

PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS COMERCIALES

INDICE

1. Puesta en marcha de equipos comerciales	4
1.1. Introducción	4
1.2. Procedimientos de puesta en marcha (y reparación) de las instalaciones frigoríficas: medios y herramientas.	4
1.3. Pruebas de presión del circuito frigorífico. Búsqueda de fugas.	4
1.4. Pruebas de presión de los circuitos de agua y salmuera.....	9
2. Limpieza y barrido de los circuitos frigoríficos.....	9
3. Vacío y secado de los circuitos frigoríficos.....	10
3.1. Equipos y método para la realización de vacío	10
4. Carga de refrigerante; pruebas de fugas.	13
4.1. Refrigerantes puros o azeotrópicos y refrigerantes geotrópicos	14
4.2. Carga de refrigerante en fase líquida	14
4.3. Carga de refrigerante en fase vapor.....	15
5. Llenado o reposición de aceite en el compresor.....	15
5.1. Carga de aceite sin bomba.....	16
5.2. Carga de aceite con bomba	15
6. Llenado de las instalaciones de agua y salmuera.....	17
7. Regulación, comprobación y entrega de instalaciones.	18
8. Programa de mantenimiento preventivo.	20
9. Conclusiones.	20
10. Aplicaciones de cada refrigerante. Historia y calendario de sustitución de refrigerantes contaminantes según Normativa.....	21
11. Relación de gases refrigerantes	22
12. Referencias Bibliográficas.....	24

PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS COMERCIALES

1.1. Introducción.

En este tema se van a tratar los aspectos más importantes para la puesta en marcha de las instalaciones frigoríficas, tanto por primera vez como después de alguna intervención por avería o mantenimiento.

Se tratarán los procedimientos de prueba de estanqueidad, limpieza, vacío y secado, y carga de refrigerante y aceite, así como las operaciones de regulación y ajuste tras la puesta en marcha.

Por último se indicarán los puntos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el programa de mantenimiento preventivo, en aspectos tanto técnicos como normativos.

1.2. Procedimientos de puesta en marcha (y reparación) de las instalaciones frigoríficas: medios y herramientas.

Para la puesta en marcha de una instalación frigorífica, ya sea por primera vez o después de una intervención por avería en la que se hayan tenido que sustituir elementos o limpiar el circuito frigorífico, es necesario seguir un procedimiento concreto que consta de los siguientes pasos:

1. Prueba de presión del circuito frigorífico y del circuito de fluido secundario (agua o salmuera) si existiera.
2. Limpieza y barrido del circuito frigorífico.
3. Vacío y secado del circuito frigorífico.
4. Carga de refrigerante del circuito frigorífico y pruebas de fuga.
5. Llenado o reposición de aceite en el compresor.
6. Llenado del circuito secundario (agua o salmuera) si existiera.
7. Regulación y ajuste de la instalación.

En los siguientes apartados se analizarán cada una de estas operaciones, describiéndose el procedimiento y las herramientas a utilizar.

Repasar la Práctica de Taller nº 3 Prueba de presión y estanqueidad

1.3. Pruebas de presión del circuito frigorífico. Búsqueda de fugas.

Presurización del circuito con nitrógeno

Una vez se ha terminado el montaje de un circuito frigorífico, es necesario comprobar si este es totalmente hermético y soporta las presiones establecidas en el RSIF y el RAP en sus correspondiente ITCs. Para ello es necesario someter el interior del circuito a presión, para lo cual se suele emplear **nitrógeno seco** que se introduce en el circuito a una presión elevada. Se emplea el nitrógeno porque es un gas inerte que no contribuye a la oxidación de los materiales y se denomina "seco" porque le ha sido extraída casi toda la humedad que pueda contener, para evitar que esta entre en la instalación. En la mayoría de los casos se suele presurizar a **28 bar**, para superar la presión de tarado de la válvula de seguridad del circuito, tal y como especifica el RSIF. En el sector de baja presión el RSIF permite hacer la prueba a una presión inferior, pero siempre que supere el 10% de la presión máxima admitida por el fabricante del compresor (normalmente 19 bar). No es conveniente someter algunos intercambiadores de calor o elementos de la zona de baja presión susceptibles de dañarse a presiones mayores a 7 bar, por lo que estos deberán ser aislados del circuito antes de realizar la prueba de presión.

También es de utilidad la presurización con nitrógeno en el caso de instalaciones ya funcionando que presenten fugas de refrigerante. En ese caso habría que recoger todo el refrigerante en el recipiente de líquido (si existe) o en una botella pulmón y cargar el circuito con nitrógeno para localizar el punto de fuga. La alta presión en el interior del circuito ayudará a encontrar la fuga rápidamente.

Para realizar la prueba de presión se emplean los siguientes elementos:

- Botella de nitrógeno seco a alta presión.
- Manómetro de presión de botella de nitrógeno.
- Regulador de presión.
- Manómetro de presión de prueba del circuito.
- Manguera flexible de alta presión.

La botella de nitrógeno suele tener una presión de hasta 200 bar, por lo que necesita de un regulador de presión que nos permita ajustar la presión de prueba a la que vamos a someter el circuito. Este regulador incorporará dos manómetros, uno a la entrada (lado de la botella) y otro a la salida (lado del circuito), como se muestra en la Figura 1. Debemos usar una manguera flexible, que suele estar preparada para soportar hasta 50 bar.

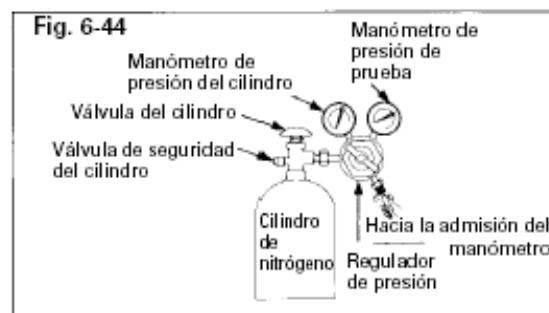


Figura 1. Botella de nitrógeno seco con regulador de presión

Los pasos a realizar para la **presurización con nitrógeno** del circuito frigorífico son los siguientes:

- Comprobar que la llave de paso de la botella de nitrógeno y la del regulador están cerradas.
- Conectar la manguera flexible a la toma del regulador y al circuito (o parte del circuito) a presurizar.
- Abrir la llave de la botella.
- Abrir la válvula del regulador de presión hasta que el manómetro del lado del circuito marque la presión a la que queremos someter el circuito.
- Cuando la presión en el circuito se estabilice, cerramos la llave de la botella y luego la válvula del regulador.
- Finalmente aflojamos con cuidado la boca de la manguera para que descargue la presión residual.

Es conveniente dejar la instalación unas horas cargada con nitrógeno y después observar si ha perdido presión, y si es así buscar la fuga y repararla.

INSTRUCCIÓN MI IF - 010.
ESTANQUEIDAD DE LOS ELEMENTOS DE UN EQUIPO FRIGORÍFICO

1. PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD.

Todo elemento de un equipo frigorífico, incluidos los indicadores de nivel de líquido, que forme parte del circuito de refrigerante debe ser probado, antes de su puesta en marcha, a una presión igual o superior a la presión de trabajo, pero nunca inferior a la indicado en la tabla I, denominada presión mínima de prueba de estanqueidad, según el refrigerante del equipo, y según pertenezca al sector de alta o baja presión del circuito, sin que se manifieste pérdida o escape alguno del fluido en la prueba.

