura de la presión de alta y baja de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las tuberías están convenientemente conectadas a la máquina con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se dispone de tomas para la medida de la temperatura con instrumentos portátiles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
Se dispone de tomas para manómetros en la entrada y salida de la máquina <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La tensión de alimentación es la adecuada para el equipo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES DE OTROS ELEMENTOS			
El interruptor de flujo está instalado, conectado y funciona correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La sonda de temperatura de control está instalada, conectada y mide correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS			
Compresores y circuitos en funcionamiento: compresores de ; circuitos de			
Condensador de agua (en modo frío)		Medido	Previsión
Temperatura del agua de retorno	°C		
Temperatura del agua de impulsión	°C		
Incremento de temperatura producido en la máquina	°C		
Presión en la aspiración	bar	-	
Presión en la impulsión	bar	-	
Pérdida de presión en el condensador	bar		
Caudal. Indicar método de medida:	m ³ /h		
Evaporador de agua (en modo frío)		Medido	Previsión
Temperatura del agua de retorno	°C		
Temperatura del agua de impulsión	°C		
Incremento de temperatura producido en la máquina	°C		
Presión en la aspiración	bar	-	
Presión en la impulsión	bar	-	
Pérdida de presión en el evaporador	bar		
Caudal. Indicar método de medida:	m ³ /h		

(Continuación)

Conexiones eléctricas del equipo			
Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
Potencia eléctrica consumida por el equipo	kW		
Medidas en el ciclo frigorífico		Medido	Previsión
Pb: Pres. manométrica de evaporación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
Pa: Pres. manométrica de condensación (Circuito 1/Circuito 2)	bar	/	/
T1: Tª de aspiración del compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T2: Tª de descarga compresor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
T3: Tª de salida del condensador (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de recalentamiento de vapor (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Grado de subenfriamiento de líquido (Circuito 1/Circuito 2)	°C	/	/
Potencia frigorífica útil (o calorífica)	kW		
EER o COP	-		
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA			
Tipo de instrumento		Identificación	
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			

(Continuación)

CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

3.5 Torres de refrigeración y condensadores evaporativos

Las torres de refrigeración son equipos de enfriamiento evaporativo con los que se obtiene un enfriamiento del agua a temperaturas por debajo de la temperatura seca del lugar, obteniéndose eficiencias en producción de frío muy elevadas. Las torres de refrigeración y otros equipos de tipo evaporativo se emplean en medianas y grandes instalaciones de climatización, en enfriadoras agua/agua y en máquinas de absorción.

Según el tipo de tiro del aire existen dos categorías: de tiro natural y con ventilación mecánica. Dentro del tiro natural existen, a su vez, los basados en el efecto chimenea y los de efecto *Venturi*. Estos últimos prácticamente para bajas potencias y en desuso, y los de efecto chimenea casi únicamente en centrales energéticas de gran potencia. Por el gran penacho que suelen mostrar este tipo de torre, se han convertido en el desafortunado estereotipo del binomio Torre = Legionella. Pese a ello este tipo de torre tiene una emisión de aerosoles muy baja y limitada. En cuanto a los equipos de ventilación mecánica fundamentalmente existen las categorías de tiro de aire inducido o tiro de aire forzado, dependiendo de si el ventilador está aspirando o soplando el flujo de aire.

Los condensadores evaporativos y las torres de circuito cerrado son equipos en los que el material de relleno se ha sustituido por un intercambiador o serpentín, que realiza la condensación directa del gas refrigerante en el caso de condensador evaporativo y funciona como intercambiador de calor en el caso de una torre a circuito cerrado.

Existen además equipos mixtos. Estos equipos disponen de un sistema de doble batería de condensación, se denominan mixtos porque pueden funcionar como condensadores por aire en las épocas frías y como condensadores evaporativos en épocas cálidas.

La diferencia entre la puesta en marcha de las torres de refrigeración respecto a otros equipos consiste en que estos aparatos están sujetos a diversas normativas sanitarias, tanto de ámbito nacional como autonómico o incluso a nivel de ordenanza municipal. En particular les son de aplicación el RD 865/2003 de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

La limpieza y desinfección del sistema completo se realizará al menos dos veces al año, preferiblemente al comienzo de la primavera y en otoño, cuando las instalaciones sean de funcionamiento no estacional y además en las siguientes circunstancias:

- Cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez.
- Tras una parada superior a un mes.
- Tras una reparación o modificación estructural.
- Cuando una revisión general así lo aconseje.
- Cuando lo determine la autoridad sanitaria.

Como solución alternativa a la limpieza y desinfección entre paradas estacionales, se podría instalar un sistema que active las bombas de recirculación de agua al menos durante 30 minutos al día dosificando desinfectante, independientemente

de los requerimientos térmicos, tal como figura en la Guía para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones del Ministerio de Sanidad.

Para la puesta en marcha de estos equipos puede no ser suficiente con los carnets profesionales habitualmente afectados por el RITE. La habilitación profesional queda afectada en particular por el Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas.

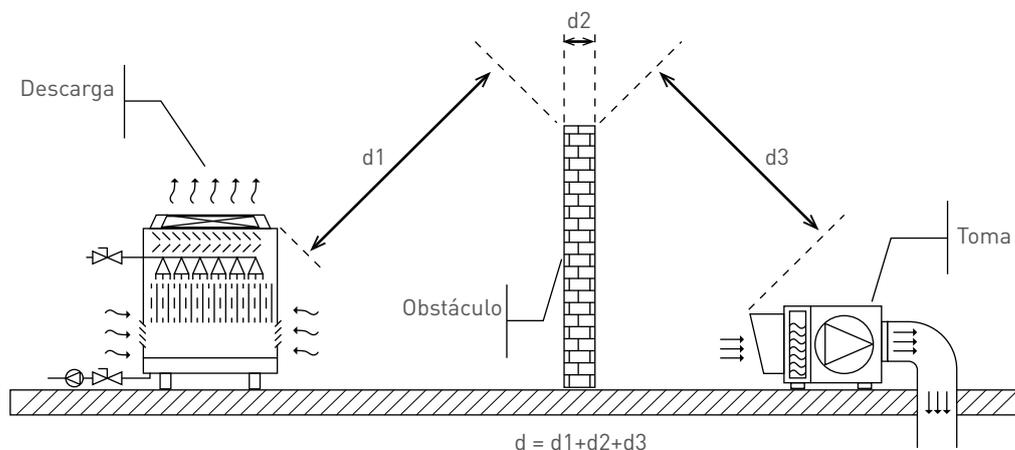
Además deberán tenerse en cuenta otros aspectos sanitarios y de tramitación administrativa, propios de cualquier normativa que les sea de aplicación al realizar la puesta en marcha de los equipos.

3.5.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que la ubicación de la máquina se corresponda con el Proyecto o Memoria Técnica y además sea adecuada. Se observará si el equipo está convenientemente anclado y sujeto con los elementos antivibratorios que exija el fabricante.

Se verificará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el correcto funcionamiento del equipo y su mantenimiento, en cumplimiento de las exigencias de la IT 1.3.4.4.3 sobre accesibilidad.

Figura 3.3. Ejemplo de distancias mínimas de separación en una torre de refrigeración



La Figura 3.3 muestra las distancias mínimas libres que se deben dejar en la instalación de una torre a modo de ejemplo. En este caso se distingue entre distancias a respetar para que el funcionamiento de la máquina sea el adecuado y distancias mínimas necesarias para realizar el mantenimiento del equipo.

La Norma UNE EN 100.030, de obligado cumplimiento en estos aspectos según RITE IT 1.2.4.1.3.4, en su anexo A, incluye a título informativo un extracto de la norma ASHRAE 62-1989R, en la que se ofrece un método teórico de cálculo de la distancia de seguridad, que tiene en cuenta, entre otros factores, el caudal de expulsión de agua de la torre, la velocidad de descarga del efluente y el sentido de los vientos predominantes en la zona. En el documento reconocido "Comentarios al RITE 2007" se encuentra la metodología para el cálculo de las distancias mínimas de separación.

En general la mejor ubicación para la mayoría de las instalaciones en los edificios, con algunas excepciones, es la cubierta, ya que se encuentra alejada de zonas de paso de personas. Sin embargo, es preciso tener cuidado ya que esta es también la mejor localización para las tomas de aire exterior del edificio. Por tanto, se ubicarán ambos elementos lo más alejados posible.

3.5.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que las tuberías están conectadas a la unidad con elementos antivibratorios y se verificará la correcta nivelación de la torre.

En el circuito se dispondrá de vainas adecuadas para la medida de la temperatura de impulsión y retorno del agua a la máquina mediante termómetros portátiles.

Se comprobará el libre movimiento de los ventiladores y el correcto estado de las poleas y correas de los ventiladores. Se inspeccionará el sistema de control de los ventiladores o etapas de capacidad de la torre o condensador evaporativo.

Previamente a la puesta en servicio al equipo se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Se comprobará la tensión de suministro y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado y para la sección de los cables empleados. En unidades trifásicas se vigilará la secuencia correcta de fases. Por último se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta y conforme a normativa vigente.

En ciertos equipos, en climas fríos o con posibilidad de congelación, se recomienda tener resistencias en la balsa de agua. Se comprobará su correcta conexión así como su mecanismo de control y el adecuado funcionamiento.

Se comprobará que existen filtros de malla a la entrada de los intercambiadores. Estos filtros estarán limpios y tendrán un tamiz final de aproximadamente 1 mm².

Se verificará el correcto estado del sistema de purga automática de desconcentración así como el rebosadero y el circuito de rebose.

Por último se comprobará que circulan los caudales nominales o de proyecto por la unidad de enfriamiento. En ocasiones se instalan medidores de caudal, válvulas de equilibrado o cualquier componente que permite medir el caudal real de una forma más precisa. Recordemos que cuando los equipos superen los 70 kW térmicos será obligatoria la instalación de un contador de energía permanente. Cualquiera de estos sistemas se considera válido para medir los caudales reales que circulan por la enfriadora.

Se inspeccionarán los sistemas de desinfección del agua y los sistemas de tratamiento de la misma. Estos sistemas seguirán su protocolo específico de puesta en marcha y aportarán sus correspondientes certificados emitidos por personal competente.

Comprobación de las características del agua de aportación a la torre mediante el informe de analítica físico-química, previamente realizado por empresa competente y aportado en este acto.

En general y dada la gran diversidad de tipología de máquinas e instalaciones, sin desestimar lo aquí expuesto, es conveniente seguir las instrucciones concretas de los fabricantes.

3.5.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha de una Torre de Refrigeración o Condensador Evaporativo es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura para instalación en vaina para la medida del agua en la entrada y salida de la máquina.
- Puente de manómetros. Medida de las presiones de alta y baja de la máquina.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura superficial para la medida del recalentamiento y del subenfriamiento del refrigerante.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.
- Turbidímetro.
- Medidor de pH de lectura directa o colorimétrico.
- Sonda electroquímica de lectura directa de la conductividad del agua.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, puede ser recomendable:

- Megóhmetro de 500 V para la comprobación de la toma de tierra en la máquina.
- Micromanómetro para lectura de la pérdida de presión en el aire inducido de forma forzada.
- Manómetro para medida de la presión en la entrada y salida de la máquina (de no existir manómetro fijo o en caso de requerir mayor precisión de medida).
- Caudalímetro de ultrasonidos o manómetro de presión diferencial para la medida del caudal a partir de la pérdida de presión en válvulas de equilibrado.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la enfriadora.

3.5.4 Puesta en marcha y toma de datos

Una vez realizadas las comprobaciones previas, con las pruebas de presión en tuberías hidráulicas y/o frigoríficas, según el tipo de equipo, previamente realizadas y junto con los resultados de la limpieza, desinfección y cualquier otro requerimiento sanitario cubierto, se procederá a la puesta en marcha de la instalación térmica.

Se instalarán termómetros en las vainas instaladas en las tuberías de entrada y salida de la máquina, en el lado de agua y en el lado del aire. En este caso midiendo también las temperaturas de bulbo húmedo de entrada y salida. La medida con estos termómetros permitirá la comprobación de los sensores de temperatura que generalmente dispone la instalación para su propia regulación y control.

Se conectará una pinza amperimétrica para medir la corriente consumida en el momento del arranque y en funcionamiento. Se tomarán las medidas de protección necesarias para la instalación de los instrumentos, siendo recomendable su instalación con el equipo parado.

Al arrancar la máquina se tomará el dato de la corriente consumida por la misma antes de que arranque ninguno de los ventiladores. Por último, se comprobará que las sondas de temperatura del agua en la impulsión y retorno miden lo mismo (solo será admisible una diferencia de 0,1 °C).

Una vez realizadas todas las comprobaciones del funcionamiento se permitirá el arranque de la misma. En sistemas de enfriamiento con dos torres independientes o más en paralelo, puede ser interesante realizar la puesta en marcha de los mismos de forma independiente.

En la puesta en marcha se estará pendiente de ruidos o vibraciones que puedan indicar problemas de funcionamiento de alguno de los ventiladores. Es conveniente medir el caudal de aire de los ventiladores.

Si la torre funciona correctamente, se fijará una temperatura de consigna baja del agua de salida, para tratar que la máquina funcione el mayor tiempo posible sin parar y a plena carga. Asimismo en la unidad frigorífica o sistema a refrigerar, se fijarán consignas que permitan el funcionamiento estable de la torre o condensador evaporativo durante el período de puesta en marcha.

Se mantendrá la máquina funcionando durante un tiempo y cuando la máquina se encuentre funcionando de forma estacionaria, se tomarán los datos de la temperatura del agua en la entrada y salida, la temperatura seca y húmeda del aire exterior y la del aire en la salida de la torre. Se medirá el caudal de agua de los pulverizadores.

En torres de refrigeración de circuito cerrado y condensadores evaporativos, se medirá la temperatura de entrada y salida del fluido del serpentín o intercambiador. También se medirá el caudal de agua por el serpentín.

Se verificará el diferencial de funcionamiento del termostato de regulación y control, permitiendo que la máquina realice una secuencia completa de parada y arranque, observando el buen funcionamiento del control de etapas.

Se tomarán los datos de la potencia eléctrica consumida por la unidad, midiendo también las potencias eléctricas consumidas por las bombas circuladoras que las abastecen.

Se comprobará el reparto uniforme del agua sobre el paquete de relleno y su correcto ajuste. Verificación de la inexistencia de ruidos y vibraciones durante el normal funcionamiento de los ventiladores.

Cuando la unidad esté provista de bombas circuladoras, se prestará especial atención a la potencia eléctrica consumida por las mismas, verificando que se encuentran dentro de su curva de trabajo, prestando especial atención a la posible cavitación, sobretodo en torres de tipo abierto.

Se tomarán como mínimo datos y mediciones del pH, la conductividad del agua, siendo recomendable tomar datos de turbidez y hierro total.

Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha. A continuación se presenta una propuesta de Ficha de Puesta en Marcha para torres y condensadores evaporativos.

Ficha 3.5. Torre de refrigeración y condensadores evaporativos.

DATOS GENERALES		
Empresa instaladora:		Cliente:
Técnico:		
Identificación del equipo en la instalación:		
CARACTERÍSTICAS DE LA TORRE O CONDENSADOR EVAPORATIVO		
Lugar de instalación:		
Fabricante / Modelo / N° Serie:		
Potencia nominal(kW):	Consumo nominal(kW):	N° Ventiladores:
Tipo: <input type="checkbox"/> Torre <input type="checkbox"/> Cerrada <input type="checkbox"/> Abierta <input type="checkbox"/> Mixta <input type="checkbox"/> Evaporativo		Tiro: <input type="checkbox"/> Inducido <input type="checkbox"/> Forzado
Desinfección: <input type="checkbox"/> Química <input type="checkbox"/> Física <input type="checkbox"/> Fisic-Quim		Tratamiento de agua: <input type="checkbox"/> Químico <input type="checkbox"/> Físico
Control Purga Concentración de Sales: <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Temporizada <input type="checkbox"/> Conductivimétrica		
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA		
El equipo instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
La ubicación del equipo se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
Se cumplen las distancias mínimas de separación establecidas en la normativa <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
La aspiración del aire exterior es adecuada y no toma aire de la misma o de otros equipos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibradores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:		

COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
Las tuberías están convenientemente conectadas al equipo con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se dispone de tomas para manómetros en la entrada y salida de la torre <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se dispone de tomas o vainas para la medida de la temperatura con instrumentos portátiles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El sistema de aporte de agua dispone de un sistema de desinfección según normativa <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Existe un sistema de tratamiento del agua de la balsa según normativa <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las protecciones eléctricas son las adecuadas para la sección de los cables de conexión <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La tensión de alimentación es la adecuada para el equipo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS			
Medidas realizadas en el agua		Medido	Previsión
Temperatura de bulbo húmedo	°C		
Temperatura agua de entrada	°C		
Temperatura salida agua de la balsa	°C		
Índice de pH / Contenido en Hierro	pH /(mg/l)	/	/
Factor de turbidez / Conductividad	NTU/(μS/cm)	/	/
Presión en el retorno	bar		
Presión en la impulsión	bar		
Caudal de agua por pulverizadores	l/s		
Temperatura del fluido de entrada del serpentín o intercambiador	°C		
Temperatura del fluido de salida del serpentín o intercambiador	°C		
Caudal de agua por serpentín o intercambiador	l/s		
Medidas realizadas en el aire		Medido	Previsión
Temperatura, humedad relativa del aire exterior (entrada)	°C / %	/	/
Temperatura, humedad relativa de salida	°C / %	/	/
Caudal de aire	m ³ /s		
Potencia Térmica disipada:	kW		

(Continuación)

Conexiones eléctricas del equipo			
Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$	V	/ /	/ /
Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$	A	/ /	/ /
Consumo eléctrico ventiladores	kW		
Consumo eléctrico bomba de agua serpentín o inter.	kW		
Consumo eléctrico total del equipo	kW		
Balance térmico de la torre	kW/kW		

INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA

Tipo de instrumento	Identificación

RESULTADO DE LA ACTIVIDAD

CONFORMIDAD

Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

3.6 Otros equipos

En este capítulo se han propuesto 5 fichas de Puesta en Servicio de equipos de producción de frío y calor en instalaciones de climatización con agua. El presente documento no puede contemplar todos los tipos de equipos existentes en el mercado, como máquinas de absorción, minicogeneración, bombas de calor con motor a gas, bombas de calor con geotermia, calderas de biocombustibles, etc.

