



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

PROYECTO DE FIN DE CARRERA

ETSID

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE
REFRIGERACIÓN. CICLO SIMPLE DE REFRIGERACIÓN CON DIFERENTES
ESTRATEGIAS DE REGULACIÓN Y CONTROL**

AUTOR: MANUEL SEGUÍ DE ROSA

DIRECTOR DEL PROYECTO: EMILIO JOSÉ SARABIA ESCRIVÁ

VALENCIA, 13 DE SEPTIEMBRE DE 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	6
2.1 Motivación	6
2.2 Objeto	7
3.DISEÑO Y MONTAJE DE LA INSTALACIÓN	8
3.1 Diseño	8
3.1.1 <i>Esquema del circuito frigorífico</i>	8
3.1.2 <i>Representación en diagrama de Mollier del R134-a</i>	9
3.1.3 <i>Procesos en el ciclo</i>	9
3.1.3 <i>Esquema eléctrico</i>	11
3.2 Montaje	12
4. COMPONENTES DE LA INSTALACION (Equipos)	18
4.1 Introducción	18
4.2 Compresor	19
4.2.1 <i>Tipos de compresores</i>	20
4.2.2 <i>Ventajas e inconvenientes del compresor alternativo</i>	22
4.2.3 <i>Comparativa de prestaciones en compresores</i>	22
4.3 Evaporador	24
4.3.1 <i>Tipos de evaporadores</i>	26
4.4 Condensador	29
4.3.1 <i>Tipos de condensadores</i>	30
4.5 Válvula de expansión	31
4.3.1 <i>Tipos de válvulas de expansión</i>	32

4.6 Cámara frigorífica	35
4.7 Accesorios del equipo frigorífico	36
4.7.1 Intercambiador intermedio	36
4.7.1.1 Sobrecalentamiento y subenfriamiento	36
4.7.2 Válvulas complementarias	37
4.7.3 Recipiente de líquido	41
4.7.4 Visor de líquido y filtro	42
4.8 Aparatos de regulación y seguridad	43
4.8.1 Termostatos	43
4.8.2 Presostatos	45
4.8.3 Manómetros	46
4.8.4 Transductores	47
4.8.5 Reloj de desescarche	49
4.8.6 Termómetros	50
4.9 Tuberías	50
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1 Resultados teóricos obtenidos	53
5.2 Resultados reales (puesta en marcha)	56
5.3 Alternativas que aumenten la eficiencia	57
5.4 Comparativa con otro equipo docente	58
6. REGULACIÓN Y CONTROL	60
6.1 Maniobras	60
6.1.1 Pump down	60
6.1.2 Desescarche por gas caliente	61
6.1.3 Alternativas para desescarche	62
6.2 Control de la instalación	64
6.2.1 Cuadro eléctrico	64

7. CONCLUSIONES	65
8. PRESUPUESTO	66
9. REFERENCIAS	70
ANEJO 1. MEMORIA DE PRÁCTICAS PARA FRÍO INDUSTRIAL	71
ANEJO 2. CATÁLOGOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	75

MEMORIA

1. RESUMEN

El autor del trabajo con título **DISEÑO Y MONTAJE DE UN EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE REFRIGERACIÓN. CICLO SIMPLE DE REFRIGERACIÓN CON DIFERENTES ESTRATEGIAS DE REGULACIÓN Y CONTROL** lo ha realizado como autor Manuel Seguí de Rosa, alumno de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Valencia.

El proyecto consiste en el diseño y el montaje de un equipo de prácticas para la asignatura de refrigeración y la preparación de dos memorias de prácticas para documentar y caracterizar el **equipo docente**. Esta pequeña instalación se va a emplear para la realización de prácticas docentes, por lo que su uso es didáctico. Se encuentra situada en el Laboratorio de Termotecnia de la Universidad Politécnica de Valencia. El equipo consiste en una **instalación de ciclo simple** con un intercambiador intermedio.