Los fluidos refrigerantes, no comprendidos en la citada tabla I, utilizarán como presión de prueba de estanqueidad, las correspondientes a las presiones de saturación de 60º C y 40º C, para los sectores de alta y baja presión, respectivamente.

Si la instalación está dispuesta de modo que el sector de baja presión pueda estar sometido, en alguna fase de servicio, a la presión de alta (por ejemplo, en la operación de desescarche de evaporadores), todos los elementos deberán ser considerados como pertenecientes al sector de alta presión, a efectos de la prueba de estanqueidad.

La prueba se efectuará una vez terminada la instalación en su emplazamiento, y es independiente de las que prescribe el vigente Reglamento de Aparatos a Presión. Se exceptúan de ella los compresores, absorbedores, generadores, condensadores, y evaporadores que ya hayan sido previamente probados en fábricas, así como los elementos de seguridad, manómetros y dispositivos de control.

Para los equipos compactos, semicompatos y de absorción herméticos, esta prueba de estanqueidad se efectuará en fábrica. Si se tratase de equipos a importar, esta prueba se justificará mediante certificación de una Entidad reconocida oficialmente en el país de origen, legalizada por el representante español en aquel país.

La prueba de estanqueidad se efectuará con un gas adecuado, sin presencia de gases o mezclas combustibles en el interior del circuito, al que se añadirá, en los casos en que sea posible, un aditivo que facilite la detección de la fuga. Este no ha de ser inflamable ni explosivo, debiendo evitarse las mezclas de aceite-aire.

El dispositivo utilizado para elevar la presión del circuito deberá estar provisto de manómetro a la salida y tener válvula de seguridad o limitador de presión.

Estas pruebas de estanqueidad se realizarán bajo la responsabilidad del instalador frigorista autorizado y, en su caso, del técnico competente director de la instalación, quienes una vez realizadas satisfactoriamente, extenderán el correspondiente certificado, que se unirá al dictamen establecido en el capítulo VII del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas y en la Instrucción MI-IF 014.

La Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá asistir a la realización de las mismas o efectuarlas, si así lo juzga conveniente, al realizar la inspección exigida en el capítulo anteriormente mencionado, y exigirá la certificación de la prueba de estanqueidad, realizada en fábrica, de los equipos compactos, semi compactos y de absorción herméticos, cuando los haya.

Tabla I

Presiones relativas mínimas de prueba de estanqueidad en kilogramos por centímetro cuadrado a efectos de lo dispuesto en el número 1 de esta Instrucción.

Refrigerantes: Kg/cm ²				
			Sector	
Número de identificación	Nombre químico	Fórmula química	Alta	Baja
R-11	Triclofluormetano	CCl ₃ F	2	2
R-12	Diclorodifluormetano	CCl ₂ F ₂	16,5	10
R-13	Clorotrifluormetano	CClF ₃	48	48
R-13B1	Bromotrifluormetano	CBrF ₃	30,5	17
R-21	Diclorofluormetano	CHCl ₂ F	5	2
R-22	Clorodifluormetano	CHClF ₂	21	10,5
R-30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	2	2
R-40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	15	8,5
R-113	1,1,2-Triclorotrifluoretano	CCl ₂ FCClF ₂	2	2
R-114	1,2-Diclorotetrafluoretano	CClF ₂ CClF ₂	3,5	3,5
R-160	Cloruro de etilo	CH ₃ CH ₂ Cl	4,5	3,5
R-170	Etano	CH ₃ -CH ₃	84,5	49,5
R-290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	21	10,5
R-C318	Octofluorciclobutano	C ₄ F ₈	9	5
R-500	Diclorodifluormetano (R12) 73,8 % + Difluoretano (R-152a) 26,2 %	CCl ₂ F ₂ 73,8 % + CH ₃ CHF ₂ 26,2 %	20	10,5
R-502	Clorodifluormetano (R22) 48,8 % + Cloropentafluoretano (R-115) 51,2 %	CHClF ₂ 43,8 % + CCIF ₂ CF ₃ 51,2 %	21	10,5
R-600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	7	3,5
R-600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₂	9	5
R-611	Formiato de metilo	HCOOCH ₃	3,5	3,5
R-717	Amoníaco	NH ₃	21	10,5
R-744	Anhídrido Carbónico	CO ₂	105,5	70,5
R-764	Anhídrido Sulfuroso	SO ₂	12	6
R-1130	1,2-Dicloroetileno	CHCl=CHCl	2	2
R-1150	Etileno	CH ₂ = CH ₂	112,5	84,5

Búsqueda de fugas de refrigerante mediante detectores

A lo largo de la vida útil de la instalación pueden aparecer fugas en el circuito, debidas en algunos casos a una mala ejecución del montaje o a problemas de corrosión en el interior del circuito. Para la detección de fugas de refrigerante son varios los sistemas que se pueden utilizar:

- Agua jabonosa.
- Lámpara halógena (solo para refrigerantes clorados, ya en desuso).
- Detectores electrónicos.
- Aditivos fluorescentes.

El **agua jabonosa** es el método tradicional y el más simple. Consiste en bañar con agua jabonosa la superficie donde creemos que está la fuga y observar si se producen burbujas por la salida de refrigerante del circuito.

En las instalaciones que funcionan con refrigerantes que contienen cloro (CFC's ó HCFC's) se puede utilizar la **lámpara halógena**, que consiste en una bombona de gas butano con un mechero que produce normalmente una llama color azul en presencia de oxígeno únicamente y que cambia a color verde en presencia de cloro. Puesto que los refrigerantes clorados se están dejando de usar, estos equipos acabarán desapareciendo.

Los más empleados actualmente son los **detectores de fugas electrónicos**, con principios de funcionamiento diferentes relativos al aire de muestra que toma el aparato, tales como la conductividad térmica, el espectro infrarrojo, la propagación de sonido, etc.

Otro sistema que se puede emplear es el de introducir un **aditivo fluorescente** en el interior del circuito, que saldrá por el punto de fuga y será visible mediante una lámpara de luz ultravioleta.

2. DETECTOR DE FUGAS.

Toda la instalación frigorífica que emplee refrigerante del grupo 2.^º ó 3.^º con cualquier carga, deberá disponer de un detector de fugas, instalado en la zona en que exista la máxima carga de fluido frigorífico, que avise de manera visible y audible la existencia de cualquier fuga de refrigerante. La misma exigencia de detector de fugas debe cumplirse en instalaciones que empleen refrigerante del grupo 1.^º, en las que la carga en kilogramos dividida por el volumen de la sala de máquinas en metros cúbicos supere las concentraciones señaladas en la tabla I de la Instrucción MI-IF 004



1.4. Pruebas de presión de los circuitos de agua y salmuera.

Cuando la instalación consta de un circuito secundario con fluidos calo-portadores tales como agua, salmuera o agua glicolada, será necesario probar el circuito a presión para verificar su estanqueidad. En este caso la operación es mucho más sencilla que en el caso del circuito de refrigerante primario, ya que la prueba de presión se puede hacer con agua, puesto que el circuito trabajará en el futuro normalmente con agua o mezcla de agua y algún otro componente anticongelante.

Actualmente se están empezando a emplear fluidos secundarios alternativos como el CO₂ que permite una mejor captación de calor trabajando en cambio de fase. En estos casos habría que hacer las pruebas de presión con fluidos que no perjudiquen el funcionamiento futuro como por ejemplo en nitrógeno, el cual ya comentamos anteriormente.