No se presentan fichas concretas para estos equipos, pero las fichas presentadas sirven como guía para la realización de la puesta en marcha de otros equipos. Se deberán realizar fichas de comprobación similares a las presentadas en este documento en las que conste que se han comprobado los siguientes aspectos generales:

1. La ejecución de la instalación térmica se ha realizado según Proyecto o Memoria Técnica y siguiendo indicaciones del fabricante.
2. La ubicación de las máquinas es la definida en Proyecto o Memoria Técnica y además, es la adecuada.
3. Se comprobará que se han respetado las distancias de separación tanto para el correcto funcionamiento del equipo como para su mantenimiento.
4. Se deberá comprobar el conexionado eléctrico, la tensión de alimentación y las protecciones eléctricas.
5. Se deberán comprobar los elementos de seguridad y de control.
6. Se deberá verificar el llenado del circuito hidráulico que abastece la máquina y asegurar que se ha ajustado el caudal impulsado por el grupo de bombeo al caudal nominal.

Además de las comprobaciones a realizar, se deberán realizar ciertas medidas que aseguren que el equipo funciona correctamente:

1. Medidas del consumo energético de los equipos.
2. Medida de la potencia útil proporcionada por la máquina.
3. Parámetros que sirvan para verificar que el comportamiento del equipo es el esperado, de acuerdo con la documentación técnica aportada por el fabricante.
4. Verificar que el equipo no produce molestias por corrientes de aire, humos o ruidos.

4 Circuitos hidráulicos

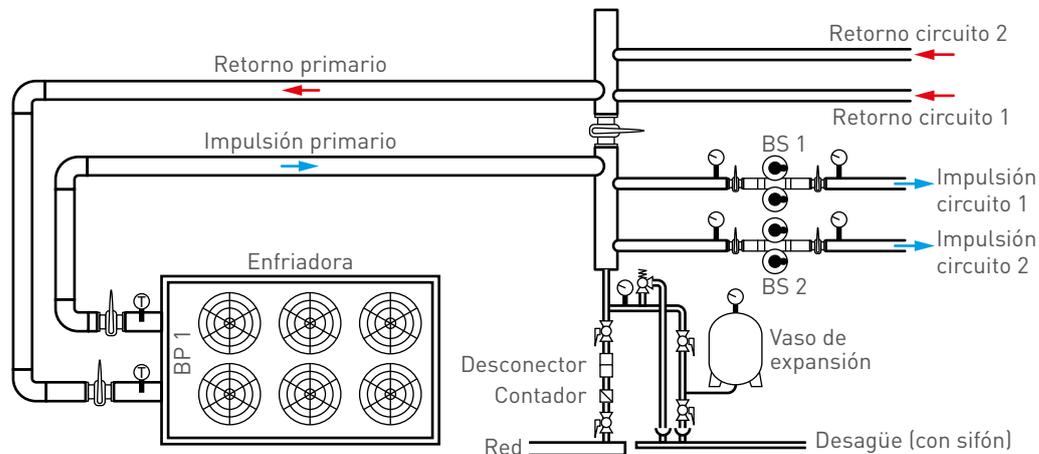
El presente capítulo se centra en la puesta en marcha de los circuitos hidráulicos empleados en instalaciones donde el transporte de la energía se realiza con líquido sin cambio de fase: agua o una mezcla de agua con anticongelante.

Previamente a la puesta en marcha del circuito hidráulico, se deben haber realizado las pruebas de presión en el circuito. En cualquier caso, no se debe descartar la posibilidad de fugas ya que algunos equipos o elementos pudieron ser conectados después de la realización de las pruebas de presión.

La puesta en marcha presentada aquí se realiza en 3 fases:

- **Llenado y limpieza del circuito hidráulico.** Se verificará que el circuito hidráulico está convenientemente ejecutado, comprobándose los elementos de llenado, vaciado, purga, dilatación y seguridad (Ficha 4.1).
- **Grupo de bombeo.** Se trata de la puesta en marcha de cada grupo de bombeo de la instalación y su ajuste al caudal nominal (Ficha 4.2).
- **Ajuste y equilibrado del circuito.** Los circuitos deben ser convenientemente equilibrados ajustando cada tramo a su caudal nominal para que las distintas unidades conectadas funcionen correctamente (Ficha 4.3).

Figura 4.1. Puesta en marcha de los circuitos de una enfriadora conectada a 2 circuitos secundarios de fancoils



En el caso práctico de la instalación de la Figura 4.1, se plantea realizar las siguientes Fichas de Puesta en Servicio de la instalación:

Ficha 4.1. Llenado del circuito hidráulico (1 Ficha).

Ficha 4.2. Puesta en Servicio del grupo de bombas del circuito primario (situado en la enfriadora) y los 2 grupos de bombas de secundario (3 Fichas).

Ficha 4.3. Ajuste y equilibrado de los 2 circuitos secundarios (2 Fichas).

Una vez llenado el circuito y realizada la puesta en marcha de las bombas, se realizará la puesta en marcha de la enfriadora (Ficha 3.3) y la puesta en marcha de los *fancoils* así como el equilibrado de los circuitos secundarios (2 Fichas 6.2).

4.1 Llenado del circuito hidráulico

Se parte de la hipótesis de que la red de tuberías ya ha sido probada y que posteriormente, se han conectado algunos equipos y el resto de accesorios.

4.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que el circuito hidráulico se ha realizado siguiendo el esquema de principio del Proyecto o Memoria Técnica. En caso de existir diferencias, se deberá comprobar si se trata de errores o si se han realizado para mejorar el diseño inicial. En cualquier caso, se debe entregar el esquema del circuito finalmente ejecutado, contando con el visto bueno de la Dirección Técnica.

Se verificará que el trazado de las tuberías se corresponde con los planos del Proyecto o Memoria Técnica y que es el adecuado. El material de las tuberías instaladas se debe corresponder con el proyecto así como su espesor (o serie en el caso de tuberías de plástico).

Se realizará asimismo la verificación de que el aislamiento instalado tiene la conductividad térmica y el espesor especificados en la documentación técnica.

En el caso de emplear un fluido con anticongelante por existir riesgo de heladas, se deberá comprobar que el fluido anticongelante empleado cumple con los requisitos especificados en la Documentación Técnica.

4.1.2 Comprobaciones previas del montaje de las tuberías

Previamente al llenado del circuito hidráulico, se comprobará que las pruebas de presión en las tuberías hayan sido realizadas. Se verificará que la sujeción de las tuberías a los cerramientos sea correcta y que se respetan las distancias de separación con otras conducciones. Las uniones de las tuberías a generadores o unidades terminales que se hayan realizado después de las pruebas de presión de las tuberías no deben presentar fugas ni goteos.

Se comprobará que no existen contactos de metales de diferente naturaleza que puedan ocasionar oxidación por pares galvánicos. En el caso de existir conexiones de tubos de cobre a elementos como depósitos de acero, la conexión se realizará mediante latiguillos de materiales plásticos de longitud suficiente que impidan la corrosión de los materiales por corrientes galvánicas.

Se comprobará que el aislamiento térmico está convenientemente instalado en tuberías y accesorios así como convenientemente protegido de la lluvia y la radiación solar en los tramos que circulen a la intemperie. Esta verificación (junto a las realizadas anteriormente en los aislamientos) será suficiente para dar cumplimiento al párrafo i) de la IT 2.4 que exige comprobar las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

4.1.3 Sistemas de seguridad

Se deben comprobar los sistemas de expansión y de seguridad previamente a la puesta en marcha de cualquier circuito hidráulico. Se comprobará la existencia de un manómetro de presión de rango y precisión adecuados para la medida de las presiones manométricas del circuito (si es posible, rango 0-3 bar, en caso contrario,

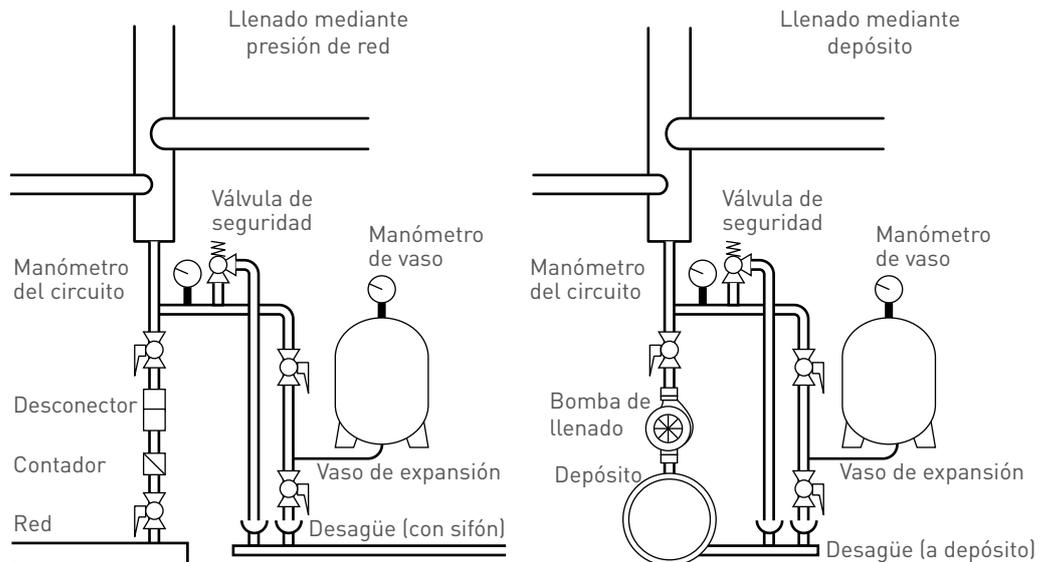
rango 0-6 bar o superior). Asimismo se comprobará que el sistema de llenado permita alcanzar la presión mínima requerida en el punto de llenado.

Se comprobará que el volumen del vaso de expansión es el correcto así como las presiones nominal y máxima del vaso de expansión y la de tarado de la válvula de seguridad. Se anotarán estos datos, comprobándose que coinciden con los especificados en el Proyecto o Memoria Técnica.

Se comprobará que la presión de llenado del vaso de expansión (presión del nitrógeno del vaso) es la adecuada y en caso contrario se ajustará al valor indicado en el Proyecto o Memoria Técnica. La presión inicial del vaso debe ser 0,2-0,3 bar inferior a la presión de llenado del circuito.

Se verificará la presión de tarado de las distintas válvulas de seguridad instaladas, disparando las mismas de forma manual, además de comprobar su funcionamiento y el correcto funcionamiento del desagüe (la salida de agua debe ser visible).

Figura 4.2. Sistema de llenado, vaciado y seguridad de circuitos cerrados.
Izquierda: Mediante presión de red. Derecha: Mediante depósito y bomba



Sistema de llenado

Se comprobará el sistema de llenado que podrá ser por presión de red o mediante bomba manual o automática. La Figura 4.2 muestra dos esquemas de conexión "tipo" que se ajustan al RITE 2007.

Sistema de vaciado y purga

Se trata de comprobar que se han instalado suficientes válvulas de vaciado que permitan el vaciado total y parcial del circuito. También se comprobará que se hayan instalado purgadores automáticos en los puntos más altos del circuito.

4.1.4 Instrumentación de medida

Se debe disponer de un manómetro con toma de aire (del tipo de los neumáticos). De esta forma se podría ajustar la presión inicial del vaso al valor deseado y comprobar asimismo que la presión inicial sea la correcta.

4.1.5 Realización del llenado del circuito y de las medidas

Una vez que todos los elementos del circuito hidráulico estén convenientemente verificados se procederá al llenado del circuito hidráulico hasta la presión mínima o de llenado. Se comprobará que el purgado de aire es eficaz y que por tanto el llenado se realiza sin dificultad. Se debe comprobar que los purgadores instalados funcionen correctamente y que su emplazamiento sea el adecuado para facilitar la purga de aire.

Se comprobará que el circuito mantiene la presión inicial o de llenado y que no existen fugas de fluido. Si es posible, se medirá la presión posteriormente con el circuito caliente para comprobar que el incremento de presión producido por el cambio de la densidad del agua, se corresponde con los valores estimados en el proyecto.

Ficha 4.1. Llenado del circuito hidráulico

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del circuito en la instalación:	
Identificación de los grupos de bombeo:	
Material de las tuberías:	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
Se han instalado los distintos elementos según esquema de principio del Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El trazado de las tuberías se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El material de las tuberías, diámetros y espesor se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El aislamiento instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los espesores de aislamiento instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El fluido anticongelante de circuitos expuestos a heladas cumple exigencias del Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES DEL MONTAJE DE LAS TUBERÍAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	
Se han realizado las pruebas de presión en las tuberías <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las tuberías están convenientemente sujetas con accesorios adecuados y flexibles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las uniones de las tuberías a equipos realizadas después de las pruebas son adecuadas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
No existen uniones de metales de diferente naturaleza que puedan producir oxidaciones <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES DEL MONTAJE DE LAS TUBERÍAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
El aislamiento está perfectamente unido a las tuberías <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El acabado exterior del aislamiento es adecuado en los tramos instalados al exterior <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
SISTEMAS DE SEGURIDAD: VASO DE EXPANSIÓN Y VÁLVULA DE SEGURIDAD			
La instalación dispone de manómetro de rango adecuado para realizar las medidas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El sistema de llenado permite el llenado de la instalación a la presión inicial prescrita <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El vaso de expansión tiene la presión inicial adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La válvula de seguridad del circuito está tarada a la presión prescrita y conectada al desagüe <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Otros elementos como calderas, depósitos y calderas tienen conectadas sus válvulas de seguridad <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Datos tomados de placas de características	Unidad	Medido	Previsión
Volumen del vaso de expansión	litros		
Presión nominal del vaso de expansión	bar		
Presión de prueba del vaso de expansión	bar		
Presión de tarado de la válvula de seguridad	bar		
Presión de prueba del circuito hidráulico	bar		
Presión nominal mínima de los elementos instalados	bar		
SISTEMA DE LLENADO POR PRESIÓN DE RED			
La instalación dispone de manómetro de rango adecuado para medir la presión de red <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha instalado válvula limitadora de presión (en su caso, indicar la presión de corte) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha instalado desconector <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El sistema de llenado es automático y se ha instalado contador de medida <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
SISTEMA DE LLENADO CON BOMBA			
El fluido térmico empleado es el especificado para evitar heladas (indicar fluido empleado) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La bomba de llenado instalada permite llegar a la presión mínima o de llenado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			

(Continuación)

SISTEMA DE VACIADO Y PURGA			
Las válvulas de vaciado instaladas permiten el vaciado total y parcial del circuito <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se han instalado los purgadores necesarios en puntos elevados que permiten la purga de aire <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Los desagües se han realizado de forma adecuada y permiten el vaciado de forma visible <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS EN EL LLENADO	Unidad	Medido	Previsión
Presión inicial en el vaso de expansión	bar		
Presión mínima o de llenado	bar		
Presión máxima (se medirá si es posible)	bar		
Presión máxima de llenado (red o bomba de llenado)	bar		
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

4.2 Grupos de bombeo

En esta sección se presentan las comprobaciones a realizar en la Puesta en Servicio de las bombas que se emplean en las instalaciones térmicas: producción de ACS, energía solar, calefacción mediante calderas, refrigeración con enfriadoras aire/agua o agua/agua, etc. Se debe conocer el modelo de las bombas instaladas y el diámetro de rodete seleccionado. La Ficha de Puesta en Servicio debe ir acompañada con la curva característica de la bomba instalada.

En instalaciones térmicas de producción de ACS, energía solar y calefacción se suelen emplear bombas de rotor húmedo. Para una mayor fiabilidad de funcionamiento es habitual emplear bombas dobles o instalar dos bombas (una en servicio y la otra en reserva). En instalaciones solares térmicas de superficie superior a 50 m², es obligatorio emplear 2 bombas. El montaje de las bombas se deberá realizar en una de las posiciones admitidas por el fabricante (generalmente las de la Figura 4.3). Si se montan sobre la pared, deberán estar accesibles para su mantenimiento dejando una separación de al menos 50 cm con depósitos u otros elementos. En el caso de que se monten sobre el suelo, deberán quedar suspendidas para que el aislamiento no se encuentre en contacto con el suelo.

Figura 4.3. Instalación de bombas de rotor húmedo



Las bombas de rotor seco se suelen emplear en instalaciones de climatización por agua y grandes instalaciones de calefacción, siendo más habituales las bombas en línea que las bombas de bancada. Las bombas se suelen instalar con el eje en posición vertical. Si se instalan sobre el suelo se deberá dar una altura mínima para que el aislamiento de las tuberías de conexión no toque el suelo.

Figura 4.4. Instalación de bombas de rotor seco tipo en línea



4.2.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que las bombas instaladas se corresponden con las especificadas en el Proyecto o Memoria Técnica. Se anotarán las características de las bombas

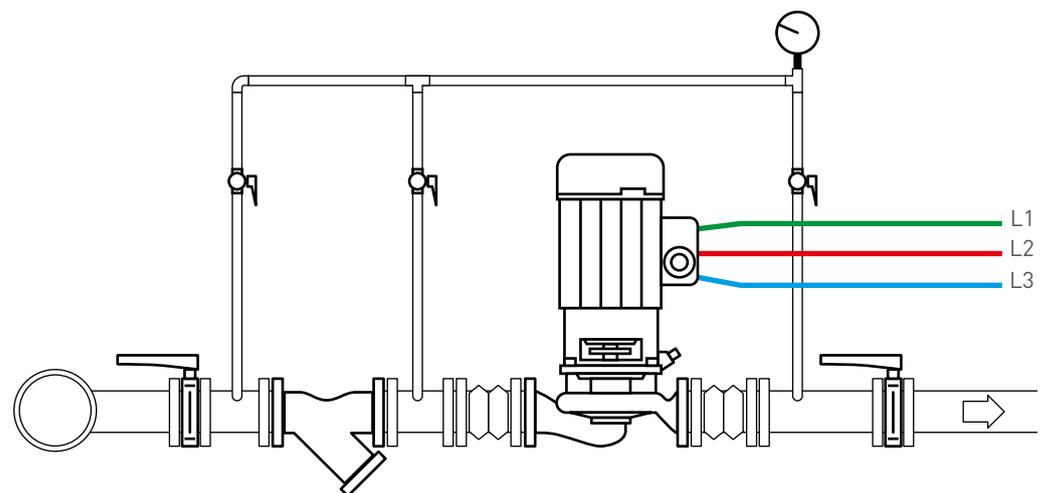
directamente de la placa de características de la bomba (incluyendo el diámetro de rodete instalado). En la puesta en marcha se deberá comprobar que la ubicación permite el mantenimiento de las bombas y que el montaje se ha realizado según especificaciones del fabricante (Figuras 4.3 y 4.4 del fabricante concreto). Si el grupo de bombas se instala al exterior, se deberá comprobar que el fabricante permite la ubicación a la intemperie y en cualquier caso, sería recomendable proteger las bombas contra la radiación solar directa y contra la lluvia.