Para ello se han instalado los **cuatro componentes principales** de una instalación, que son el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión. Además se han situado a lo largo del circuito frigorífico una serie de accesorios que garantizan el funcionamiento del equipo, así como el cumplimiento de las **maniobras de regulación y control**.

Con el fin docente, se ha realizado e integrado un **cuadro de sensores** que permite caracterizar el ciclo a través de los parámetros que se registran, fundamentalmente presiones y temperaturas.

La conclusión que se extrae es que sin ser un equipo de grandes dimensiones ni complejidad, sí que tiene un gran valor didáctico, ya que tanto en el montaje como en el funcionamiento tienen unas características muy similares a instalaciones de mayor tamaño. Difieren en el tamaño de grandes instalaciones pero se asemejan a pequeños equipos de frío más cotidianos como neveras.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Motivación

La motivación del proyecto es proporcionar a alumnos de la Universidad Politécnica de Valencia una herramienta docente que les permita entender, visualizar y caracterizar el ciclo frigorífico simple, el cual supone el punto de partida de cualquier tipo de instalación frigorífica. Aunque no es el único tipo de instalación, sí que representa el tipo más usada. Es por ello que se ha optado por el resultado obtenido.

Además, como alumno me ha permitido conocer in situ como los frigoristas o especialistas en instalaciones de frío realizan las instalaciones aunque las comerciales sean de mucho mayor tamaño y complejidad. Pese a ello se han implementado los mecanismos de control y protección necesarios en cualquier instalación, así como los accesorios de regulación.

Por último, esta herramienta puede suponer una ayuda para la investigación, ya que está abierta a posibles cambios con los que se podría estudiar la mejora de la eficiencia de la instalación, lo que se podría traducir a otras de mayor tamaño.



Figura 2.1. Resultado final del equipo docente tras el montaje.

2.2 Objeto

El objeto de esta instalación es la caracterización a través de los parámetros esenciales del ciclo simple. Se trata de un equipo docente que trabaja con este ciclo y sobre el que se han añadido una serie de elementos cuya aplicación le supone una complejidad añadida al ciclo y al equipo.

La medición de los parámetros fundamentales para caracterizar el ciclo en las prácticas se realiza a través de una serie de sensores dispuestos en el tablero y la bancada. Hay dos parámetros esenciales en la caracterización de las instalaciones de frío, los cuales serían las temperaturas a lo largo del ciclo, además de las dos presiones principales, la del evaporador y condensador; o la de baja y la de alta.

Además se pretende que los equipos principales sean reconocidos por los alumnos para la realización del esquema frigorífico.

Por último a través de la enumeración y el cableado eléctrico que se realiza en torno al cuadro, se pretende que se pueda apreciar la conexiones con apoyo del esquema eléctrico.

3.DISEÑO Y MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

3.1 Diseño

El diseño del equipo se ha realizado en torno a los equipos principales disponibles y posteriormente se han estudiado las maniobras posibles de realizar con las características de la instalación. De todo esto se ha obtenido el resultado final expuesto en el montaje y en el esquema frigorífico.

3.1.1 Esquema del circuito frigorífico (NanoCAD)

El esquema diagramático del circuito frigorífico contiene los equipos que se pueden apreciar y serán descritos en el siguiente punto junto con las conexiones entre ellos. Se representa de la siguiente manera:

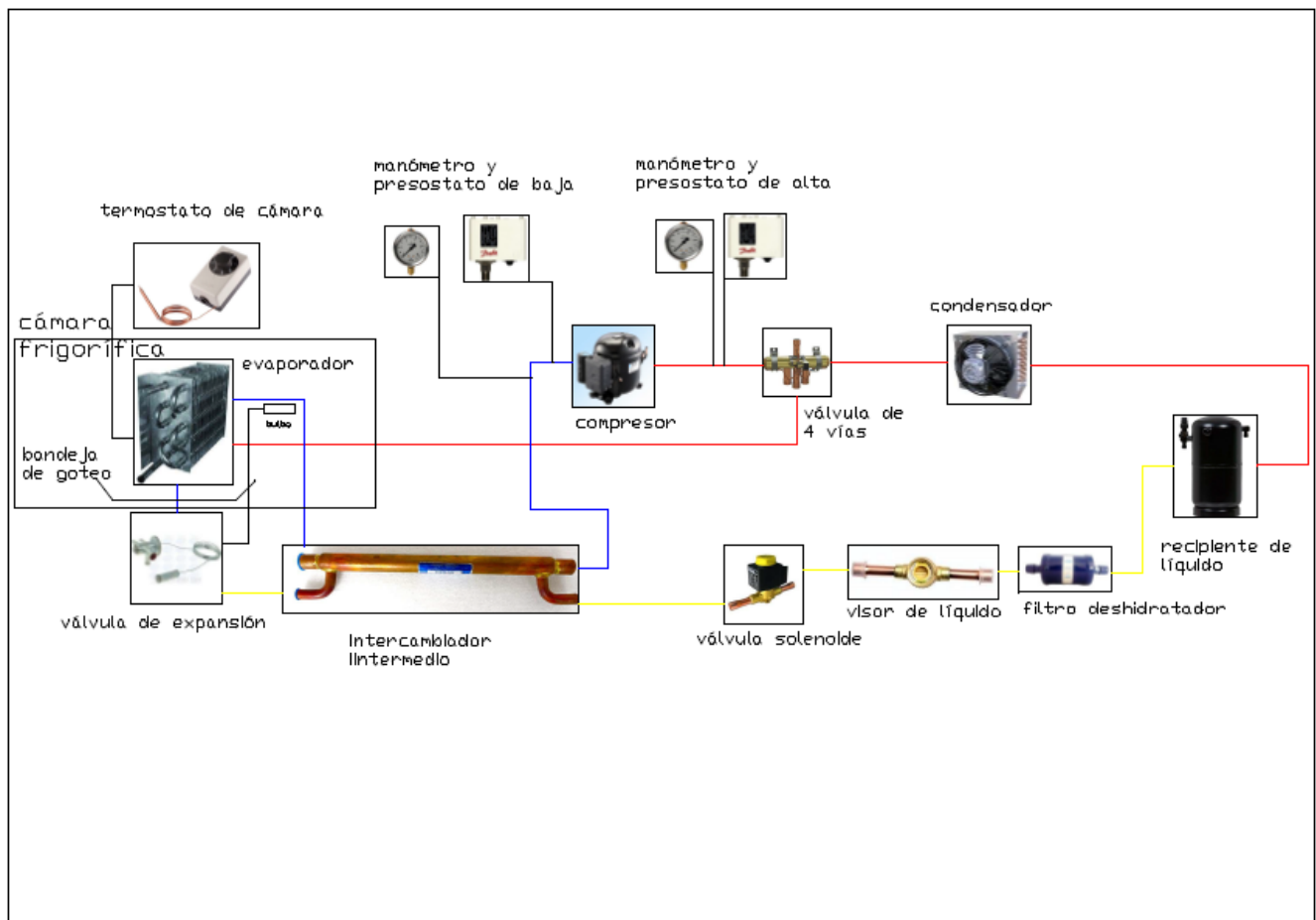


Figura 3.1. Esquema frigorífico del equipo docente.