La prueba de estanqueidad se realiza mediante un grupo hidráulico de bombeo a presión que se conecta a un extremo del circuito que se pretende probar. La presión de prueba en circuitos hidráulicos suele ser de 1,5 a 2 veces la presión máxima de trabajo (3 bar aprox.), con un mínimo de 6 bar. Aunque no afecta a instalaciones de tipo industrial, el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) indica estos valores a seguir. Si hay elementos del circuito (intercambiadores de calor) que no soporten la presión de prueba, se deberán dejar aislados del circuito durante la prueba de presión.

Tras unas horas se comprobará que la presión en el circuito se mantiene constante. Si existe fuga de agua, esta se localizará fácilmente y habrá que proceder a su reparación.

2. Limpieza y barrido de los circuitos frigoríficos.

Una vez que se ha comprobado que el circuito frigorífico es hermético, se puede proceder a la limpieza del mismo si se sospecha que puede haber suciedad en el interior (cascarilla de soldadura, polvo, etc). También se será necesaria la limpieza en circuitos en los que se ha degradado el refrigerante o el aceite, o se ha quemado el motor del compresor, también cuando se rompa una tubería de un intercambiador de calor con agua y el agua entre en el interior del circuito.

Para la limpieza, se suele aislar la zona a intervenir del resto de componentes del circuito, y se introduce nitrógeno seco o un agente limpiador por un extremo dejando libre el otro extremo para su salida al exterior.

El **nitrógeno seco** es adecuado en circuitos nuevos para eliminar la cascarilla de soldadura, lodos, polvo y humedad, antes de la puesta en marcha. Este barrido se haría operando de manera similar a la prueba de estanqueidad, pero con una presión de trabajo menor (alrededor de 2 bar) y dejando abierto el extremo final del circuito para que salga por este todo el nitrógeno arrastrando las impurezas. Al trabajar con nitrógeno "seco", tenemos la ventaja de que este absorberá con gran avidez las posibles gotas de agua que tenga la instalación, lo que ayudará a la eliminación de la misma del interior del circuito.

Si se trata de un circuito antiguo en el que hemos detectado una degradación del refrigerante o aceite, se ha quemado el motor del compresor o hay gran cantidad de agua por rotura de intercambiadores, tendremos que vaciar el circuito completamente y limpiarlo con un **detergente** específico y un equipo de limpieza con bomba de recirculación. Los agentes limpiadores más utilizados fueron el R-11 (CFC) y el R-141b (HCFC), los cuales están actualmente prohibidos por su contenido en cloro, que daña la capa de ozono. Hoy día se emplean otros detergentes ecológicos menos contaminantes.

3. Vacío y secado de los circuitos frigoríficos.

Con el circuito limpio y probado a presión, es necesario realizar el vacío en el mismo (extraer todo el aire del circuito). Esta operación tiene dos funciones principales:

- Eliminación del aire del interior del circuito
- Eliminación de la humedad del propio aire y del agua líquida en el interior del circuito.

El aire en el interior de la instalación siempre es un problema, ya que este es incondensable y provocará que la presión de condensación sea muy elevada cuando la instalación se ponga en marcha. El aire además contiene oxígeno que es un elemento corrosivo que provoca oxidación de los materiales y degradación del refrigerante y el aceite.

Pero hay otro elemento aun peor que el aire, y es el vapor de agua que contiene. El vapor de agua dentro de la instalación se convertirá en agua cuando baje la T^a en el circuito y en hielo cuando pase por la válvula de expansión o capilar, lo que provocará una obstrucción de dicho elemento. Además el agua tiene también un poder corrosivo muy alto, reaccionando con el refrigerante o el aceite y propiciando la degradación de los mismos y la formación de ácidos que pueden deteriorar el aislamiento de los bobinados de los motores.

Con la operación de vacío, extraemos el aire del interior del circuito, así como el vapor de agua contenido en el aire. Pero también es posible extraer gotas de agua líquida (condensada del propio aire) que existan en el interior de las tuberías. Esto es debido a que al bajar la presión en el interior del circuito hasta la presión de vapor del agua (a la T^a ambiente), esta se evapora y es extraída junto con el aire.

Si el contenido de agua líquida en el interior del circuito es excesivo, llevaría mucho tiempo extraer el agua mediante vacío. En ese caso sería conveniente hacer un “barrido” del circuito con nitrógeno seco, de manera que se arrastre el agua. Este barrido se haría operando de manera similar a la prueba de estanqueidad, pero con una presión de trabajo menor (alrededor de 2 bar) y dejando abierto el extremo final del circuito para que salga por este todo el nitrógeno arrastrando el agua y otras impurezas. Al trabajar con nitrógeno “seco”, tenemos la ventaja de que este absorberá con gran avidez parte del agua, lo que ayudará a la eliminación de la misma del interior del circuito.

3.1. Equipos y método para la realización de vacío

Para realizar el vacío en la instalación necesitaremos los siguientes elementos:

- Analizador (puente de manómetros) con vacuómetro.
- Bomba de vacío.
- Mangueras flexibles de alta, baja presión y de conexión a la bomba de vacío,

EL ANALIZADOR

El analizador o puente de manómetros (Figura 2), es una herramienta de gran utilidad para diversas operaciones del frigorista. Este se suele componer de los siguientes elementos:

- Manómetro de baja presión (con medida de vacío, “vacuomanómetro”).
- Manómetro de alta presión.
- Toma de baja presión + llave de paso.
- Toma de alta presión + llave de paso.
- Toma de acceso + mirilla para ver pasar el refrigerante (líquido o vapor).
- Tomas auxiliares.

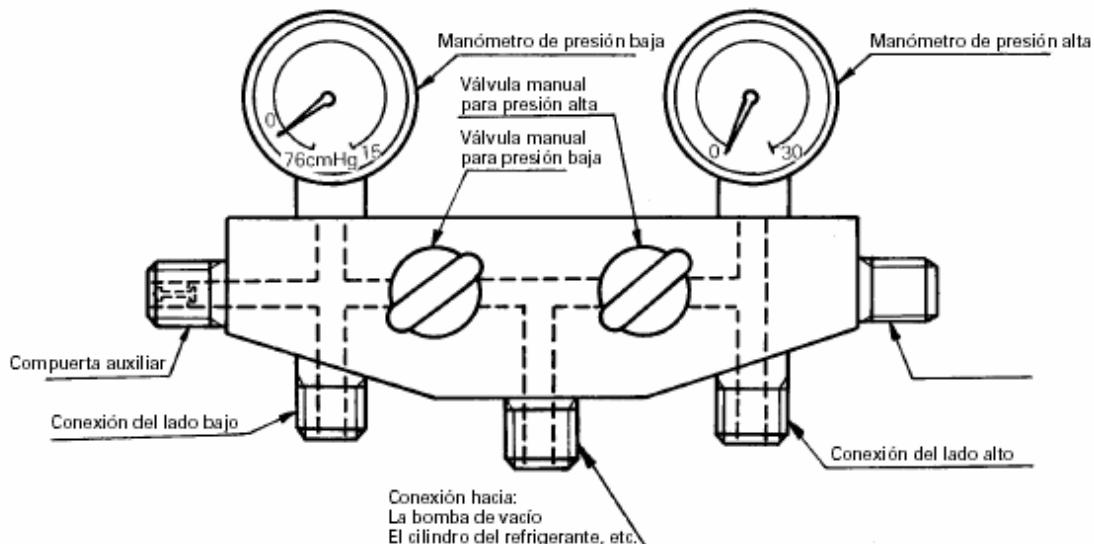


Figura 2. Analizador o puente de manómetros

El analizador se conecta normalmente a las tomas de alta y baja presión del circuito para mantener controladas en todo momento ambas presiones de trabajo. En la toma de acceso al puente se suele conectar la bomba de vacío, la botella de refrigerante, etc, según la operación que vayamos a realizar.