4.2.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Cada bomba deberá estar soportada con elementos que impidan la transmisión de vibraciones a los cerramientos del edificio. La bomba deberá conectarse al circuito hidráulico empleando elementos antivibratorios, nunca irá soportada sobre las tuberías. Se instalarán válvulas de corte que permitan desmontar las bombas sin necesidad de vaciar el circuito hidráulico. Se realizarán tomas para la medida de presión en la aspiración e impulsión de las bombas. Se recomienda realizar una conexión con válvulas de corte a un único manómetro para tener mayor precisión en la medida de las diferencias de presión (véase Figura 4.5). En este caso, el puente de conexión de manómetros permite además medir la pérdida de presión del filtro.

En el caso de instalar válvula antirretorno, se debe instalar en la impulsión de la bomba y entre las válvulas de corte para permitir su revisión o sustitución sin desmontar el circuito. En tuberías de diámetros superiores a 80 mm, se deberá comprobar que el cierre de las válvulas antirretorno no sea brusco para evitar golpes de aire peligrosos.

Figura 4.5. Conexión de manómetro y analizador de redes en una bomba



Previamente a la puesta en servicio del equipo se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Se comprobará que las conexiones eléctricas a la máquina se han realizado de forma correcta y que los cables se encuentran bien sujetos (se recomienda realizar una revisión completa). La caja de conexiones deberá estar correctamente cerrada para que mantenga su nivel de estanquidad. Se comprobará la tensión de suministro y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado.

4.2.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Manómetro. Podría emplearse el manómetro instalado en el circuito o emplear uno propio de mayor precisión.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.

Si la instalación dispone de caudalímetro (o contador de energía), se tomará el dato del caudal. En caso contrario, el caudal se obtendrá a partir de la curva de funcionamiento de la bomba.

En instalaciones de cierta responsabilidad, puede ser conveniente realizar la medida del caudal empleando un caudalímetro no intrusivo (ultrasonidos) o a partir de la pérdida de presión en alguna válvula de equilibrado que esté instalada. En circuitos primarios el caudal podría estimarse a partir de la pérdida de presión en el generador.

En grupos de bombeo de cierta envergadura, se recomienda medir la potencia consumida por las bombas determinándose el factor de potencia. De esta forma se comprobaría además la secuencia de fases y el correcto funcionamiento de los motores eléctricos.

4.2.4 Precauciones para proceder al arranque de las bombas

Las bombas no deben arrancar nunca con el circuito vacío, esto es, con aire. Antes del arranque de las bombas se comprobará que el circuito se encuentra bien purgado. Las bombas generalmente pueden funcionar con agua y a caudal nulo durante unos minutos, pero siempre se debe medir cierto incremento de presión entre la aspiración y la impulsión.

Previamente al arranque del grupo de bombas, se deberá comprobar que el filtro esté limpio. Téngase en cuenta que en los primeros minutos de funcionamiento, el agua puede arrastrar suciedad al filtro y puede ser necesario realizar una segunda limpieza del mismo.

Al arrancar las bombas se prestará atención a que el ruido en funcionamiento es adecuado, sin ruidos de cavitación o burbujas de aire. Se comprobará que el sentido de giro de las bombas es correcto.

Una vez que las bombas se encuentren en funcionamiento, se ajustará su caudal al especificado en el Proyecto o Memoria Técnica. Métodos:

- Empleando caudalímetro o contador de energía que hubiera instalado.
- Empleando un caudalímetro de ultrasonidos o a partir de la pérdida de presión de una válvula de equilibrado.
- Midiendo el incremento de presión producido por la bomba y empleando su curva característica para estimar el caudal (se debe adjuntar con la ficha de puesta en servicio).
- Midiendo la pérdida de presión producido en una enfriadora o caldera y empleando la curva del fabricante para estimar el caudal.

4.2.5 Toma de datos

Se plantea la toma de datos en 3 situaciones (ver Ficha 4.2):

1. Bomba parada. Lectura de la presión en la aspiración y la tensión en el cuadro.
2. Bomba en funcionamiento. Lectura de presiones en la aspiración e impulsión, tensión en bornes de la bomba y corriente (si es posible, el caudal y potencia).
3. Bomba a caudal nulo. Lectura de presiones en la aspiración e impulsión. Este dato permitirá comprobar que la bomba instalada funciona según lo esperado: el rodete instalado habrá sido el proyectado y el sentido de giro el correcto.

4.2.6 Comprobaciones finales

Se comprobará que el caudal de funcionamiento del grupo se ajuste al especificado en el Proyecto o Memoria Técnica. Se comprobará que el sistema de control del grupo funciona adecuadamente.

Ficha 4.2. Grupo de bombeo

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
Identificación del circuito hidráulico al que alimenta:	
GRUPO DE BOMBEO	
Lugar de instalación:	
Fabricante / Modelo / N° Serie:	
Grupo de bombeo : <input type="checkbox"/> Rotor seco <input type="checkbox"/> Rotor húmedo inline <input type="checkbox"/> Rotor húmedo en bancada <input type="checkbox"/> Sencilla <input type="checkbox"/> Doble <input type="checkbox"/> Bombas en paralelo/serie	
Potencia eléctrica nominal grupo (kW):	Diámetro del rodete (mm):
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
El grupo de bombeo instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación del grupo se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El grupo de bombeo se ha montado según especifica el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	
Si el grupo se encuentra al exterior, está adecuadamente protegido contra lluvia y radiación solar <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las bombas están convenientemente soportadas con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las tuberías están convenientemente conectadas a la bomba con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Cada bomba cuenta con válvulas de corte de independencia en la aspiración y en la impulsión <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA				
Los filtros están instalados y limpios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Se han instalado válvulas antirretorno (en observaciones, indicar número y tipo) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Existen tomas que permiten la lectura de la presión de aspiración e impulsión de las bombas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Se han instalado manómetros adecuados para determinar la altura del grupo de bombas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
La conexiones eléctricas se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
La tensión de alimentación es la adecuada para el grupo de bombas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
MEDIDAS REALIZADAS				
Bombas en funcionamiento: (nº) bombas de (total);				
Medidas antes del arranque del grupo:		Medido B1	Medido B2	Previsión
Presión en la aspiración antes del arranque	bar			
Tensión antes del arranque	V			
Medidas en funcionamiento		Medido B1	Medido B2	Previsión
Presión en la aspiración	bar			
Presión en la impulsión	bar			
Altura de la bomba	bar			
Caudal (Método de medida):	l/s			
Corriente por fase (valor medio)	A			
Consumo eléctrico del grupo en funcionamiento	kW			
Potencia útil proporcionada (caudal x altura)	kW			
Rendimiento del grupo de bombeo	-			
Medidas a caudal nulo (válvula en impulsión cerrada)		Medido B1	Medido B2	Previsión
Presión en la aspiración a caudal nulo	bar			
Presión en la impulsión a caudal nulo	bar			
Altura de la bomba a caudal nulo	bar			
Consumo eléctrico del grupo a caudal nulo	kW			

INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)	
Tipo de instrumento	Identificación
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

4.3 Ajuste y equilibrado del circuito hidráulico

El ajuste y equilibrado de un circuito secundario consiste en asegurar que cada unidad terminal reciba su caudal nominal, con una desviación máxima que no debería superar el 10% del caudal de diseño establecido en el Proyecto o Memoria Técnica.

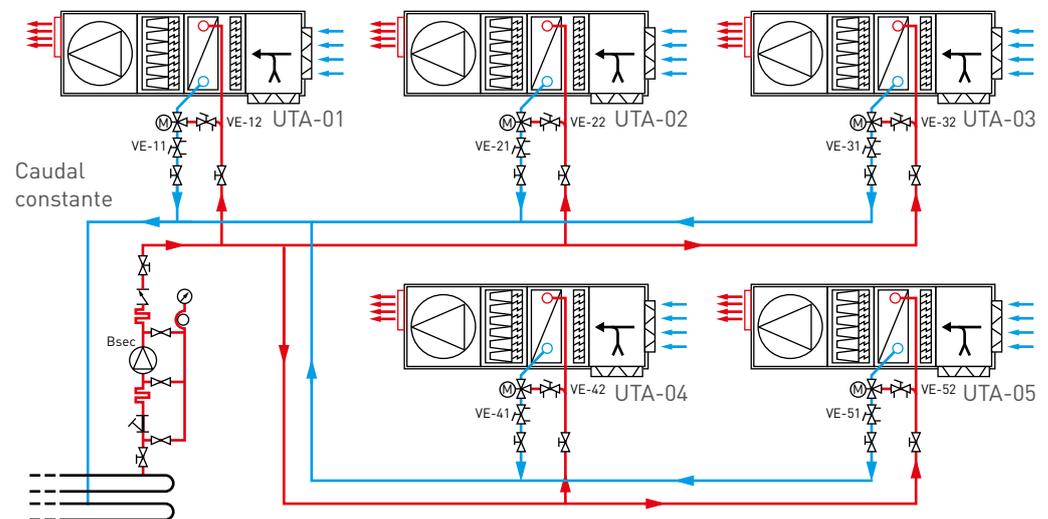
Los problemas de equilibrado en circuitos secundarios se producen cuando alguna de las unidades terminales, en adelante, supongamos que se trata de Unidades de Tratamiento de Aire, recibe un caudal muy inferior a su caudal nominal, proporcionando una potencia térmica al local que climatiza muy inferior a la nominal.

La IT 1.2.4.2.7 establece que el equilibrado se proyectará en la fase de diseño, empleando válvulas de equilibrado, si fuera necesario. El equilibrado de los circuitos hidráulicos puede realizarse:

- Mediante válvulas automáticas. En este caso, si las válvulas funcionan adecuadamente, asegurarán el caudal de cada unidad.
- Mediante válvulas de equilibrado manuales. Los programas de cálculo establecerán el cierre a realizar en cada válvula. En la puesta en servicio deberán ajustarse.
- Mediante retorno invertido. Equilibrado del circuito por pérdidas hidráulicas.

El equilibrado del circuito hidráulico será diferente cuando la regulación se realice mediante válvulas de control de 2 vías que cuando se realice mediante válvulas de control de 3 vías.

Figura 4.6. Equilibrado hidráulico de circuito de UTAs con válvulas de equilibrado estáticas y válvulas de control de 3 vías



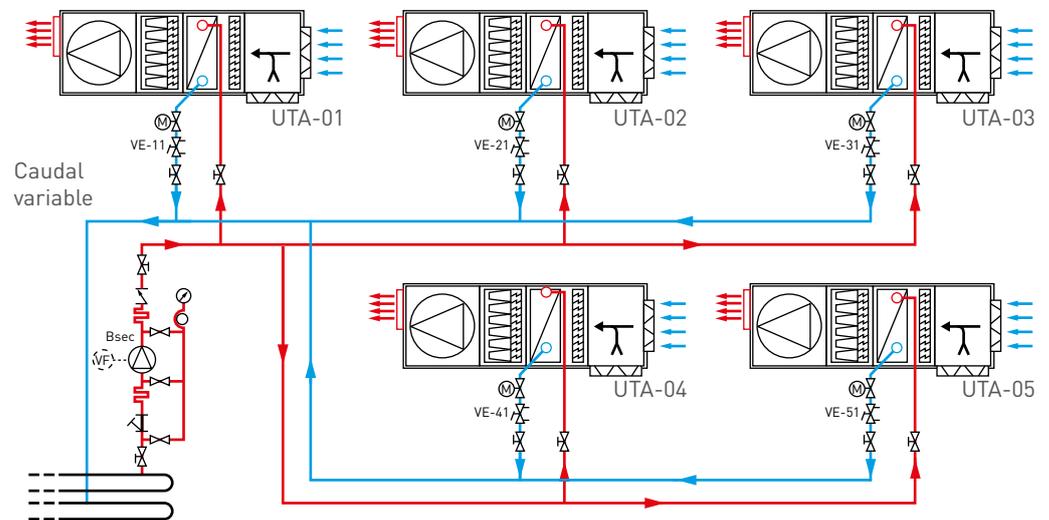
En los circuitos de 3 vías (Figura 4.6) se debe ajustar la pérdida de presión del *bypass* de forma adecuada para que cuando la válvula cierre el caudal a la UTA (circule el caudal por el *bypass*) el caudal permanezca constante. El ajuste práctico de esta pérdida de carga es difícil y suele ocurrir que cuando una unidad cierra por llegar a consigna o por estar parada, circula más caudal por su ramal, en detrimento de otras unidades que necesitan aportar calor. Si se reflexiona sobre este equilibrado, se puede llegar a la conclusión de que hay que tratar de hacer justamente lo contrario, es decir, cuando el caudal circule por el *bypass*, será conveniente de que en caso de no circular el mismo caudal, circule menos caudal y no más. De esta forma, otras

unidades con defecto de caudal funcionarán mejor. Por desgracia, el defecto de caudal de una unidad se suele resolver aumentando el caudal total del circuito, aumentando el consumo energético del bombeo. El equilibrado del circuito hidráulico en la puesta en marcha es fundamental para que la instalación funcione de forma correcta.

En el caso de circuitos de 2 vías y bombas a velocidad variable (Figura 4.7) el equilibrado siempre será menos crítico ya que cuando la regulación actúe en determinadas unidades, generalmente habrá disponible más caudal para el resto. En cualquier caso el circuito deberá estar mínimamente equilibrado.

El equilibrado se realizará con todas las válvulas de control de 2 vías abiertas, tratando de que en esta situación, cada unidad terminal reciba un caudal similar al nominal (desviación inferior al 25%).

Figura 4.7. Equilibrado hidráulico de circuito de UTAs con válvulas de equilibrado estáticas y válvulas de control de 2 vías



4.3.1 Ficha de equilibrado hidráulico de circuitos secundarios

Al final de esta sección se muestra la Ficha 4.3 que ha sido elaborada para el conjunto de UTAs conectadas a un mismo circuito secundario. Además, se deberá realizar una Ficha 6.1 de Puesta en Servicio para cada UTA. En el caso de unidades terminales de tipo *fancoil*, la Ficha 6.2 incluye la Puesta en Servicio y el equilibrado de todos los *fancoils* de un mismo circuito (ídem la Ficha 6.3 para radiadores).

En la Ficha se incluirán los datos del circuito a equilibrar así como el caudal de funcionamiento del grupo de presión, los caudales nominales de las distintas unidades y los caudales de proyecto de las mismas.

Previamente a la realización del equilibrado hidráulico, se comprobará que se haya realizado la Puesta en Servicio del grupo de bombas y el ajuste del caudal al especificado en el Proyecto o Memoria Técnica.

La prueba de equilibrado en un circuito secundario de UTAs, a caudal constante y con válvulas de regulación de 3 vías, podría realizarse de la siguiente forma:

1. Ajustar los ventiladores de las UTAs a la velocidad especificada en el Proyecto.
2. Bloquear las válvulas de 3 vías para que no regulen, pasando todo el caudal por la batería de la UTA.
3. Poner en marcha la instalación en modo frío o calor.

Una vez puesta en marcha la instalación, se tomarán los siguientes datos:

- Temperatura de impulsión del circuito (temperatura de entrada del agua a la batería). Si el circuito está convenientemente aislado deberá ser la misma en todas las UTAs.
- Temperatura de salida del agua de cada UTA. El salto de temperaturas indica si el funcionamiento es el esperado. Con el dato de la temperatura del aire en la entrada de la batería se puede estimar la potencia térmica a suministrar. Si la potencia térmica es próxima a la nominal, el salto de temperaturas deberá ser de unos 5 °C (si el proyecto ha seleccionado la batería para $\Delta T=5$ °C).
- Temperatura y humedad relativa del aire antes en la aspiración y en la impulsión de la UTA.
- Número de vueltas de cierre de la válvula de equilibrado, número de vueltas del detentor o ángulo de cierre de la válvula manual, en función de la válvula empleada para equilibrar.

En el caso del equilibrado de un circuito secundario que da servicio a UTAs a caudal variable y válvulas de regulación de 2 vías, se haría de forma similar:

1. Ajustar los ventiladores de las UTAs a la velocidad especificada en el Proyecto.
2. Bloquear la apertura al 100% de las válvulas de 2 vías.
3. Poner en marcha la instalación en modo frío o calor, tomando los mismos datos que en el caso del equilibrado con válvulas de 3 vías.

Se reajusta la curva de funcionamiento de la bomba de velocidad variable. Se programa la curva de funcionamiento de la bomba con variador, programando esta generalmente a una curva concreta de "incremento de presión constante" o de "incremento de presión variable". La programación de la curva de funcionamiento se realiza con todas las válvulas de regulación abiertas y debe medirse la altura, caudal y potencia consumida tal y como se explica en la Ficha 4.2 de puesta en marcha del grupo de bombeo.

4.3.2 Conformidad en el equilibrado

El equilibrado de los circuitos hidráulicos suele ser una de las últimas acciones a realizar en la puesta en marcha de las instalaciones de climatización. Se deberá realizar una vez que los equipos generadores se encuentren en funcionamiento y se suele hacer coincidir con la puesta en marcha de las unidades terminales y la comprobación de la correcta climatización de los locales.

Un mal equilibrado se suele detectar por un defecto de caudal en una unidad terminal que, en modo calor, producirá lo siguiente:

- Que el local no llegue a consigna.
- Que la temperatura del aire de impulsión sea menor de la nominal.
- Que el salto térmico del agua en la batería sea elevado.

La solución al problema se debe buscar ajustando el caudal de los tramos. Si la bomba está ajustada a su caudal nominal y una batería tiene defecto de caudal, será porque otra u otras tienen exceso de caudal: habría que actuar sobre estas unidades. El problema es el temor del técnico a modificar el ajuste de unidades que están funcionando correctamente. En cualquier caso es lo que se debe hacer en lugar de aumentar el caudal de los circuitos secundarios con el único objetivo de solucionar problemas de defectos de caudal puntuales.