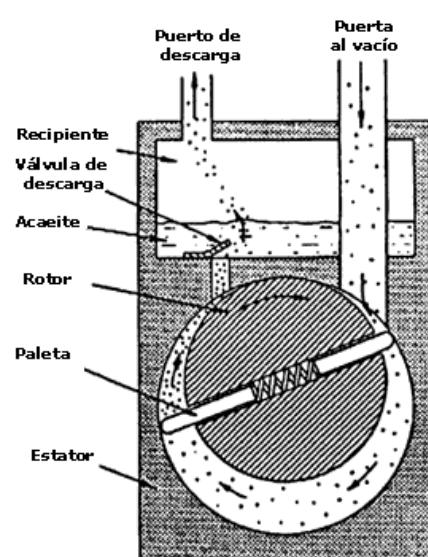
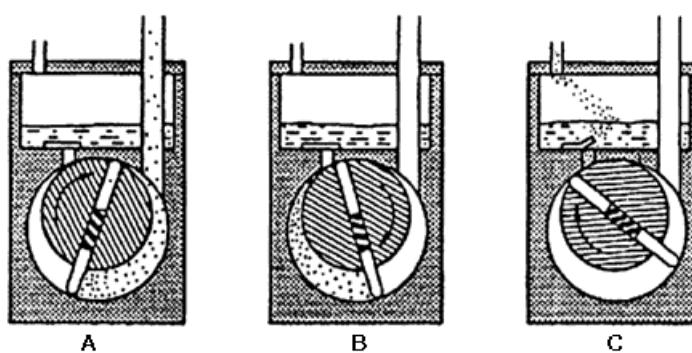
LAS MANGUERAS DE SERVICIO

Junto con el analizador se emplean normalmente tres mangueras de servicio identificadas por colores:

- Manguera azul: Para conectar a la toma de baja presión del circuito.
- Manguera roja: Para conectar a la toma de alta presión del circuito.
- Manguera amarilla: Para conectar a la bomba de vacío, botella de refrigerante, etc.

LA BOMBA DE VACÍO

Para extraer el aire del circuito se debe emplear una bomba de vacío que realizará la depresión del circuito. Las más utilizadas son las bombas rotativas de paletas, las cuales pueden ser de simple o doble efecto, siendo estas últimas las más aconsejables, ya que permiten llegar a una presión de vacío más baja al tener dos etapas de aspiración de aire. Algunas bombas incorporan un dispositivo de seguridad llamado "gas ballast", que evita que se condense la humedad del aire extraído en la cámara de compresión de la bomba, lo cual podría degradar el aceite y generar



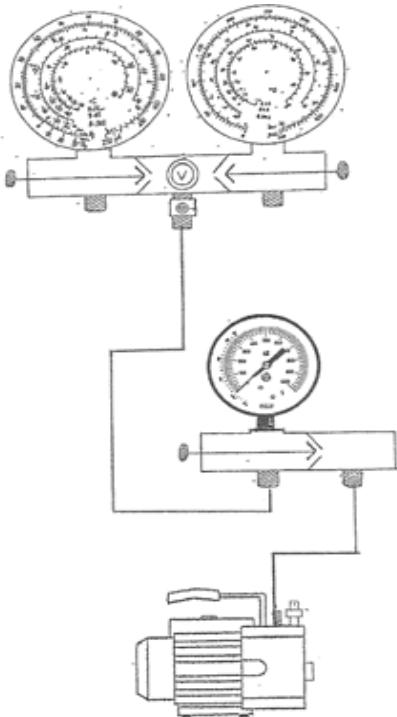
corrosión en el interior de la máquina.

Figura 3. Funcionamiento bomba de vacío rotativa

La bomba de vacío debe tener capacidad para asegurar un vacío suficiente en el interior del circuito. Podemos clasificar el nivel de vacío en dos tipos:

- **Nivel de alto vacío (0,05 – 0,1 mbar):** Es el vacío óptimo que garantiza una cantidad de aire y humedad casi inexistente en el circuito y por tanto una mayor seguridad. Suele requerir demasiado tiempo de vacío y una bomba muy potente.

- **Nivel de vacío normal (0,5 – 2 mbar):** Es el más reciente, ya que garantiza unos niveles de aire y humedad bastante bajos y se consigue en un tiempo relativamente corto y con una bomba de potencia media.



El tiempo que se tardará en hacerse el vacío dependerá concretamente de:

- El volumen interno de la instalación, longitud y diámetro de las líneas, ya que con diámetros pequeños tardará más que con diámetros grandes, igual que si las líneas son más largas.
- Cantidad de humedad ó agua que contenga la instalación.
- Capacidad de la bomba de vacío.

Como orientación, para una instalación de 6 kW de potencia frigorífica se recomienda una bomba de vacío que tenga un desplazamiento aproximado a los 6 m³/h.

Es conveniente equipar a la bomba con un vacuómetro (manómetro para medir presión por debajo de la atmosférica). El manómetro de baja presión del analizador también suele medir presiones negativas pero con una escala muy reducida, por lo que es conveniente conectar un vacuómetro a la aspiración de la bomba de vacío (Figura 4).

Figura 4. Conexión de vacuómetro a la bomba de vacío

PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR EL VACÍO

Es muy aconsejable efectuar el vacío por la zona de alta baja al mismo tiempo, ya que así será más rápido. Para ello realizamos los siguientes pasos (Figura 5):

- 1º. Conectar las mangueras de alta y baja presión al puente de manómetros y de ahí a las respectivas tomas de alta y baja presión del circuito, abriendo las llaves de servicio de manera que se tenga acceso a todos los puntos del interior del circuito.
- 2º. Conectar la bomba de vacío mediante la manguera amarilla a la toma de acceso al puente.
- 3º. Abrir las llaves de paso de alta y baja del puente de manómetros.
- 4º. Arrancar la bomba de vacío y dejar funcionar hasta que la presión que marca el vacuómetro sea de 0,1 a 0,3 mbar, lo que indica que en el interior del circuito la presión media puede ser de entre 1 y 3 mbar. Estos valores indican que el vacío es correcto. Dejar unos 20 min más para evaporar posibles gotas de agua.
- 5º. Cerrar las llaves de paso del puente y después apagar la bomba de vacío. Es importante hacerlo en este orden para que el circuito vacío no succione el aceite de la bomba.
- 6º. Esperar durante 1 hora y ver si el la presión de vacío se mantiene. Si la presión en el circuito ha aumentado puede ser por dos razones:
 - a) Hay una fuga en el circuito y entra aire.
 - b) Aún queda vapor de agua procedente de las gotas de agua que había en el interior y que se han ido evaporando tras apagar la bomba.
- 7º. Si se trata de una fuga observaremos que la presión aumentará hasta llegar a equilibrarse con la atmosférica, y si se trata de vapor de agua en el interior, la presión se estabilizará por debajo de la atmosférica.
- 8º. En caso de fuga habrá que repararla y volver a hacer vacío. Y en caso de que haya vapor de agua, habrá que seguir haciendo vacío para eliminarlo completamente o bien hacer un barrido del circuito con nitrógeno seco para arrastrar la humedad y después volver a hacer el vacío.