5 Conductos

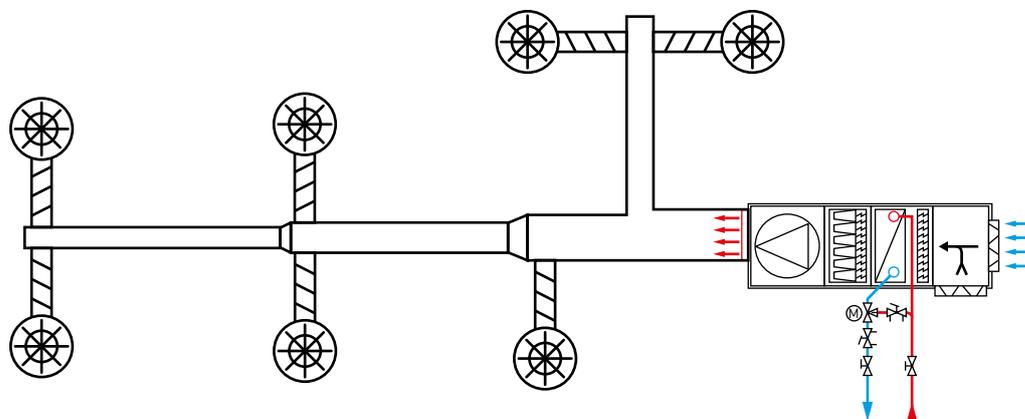
El presente capítulo se centra en la puesta en marcha de las redes de conductos empleados en las instalaciones de climatización, bien para la ventilación de los locales o bien para su climatización.

Previamente a la puesta en marcha de la red de conductos, se comprobará que se han realizado las pruebas de resistencia estructural y de estanquidad. En cualquier caso, se deberá comprobar que no existen fugas de aire en las conexiones con las cajas de los difusores y rejillas y otros elementos que se conecten después de realizar las pruebas.

La puesta en marcha presentada en este documento se realiza en 3 fases:

- **Comprobación de la red de conductos.** Se comprueba que la red de conductos está convenientemente ejecutada, verificándose el trazado, los materiales empleados, los soportes y el aislamiento (Ficha 5.1).
- **Unidad de ventilación.** Se realiza la puesta en servicio de la unidad de ventilación y el ajuste de su caudal al caudal nominal (Ficha 5.2).
- **Ajuste y equilibrado de los difusores de aire.** La red de conductos debe ser convenientemente equilibrada, debiéndose ajustar los difusores rejillas de impulsión y retorno a sus caudales nominales (IT 2.3.2). Se propone la Ficha 4.3 para verificar el funcionamiento correcto de los difusores de aire.

Figura 5.1. Croquis de red de conductos para calefacción con solo aire exterior



5.1 Red de conductos

La puesta en marcha de la red de conductos parte de la comprobación de que en su día se realizaron las pruebas de resistencia estructural y de estanquidad. La red de conductos debe quedar identificada en la instalación así como el equipo de ventilación encargado de la impulsión del aire.

5.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que el trazado de la red de conductos se corresponde con los planos del Proyecto o Memoria Técnica y que es adecuado. En caso de existir diferencias, se deberá contar con el visto bueno de la Dirección Técnica.

El material de los conductos debe ser el especificado en el Proyecto o Memoria Técnica así como el material del aislamiento empleado y su espesor.

En su caso, se comprobará que se han instalado las compuertas cortafuegos en los lugares indicados en el Proyecto o Memoria Técnica. Se verificará que el montaje ha sido adecuado y que las compuertas funcionan correctamente.

5.1.2 Comprobaciones del montaje de los conductos, previas a la puesta en marcha

Se comprobará que los soportes de sujeción de los conductos están fijados de forma adecuada a los cerramientos de la instalación y que mantienen la distancia de separación correcta para evitar la deformación de los conductos.

En la documentación técnica no se van a especificar todos los detalles de ejecución de la red de conductos. El instalador tendrá que tomar decisiones para resolver cruces con otras instalaciones y con elementos constructivos del edificio. La altura de los conductos no deberá afectar a la altura libre de ocupación. En la Puesta en Servicio se verificará que la ejecución de la red es adecuada.

Una vez puesta en marcha la unidad de ventilación, se comprobará que no existen fugas de aire en las conexiones de los conductos a los plenum de los difusores o rejillas. Se comprobará que la red de conductos se encuentre en buen estado y que no se hayan producido roturas posteriores a la realización de las pruebas de resistencia estructural y estanquidad.

Se comprobará que el aislamiento está adecuadamente instalado sobre los conductos y que todos los elementos de conexión están convenientemente aislados. Se prestará especial atención al aislamiento de los tramos de conductos que se encuentren al exterior, en este caso, se comprobará que el aislamiento soporte la radiación solar y la lluvia directa.

Ficha 5.1. Red de conductos

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación de la red en la instalación:	
Identificación del equipo que impulsa el aire:	
Material de los conductos:	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
El trazado de los conductos se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El material de los conductos, secciones y espesor se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El aislamiento instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica y es adecuado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los espesores de aislamiento instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se han instalado las compuertas cortafuegos exigencias en el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES DEL MONTAJE DE LOS CONDUCTOS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	
Se han realizado las pruebas de resistencia estructural y estanquidad (IT 2.2.5) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los soportes son adecuados y están separados la distancia requerida <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los cruces de otras instalaciones con los conductos se han realizado de forma adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las uniones de conductos a plenums y difusores están correctamente ejecutadas y son estancas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El aislamiento está perfectamente unido a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
En los tramos situados al exterior el aislamiento es adecuado y está convenientemente protegido <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

5.2 Unidad de ventilación

En esta sección se propone una metodología para la Puesta en Servicio de una unidad de ventilación. La presente Sección se centra en la puesta en marcha de los ventiladores y el ajuste del caudal impulsado al valor nominal, en cumplimiento de la ITE 2.3.2.1. En la Sección 6.1 se muestra la puesta en marcha de una Unidad de Tratamiento de Aire que generalmente cuenta con más componentes que la unidad de ventilación presentada en esta sección.

En la Ficha de Puesta en Servicio debe quedar identificada la unidad de ventilación en la instalación así como su ubicación exacta. Es conveniente incluir otros datos como dimensiones, peso y el tipo de montaje realizado: interior, exterior con la unidad apoyada o suspendida.

5.2.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

En la puesta en marcha se comprobará que la ubicación de la unidad es la adecuada y se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica. La unidad deberá estar convenientemente nivelada y anclada con los elementos antivibratorios que recomiende el fabricante. Se comprobará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el mantenimiento del equipo (especialmente en unidades interiores bajo techo).

En las unidades instaladas al exterior se prestará especial atención a que el aislamiento térmico y los distintos componentes de la unidad son adecuados y están convenientemente instalados para soportar la lluvia y la radiación solar.

Se verificará que la toma de aire exterior mantiene las distancias mínimas de separación con extracciones de ventilación de los locales acondicionados o de aseos, garajes, extracciones de humos de cocinas, chimeneas, etc. Las distancias mínimas están recogidas en el Documento Reconocido "Comentarios al RITE 2007".

5.2.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que los filtros instalados están limpios, en buen estado y correctamente instalados en la unidad. Se verificará la conexión de las tomas de presión existentes. Al menos deben existir tomas de ventilación en la aspiración e impulsión del ventilador para verificar la presión producida por el mismo. En su caso, se comprobará la instalación de manómetros de presión diferencial para la medida del nivel de ensuciamiento de los filtros.

Previamente a la puesta en servicio al equipo se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Se debe comprobar la tensión de suministro (monofásica o trifásica y secuencia de fases) y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado.

Las conexiones eléctricas deben realizarse de forma correcta, con cuidado de que los cables no puedan ser pisados por las partes móviles de los ventiladores o las correas y poleas. En el caso de unidades instaladas al exterior se deberá comprobar que las conexiones eléctricas de fuerza y de señal están convenientemente protegidas de la lluvia e inclemencias del tiempo.

5.2.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.
- Micromanómetro para lecturas en aire (rango inferior a 1.000 Pa).
- Tacómetro para la medida de la velocidad de giro de los ventiladores.

En instalaciones de cierta responsabilidad y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:

- Sonda de hilo caliente o de molinete para la determinación del caudal de ventilación.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la máquina y del ruido producido al interior de los locales a climatizar.

5.2.4 Comprobaciones al realizar el arranque de los ventiladores

Antes de realizar las medidas, se comprobará que los conductos están bien conectados a la unidad y que no se producen pérdidas de aire al exterior o entradas de aire en el conducto de aire extraído.

Al arrancar los ventiladores, se comprobará que el sentido de giro es el correcto. En el arranque de las unidades se prestará atención a posibles ruidos o vibraciones que puedan indicar un mal funcionamiento de los ventiladores.

Se medirá la pérdida de presión de los filtros comprobándose que el valor sea próximo al esperado. Se debe medir el incremento de presión producido por el ventilador y de esta forma estimar el caudal impulsado al caudal nominal.

En la Ficha 5.2 se incluyen los datos a registrar durante la puesta en marcha de la unidad de ventilación. Si el nivel de ruido se considera adecuado, no será necesario medirlo. Se deberá adjuntar la documentación técnica del ventilador (curva característica del ventilador, potencia consumida, etc.) a la Ficha de Puesta en Servicio (Ficha 5.2).

Ficha 5.2. Unidad de ventilación

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE VENTILACIÓN	
Lugar de instalación:	
Fabricante / Modelo:	
Dimensiones: Largo = m; Ancho = m; Alto = m. Peso = kg.	
Tipo de máquina: <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> Exterior	Montaje: <input type="checkbox"/> Apoyado <input type="checkbox"/> Suspendido
Composición, croquis:	
Consumo eléctrico de la unidad (kW):	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La máquina instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibradores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se cumplen las distancias mínimas de mantenimiento y funcionamiento especificadas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La unidad es apta para la instalación realizada: interior, exterior, apoyada, suspendida, ... <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire exterior es adecuada y no toma aire de salidas de ventilación, chimeneas, ... <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES A REALIZAR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA					
Los filtros están convenientemente instalados y están limpios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La conexiones eléctricas a los ventiladores y sondas de medida se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La tensión de alimentación es la adecuada para el equipo <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
COMPROBACIONES A REALIZAR EN LA PUESTA EN MARCHA					
Las unidad está convenientemente conectada a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La pérdida de presión de los filtros es la esperada (incluir valor de la pérdida de presión de filtro limpio) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Los ventiladores giran correctamente y su velocidad de giro se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
El equipo produce un nivel de ruido normal, dentro de lo esperado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
MEDIDAS A REALIZAR					
VENTILADORES		<input type="checkbox"/> Ventilador de impulsión		<input type="checkbox"/> Ventilador de retorno	
	Unidad	Medido	Previsto	Medido	Previsto
Caudal de aire	m ³ /h				
Presión disponible	Pa				
Tensión	V				
Intensidad	A				
Potencia eléctrica	W				
Poleas (Ventilador/motor):	mm	/	/	/	/
Revoluciones (Ventilador/motor):	rpm	/	/	/	/
FILTROS		<input type="checkbox"/> Prefiltro		<input type="checkbox"/> Filtro final	
	Unidad	Medido	Previsto	Medido	Previsto
Caudal de aire	m ³ /h				
Pérdida de presión con filtro limpio	Pa				
Pérdida de presión con filtro sucio	Pa				

(Continuación)

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA UNIDAD		Unidad	Medido	Previsto
Intensidad por fase: $I_R / I_S / I_T$		A	/ /	/ /
Tensión por fase (entre fases): $V_{RS} / V_{RT} / V_{ST}$		V	/ /	/ /
Consumo eléctrico de la Unidad de Ventilación en funcionamiento		kW		
Potencia sonora (si se requiere medida)		db		
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD				
CONFORMIDAD				
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:		
Nombre:		Nombre:		
Fecha: / /		Fecha: / /		

5.3 Difusores de aire. Equilibrado

En esta sección se propone una metodología para la Puesta en Servicio de los difusores de aire de una red de conductos. Se trata de dar cumplimiento a las exigencias de la IT 2.3.2 sobre la necesidad de que las unidades terminales deben estar ajustadas a sus caudales nominales mediante sus dispositivos de regulación.

5.3.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que las unidades terminales de impulsión y retorno instalados se corresponden con los especificados en el Proyecto o Memoria Técnica. En la puesta en marcha se comprobará que la ubicación de las rejillas y difusores es adecuada y se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica.

5.3.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que el nivel de ruido en los locales producidos en los elementos de difusión de aire y en los conductos es adecuado. En caso contrario, se realizará la medida del ruido en los locales mediante un sonómetro.

5.3.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Micromanómetro para medida de la presión en los plenums.
- Sonda de molinete, hilo caliente o de tobera para la estimación del caudal impulsado en cada unidad terminal.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:

- Sonda de CO₂ ambiente para el análisis de la ventilación de los locales.
- Sonómetro para la medida del ruido producido por la climatización al interior de los locales.

5.3.4 Toma de datos

Al final de la sección se incluye una ficha para la realización de la toma de datos.

Se plantea la realización de las siguientes medidas con las válvulas de control abiertas al 100% y los ventiladores en la velocidad indicada en el Proyecto o Memoria Técnica:

- Temperatura de salida del aire de cada difusor.
- Temperatura de cada local.
- Velocidad del aire en la salida del difusor.

La lectura de estos datos permite conocer si la unidad terminal funciona o no según las especificaciones del fabricante y sería posible comprobar si alguna de las unidades recibe un caudal de aire por debajo del nominal y que por tanto se requiera de un equilibrado de la red de conductos. La medida del caudal de aire es complicada, debiéndose considerar incertidumbres de medida de hasta un 20% como aceptables.

Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha.

Ficha 5.3. Difusores de aire. Equilibrado

DATOS GENERALES				
Empresa instaladora:		Cliente:		
Técnico:				
Identificación de los difusores en la instalación:				
Identificación de la red de conductos al que están conectados:				
CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFUSORES INSTALADOS				
TIPO DIFUSOR	FABRICANTE	MODELO	CAUDAL ()	VEL. (m/s)
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA				
Los difusores instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
La ubicación de los difusores de aire se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA				
Existen plenum de reparto <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Los difusores o plenums están convenientemente conectados a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Existen compuertas para el equilibrado hidráulico de los difusores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				

CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

6 Unidades terminales de agua

Las unidades terminales de agua son las responsables de comunicar la energía útil de los equipos generadores al aire de los diferentes locales. En este capítulo se proponen metodologías y Fichas de Puesta en Servicio de las siguientes secciones:

6.1 Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs)

6.2 *Fancoils* (ventiloconvectores)

6.3 Radiadores

6.4 Intercambiadores de calor

Es evidente que la verificación del comportamiento de una Unidad de Tratamiento de Aire es mucho más compleja que la de un *fancoil*, que a su vez es más compleja que la de un radiador. En cualquier caso, se deberá garantizar que todas las unidades terminales funcionan correctamente, que el calor cedido al ambiente es el nominal para las condiciones de proyecto y que por tanto se conseguirán las condiciones de bienestar térmico.

En todas las unidades terminales de agua, se produce una variación en la temperatura del agua que la instalación debe permitir poder medir. En las baterías de las UTAs y en las de los *fancoils* se deberán haber instalado al menos vainas para poder realizar la medida con termómetros portátiles. En radiadores, puede ser suficiente con realizar la medida de la temperatura del agua mediante sondas superficiales en el propio radiador.

Otro aspecto común es la necesidad de equilibrar el circuito hidráulico que abastezca a más de una unidad terminal. En todos los casos deberá estar documentado el método a seguir en el equilibrado y en la Puesta en Servicio de la Instalación se comprobará que el circuito está efectivamente equilibrado. En el caso de las Unidades Terminales, se propone realizar una ficha de toma de datos de funcionamiento para cada UTA (Ficha 6.1) y realizar una ficha de equilibrado para el conjunto de UTAs de un mismo circuito (Ficha 4.3). En el caso de *fancoils*, se propone realizar una única Ficha (Ficha 6.2) para todas las unidades de un mismo circuito (ídem para los radiadores).

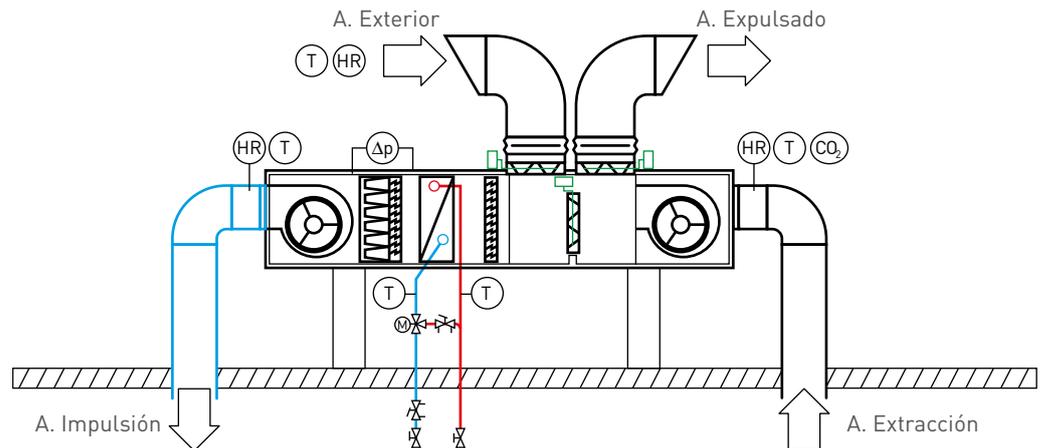
6.1 Unidad de tratamiento de aire

Las Unidades de Tratamiento de Aire se emplean en instalaciones de climatización de mediano y gran tamaño con distribución de energía por agua. Los equipos pueden ser desde modelos de ventilación con tratamiento térmico del aire exterior hasta equipos de climatización con aporte de aire exterior, enfriamiento gratuito, recuperador de calor y enfriamiento adiabático.

La puesta en marcha de estos equipos tiene el objetivo de verificar que el equipo funciona perfectamente y según lo especificado en el Proyecto (en instalaciones de

menos de 70 kW no será habitual encontrar estos equipos). La Figura 6.1 muestra un ejemplo de la instrumentación fija que podría estar instalada en una Unidad de Tratamiento de Aire, siendo posible realizar su puesta en marcha con los datos recogidos por el sistema de control de la instalación de climatización. En caso contrario se deberá emplear instrumentación portátil, asegurándose la posibilidad práctica de realizar las medidas.

Figura 6.1. Instrumentación fija en una Unidad de Tratamiento de Aire



6.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

En la puesta en marcha se comprobará que la ubicación de la unidad es la adecuada y se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica. Se observará si el equipo está convenientemente nivelado y anclado con los elementos antivibratorios que recomiende el fabricante. Se comprobará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el mantenimiento del equipo (especialmente en unidades interiores bajo techo).