Fig. 6-60

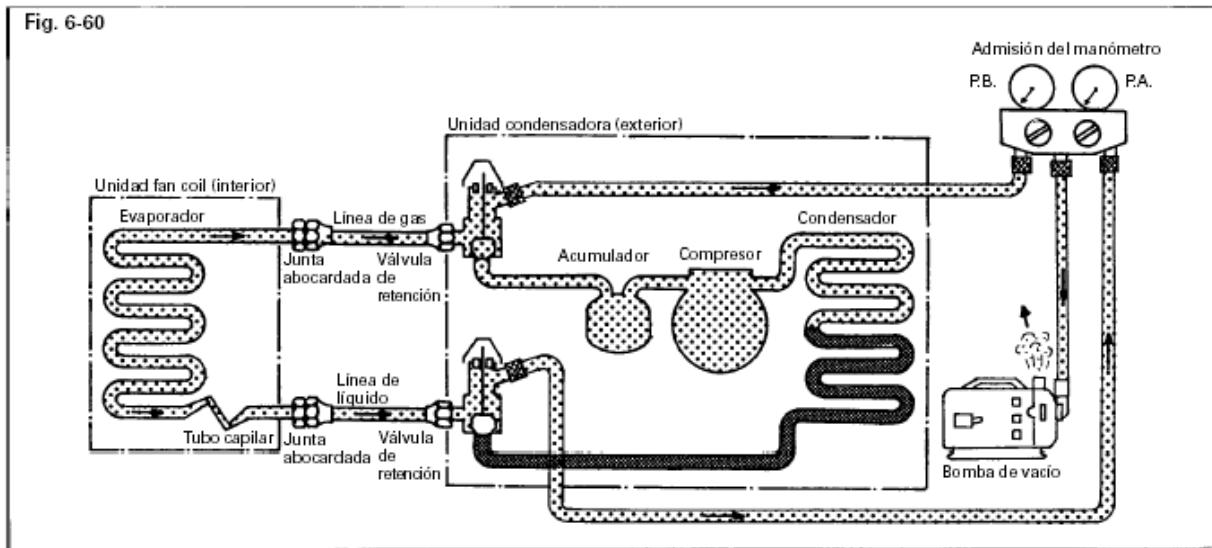


Figura 5. Conexión de bomba de vacío y analizador al circuito frigorífico

4. Carga de refrigerante; pruebas de fugas.

Una vez realizado el vacío ya se puede proceder a la carga de refrigerante de la instalación. Para una correcta carga de la instalación debemos tener en cuenta varios factores:

- Tipo de refrigerante a utilizar (refrigerante puro, mezcla azeotrópica o zeotrópica).
- Tipo de botella de refrigerante (con sonda o sin sonda).
- Si la instalación tiene o no recipiente de líquido.

A su vez, el refrigerante se puede cargar por diferentes procedimientos:

- En estado líquido.
 - o Por la zona de alta presión (si hay recipiente de líquido), con el compresor parado.
 - o Por la zona de baja presión, con el compresor en marcha.
- En estado vapor (por la zona de baja presión, con el compresor en marcha).

Para la carga de refrigerante necesitaremos los siguientes elementos:

- Analizador (puente de manómetros).
- Botella de refrigerante.
- Mangueras flexibles de alta, baja presión y de conexión a la botella de refrigerante.

En apartados anteriores se ha explicado el funcionamiento del analizador y de las mangueras. Las botellas de refrigerante pueden ser de dos tipos: con sonda de líquido y sin sonda:

- i. **Botellas sin sonda de líquido:** Solo disponen de la válvula de salida. En posición normal suministran vapor y si las ponemos boca abajo obtendremos líquido.
- ii. **Botellas con sonda de líquido:** Disponen de un tubo (sonda) conectada a la válvula de salida que toma refrigerante líquido de la base de la botella. En posición normal suministran líquido y si las ponemos boca abajo obtendremos vapor (Figura 6).

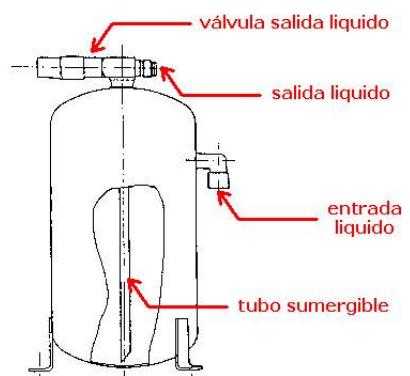


Figura 6. Botella de refrigerante con sonda de líquido

4.1. Refrigerantes puros o azeotrópicos y refrigerantes zeotrópicos

Los **refrigerantes puros o las mezclas azeotrópicas**, que se comportan como los refrigerantes puros, se pueden cargar en la instalación en fase líquida o vapor, ya que todos los componentes se evaporan a la misma T^a.

Sin embargo, las **mezclas zeotrópicas** tienen el inconveniente de que cada uno de sus componentes se evapora a una T^a determinada (deslizamiento o glide), por lo que si hacemos la carga de refrigerante en estado vapor, estaremos introduciendo en el circuito más cantidad de unos componentes que de otros, trabajando posteriormente la instalación con una mezcla descompensada cuyas propiedades termodinámicas no serán las del refrigerante elegido. Con este tipo de refrigerantes **siempre debemos cargar (o extraer) en fase líquida**.

4.2. Carga de refrigerante en fase líquida

Si la instalación está equipada con recipiente de líquido, podemos cargar la mayor parte del refrigerante en este con la instalación parada. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Conectar la manguera de alta presión al puente de manómetros y de ahí a la toma de alta presión del circuito (situada en el recipiente de líquido).
- Comprobar que la válvula solenoide de líquido está cerrada para que no pase refrigerante al evaporador.
- Conectar la botella de refrigerante mediante la manguera amarilla a la toma de acceso al puente.
- Abrir la válvula de la botella de refrigerante para que salga en fase líquida (usar guantes y gafas para evitar quemaduras por expansión del fluido). Abrir la llave de alta presión del puente y purgar las mangueras aflojando un poco la boca de conexión al circuito.
- Apretar la boca de conexión de la manguera al circuito y abrir la válvula para introducir el refrigerante en el recipiente de líquido.
- Controlar el peso de refrigerante introducido en el recipiente si sabemos la cantidad exacta a cargar y cerrar la llave de paso del puente cuando la carga esté completa. Si no conocemos la carga de refrigerante exacta, llenar el recipiente de líquido hasta la mitad.
- Habitualmente no es posible realizar toda la carga de refrigerante por este procedimiento, debido a que la presión de la botella de refrigerante y la del circuito se igualan antes de llegar a la carga óptima. En este caso se puede calentar la botella introduciéndola en un baño de agua tibia (a 40 – 50 °C) para favorecer la evaporación del refrigerante y la subida de presión de la botella.