Se verificará que la toma de aire exterior mantiene las distancias mínimas de separación con la salida de aire de la propia máquina o de otras extracciones de ventilación como aseos o garajes, extracciones de humos de cocinas, chimeneas, etc. Las distancias mínimas están recogidas en el Documento Reconocido "Comentarios al RITE 2007". Asimismo se comprobará que la rejilla de aire expulsado mantiene las distancias mínimas de separación con tomas de ventilación o ventanas próximas.

En las unidades instaladas al exterior se prestará especial atención a que el aislamiento térmico y los distintos componentes de la unidad son adecuados y están convenientemente instalados para soportar la lluvia y la radiación solar.

6.1.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que las tuberías están conectadas a la unidad con elementos antivibratorios y que existen las tomas necesarias para realizar la medida de la presión en la entrada y salida de cada batería. El circuito deberá disponer de al menos vainas (termopozos) que permitan la lectura de la temperatura de entrada y salida a cada batería.

Previamente a la puesta en servicio al equipo se deberá realizar una comprobación de la conexión eléctrica realizada. Las conexiones eléctricas deben realizarse de forma correcta, con cuidado de que los cables no puedan ser pisados por las partes móviles de los ventiladores o las correas y poleas. En el caso de unidades instaladas al exterior se deberá comprobar que las conexiones eléctricas de fuerza y de señal están convenientemente protegidas de la lluvia.

Se debe comprobar la tensión de suministro (monofásica o trifásica y secuencia de fases) y que las protecciones eléctricas son las adecuadas para el equipo instalado. Se comprobará la existencia de tomas para la medida de la pérdida de presión de los filtros.

6.1.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.
- Micromanómetro para lecturas en aire (rango inferior a 1.000 Pa).
- Tacómetro para la medida de la velocidad de giro de los ventiladores.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:

- Manómetro para medida de la presión en la entrada y en impulsión de las baterías.
- Manómetro de presión diferencial para la medida del caudal en a partir de la pérdida de presión en válvulas de equilibrado (o caudalímetro de ultrasonidos).
- Sonda de CO₂ ambiente para el análisis de la ventilación de los locales.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la máquina y del ruido producido al interior de los locales a climatizar.

6.1.4 Comprobaciones al realizar el arranque de los ventiladores

Para realizar la puesta en marcha de la UTA se bloquearán las válvulas de control para llevar a la máquina a sus condiciones nominales. Se procurará realizar alguna medida del caudal; se medirá al menos la pérdida de carga en las baterías. Es conveniente instalar los termómetros y medir saltos térmicos en las baterías inferiores a 0,1 °C cuando la unidad está parada.

Al arrancar los ventiladores, se comprobará que el sentido de giro es el correcto. Téngase en cuenta que la mayoría de los ventiladores instalados en las Unidades de Tratamiento de Aire son de álabes curvados hacia adelante. En el arranque de las unidades se prestará atención a posibles ruidos o vibraciones que puedan indicar un mal funcionamiento de los ventiladores.

Antes de realizar las medidas, se comprobará que los conductos están bien conectados a la unidad y que no se producen pérdidas de aire al exterior o entradas de aire en el conducto de aire extraído.

Por último se comprobará el correcto funcionamiento del desagüe de condensados en las Unidades que dispongan de baterías de frío. En algunos equipos, los

ventiladores producen presiones negativas en las baterías que pueden llegar a los -400 Pa. En estos casos se deberá asegurar que el sifón de condensados se haya ejecutado de forma correcta y que su funcionamiento sea correcto.

6.1.5 Toma de datos

La toma de datos se deberá realizar posteriormente al equilibrado hidráulico del circuito o circuitos de las baterías de frío y calor. Al final de la sección se incluye la Ficha 6.1 para la realización de la toma de datos en cada UTA. Se deberá realizar asimismo la comprobación del equilibrado hidráulico de cada circuito (Ficha 4.3).

En algún caso puede ser interesante realizar las medidas de comprobación en una de estas situaciones:

1. *Bypass* 100% abierto. La unidad trabajaría recirculando el aire extraído, esto es, sin aire exterior.
2. *Bypass* 100% cerrado. La unidad trabajaría con solo aire exterior. El aire extraído sería directamente expulsado.

En función de las condiciones climatológicas y de la carga térmica de los locales climatizados del día en que se realicen las medidas, puede ser interesante realizar las medidas de una u otra forma. Además, se deberá comprobar que el sistema de control actúa de forma adecuada sobre la válvula de control del caudal (2 ó 3 vías) y sobre el sistema de control de las compuertas.

Ficha 6.1. Unidad de tratamiento de aire

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del equipo en la instalación:	
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE	
Lugar de instalación:	
Fabricante / Modelo:	
Dimensiones: Largo = m; Ancho = m; Alto = m. Peso = kg.	
Tipo de máquina: <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> Exterior <input type="checkbox"/> Apoyado <input type="checkbox"/> Suspenso	
Conexión hidráulica: <input type="checkbox"/> 2 tubos <input type="checkbox"/> 4 tubos <input type="checkbox"/> Válvulas 3 vías <input type="checkbox"/> Válvulas 3 vías	
Composición: <input type="checkbox"/> Ventilador nº <input type="checkbox"/> Batería frío <input type="checkbox"/> Batería calor <input type="checkbox"/> Filtros	
Consumo eléctrico nominal (kW):	Caudal nominal (m ³ /h):
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
La máquina instalada se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibradores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de la unidad se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se cumplen las distancias mínimas de mantenimiento y funcionamiento especificadas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La descarga del aire es adecuada y no afecta a vecinos, tomas de ventilación o aparatos próximos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La aspiración del aire exterior es adecuada y no toma aire de salidas de ventilación, chimeneas, etc. <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

COMPROBACIONES A REALIZAR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA					
Las tuberías están convenientemente conectadas a la máquina con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Cada batería dispone de al menos vainas que permitan la medida de la temperatura del agua <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Cada batería dispone de tomas que permiten la lectura de la presión de entrada y salida del agua <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Existen válvulas de corte para independizar cada batería de agua de su circuito hidráulico <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La conexiones eléctricas a ventiladores, sondas, etc. se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
El magnetotérmico se corresponde con la intensidad de consumo con un 25% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
El diferencial se corresponde con la intensidad de consumo con un 40% de incremento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
COMPROBACIONES A REALIZAR EN LA PUESTA EN MARCHA					
El desagüe es adecuado (altura, sifones) y funciona correctamente (sólo con baterías de refrigeración) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Las unidad está convenientemente conectada a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La pérdida de presión de los filtros es la esperada (incluir valor en observaciones) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
Los ventiladores giran correctamente y su velocidad de giro se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
La Unidad de Tratamiento de Aire produce un nivel de ruido normal, dentro de lo esperado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:					
MEDIDAS REALIZADAS EN VENTILADORES Y BATERÍAS					
SECCIÓN DE LA U.T.A.	Unidad	Medido	Previsión	Medido	Previsión
VENTILADORES		<input type="checkbox"/> Ventilador de impulsión		<input type="checkbox"/> Ventilador de retorno	
Caudal de aire	m ³ /h				
Presión disponible	Pa				
Tensión	V				
Intensidad	A				
Potencia eléctrica	W				
Poleas (Ventilador/motor):	mm	/	/	/	/
Revoluciones (Ventilador/motor):	rpm	/	/	/	/

(Continuación)

MEDIDAS REALIZADAS EN VENTILADORES Y BATERÍAS					
SECCIÓN DE LA U.T.A.	Unidad	Medido	Previsión	Medido	Previsión
BATERÍAS		<input type="checkbox"/> Bateria de frío		<input type="checkbox"/> Bateria de calor	
Temperatura de entrada del agua	°C				
Temperatura de salida del agua	°C				
Tª y HR(%) de entrada del aire	°C / %	/	/	/	/
Tª y HR(%) de salida del aire	°C / %	/	/	/	/
Caudal de agua (si es posible medida)	m³/h				
MEDIDAS REALIZADAS EN OTRAS SECCIONES DE LA U.T.A.					
			Unidad	Medido	Previsión
RECUPERADOR DE ENERGÍA. Tipo:					
Condiciones del aire extraído del local			°C / %	/	/
Condiciones del aire expulsado (aire del local después del recuperador)			°C / %	/	/
Condiciones del aire exterior (ventilación)			°C / %	/	/
Condiciones del aire impulsado (ventilación después del recuperador)			°C / %	/	/
Eficiencia del recuperador			%		
Caudal de aire (si es posible medida). Extraído / Ventilación			m³/h	/	/
HUMECTADOR. Tipo:					
Condiciones del aire extraído del local			°C / %	/	/
Condiciones del aire después del humectador			°C / %	/	/
Eficiencia del humectador			°C / %	/	/
Caudal de aire (si es posible realizar la medida)			m³/h	/	/
OTRAS SECCIONES:			A	/	/
Consumo eléctrico de la UTA completa en funcionamiento			kW		

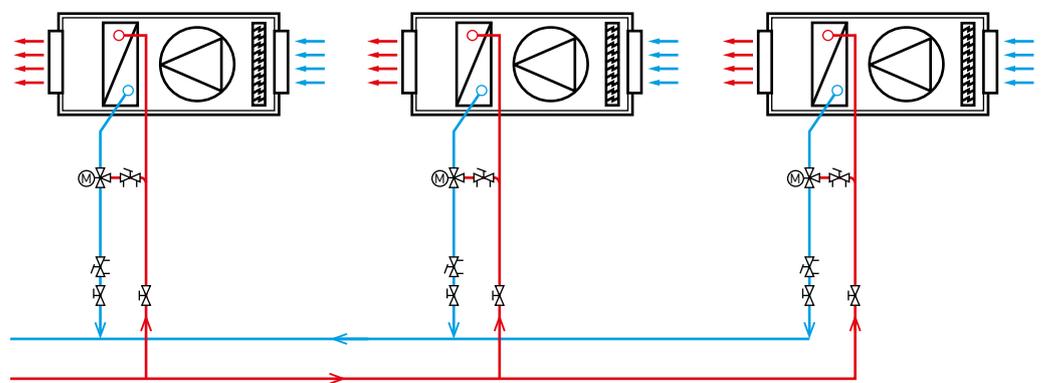
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

6.2 Fancoils

Los *fancoils* (ventiloconvectores) se emplean en instalaciones de climatización de mediano y gran tamaño con distribución de energía por agua. Se trata de unidades terminales de agua de potencias nominales en refrigeración (7/12 °C) generalmente inferiores a 10 kW. Se emplean en multitud de aplicaciones, siendo una solución muy empleada en la climatización de edificios con muchos locales independientes, del tipo oficinas con despachos individuales, habitaciones de hotel o de hospital, etc.

Los *fancoils* considerados en esta sección podrán ser de 2 ó 4 tubos, con regulación mediante válvulas de 2 ó 3 vías, con o sin entrada de aire de ventilación, del tipo panel, cassette o conductos. Se plantea realizar una única ficha para todas las unidades de un mismo circuito secundario, que podrá ser cumplimentada al mismo tiempo que se realice el equilibrado del circuito hidráulico.

Figura 6.2. Esquema de conexión de fancoils con válvulas de 3 vías



6.2.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

En la puesta en marcha se comprobará que la ubicación de las unidades es la adecuada y se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica. Se comprobará que se han respetado las distancias necesarias que permitan el mantenimiento del equipo (especialmente en *fancoils* de conductos instalados bajo techo).

6.2.2 Comprobaciones previas a la puesta en marcha

Se comprobará que las tuberías están conectadas a cada *fancoil* con elementos antivibratorios y que existen válvulas de corte para dejar la unidad fuera de servicio en caso de no existir ocupación o para reparaciones, sin que se vea afectado el resto de las instalaciones.

El circuito deberá disponer de al menos termopozos (vainas) que permitan la lectura de la temperatura de entrada y salida a cada batería mediante instrumentos portátiles. Si el equilibrado hidráulico se va a realizar estimando el caudal a partir de la pérdida de presión en la unidad, se deberá disponer de las tomas necesarias para realizar la medida de la presión en la entrada y salida de cada batería.

Previamente a la puesta en servicio de los *fancoils* se deberá realizar una comprobación de las conexiones eléctricas realizadas. Los *fancoils* suelen ser monofásicos

y su conexión es muy simple. Las conexiones eléctricas de los cables de fuerza y control deben realizarse de forma correcta, en las cajas de conexión dispuestas a tal fin y con cuidado de que los cables no interfieran con el correcto funcionamiento de los ventiladores.

Se comprobará el correcto funcionamiento de los desagües y que el *fancoil* no toque ningún cerramiento ni instalación ajena a la suya.

6.2.3 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha es la siguiente:

- Termohigrómetro. Medida de la temperatura y humedad relativa del aire.
- Termómetro con conexión para 2 sondas de temperatura.
- Polímetro. Pinza amperimétrica y medida de la tensión.

En instalaciones de cierta responsabilidad, y para realizar un buen ajuste del funcionamiento de la unidad, se recomienda:

- Manómetro para medida de la presión en la entrada y en impulsión de las baterías.
- Manómetro de presión diferencial para la medida del caudal a partir de la pérdida de presión en válvulas de equilibrado (o caudalímetro de ultrasonidos).
- Sonda de CO₂ ambiente para el análisis de la ventilación de los locales.
- Sonómetro para la medida del ruido exterior producido por la climatización al interior de los locales.

6.2.4 Comprobaciones al realizar el arranque de los *fancoils*

Para realizar la puesta en marcha de los *fancoils* se bloquearán las válvulas de control de todos los *fancoils* conectados al circuito secundario, para llevar a los equipos a sus condiciones nominales. Es conveniente instalar los termómetros y medir saltos térmicos en las baterías inferiores a 0,1 °C cuando la unidad está parada.

Cuando se arranquen las unidades, se prestará atención a posibles ruidos o vibraciones que puedan indicar un mal funcionamiento de alguna de ellas.

Se comprobará que los *fancoils* de conductos están bien conectados a los conductos de aspiración e impulsión y que no se producen infiltraciones ni fugas.

Por último se comprobará el correcto funcionamiento del desagüe de condensados y en su caso, de la bomba de condensados.

6.2.5 Toma de datos

Al final de la sección se incluye una ficha para la realización de la toma de datos.

Dado que se trata de equipos simples, se plantea la realización de las siguientes medidas con las válvulas de control abiertas al 100% y los ventiladores en la velocidad indicada en el Proyecto o Memoria Técnica:

Temperatura de entrada y salida del agua a cada *fancoil*.

Temperatura y humedad relativa del aire en la entrada y salida a cada batería.

La lectura de estos datos permite conocer si la unidad funciona o no según las especificaciones del fabricante de modo que sea posible comprobar si alguna de las unidades recibe un caudal por debajo del nominal y que por tanto se requiera de un equilibrado del circuito hidráulico.

Si se toman los datos 1 hora después del arranque de la instalación, se conocerá si alguna de las unidades interiores tiene dificultades en llevar a condiciones de bienestar el local climatizado.

Si el nivel de ruido se considera adecuado por el técnico y el propietario da su conformidad, no será necesario realizar la medición. En caso contrario debe medirse con un sonómetro e incluir el dato en la Ficha de Puesta en Marcha.

Ficha 6.2. Fancoils (ventiloconvectores)

DATOS GENERALES			
Empresa instaladora:	Cliente:		
Técnico:			
Identificación de los equipos en la instalación:			
Identificación del circuito hidráulico al que están conectados:			
CARACTERÍSTICAS DE LOS <i>FANCOILS</i> INSTALADOS			
Tipo de <i>fancoil</i> :	PN(kW)	Nº	Fabricante / Modelo:
TOTAL:			-
Características: <input type="checkbox"/> 2 tubos <input type="checkbox"/> 4 tubos <input type="checkbox"/> Válvulas 3 vías <input type="checkbox"/> Válvulas 2 vías <input type="checkbox"/> Con aire exterior			

(Continuación)

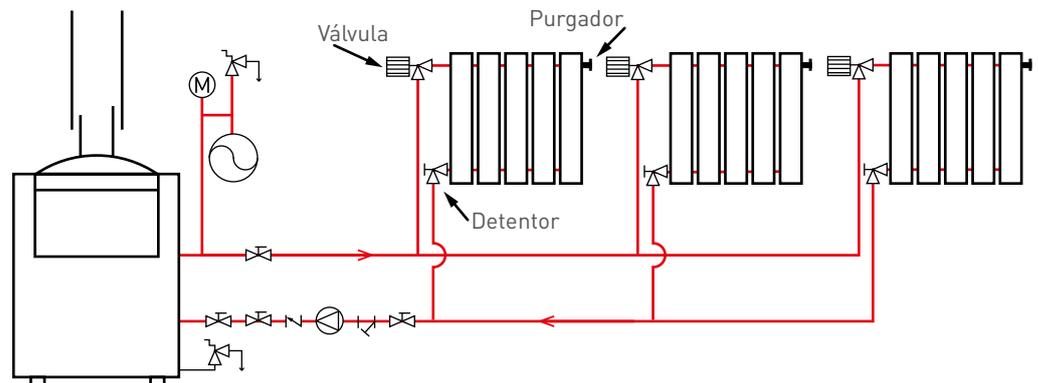
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA
Los <i>fancoils</i> instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La ubicación de las unidades se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Se cumplen las distancias mínimas de mantenimiento y funcionamiento especificadas <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA
La unidad se encuentra convenientemente nivelada y anclada con elementos antivibradores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Las tuberías están convenientemente conectadas a la máquina con elementos antivibratorios <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Existen llaves de corte para la independencia hidráulica de cada <i>fancoil</i> <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Cada batería dispone de al menos vainas que permitan la medida de la temperatura del agua <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Cada batería dispone de tomas que permiten la lectura de la presión de entrada y salida del agua <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La conexiones eléctricas a ventiladores, sondas, etc. se han realizado adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
COMPROBACIONES A REALIZAR EN LA PUESTA EN MARCHA
El desagüe es adecuado (altura, sifones) y funciona correctamente (sólo con baterías de refrigeración) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Los <i>fancoils</i> de conductos están convenientemente conectados a los conductos <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La pérdida de presión de los filtros es la esperada (incluir valor en observaciones) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
Los ventiladores giran correctamente y su velocidad de giro se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:
La Unidad de Tratamiento de Aire produce un nivel de ruido normal, dentro de lo esperado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:

6.3 Radiadores

Los radiadores se emplean en instalaciones de calefacción de viviendas y edificios del sector terciario. Según el RITE actual, las instalaciones de calefacción con radiadores deberán estar complementadas con un sistema de ventilación.

En condiciones nominales, la temperatura de impulsión del agua a radiadores (temperatura de entrada) suele ser de 80 °C y la temperatura de salida (retorno) suele ser de 60, 65 ó 70 °C, en función del salto térmico nominal seleccionado por el fabricante.

Figura 6.3. Esquema de conexión de radiadores de agua



Los radiadores son elementos muy sencillos que para funcionar correctamente solo requieren que circule por ellos un caudal de agua próximo al nominal.

Para verificar que una instalación de radiadores está correctamente equilibrada, se puede medir la temperatura de entrada y salida del agua en cada radiador. Se debe comprobar que el salto de temperaturas en todos los radiadores sea similar: generalmente 10, 15 ó 20 °C.

Si por uno de los ramales circula un caudal excesivamente bajo, se detectará que la temperatura de entrada al radiador o a los radiadores que se alimentan por ese ramal recibe el agua unos grados más fría que la temperatura de impulsión de la caldera.

En la puesta en marcha se tomarán datos de las temperaturas de entrada y salida del agua a cada radiador, siendo necesario disponer de un termómetro de temperaturas con dos sondas de medida de la temperatura superficial. También es posible emplear un termómetro por infrarrojos. En este caso la lectura de las temperaturas podrán tener unos grados de error, pero el dato de la diferencia de las temperaturas entre la entrada y salida tendrá un error de solo unas décimas.

La puesta en servicio de los radiadores finalizará cuando se compruebe que los radiadores estén equilibrados y que no existan ruidos por aire o exceso de velocidad en la instalación de radiadores.

Ficha 6.3. Radiadores

DATOS GENERALES				
Empresa instaladora:		Cliente:		
Técnico:				
Identificación de los equipos en la instalación:				
Identificación del circuito hidráulico al que están conectados:				
CARACTERÍSTICAS DE LOS RADIADORES INSTALADOS				
TIPO RADIADOR	FABRICANTE	MODELO	P_{MODULO} (W)	ΔT (°C)
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA				
Los radiadores instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
La ubicación de los radiadores se corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA				
Los radiadores se encuentran convenientemente soportados <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Las tuberías están convenientemente conectadas a los radiadores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Existen llaves de corte para la independencia hidráulica de cada radiador <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
Existen detentores para el equilibrado hidráulico de los radiadores <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				

CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

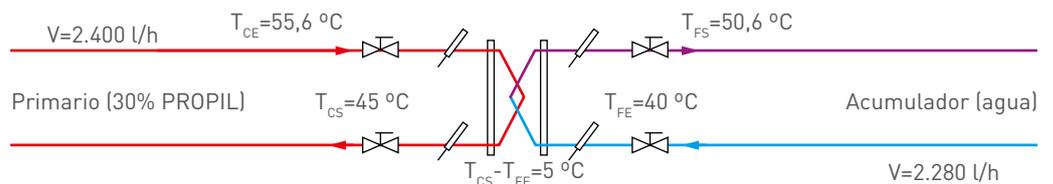
6.4 Intercambiadores de calor

En esta sección se dará cumplimiento a las exigencias de la IT 2.3.3.7 y de la IT 2.4 en cuanto al ajuste de los caudales en los intercambiadores de calor, así como la comprobación de la transferencia térmica que se deberá realizar a partir de las medidas de temperatura y caudal en las dos corrientes.

Un intercambiador de calor se puede considerar desde el circuito que cede calor, como una unidad terminal y desde el circuito que recibe el calor como un generador. En cualquier caso, se trata de un elemento que se introduce en los circuitos cuando se quiere realizar un intercambio de calor sin que exista intercambio de masa, con el objeto de que se produzca una independencia de presiones y de fluidos.

Los intercambiadores de calor deben estar aislados para evitar pérdidas de calor, y en algunos casos, para evitar condensaciones o quemaduras. En cualquier caso, las pérdidas de energía son despreciables y puede considerarse que todo el calor que cede el fluido caliente va finalmente al fluido frío.

Figura 6.4. Funcionamiento de intercambiador de calor



La potencia del intercambiador de calor viene dada por:

$$\text{Fluido caliente: } Q_C = m_C \times C_{P,C} \times (T_{CE} - T_{CS})$$

$$\text{Fluido frío: } Q_F = m_F \times C_{P,F} \times (T_{FS} - T_{FE})$$

Y ambas potencias serán aproximadamente iguales $Q_C \sim Q_F$

En cualquier intercambiador instalado se debería poder medir las temperaturas de entrada y salida de los fluidos frío y caliente. Para ello se deberán dejar instaladas al menos unas vainas en contacto con el fluido donde se insertarán sondas de temperatura empleando pasta conductora.

Por lo general, el problema vendrá dado en la medida del caudal de una o ambas corrientes. Debería medirse al menos uno de los caudales empleando alguno de los métodos descritos en la Sección 4.2. Si se dispone de un caudal y las 4 temperaturas, se podrá determinar el otro caudal igualando las expresiones anteriores.

En los intercambiadores de calor se comprobará que la potencia intercambiada se corresponde con la especificada en el Proyecto o Memoria Técnica y que las temperaturas y caudales son próximos a los nominales. Los caudales pueden estimarse a partir de la pérdida de presión producida en el propio intercambiador.

En el caso de los intercambiadores de los circuitos primarios de las instalaciones solares térmicas, se deberá prestar atención a los saltos de temperatura producidos cuando la radiación sea superior al 80% de la nominal. En condiciones nominales, generalmente la reducción de temperatura del fluido de primario es de unos 10 °C y el incremento de temperatura del fluido frío suele ser también de unos 10 °C (o lo que indique el Proyecto). El intercambio es mejor cuanto menor sea la diferencia. En el caso de la Figura 6.4 es de $(45 - 40) = 5 \text{ °C}$, no debiendo ser superior a $12,5 \text{ °C}$.

Ficha 6.4. Intercambiador de calor

DATOS GENERALES			
Empresa instaladora:		Cliente:	
Técnico:			
Identificación del intercambiador en la instalación:			
CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR			
Lugar de instalación:			
Fabricante / Modelo:			
Número de placas superficie de intercambio:			
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA			
El intercambiador de calor tiene el número de placas y superficie indicadas en el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS EN EL INTERCAMBIADOR			
Medidas en el Circuito 1	Unidad	Medido	Previsto
Identificación del Circuito 1:			
Fluido térmico empleado:			
Temperatura de entrada / salida	°C / °C	/	/
Diferencia de temperaturas	°C		
Presión en la entrada / salida	bar / bar	/	/
Pérdida de presión en el intercambiador	bar		
Caudal (Método medida:)	l/h		

(Continuación)

MEDIDAS REALIZADAS EN EL INTERCAMBIADOR			
Medidas en el Circuito 2	Unidad	Medido	Previsto
Identificación del Circuito 2:			
Fluido térmico empleado:			
Temperatura de entrada / salida	°C / °C	/	/
Diferencia de temperaturas	°C		
Presión en la entrada / salida	bar / bar	/	/
Pérdida de presión en el intercambiador	bar		
Caudal (Método medida:)	l/h		
Potencia térmica intercambiada	kW		
COMPROBACIONES FINALES			
Se comprueba que la eficiencia del intercambio de calor es correcta <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

7 Instalaciones de producción de ACS y energía solar

La puesta en servicio de las instalaciones de producción de ACS tiene el objetivo de verificar que la instalación ejecutada se ha realizado según el Proyecto o Memoria Técnica, que se ha ejecutado de forma adecuada y que funciona de forma correcta, alcanzando las temperaturas nominales de funcionamiento. La Sección 7.1 está centrada en las instalaciones de producción de ACS en edificios o locales terciarios que deben cumplir asimismo el RD 865/2003 de prevención de la legionelosis.

Las instalaciones solares térmicas realizadas para el apoyo energético en la producción de ACS, calefacción o calentamiento de piscinas, deben ponerse en funcionamiento de forma adecuada. La puesta en servicio se diferencia de otro tipo de instalaciones debido a que es necesario tener una radiación solar elevada para poder realizar las pruebas.

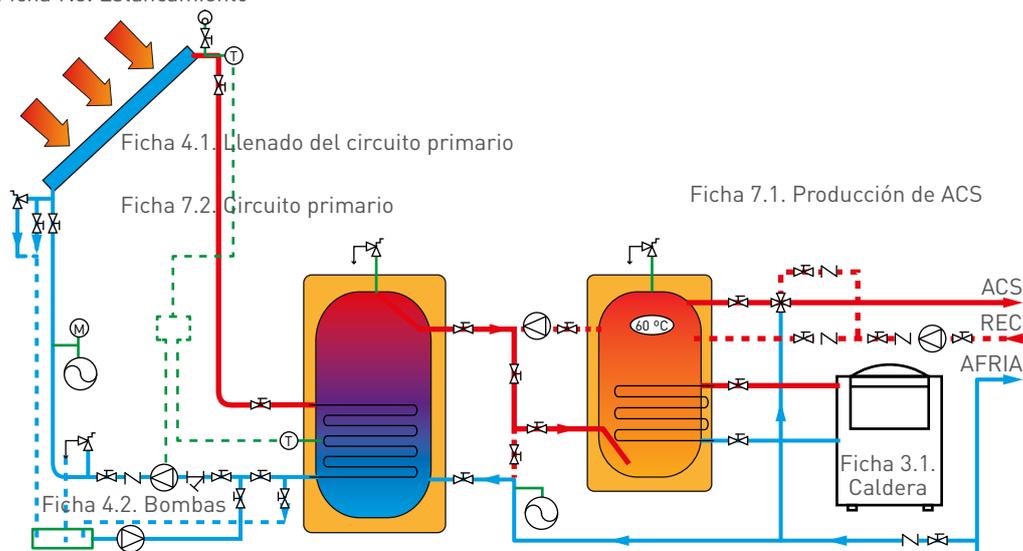
Se deben realizar las siguientes operaciones:

1. Puesta en Servicio del circuito primario de la instalación solar.
2. Prueba de estancamiento de la instalación solar térmica.

La Figura 7.1 muestra las Fichas de verificación a realizar en una instalación de producción de ACS con apoyo de energía solar de un vestuario.

Figura 7.1. Esquema de principio de instalación de producción de ACS con apoyo de energía solar térmica

Ficha 7.3. Estancamiento



Se debe comprobar el funcionamiento correcto de la instalación de producción de ACS, y en este sentido se propone la Ficha 7.1 donde se especifican los detalles de ejecución y control a revisar.

La Sección 7.2 se centra en la puesta en marcha del circuito primario de energía solar. Para la puesta en funcionamiento de la instalación solar, se deberá haber realizado previamente el llenado del circuito (Ficha 4.1) y el ajuste del funcionamiento de las bombas de primario (Ficha 4.2). Por último, la Sección 7.3 establece la metodología a seguir para la realización de la prueba de estancamiento del circuito primario de energía solar.

7.1 Instalaciones de producción de ACS

En esta sección se presentan las comprobaciones a realizar en la Puesta en Servicio de la instalación de producción de agua caliente sanitaria que deba cumplir el RD865/2003 de protección contra la legionelosis.

Se comprobará que se hayan realizado las pruebas de presión en la red de tuberías de ACS y que se hayan realizado las operaciones de limpieza. Se supone que el aislamiento térmico está totalmente instalado. Los objetivos principales de la puesta en marcha son las siguientes:

1. Verificar que la instalación se ha ejecutado según Proyecto o Memoria Técnica.
2. Verificar que la ejecución haya sido adecuada.
3. Comprobar que el sistema de apoyo funcione correctamente.
4. Comprobar que el sistema de control regule la instalación para conseguir las temperaturas del agua adecuadas en cada punto de la instalación.

7.1.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que el circuito hidráulico se ha realizado siguiendo el esquema de principio del Proyecto o Memoria Técnica. En caso de existir diferencias, se deberá comprobar si se trata de errores o si se han realizado para mejorar el diseño inicial. En cualquier caso, se debe entregar el esquema del circuito finalmente ejecutado, contando con el visto bueno de la Dirección Técnica.

Se comprobará el volumen, material y características de los acumuladores de apoyo y de los acumuladores solares instalados. Se verificará que su conexionado en serie o paralelo es el indicado en el Proyecto o Memoria Técnica.

Se comprobará que el trazado de las tuberías se corresponde con los planos del Proyecto o Memoria Técnica y que es adecuado, esto es, que se hayan respetado las distancias de separación con otras conducciones y elementos. Se verificará que el material de las tuberías instaladas se corresponde con el proyecto así como su espesor (o serie en el caso de tuberías de plástico). Se realizará asimismo la verificación de que el aislamiento instalado tiene la conductividad térmica y el espesor especificados en la documentación técnica.

7.1.2 Comprobaciones del circuito hidráulico previas a la puesta en marcha

Previamente a la puesta en servicio del sistema de producción de ACS, se comprobará que las pruebas de presión en las tuberías hayan sido realizadas. La sujeción de las tuberías a los cerramientos debe ser adecuada, empleando elementos antivibratorios. Se comprobará la estanquidad de las uniones de las tuberías a calderas, intercambiadores o acumuladores que se hayan realizado después de las pruebas de presión de las tuberías.

Se comprobará que no existan contactos de metales de diferente naturaleza que puedan ocasionar oxidación por pares galvánicos. En el caso de existir conexiones de tubos de cobre a elementos como depósitos de acero, la conexión se realizará mediante latiguillos de materiales plásticos de longitud suficiente que impidan la corrosión de los materiales por corrientes galvánicas.

El aislamiento térmico deberá estar convenientemente instalado sobre las tuberías y accesorios así como convenientemente protegido de la lluvia y de la radiación solar en los tramos que circulen a la intemperie. Esta verificación (junto a las realizadas anteriormente en los aislamientos) será suficiente para dar cumplimiento al párrafo i) de la IT 2.4 que exige comprobar las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

7.1.3 Sistemas de seguridad

Cada depósito debe disponer de una válvula de seguridad tarada en función de supresión nominal. Se comprobará el correcto funcionamiento de la expulsión del agua al desagüe (la salida de agua debe ser visible).

En su caso, se comprobará la existencia de válvula limitadora de presión, y en cualquier caso que la presión en el acumulador sea siempre inferior a 5 bar.

Se recomienda la instalación de un vaso de expansión de calidad sanitaria que absorba las dilataciones producidas en los depósitos al cambiar la temperatura del agua. En cualquier caso, la válvula de seguridad no deberá saltar por el simple calentamiento del agua de los acumuladores.

7.1.4 Comprobación de las temperaturas

Se verificará que la instalación solar precalienta de forma adecuada los acumuladores solares. Se comprobará que el intercambio de calor con el circuito primario se realiza de forma adecuada: tanto si se trata de interacumulador como de intercambiador externo.

El sistema de apoyo deberá funcionar de forma correcta, manteniendo los acumuladores de apoyo por encima de 60 °C. De existir recirculación de ACS, se deberá comprobar que en ningún punto de la recirculación la temperatura del agua baje de 50 °C. La instalación deberá estar ejecutada de forma que en ningún caso la temperatura del agua de salida de los grifos sea superior a 60 °C para evitar quemaduras.

Por último, se deberá comprobar que la instalación está preparada para realizar un tratamiento de choque contra la legionella, que consiste en que todos los puntos de la instalación de ACS puedan alcanzar 70 °C durante al menos 2 minutos.

7.1.5 Instrumentación de medida

Es aconsejable disponer de un termómetro de medida para verificar las lecturas de temperatura de los termómetros de control que pudieran existir en el circuito.

En una instalación recién ejecutada no se debe dudar de la medida de la presión del manómetro instalado. En caso de que ofrezca poca confianza, el técnico deberá comprobar la presión del circuito con un manómetro propio.

Ficha 7.1. Instalación de producción de ACS

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del circuito en la instalación:	
Material de las tuberías:	
Material de los acumuladores:	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
Se han instalado los distintos elementos según esquema de principio del Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los acumuladores instalados se corresponden con los especificados en el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El trazado de las tuberías se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica y es adecuado <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El material de las tuberías, diámetros y espesor se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
El aislamiento instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los espesores de aislamiento instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
COMPROBACIONES DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA	
Se han realizado las pruebas de presión en las tuberías <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Las tuberías están convenientemente sujetas y no existen goteos ni fugas en las conexiones <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Todos los elementos en contacto con el ACS son de calidad sanitaria según RD140/2003 <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES DEL CIRCUITO HIDRÁULICO PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
No existen uniones de metales de diferente naturaleza que puedan producir oxidaciones <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El aislamiento está perfectamente unido a las tuberías <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El acabado exterior del aislamiento es adecuado en los tramos instalados al exterior <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
SISTEMAS DE SEGURIDAD			
Cada acumulador dispone de su propia válvula de seguridad <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se comprueba que los acumuladores no pueden alcanzar 5 bar (válvula limitadora de presión) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El vaso de expansión tiene la presión inicial adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se han instalado los purgadores necesarios en puntos elevados que permiten la purga de aire <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIÓN DE LAS TEMPERATURAS			
Los acumuladores solares se calientan adecuadamente con la instalación solar <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Existe sistema de protección contra el sobrecalentamiento de los acumuladores solares <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El sistema de apoyo mantiene los acumuladores de apoyo por encima de 60 °C <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La recirculación se encuentra en todo el circuito por encima de 50 °C <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La instalación permite realizar el tratamiento térmico de choque exigido en el RD865/2003 <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
DATOS TOMADOS DE LAS PLACAS DE CARACTERÍSTICAS		Medido	Previsto
Volumen de los acumuladores de apoyo	litros		
Volumen de los acumuladores solares	litros		
Volumen del vaso de expansión	litros		
Presión nominal del vaso de expansión	bar		
Presión nominal de los acumuladores	bar		
Presión de tarado de la válvula de seguridad	bar		
Presión de prueba del circuito hidráulico	bar		

(Continuación)

MEDIDAS REALIZADAS EN LA PUESTA EN SERVICIO		Medido	Previsto
Temperatura de los acumuladores solares	°C		
Temperatura de los acumuladores de apoyo	°C		
Temperatura de impulsión de la recirculación de ACS	°C		
Temperatura de retorno de la recirculación de ACS	°C		
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)			
Tipo de instrumento		Identificación	
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD			
CONFORMIDAD			
Firma del técnico:		Firma de conformidad del cliente:	
Nombre:		Nombre:	
Fecha: / /		Fecha: / /	

7.2 Puesta en funcionamiento del circuito primario

En primer lugar se realizará la puesta en servicio del circuito primario de la instalación solar. Para ello se deberá:

- Realizar el llenado del circuito primario: Ficha 4.1.
- Realizar la puesta en servicio del grupo de bombeo: Ficha 4.2.

Es conveniente (seguramente necesario) realizar estas pruebas con el campo de captadores tapado. En esta sección se prestará atención a las acciones propias a realizar en la puesta en marcha del circuito primario de una instalación solar.