Si no es posible cargar todo el refrigerante en el recipiente de líquido tendremos que terminar de cargar la instalación introduciendo el refrigerante por la zona de baja presión con el compresor en marcha. Para ello realizamos los siguientes pasos:

- i. Cerrar la válvula del recipiente de líquido y la llave del puente, y desconectar la manguera.
- ii. Conectar las mangueras de alta y baja presión al puente de manómetros y de ahí a las tomas de acceso a la aspiración y descarga del compresor (llaves de servicio).
- iii. Abrir las llaves del puente y purgar las mangueras. Luego mantener las llaves de paso del puente cerradas.
- iv. Abrir la toma de acceso a la aspiración y descarga del compresor.
- v. Abrir la válvula solenoide de líquido de la instalación y poner el compresor en marcha.
- vi. Tras estabilizarse el régimen, observar las presiones de trabajo de alta y baja en los manómetros del puente, estas deben ser adecuadas al ciclo de funcionamiento de la instalación. Si son muy bajas y el recalentamiento del gas es muy alto, significa que falta refrigerante, y en el visor de líquido es frecuente que se observen burbujas.

- vii. Si hay que cargar más refrigerante abriremos lentamente la llave de paso de baja presión del puente para que vaya entrando líquido refrigerante y se expansione en el propio puente antes de ser aspirado por el compresor. Durante esta operación ajustaremos la presión de entrada de refrigerante alrededor de 1 – 1,5 bar por encima de la presión de aspiración, para facilitar la entrada del mismo en el circuito. Es decir, cuando la llave del puente esté cerrada el manómetro de baja marcará la presión de aspiración, y cuando abramos la llave para introducir refrigerante, el manómetro deberá marcar alrededor de 1 – 1,5 bar más. Si observamos por la mirilla del puente que pasa refrigerante líquido cerraremos un poco la llave. También vigilaremos que la manguera no se escarche, ni que el compresor haga ruido extraño o el aceite del cárter haga espuma, lo que significa que está entrando líquido en el compresor.
- viii. Cuando las presiones de alta y baja sean adecuadas, el recalentamiento total sea de entre 14 y 17K y el subenfriamiento en el condensador sea de unos 3K, podremos concluir que la carga de refrigerante es correcta. En el visor de líquido no deben aparecer burbujas.
- ix. Cuando se termine la carga, cerramos la válvula de la botella de refrigerante, las llaves del puente y por último el acceso a las tomas de aspiración y descarga del compresor.

4.3. Carga de refrigerante en fase vapor

Para los refrigerantes puros o las mezclas azeotrópicas es posible cargar en fase vapor. De esta forma se evita que entre líquido en el compresor, pero tiene el inconveniente de ser un proceso muy lento, ya que la densidad del vapor es muy pequeña en comparación con la del líquido y el caudal másico de refrigerante es menor. Este método solo se suele emplear en instalaciones o equipos de pequeña potencia en los que la carga en fase vapor no requiere un tiempo excesivo.

El procedimiento para la carga en fase vapor es similar al de la carga en fase líquido por la aspiración del compresor, con este en marcha, con la ventaja de que no habrá que preocuparse porque el compresor aspire refrigerante líquido. Para cargar en fase vapor habrá que poner la botella de refrigerante en la posición adecuada según si tiene sonda de líquido o no.

5. Llenado o reposición de aceite en el compresor.

En la mayoría de casos, los compresores se suministran ya cargados con lubricante, pero a veces se requiere un “rellenado” del cárter para compensar una pequeña parte del aceite que se queda circulando por el circuito.

En instalaciones con compresores en paralelo (centrales frigoríficas) suele instalarse un depósito acumulador de aceite desde el que se suministra a cada uno de los compresores mediante unos controladores de nivel. En este caso se suele cargar el depósito acumulador con más aceite del que necesitan los compresores y este permanece ahí como pulmón por si en algún momento se necesita, por ejemplo porque se quede parte del aceite “atrapado” en algún lugar del circuito.

Para comprobar que el nivel de aceite del compresor es correcto debemos mirar en el visor del cárter, y este debe oscilar entre 1/2 y 2/3 del total con el compresor en marcha y en régimen. Si el nivel está por debajo de 1/2 habrá que llenar. La carga de aceite se puede hacer mediante dos procedimientos:

- Carga de aceite sin bomba.
- Carga de aceite con bomba.

5.1. Carga de aceite sin bomba

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Recoger el refrigerante en el recipiente de líquido cerrando la llave de salida del mismo y regulando el presostato de baja al mínimo para que el compresor aspire el máximo refrigerante posible.
- Aislar el compresor con las llaves de servicio de alta y baja.
- Conectar la bomba de vacío a una de las dos válvulas de servicio.
- Reducir la presión en el compresor hasta una presión de 0,1 bar aproximadamente.
- Desenroscar el tornillo de acceso al cárter y conectar una manguera de carga con llave de paso. La llave debe estar cerrada.
- Introducir la manguera en la lata de aceite y purgarla.
- Abrir la llave de paso de la manguera y llenar de lubricante hasta el nivel correcto, mirando la mirilla del compresor, hasta que el nivel sea de unos 2/3.

Hay que tener cuidado de no vaciar el envase del lubricante, ya que produciría burbujas de aire a través del aceite y podría llegar al interior del compresor. Si ocurre, debe colocarse el tornillo de acceso al cárter en su sitio y hacer vacío completo al compresor.

5.2. Carga de aceite con bomba

Si disponemos de una bomba manual de aceite (Figura 7), podemos cargar el aceite sin tener que hacer vacío en el cárter del compresor. Primero debemos cargar la bomba con aceite el cual será aspirado desde la lata, como la bomba toma el aceite por succión, nos garantizamos que se extrae todo el aire de la misma y se carga de aceite. Una vez llena de aceite, conectamos la bomba a la toma del cárter del compresor y cargamos el aceite, habiendo realizado previamente la recogida de gas y el cierre de las llaves de servicio del mismo (al igual que en el caso anterior).



Figura 7. Bomba manual aceite

6. Llenado de las instalaciones de agua y salmuera.

El llenado de los circuitos secundarios de agua y salmuera se suele realizar a través de alguna toma de acceso, generalmente situada en el depósito de inercia o pulmón de la instalación, y en caso de que exista no exista, en el vaso de expansión. Es conveniente que el circuito haya sido limpiado previamente con un agua y algún agente limpiador, recirculando durante unas horas y realizando un buen enjuague del mismo.

El circuito deberá disponer de dispositivos de purga de aire en los puntos más altos del mismo, los cuales irán evacuando el aire contenido en el interior de las tuberías y elementos a medida que el circuito de vaya llenando de agua.

Los pasos a seguir para el llenado son los siguientes:

- Abrir todos los dispositivos de purga de aire de la instalación en caso de que no sean automáticos.
- Abrir la válvula de llenado del circuito, normalmente situada en el depósito de inercia, para introducir agua de red en el mismo. Si se trata de una mezcla de agua con glicol o una salmuera es recomendable realizar la mezcla previamente en un recipiente o depósito auxiliar y cargar en el circuito mediante un equipo de bombeo, ya que así nos aseguramos de que la homogeneidad en la mezcla es adecuada.
- Una vez observamos que los purgadores del circuito han expulsado casi todo el aire y comienzan a expulsar agua, y que el circuito alcanza una presión estática de alrededor de 1 bar (incluido el vaso de expansión), dejaremos de cargar agua y arrancaremos el grupo de bombeo de recirculación de la instalación.
- Cuando arranque el grupo de bombeo se seguirá purgando aire de la instalación, el cual estaba disuelto en el agua y comienza a desplazarse a las zonas más altas del circuito. Deberemos dejar el agua recirculando hasta que observemos que todo el aire del circuito está purgado.
- Una vez realizado el purgado, comprobaremos que la presión de la instalación, con las bombas funcionando se encuentra normalmente entre 1,5 y 2,5 bar (presión relativa), dependiendo de la lejanía de cada punto del circuito respecto del grupo de bombeo y de las pérdidas de carga del circuito. Si la presión es baja tendremos que cargar más agua (o mezcla) en el circuito.
- Finalmente comprobaremos que no existen fugas de agua en el circuito.