7.2.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se comprobará que el modelo de captador instalado se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica, así como su disposición en filas y su conexionado en serie o paralelo.

Se deberá comprobar que los captadores solares térmicos se han instalado en la ubicación, inclinación y orientación especificadas en el Proyecto o Memoria Técnica. En cualquier caso, se deberá verificar que la situación es adecuada y que no existen elementos próximos como árboles, chimeneas, conductos de ventilación, etc., que produzcan sombras que no se tuvieron en consideración en el proyecto.

Se verificará que la ubicación permite el mantenimiento de la instalación de forma segura, existiendo los elementos de seguridad necesarios (por ejemplo, cables de vida o barandillas). La instalación debe ser accesible sin la utilización de escaleras portátiles y debe poder realizarse el mantenimiento de los distintos elementos instalados como purgadores, válvulas y sondas de temperatura. Se debe comprobar el cumplimiento de la IT 1.3.4.4.3 de accesibilidad.

Se comprobará que los captadores solares se encuentran convenientemente anclados (generalmente sobre la cubierta) según Proyecto o Memoria Técnica y siguiendo las recomendaciones del fabricante para evitar que estos puedan desprenderse.

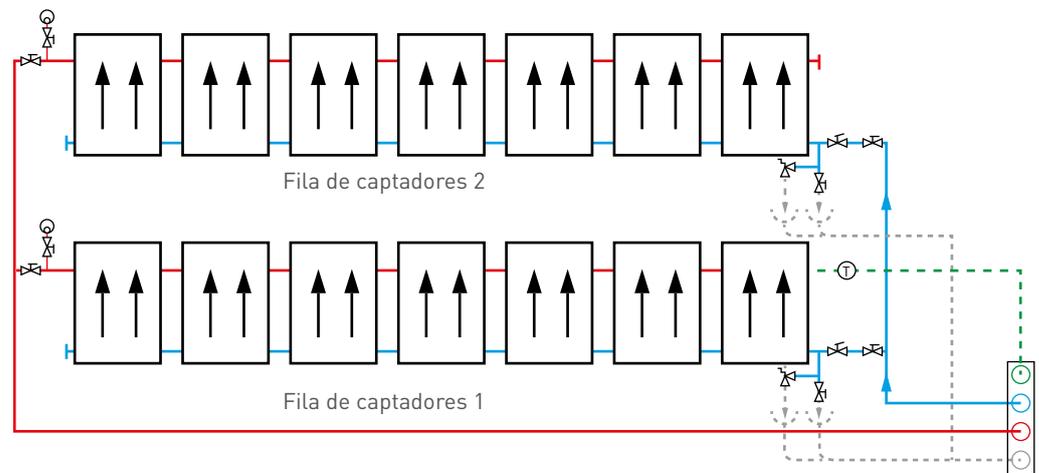
7.2.2 Comprobaciones previas a la puesta en servicio

Se verificará que se hayan realizado las comprobaciones del circuito hidráulico correspondientes a las Fichas 4.1 y 4.2. Se prestará atención a que se hayan instalado todos los elementos especificados en el esquema de principio de la instalación. Se comprobará que el fluido térmico con el que se ha llenado el circuito primario se corresponde con el especificado en el Proyecto o Memoria Técnica.

Se comprobará la existencia de válvulas de corte en cada fila de captadores solares y la instalación de una válvula de seguridad por cada sección del circuito que pueda ser sectorizada. La Figura 7.2 muestra el esquema de conexión de un circuito primario, donde se han instalado válvulas de corte por fila, observándose que las salidas de la válvula de seguridad y de la válvula de vaciado están conducidas al depósito de llenado. En el esquema se puede observar la instalación de un purgador por fila, instalado con válvula de corte para su mantenimiento.

Además, se comprobará que los captadores solares de una misma fila se hayan conectado con los elementos recomendados por el fabricante. Se trata de conexiones que podrán estar expuestas a altas temperaturas (generalmente en torno a 150 °C) y que además deberán absorber las dilataciones.

Figura 7.2. Esquema en planta de circuito primario de energía solar con 14 captadores solares dispuestos en 2 filas en paralelo



La sonda de control de la temperatura de captadores es un elemento muy importante para el correcto funcionamiento de la instalación solar. Generalmente se trata de una sonda de tipo “resistencia variable”, siendo posible que la resistencia de los cables de conexión pueda afectar a la medida. Se asegurará que la sección de cable empleada es adecuada y cumple las exigencias establecidas por el fabricante de la centralita de control.

La sonda se debe conectar en la parte superior de uno de los captadores solares. Se debe elegir un captador solar que no se encuentre a la sombra en ningún momento del día. La sonda debe instalarse sumergida en el tubo de salida del agua de la fila de captadores. En el caso de no instalarse la sonda sumergida en el fluido, ésta se debe instalar en uno de los captadores centrales de la fila (nunca en un extremo).

Se comprobará que el resto de sondas de control se hayan instalado de forma adecuada. La IT 1.3.4.4.5 exige que las sondas deban instalarse en contacto con el circuito hidráulico o en termopozos con sustancia conductora, no permitiendo el uso permanente de sondas de temperatura de contacto.

7.2.3 Comprobación de la centralita de control

Se comprobará que las temperaturas medidas por las distintas sondas de control son correctas. Para ello se empleará un termómetro portátil con sondas superficiales o sumergidas con las que poder comprobar que la lectura de las sondas es correcta. Esta prueba servirá para verificar que las sondas están correctamente conectadas a la centralita de control y los puntos de medida se corresponden con la configuración de la centralita.

Se comprobará que la centralita esté configurada de forma correcta y de hecho funcione como se espera. Se deberá comprobar la configuración de las distintas acciones de la centralita y verificar que se realizan tal y como está previsto en el Proyecto o en la Memoria Técnica.

7.2.4 Puesta en marcha del circuito primario

La puesta en marcha del equipo de bombeo se realizará siguiendo la metodología de la Sección 4.2. Las pruebas se realizarán con el campo de captadores tapado,

siendo posible el arranque de la bomba enfriando la sonda de control de la temperatura del acumulador mediante hielo. Modificando la temperatura de esta sonda, se puede verificar el correcto funcionamiento del sistema de control, esto es, la bomba arranca con una diferencia de temperaturas entre sondas de 7 °C y para cuando la diferencia de temperaturas es de 2 °C (medidos con la centralita de control).

Se ajustará el caudal de circulación del circuito primario al valor establecido en el Proyecto o Memoria Técnica. Generalmente, el caudal de diseño recomendado por el fabricante de los captadores solares viene dado en litros/hora por m². Si no especifica nada al respecto, se suele considerar adecuado 50 a 60 l/h por m².

Una vez realizada la puesta en marcha del equipo de bombeo y verificado el sistema de control, se realizará la puesta en marcha del circuito primario destapando los captadores solares térmicos. Se verificará el funcionamiento correcto de la instalación.

En el caso de existir más de una fila de captadores se procederá al equilibrado del circuito primario. Si existen válvulas de equilibrado, se emplearán las mismas para asegurar que el caudal se distribuye de forma homogénea. El caudal podrá determinarse a partir de la medida de la pérdida de presión producida en la válvula de equilibrado.

Si no existen válvulas de equilibrado, se pueden utilizar válvulas manuales para equilibrar el circuito primario. En este caso, se medirán las temperaturas de entrada y salida del fluido térmico en cada fila. La temperatura de impulsión de agua a todas las filas es la misma (temperatura de entrada). Si una fila recibe menos caudal, se detectará por producir un mayor salto de temperaturas que la fila que reciba mayor caudal. Se deberá equilibrar el circuito para que el fluido térmico salga de todas las filas a una temperatura similar.

En las horas centrales del día, donde la irradiancia solar sobre captadores solares inclinados 35-45° es de 0,85-1 kW/m², el salto térmico en el circuito primario debe ser cercano a 10 °C (suponiendo un caudal de 50-60 l/h por m²). Se trata de un dato que habría que concretar en cada instalación, pero que puede servir para detectar excesos o defectos de caudal.

7.2.5 Instrumentación de medida necesaria

La instrumentación mínima necesaria para la realización de la puesta en marcha de una instalación solar es la siguiente:

- Termómetros. Se recomienda emplear un único instrumento con lectura de al menos 2 sondas de temperatura de forma simultánea. De esta forma se cometerán menos errores en la medida de saltos térmicos.
- Según el caso, manómetro de presión diferencial para la medida en válvulas de equilibrado o caudalímetro de ultrasonidos.

Se necesitará asimismo la instrumentación necesaria para la puesta en marcha de la bomba de primario.

7.2.6 Comprobaciones finales

Es posible que varias semanas después de arrancar la instalación solar, no exista demanda de energía debido a que el edificio se encuentre vacío. Se comprobará que la instalación dispone de un sistema para evitar el sobrecalentamiento del acumulador.

Ficha 7.2. Circuito primario de la instalación solar

DATOS GENERALES	
Empresa instaladora:	Cliente:
Técnico:	
Identificación del circuito primario en la instalación:	
CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PRIMARIO	
Lugar de instalación:	
Fabricante / Modelo de captador solar:	
Superficie del captador / superficie total captación:	
Número de captadores, de filas, e indicación serie/paralelo:	
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA	
Los captadores solares instalados se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La conexión de los captadores se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La ubicación de los captadores solares corresponde con la del Proyecto o Memoria Técnica y es adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La orientación e inclinación de los captadores solares se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Los elementos que producen sombras han sido considerados en el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La sujeción de los captadores es adecuada y correcta a fin de evitar que puedan desprenderse <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	

(Continuación)

COMPROBACIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA			
Se ha realizado las comprobaciones de la Puesta en Servicio del circuito hidráulico <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se ha realizado la puesta en marcha del grupo de bombeo y se ha ajustado su caudal <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las conexiones a las filas de captadores se han realizado de forma correcta <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La sonda de control de la temperatura de captadores está instalada adecuadamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El resto de sondas de temperatura están correctamente instaladas (cumplimiento IT.1.3.4.4.5) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
COMPROBACIONES DE LA CENTRALITA DE CONTROL			
La lectura de la sonda de la temperatura de captadores es correcta (incertidumbre < 1 °C) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La lectura del resto de las sondas de medida de la temperatura es correcta <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se comprueba que las sondas instaladas se corresponde con la configuración de la centralita <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se comprueba de la centralita está configurada adecuadamente y funciona correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
PUESTA EN MARCHA DEL CIRCUITO PRIMARIO			
El interruptor de flujo está instalado, conectado y funciona correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La sonda de temperatura de control está instalada, conectada y mide correctamente <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
MEDIDAS REALIZADAS EN EL CIRCUITO PRIMARIO			
Fluido térmico empleado:			
Medidas en el circuito	Unidad	Medido	Previsto
Calor específico del fluido térmico	kJ/kg °C		
Densidad del fluido térmico	kg/m ³		
Caudal	l/h		
Temperatura de impulsión a captadores	°C		
Temperatura de retorno de captadores	°C		
Incremento de temperaturas en captadores	°C		

EQUILIBRADO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO						
FILA DE CAPTADORES	Previsión			Datos medidos		
	Caudal l/h	ΔT °C	TIN °C	TOUT °C	ΔT °C	Posic. Válvula
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
FILA:						
SISTEMA DE PROTECCIÓN DEL SOBRECALENTAMIENTO DEL ACUMULADOR SOLAR						
La instalación dispone de un sistema de protección del sobrecalentamiento del Acumulador Solar						
<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:						
Descripción del funcionamiento:						
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)						
Tipo de instrumento			Identificación			
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD						

(Continuación)

CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

7.3 Prueba de estancamiento del circuito primario

La IT 2.2.7.3 establece que debe realizarse una prueba de seguridad del circuito primario en condiciones de estancamiento. La prueba consiste en parar la bomba de primario cuando la irradiancia solar sea del 80% de la irradiancia fijada como máxima. La IT 2.3.3.10 exige la comprobación del circuito primario en condiciones de estancamiento así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin la intervención del usuario.

La prueba de estancamiento de la instalación solar térmica se realizará en las horas centrales del día (± 2 horas respecto a las 12 horas solares). En estas horas, en los meses de marzo a octubre, la radiación solar es de 0,85-1 kW/m² sobre el plano de captadores solares inclinados 30-50° siendo posible realizar la prueba de estancamiento. Si los captadores solares están poco inclinados (menos de 30°), la prueba de estancamiento se debería realizar entre mayo y septiembre.

La temperatura de estancamiento de la mayoría de los captadores solares térmicos que se comercializan en la actualidad está comprendida entre 180 y 220 °C. La temperatura de estancamiento nominal se define como la temperatura del absorbedor solar cuando el captador se encuentra vacío (con aire) y expuesto a una radiación solar de 1 kW/m².

Si el captador se encuentra con líquido al producirse la parada de la bomba, con irradiancias solares elevadas, la temperatura del agua de los captadores llega a aumentar a más de 5 °C por minuto y en menos de 15 minutos después de la parada comienza a formarse vapor en el captador solar. Se trata del estancamiento de la instalación solar que cuando se emplean captadores de calidad media-alta, produce la formación de vapor con el consiguiente aumento de la presión del circuito hidráulico.

El estancamiento de la instalación solar puede ser de tipo “vaciado lento” o de tipo “vaciado rápido”, en función de cómo se haya diseñado el circuito hidráulico de la instalación solar (se recomienda el DTIE “Energía Solar. Casos Prácticos”). El estancamiento de tipo “vaciado lento” produce que el vapor se desplace por el tubo de retorno del circuito de captadores, llegando en muchos casos hasta el sistema de intercambio (se trata de un diseño que difícilmente soportará el estancamiento).

El estancamiento de tipo “vaciado rápido” se obtiene permitiendo que la válvula anti-retorno no impida la circulación del fluido térmico de los captadores solares por las tuberías de impulsión hacia el vaso de expansión. En este caso, el vapor permanecerá en los captadores y el circuito soportará el estancamiento sin ningún problema.

La centralita de control debería impedir el arranque de la bomba de primario cuando la temperatura de la sonda de captadores sea superior a 110 °C. Se trata de una temperatura que solo ocurre con vapor en los captadores y el arranque de la bomba provocaría el arrastre del vapor a las tuberías de retorno.

7.3.1 Comprobaciones a realizar después de la parada

Se realizarán las siguientes medidas después de 1 minuto de la parada:

- Presión inicial del circuito (presión de llenado).
- Temperatura de la sonda de captadores.

Se realizarán las siguientes medidas después de 60 minutos de la parada:

- Presión final del circuito (presión de estancamiento).
- Temperatura de la sonda de captadores en estancamiento.

Ficha 7.3. Prueba de estancamiento del circuito primario

DATOS GENERALES				
Empresa instaladora:		Cliente:		
Técnico:				
Identificación del circuito primario en la instalación:				
CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO PRIMARIO				
Lugar de instalación:				
Fabricante / Modelo de captador solar:				
Temperatura nominal de estancamiento:				
Inclinación de los captadores solares:				
Fecha de la prueba y hora de la parada:				
COMPROBACIONES PREVIAS A LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA				
La instalación solar funciona correctamente antes de realizar la parada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
El día está totalmente despejado (sin nubes durante 1 hora) <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:				
MEDIDAS REALIZADAS EN EL CIRCUITO PRIMARIO				
Fluido térmico empleado:				
Medidas justo después de la parada		Unidad	Medido	Previsto
Temperatura sonda primario		°C		
Presión de llenado		bar		
Medidas 60 minutos después de la parada		Unidad	Medido	Previsto
Temperatura sonda primario		°C		
Presión de llenado		bar		

COMPROBACIONES FINALES	
Se comprueba que no se ha disparado la válvula de seguridad ni ha salido vapor o líquido <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se comprueba que la presión máxima no supera la presión máxima de Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
Se comprueba que la instalación es capaz de retornar por sí misma a su funcionamiento <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

8 Pruebas en tuberías y conductos

En este capítulo se tratan las pruebas a realizar en las redes de tuberías y conductos según las siguientes exigencias del Reglamento:

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

Se trata de pruebas que en muchos casos se realizan unas semanas o meses antes de la puesta en marcha de la instalación térmica.

8.1 Pruebas en tuberías de agua

En esta sección se presentan las comprobaciones a realizar en la prueba de estanquidad de las redes de tuberías de agua. La IT 2.2.2.1 establece que 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. Las pruebas podrán realizarse de acuerdo a la norma UNE 100151, teniendo en consideración la UNE-ENV 12108 para tuberías plásticas. Las pruebas a realizar son:

- Prueba preliminar de estanquidad. Se realiza el llenado de la instalación sin aplicar presión. La prueba se efectúa a baja presión, para detectar fallos de continuidad de la red. La prueba preliminar tendrá la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.
- Prueba de resistencia mecánica. Esta prueba se efectuará a continuación de la prueba preliminar, aplicando la presión de prueba PB:
 - Para circuitos cerrados, la presión de la prueba PB 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 los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba PB será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar.
 - Para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a dos veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar.

8.1.1 Comprobaciones de la red de tuberías

Al realizar las pruebas de estanquidad, todas las partes de la red sometidas al ensayo, deben estar visibles y sin aislamiento para la observación de posibles fugas. Se trata de una situación de la obra, donde conviene además realizar las siguientes comprobaciones:

Las tuberías instaladas se corresponden con Proyecto o Memoria Técnica. En el caso de tuberías de plástico, comprobar la serie y la presión nominal.

Las tuberías se han ejecutado correctamente (comprobación visual de las uniones).

Los soportes se han ejecutado correctamente, están bien sujetos a los cerramientos y sujetan adecuadamente a las tuberías. Las sujeciones se han realizado con elementos aislantes para evitar puentes térmicos.

Se han montado correctamente las liras de dilatación o los elementos que absorben las dilataciones de las tuberías especificados en la Documentación Técnica.

En el caso de tuberías metálicas, se comprobará que se les ha dado la imprimación antioxidante adecuada.

8.1.2 Preparación de la red previamente a las pruebas de estanquidad

Las pruebas se realizarán según las Instrucciones Técnicas del RITE siguientes: IT 2.2.2.3, IT 2.2.2.4 e IT 2.2.2.5. La metodología coincide en gran medida con la metodología descrita en la UNE 100151.

Los ensayos de estanquidad pueden realizarse sobre la totalidad del circuito o parcialmente. Todos los extremos deben cerrarse herméticamente.

La red deberá limpiarse de forma cuidadosa, eliminándose los residuos propios del montaje: cascarillas, aceites, polvo, etc.