7. Regulación, comprobación y entrega de instalaciones.

Temperaturas de evaporación en las instalaciones más corrientes

INSTALACIONES	Temperatura media aprox. del refrigerante
Acondicionamiento de aire por expansión directa	+ 2 °C
Enfriamiento de agua o líquidos	- 3 °C
Cámaras de conservación de + 2 °C a - 2 °C	- 10 °C
Serpientes para hacer cubitos de hielo	- 12 °C
Congeladoras de hielo en salmuera	- 18 °C
Refrigeradores domésticos compartimento conservador	- 22 °C
Almacenaje de helados y artículos congelados	- 22 °C
Refrigeradores domésticos compartimento congelador	- 28 °C
Congelación normal	- 28 °C
Congelación rápida	- 40 °C

Finalmente, **antes de poner en marcha** la instalación es conveniente hacer una serie de comprobaciones de seguridad, tales como:

- 1º.** Revisar la configuración y el trazado de tuberías y elementos de la instalación para verificar que se ajustan al esquema proyectado.
- 2º.** Comprobar las líneas de desagüe (pendientes, sifones, resistencias en el caso de cámaras de congelados).
- 3º.** Comprobar que todas las válvulas de la instalación están en su posición correcta, sobre todo las válvulas de servicio del compresor que siempre deben estar abiertas.
- 4º.** Comprobar el cuadro eléctrico de potencia y maniobra (tensión de alimentación, orden de las fases, etc).
- 5º.** Antes de arrancar los compresores dejar activadas las resistencias calefactoras de cárter durante un tiempo para evaporar el refrigerante líquido que pueda contener el aceite lubricante.
- 6º.** Regulación aproximada de los presostatos. Con la instalación en marcha se terminarán de ajustar.
- 7º.** Regulación de parámetros de los termostatos o microprocesadores para control de los equipos.

Una vez se han hecho las comprobaciones oportunas procedemos a poner en marcha la instalación. Debemos prestar atención a los siguientes parámetros característicos de la instalación para ver si sus valores son correctos, y en caso contrario regular los elementos oportunos:

- i. **Presión de alta y de baja:** Ambas deben ser coherentes con el diseño de la instalación y la T^a del aire exterior e interior.
- ii. **Recalentamiento del gas de aspiración:** Debe estar comprendido entre 14 y 17K. Aproximadamente la mitad del recalentamiento se debe producir en el evaporador y la otra mitad en la línea de aspiración.
- iii. **Subenfriamiento de líquido en el condensador:** Debe estar comprendido entre 3 y 5K.
- iv. **Temperatura de descarga del compresor:** Debe estar entre 20 y 25K por encima de la T^a de condensación.
- v. **Consumo eléctrico de los compresores, bombas y ventiladores:** Debe estar acorde con los valores especificados por el fabricante y no superar el valor máximo de la placa de características.
- vi. La T^a de la cámara o recinto a refrigerar es correcta una vez se alcanza el régimen.
- vii. Los compresores no hacen ruidos extraños.
- viii. No hay excesiva escarcha cerca de la aspiración del compresor.
- ix. No se observan manchas de aceite en ningún punto del circuito.
- x. Realizar un desescarche en los evaporadores y comprobar si se limpian de hielo correctamente.

Para legalizar la instalación frigorífica y previamente a su puesta en servicio definitiva, según el RSPIF, el Instalador Frigorista Autorizado y el Propietario de la Instalación deberán llenar y entregar en el Organismo de Industria los siguientes documentos:

- **Libro de registro de Usuario**, el cual incluye:
 - **Solicitud de puesta en servicio** de la instalación.
 - **Dictamen de Seguridad**, donde se describen las características de la instalación y se certifica el cumplimiento del RSPIF. A firmar por el Frigorista Autorizado.
 - **Certificado de Dirección de Obra**, que complementa al Dictamen de Seguridad, firmado por Técnico Titulado competente, y que será necesario cuando la instalación supere una cierta potencia o presente características especiales. Según los casos se tendrá que adjuntar también un **Proyecto Técnico**.
 - **Certificado de pruebas de estanqueidad**, firmado por Frigorista Autorizado o por Técnico Titulado según la envergadura de la instalación.
 - **Boletín de reconocimiento**, para inspecciones periódicas reglamentarias.
 - **Hojas de conservación y reparación**, para intervenciones por avería.
- **Proyecto Técnico**, si las características de la instalación lo requieren, firmado por Técnico Titulado competente, y que se adjuntará al Certificado de Dirección de Obra del Libro de Registro de Usuario.
- **Contrato de mantenimiento**, del Frigorista Autorizado y/o Técnico Titulado por parte de la Propiedad, que será necesario en instalaciones de cierta envergadura, y si la Propiedad no posee en Plantilla trabajadores con la titulación adecuada para las labores de mantenimiento.
- **Certificados de conformidad y CE**, de los equipos de la instalación y de las pruebas de presión realizadas por los fabricantes de acuerdo con el Reglamento de Equipos a Presión (REP).

8. Programa de mantenimiento preventivo.

El **mantenimiento**, es el conjunto de operaciones necesarias para asegurar el funcionamiento de una instalación de manera constante con el mejor rendimiento energético posible, cumpliéndose los requerimientos de seguridad y de respeto al medio ambiente.

El mantenimiento es responsabilidad del Usuario y, en su caso, del Frigorista Autorizado contratado por el usuario para dicho mantenimiento.

Una vez puesta en servicio la instalación es necesario establecer un **programa de mantenimiento preventivo**, cuyas operaciones se orientan para evitar que surjan problemas de funcionamiento, que el rendimiento deje de ser óptimo y que la instalación deje de ser segura o respetuosa con el medio ambiente. Este programa debe comprender como mínimo los siguientes puntos:

- **Revisiones periódicas**, tales como control de los parámetros de funcionamiento y ajuste de los mismos, control visual de fugas y anomalías, toma de muestras y análisis de aceite lubricante y refrigerante, etc
- **Análisis del comportamiento de la instalación a lo largo del año** y su adaptación a las diferentes condiciones climatológicas externas (mediante sistemas de telegestión y visualización de históricos).
- **Acciones correctoras**, de reparación o sustitución de piezas y elementos antes de que se produzca la avería (revisión y puesta a punto de compresores tras unas determinadas horas de funcionamiento, limpieza y engrase de componentes, cambio de filtros, etc)

El frigorista encargado del mantenimiento deberá seguir en todo momento el **Manual de mantenimiento y reparación**, elaborado por los proyectistas y fabricantes de equipos; y recoger las operaciones realizadas en un **Libro de mantenimiento**. A parte, en cumplimiento del RSPIF, se deberá reflejar todo el mantenimiento realizado en el Libro de Registro de Usuario, concretamente en el **Boletín de reconocimiento** (inspecciones periódicas reglamentarias) y en las **Hojas de conservación y reparación** (intervenciones no reglamentarias).

9. Conclusiones.

Se ha podido ver en este tema la importancia de una correcta planificación de las operaciones previas a la puesta en marcha de una instalación frigorífica, así como el ajuste final de los parámetros de funcionamiento. Siguiendo en todo caso las indicaciones de la Normativa respecto a las medidas de seguridad y a los procedimientos de actuación.