En el caso de tuberías de agua para usos sanitarios, no se podrán emplear detergentes para la limpieza de las tuberías.

Todos los aparatos y accesorios (como el vaso de expansión) que no soporten la presión del ensayo se deberán desconectar cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.

8.1.3 Realización de la prueba preliminar de estanquidad

Después de haber preparado la red, se procederá a efectuar la prueba preliminar de estanquidad.

Para iniciar la prueba se llenará de agua toda la instalación desde su parte baja, dejando que el aire sea evacuado por los puntos altos. Se verificará que el aire salga por los purgadores y válvulas de vaciado hasta que se tenga la seguridad de que la purga ha sido completa y no queda nada de aire. La prueba preliminar servirá para comprobar el sistema de llenado y purga del circuito, empleándose el manómetro del circuito para verificar el llenado del mismo.

La red se llena hasta una presión hidrostática determinada por la altura de la red. Téngase en consideración que en edificios de gran altura, la presión en los tramos de la red situados en las cotas inferiores puede ser elevada. Ejemplo: en un edificio de 6 plantas y 20 metros de altura, cuando la presión manométrica en la cubierta sea 0, la presión en los tramos más bajos será de 2 bar. El llenado se debe realizar desde la parte inferior de la red, asegurándose que el aire salga por la parte superior, realizándose el llenado hasta una presión ligeramente superior a 2 bar.

Si la presión en el manómetro bajara, se comprobará, primero, que las válvulas o tapones de las extremidades estén herméticamente cerrados. 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 detectan fugas, estas se repararán 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.

8.1.4 Realización de la prueba de resistencia mecánica

A continuación se realizará la prueba de resistencia mecánica. En el caso de que el sistema de llenado del circuito no permita alcanzar la presión de prueba, se empleará una fuente de presurización que deberá tener una presión igual o mayor que la presión de prueba. La conexión estará dotada de los siguientes accesorios:

- Válvula de cierre 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 manual o 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.

Antes de presurizar el circuito, se debe asegurar que todas las personas se encuentren alejadas a cierta distancia de los tramos de tubería sometidos a ensayo.

Aplicar presión de forma lenta, hasta alcanzar la presión de prueba PB (generalmente se llega a 8 bar). Anotar la hora en la que se alcanza la presión y la temperatura ambiente. Una vez presurizada la red, se procederá en función del tipo del material de la tubería como sigue:

- **Tuberías metálicas:** Se considerarán válidas las pruebas realizadas según se describe en la norma UNE 100 151:1988. Se debe esperar como mínimo 4 horas, sin que en el manómetro de prueba se haya experimentado ninguna disminución. Es recomendable esperar 24 horas.
- **Tuberías plásticas:** Se considerarán válidas las pruebas realizadas según se describe en la norma UNE-ENV 12108. Se recomienda aplicar el procedimiento A, que consiste en aplicar la presión de prueba durante 30 minutos. En el minuto 10 y en el minuto 20 si la presión ha bajado debido a la deformación de las tuberías, se acciona el sistema de llenado hasta llegar a la presión de prueba. Durante estos 30 minutos se comprueba que no se han producido fugas. A continuación se baja la presión hasta 0,5 veces la presión de prueba y se mantiene a esta presión durante 90 minutos. Si durante estos 90 minutos, la presión no tiende a bajar, significa que la red no presenta fugas.

En el caso de detectarse la presencia de fugas, se procederá a su reparación y se volverá a repetir esta prueba hasta que no se detecten fugas.

8.1.5 Visto bueno de las pruebas

El ensayo de prueba de estanquidad finaliza con éxito cuando se compruebe que la red haya soportado perfectamente la prueba de presión sin deformaciones ni fugas. Al finalizar:

- Se reduce la presión.
- Se conectan los equipos.
- Se prepara la instalación para la puesta en marcha.

Téngase en cuenta que las conexiones de los equipos e instrumentación de medida y control podrán presentar fugas en la puesta en marcha del circuito hidráulico.

Ficha 8.1. Pruebas de las tuberías de agua

DATOS GENERALES			
Empresa instaladora:		Cliente:	
Técnico:			
Identificación del circuito:			
Fecha de realización: / /			
Material de las tuberías:			
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA			
El trazado de las tuberías se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El material de las tuberías, diámetros y espesor se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Las tuberías están convenientemente sujetas con accesorios adecuados y flexibles <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Se han desconectado los elementos que no soportan la presión de prueba <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La red se ha limpiado adecuadamente antes de realizar la prueba <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
PRESIONES	Unidad	Medido	Previsión
Presión nominal del circuito	bar		
Presión aplicada en la prueba preliminar de estanquidad	bar		
Presión de prueba	bar		
Tiempo de aplicación	minutos		

(Continuación)

RESULTADO DE LAS PRUEBAS	
La prueba se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)	
Tipo de instrumento	Identificación
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

8.2 Pruebas en tuberías de refrigerante

La IT 2.2.3 establece que todos los circuitos frigoríficos de las instalaciones realizadas en obra serán sometidos a las pruebas especificadas en la normativa vigente. Se trata por tanto de cumplir las exigencias en materia de pruebas de tuberías establecidas en la Instrucción IF-09 del Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (Real Decreto 138/2011).

Todas las instalaciones a Expansión Directa que utilizan equipos partidos, precisan de las tuberías de refrigerante que conforman el circuito frigorífico. Estas tuberías deberán someterse a los siguientes ensayos:

- a) Ensayo de resistencia a la presión.
- b) Ensayo de estanquidad.

Los equipos compactos y las enfriadoras solo precisan del certificado de pruebas del fabricante.

Las instalaciones de los circuitos frigoríficos para aplicaciones de climatización se realizan (salvo las instalaciones de amoniaco), con tubo de cobre especial frigorífico, pulido a espejo interiormente y totalmente deshidratado, suministrándose en barras o rollos con los extremos taponados. La separación máxima entre soportes viene dada por la siguiente tabla:

Diámetro exterior (mm)	Separación (m)
15 a 22 ligera	2
22 a <54 media	3
54 a 67 media	4

La unión de las tuberías se realiza con piezas del mismo material (manguitos, té, curvas, sifones, etc.), por soldadura y capilaridad (con soldadura fuerte, varilla de plata) y además se aconseja que la soldadura se realice haciendo pasar una ligera corriente de nitrógeno a través del tubo, para evitar la formación de cascarilla (óxido) que posteriormente puede taponar los orificios de las válvulas de expansión u otros elementos integrantes del circuito frigorífico.

8.2.1 Presión máxima admisible de la instalación

La presión máxima admisible se determina teniendo en cuenta factores tales como la temperatura ambiente, el sistema de condensación (por aire, agua, etc.) o el tipo de aplicación (refrigeración o bomba de calor).

El RSIF establece un valor mínimo para la presión máxima admisible PS de acuerdo con la presión de saturación del refrigerante para las temperaturas mínimas de diseño especificadas en la tabla 1 de la Instrucción IF-06. La siguiente tabla muestra los valores de PS para los refrigerantes más empleados en máquinas de climatización.

Sector de alta presión con condensador enfriado por aire	Zona A	Zona B	Zona C
	55 °C	59 °C	63 °C
R134a	14	15,5	17
R407C	21,5	24	26,5
R410A	34,5	38	40

Sector de baja presión con intercambiador expuesto a T ^a ext	Zona A	Zona B	Zona C
	32 °C	38 °C	43 °C
R134a	7,5	9	10
R407C	11,5	13,5	16
R410A	19,5	22	25

El valor de PS depende la zona climática. En el Apéndice 1 de la Instrucción IF-06 del RSIF se muestra un mapa de zonas climáticas por provincias, tabuladas a continuación:

Zonas climáticas por provincias							
Álava	A	Cuenca	B	La Rioja	B	Salamanca	B
Albacete	C	Cáceres	C	Las Palmas	B	Sta C. Tenerife	B
Alicante	B	Cádiz	C	León	B	Segovia	B
Almería	B	Córdoba	C	Lugo	A	Sevilla	C
Asturias	A	Gerona	B	Lérida	B	Soria	B
Ávila	B	Granada	C	Madrid	C	Tarragona	B
Badajoz	C	Guadalajara	B	Melilla	B	Teruel	B
Barcelona	B	Guipúzcoa	A	Murcia	C	Toledo	C
Burgos	B	Huelva	B	Málaga	B	Valencia	B
Cantabria	A	Huesca	B	Navarra	B	Valladolid	B
Castellón	B	Islas Baleares	B	Orense	B	Vizcaya	A
Ceuta	B	Jaén	C	Palencia	B	Zamora	B
Ciudad Real	C	La Coruña	A	Pontevedra	A	Zaragoza	B

En el caso de sistemas condensados por agua, las temperaturas de saturación bajan y por tanto también la presión máxima admisible (PS).

8.2.2 Ensayo de presión en las tuberías de los sistemas de refrigeración

Los refrigerantes empleados en climatización (R134a, R407C y R410A) pertenecen al grupo de alta seguridad (L1): Refrigerantes no inflamables y de acción tóxica ligera o nula. En estos casos, se deberá realizar un ensayo de presión en las tuberías de los sistemas de refrigeración que contengan más de 10 kg de refrigerante.

El ensayo de presión consiste en someter a las tuberías de interconexión de los sistemas frigoríficos a una prueba neumática a 1,1 por la presión máxima admisible (PS).

Preparación para la prueba

Las juntas sometidas a la prueba deberán estar perfectamente visibles y accesibles, así como libres de óxido, suciedad, aceite, u otros materiales extraños.

Las juntas solamente podrán ser pintadas y aisladas o cubiertas una vez probadas.

El sistema deberá ser inspeccionado visualmente antes de aplicar la presión para comprobar que todos los elementos están conectados entre sí de forma estanca.

Todos los componentes no sujetos a la prueba de presión deberán ser desconectados o aislados mediante válvulas, bridas ciegas, tapones o cualquier otro medio adecuado.

Deberá realizarse una prueba previa a una presión de 1,5 bar antes de otras pruebas con objeto de localizar y corregir fugas importantes.

Se tomarán todas las precauciones adecuadas para proteger al personal contra el riesgo de rotura de los componentes del sistema durante la prueba neumática.

Los medios utilizados para suministrar la presión de prueba deberán disponer o bien de un dispositivo limitador de presión o de un dispositivo de reducción de presión y de un dispositivo de alivio de presión y un manómetro en la salida.

El dispositivo de alivio de presión deberá ser ajustado a una presión superior a la presión de prueba, pero lo suficientemente baja para prevenir deformaciones permanentes en los componentes del sistema.

La presión en el sistema deberá ser incrementada gradualmente hasta un 50% de la presión de prueba, y posteriormente por escalones de aproximadamente un décimo de la presión de prueba hasta alcanzar el 100% de ésta. La precisión de los manómetros deberá ser comprobada antes de su utilización en la prueba, por comparación con un manómetro patrón debidamente calibrado.

La presión de prueba deberá mantenerse en el valor requerido durante al menos 30 minutos. Después deberá reducirse hasta la presión de prueba de estanquidad.

Las juntas mecánicas en las que se hayan insertado bridas ciegas o tapones para cerrar el sistema o para facilitar el desmontaje de componentes durante la prueba no precisarán ser probadas a presión después de desmontar la brida ciega o tapón, a condición de que posteriormente pasen una prueba de estanquidad.

La prueba podrá realizarse por partes aislables del sistema a medida que su montaje se vaya terminando.

8.2.3 Prueba de estanquidad

Todas las tuberías de las instalaciones de climatización con equipos partidos, donde el instalador tenga que conformar el circuito frigorífico deberán ser sometidas a una prueba de estanquidad *in situ*.

En los sistemas compactos, enfriadoras, etc., donde el equipo se suministra cargado de fábrica, la prueba de estanquidad se efectuará en la propia fábrica.

La prueba de estanquidad consiste en someter a las tuberías de interconexión a una presión entre 0,9 de la presión máxima de servicio (PS) y la presión máxima de servicio.

La prueba de estanquidad se realiza generalmente con nitrógeno, pero pueden utilizarse otras técnicas dependiendo de las condiciones de producción, por ejemplo, vacío, gases trazadores, etc. El método utilizado será supervisado por el instalador frigorista.

Cuando se añaden sustancias trazadoras al gas inerte, estas no deberán ser ni peligrosas ni perjudiciales para el medio ambiente. En ningún caso podrán ser empleadas sustancias organohalogenadas.

8.2.4 Reparación de uniones

Todas las uniones que presenten fugas deberán ser reparadas.

Las uniones por soldadura fuerte que presenten fugas deberán ser rehechas, y no se podrán reparar utilizando soldadura blanda.

Las uniones por soldadura blanda podrán ser reparadas limpiando la zona defectuosa y volviendo a preparar la superficie y soldar.

Las uniones reparadas se deberán probar nuevamente.

8.2.5 Visto bueno de las pruebas

Las pruebas de estanquidad finalizan con éxito cuando se compruebe que la red haya soportado perfectamente la prueba de presión sin deformaciones ni fugas. Al finalizar:

- Se reduce la presión.
- Se conectan los equipos.
- Se prepara la instalación para la puesta en marcha.

Ficha 8.2. Pruebas de las tuberías de refrigerante

DATOS GENERALES			
Empresa instaladora:		Cliente:	
Técnico:			
Identificación del circuito:			
Fecha de realización: / /			
PRESIONES DE PROYECTO			
SECTOR		ALTA PRESIÓN	BAJA PRESIÓN
Presión de servicio nominal	bar		
Presión de servicio máxima (PS)	bar		
Presión de tarado válvula seguridad	bar		
PRUEBAS REALIZADAS			
SECTOR		ALTA PRESIÓN	BAJA PRESIÓN
Presión de prueba de resistencia	bar		
Presión de prueba de estanqueidad	bar		
Desconexión del limitador de presión	bar		
RESULTADO DE LAS PRUEBAS			
La prueba se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)			
Tipo de instrumento		Identificación	

(Continuación)

RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /

8.3. Pruebas en conductos

La IT 2.2.5 del RITE establece las pruebas a realizar en las redes de conductos de aire de las instalaciones de climatización. Las pruebas a realizar son las siguientes:

- a) Prueba de resistencia estructural.
- b) Prueba de estanquidad.

Las pruebas se realizarán antes de que la red de conductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de falsos techos. 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 subdividiéndolas en tramos.

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 rígidamente y quedar perfectamente selladas. El montaje de los elementos de cierre se hará en el momento del montaje de los conductos para evitar la introducción de materiales extraños y de suciedad.

El RITE exige, en general, que la estanquidad de una red de conductos sea de la clase B, lo que significa que el caudal máximo de fugas vendrá dado por:

$$f = 0,009 \cdot p^{0,65} \text{ l / (sm}^2\text{)}$$

El caudal máximo de fugas en l/s depende de la superficie de la red de conductos en m².

La norma UNE-EN 12237 exige que en la clase B se aplique a conductos con presiones de hasta 1.000 Pa positivos y 750 Pa negativos.

8.3.1 Pruebas de las redes de conductos de aire

Las redes de conductos se probarán de acuerdo a lo que se indica a continuación:

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 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 crítica y se realizará de forma adecuada evitándose la presencia de fugas. Ídem en la unión entre el conducto de medida y la red de conductos. (Figura 84, pág. 151, Guía del IDAE de Comentarios al RITE 2007).

La medida podrá realizarse mediante sonda de molinete, de hilo caliente o a partir de la pérdida de presión en una brida calibrada. En cualquier caso, la sección donde se realice la medida deberá contar con un enderezador de flujo.

Procedimiento de realización de las pruebas.

8.3.2 Preparación y limpieza de las redes

Una vez finalizadas las redes, y previamente a la colocación de las unidades terminales, se procederá a su limpieza interior.

En las redes de conductos se cumplirá con las condiciones que prescribe la norma UNE 100.012, en cuanto a la higienización de las mismas.

8.3.3 Prueba preliminar

Se pone en marcha el ventilador gradualmente, hasta alcanzar una presión igual a la presión máxima de trabajo más 500 Pa (nunca más de 1.000 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.

8.3.4 Prueba estructural

Constructivamente los conductos cumplirán con lo especificado en las normas UNE-EN 12237, para conductos metálicos y UNE-EN 13403 para conductos con materiales aislantes.

Esta prueba solo 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.

8.3.5 Prueba de estanquidad

Las redes de conductos presentan fugas de aire denominadas 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.

Para determinar el caudal de fuga se pone en marcha el ventilador llegándose gradualmente a la presión máxima de servicio. En estas condiciones, la lectura del sistema de medida del caudal indicará el caudal de fugas.

Para cada prueba se redactará una ficha técnica en la que se anoten los valores obtenidos.

El caudal de fuga admitido se ajustará a lo indicado en el Proyecto o Memoria Técnica, de acuerdo con la clase de estanquidad elegida.

En las redes de conductos extensas, y con distintos materiales, suele ser recomendable dividir la red en partes, atendiendo a su constitución y a la presión máxima a soportar por cada una de ellas.

Ficha 8.3. Pruebas en conductos

DATOS GENERALES			
Empresa instaladora:		Cliente:	
Técnico:			
Identificación de la red en la instalación:			
Identificación del circuito:			
Fecha de realización: / /			
Material de los conductos:			
COMPROBACIONES CON EL PROYECTO O MEMORIA TÉCNICA			
El trazado de los conductos se corresponde con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
El material de los conductos, secciones y espesor se corresponden con el Proyecto o Memoria Técnica <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Los soportes son adecuados y están separados la distancia requerida <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
Los cruces de otras instalaciones con los conductos se han realizado de forma adecuada <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
La red se ha limpiado adecuadamente antes de realizar la prueba <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:			
PRESIONES	Unidad	Medido	Previsión
Presión de trabajo del circuito	Pa		
Presión aplicada durante las pruebas	Pa		
Caudal máximo de fugas permitido	l/s m ²		
Superficie de la red de conductos	m ²		
Caudal máximo de fugas permitido	l/s		
Caudal de fugas medido	l/s		
Clase de estanquidad			

(Continuación)

RESULTADO DE LAS PRUEBAS	
La prueba estructural se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
La prueba de estanquidad se realizó satisfactoriamente: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Observaciones:	
INSTRUMENTACIÓN EMPLEADA (OPCIONAL)	
Tipo de instrumento	Identificación
RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	
CONFORMIDAD	
Firma del técnico:	Firma de conformidad del cliente:
Nombre:	Nombre:
Fecha: / /	Fecha: / /



IDAE: Calle Madera 8, 28004, Madrid, Telf.: 91 456 49 00
Fax: 91 523 04 14, mail: comunicacion@idae.es, www.idae.es