Es también necesario establecer un programa de mantenimiento preventivo que permita anticiparse a las futuras averías o deficiencias en el funcionamiento de la instalación.

10. Aplicaciones de cada refrigerante. Historia y calendario de sustitución de refrigerantes contaminantes según Normativa.

A continuación se enumeran los refrigerantes más comúnmente empleados, así como su campo de aplicación y su estado legal.

REFRIGERANTES TRADICIONALES

	Tipo	T ^a ebullición a 1 atm (ºC)	Aplicación	Estado legal
R-11	CFC	23,57	A/A	PROHIBIDO
R-12	CFC	-29,84	A/A, Frio Media T ^a	PROHIBIDO
R-22	HCFC	-41,09	A/A, Frio Media y Baja T ^a	EN DESAPARICION
R-502	HCFC	-43,52	Frio Media y Baja T ^a	EN DESAPARICION
R-717 (NH ₃)	Inorgánico	-33,30	Frio Media y Baja T ^a (Grandes Instalaciones)	PERMITIDO
R-744 (CO ₂)	Inorgánico	-94,55	Frio Baja T ^a (Grandes Instalaciones)	PERMITIDO
R-13	CFC	-81,40	Frio Muy Baja T ^a	PROHIBIDO

NUEVOS REFRIGERANTES

	Tipo	T ^a ebullición a 1 atm (ºC)	Aplicación	Estado legal	Sustituye a
R-134a	HFC	-26,36	A/A, Frio Media T ^a	PERMITIDO	R-22, R-11 y R-12
R-407C	HFC	-36,89	A/A	PERMITIDO	R-22, R-11 y R-12
R-410A	HFC	-51,62	A/A	PERMITIDO	R-22, R-11 y R-12
R-417A (Isceon 59)	HFC	-41,80	A/A	PERMITIDO	R-22, R-11 y R-12
R-422D (Isceon 29)	HFC	-44,00	A/A	PERMITIDO	R-22, R-11 y R-12
R-404A	HFC	-45,74	Frio Media y Baja T ^a	PERMITIDO	R-22, R-502
R-507	HFC	-47,01	Frio Media y Baja T ^a	PERMITIDO	R-22, R-502
R-422A (Isceon 79)	HFC	-44,00	Frio Media y Baja T ^a	PERMITIDO	R-22, R-502
R-717 (NH ₃)	Inorgánico	-33,30	Frio Media y Baja T ^a (Grandes Instalaciones)	PERMITIDO	-
R-744 (CO ₂)	Inorgánico	-94,55	Frio Baja T ^a (Grandes Instalaciones)	PERMITIDO	-
R-23	HFC	-82,00	Frio Muy Baja T ^a	PERMITIDO	R-13

11. Relación de gases refrigerantes

Color del envase	Refrigerante	Tipos de Aceites	Aplicación	Sustitución
	R-11 (CFC)	Mineral y alquilbenzénico	– Centrífugos, chillers y limpieza	-----
	R-12 (CFC)	Mineral y alquilbenzénico	– Aire Ac. Auto y transporte. – Refrigeración a T. medias y positivas. – Frío doméstico.	-----
	R-22 (HCFC)	Mineral, alquilbenzénico y poliolester.	– Aire acondicionado. – Bajas y medias T. de refrigeración	-----
	R-113 (CFC)	Mineral y alquilbenzénico.	– Aire acondicionado en instalaciones centralizadas.	-----
	R-123 (HCFC)	Mineral y alquilbenzénico.	– Centrífugos y chillers.	R-11
	R-134-a (HFC)	Poliolester.	– Temperaturas medias de refrigeración. – Aire acondicionado automoción.	R-12
	R-404-A (HFC)	Poliolester.	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración.	R-502 en instalaciones nuevas
	R-407-A (HFC)	Poliolester.	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración.	R-502
	R-407-B (HFC)	Poliolester.	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración	R-502
	R-407-C (HFC)	Poliolester.	– Aire acondicionado.	R-22
	R-408-A (HCFC)	Mineral, alquilbenzénico y poliolester.	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración.	R-502 en instalaciones viejas
	R-410-A (HFC)	Poliolester.	– Aire acondicionado	R-22
	R-416-A (HCFC)	Mineral, alquilbenzénico y poliolester.	– Aire acondicionado automoción.	R-12
	R-417-A (HFC)	Mineral, alquilbenzénico y poliolester.	– Aire acondicionado	R-22
	R-500 (CFC)	Mineral y alquilbenzénico.	– Transporte frigorífico y aire acondicionado.	----- --
	R-502 (CFC)	Mineral y alquilbenzénico-	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración.	----- --
	R-507 (HFC)	Poliolester.	– Medias y bajas temperaturas de refrigeración.	R-502
	R-600-a	Mineral	–	

3.1.1. Sistemas de refrigeración (incluidas las bombas de calor).

Conjunto de componentes interconectados que contienen refrigerante y que constituyen un circuito frigorífico cerrado, en el cual el refrigerante circula con el propósito de extraer o ceder calor (es decir, enfriar o calentar) a un medio externo al circuito frigorífico.

El anterior reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, nos daba directamente las presiones mínimas para efectuar las pruebas de estanqueidad de un circuito frigorífico en el sector de alta o baja presión y en función del refrigerante utilizado.

Esto cambia totalmente con el nuevo reglamento, al incidir este con el control de fugas y escapes de gases fluorados ante la problemática del deterioro de la capa de ozono y el efecto invernadero, provocado por la emisión a la atmósfera de estos gases, entre otros factores.

- a)** El nuevo reglamento distingue tres zonas climáticas a tener en cuenta para el diseño de las presiones de proyecto de la instalación frigorífica en todo el territorio nacional.
- b)** Aparte de lo anterior se distinguen siete presiones diferenciadas y la relación entre las diferentes PS.

Nota: La Directiva 97/23/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de mayo de 1997, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre equipos a presión, designa la presión máxima admisible como "PS".

- c)** Por último se contemplan cinco sectores diferenciados.

Con todo lo anteriormente expuesto, para hacer la prueba de estanqueidad que nos exige el reglamento, así como el resto de pruebas de presión en función de los tres apartados anteriores, disponemos de esta hoja de cálculo con todas las variantes de presiones que inciden en la instalación frigorífica, con posibilidad de ajustar las presiones según necesidad, partiendo de las presiones de saturación de los gases a la temperatura mínima que corresponde a cada zona.

Desde este enlace [\(Presiones de Diseño\)](#) se puede descargar la hoja en Excel con las indicaciones del reglamento e instrucciones de uso.

12. Referencias Bibliográficas

- **BERNIER, J., MARTÍN, F.** 1998. "Itinerario del Frigorista". ED: AMV
- **ALARCÓN-CREUS, J.** 1992. "Tratado Práctico de Refrigeración Automática". ED: Marcobo.
- **RAPIN/JACQUARD.** 1998. "Instalaciones Frigoríficas". ED: Marcobo.
- **LOPEZ CASTILLO, F.** 2005. "Instalaciones de calor y frío". ED: UNIV. DE CORDOBA
- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD PARA PLANTAS E INSTALACIONES FRIGORIFICAS (RSPIF) y modificaciones posteriores.** 1977.
- **REGLAMENTO APARATOS A PRESION (RAP).** 2008.