3.1.2 Representación en diagrama de Mollier del R134-a (SOLKANE Software)

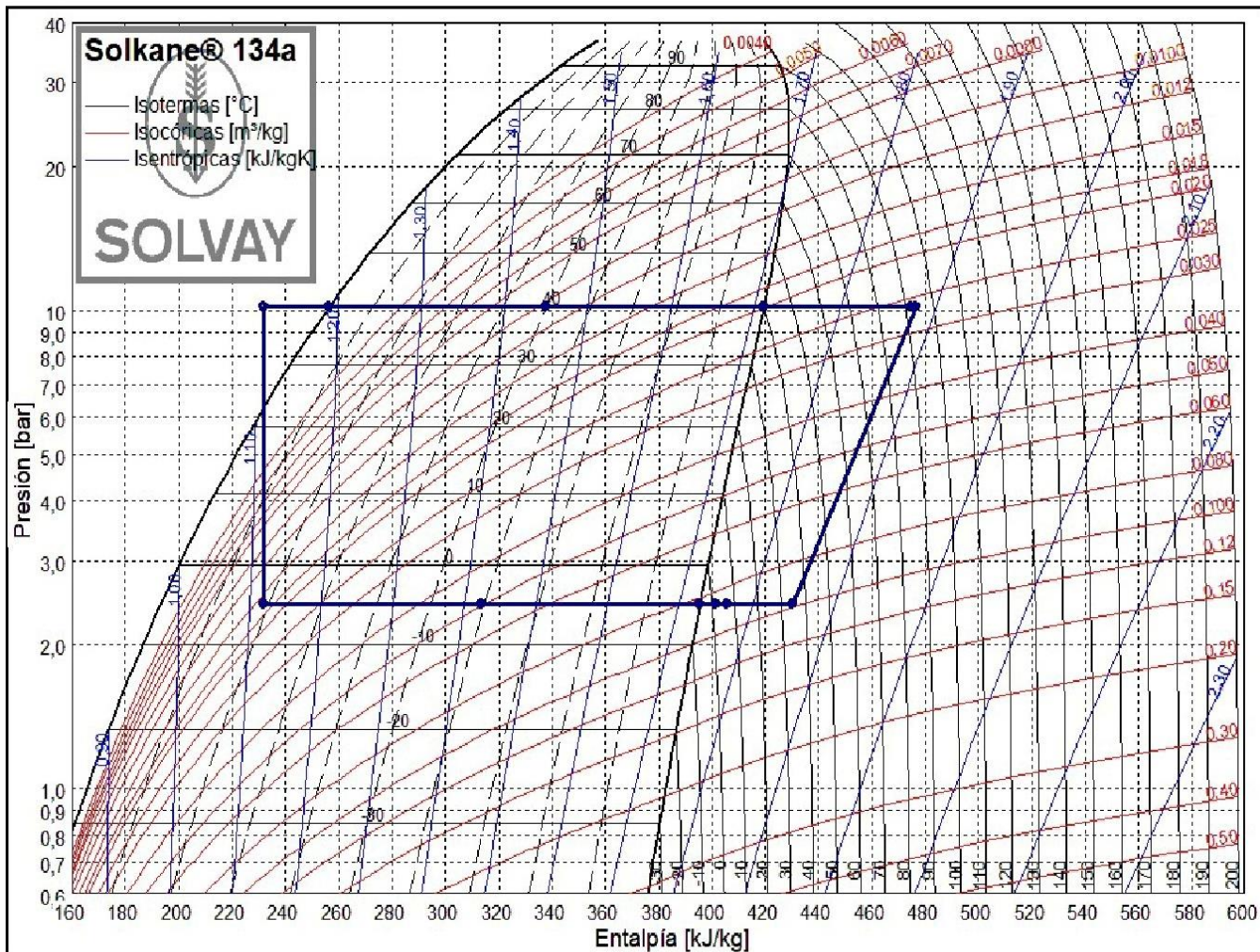


Figura 3.2. Diagrama de Mollier del equipo docente.

3.1.3 Procesos en el ciclo

Para poder caracterizar el ciclo es necesario comprender en que repercute cada proceso al diagrama de Mollier. Este diagrama se realiza basándose en que el proceso que cada equipo principal es ideal, salvo en el compresor que el software muestra el punto real. En los demás casos resulta imposible que no se produzca una ligera caída de presión por el trasiego interno de refrigerante a lo largo del propios equipos y la instalación.

Los procesos ideales que se producen en cada equipo son los siguientes:

- Compresor ---> Proceso isentrópico (1-2):

La acción del compresor produce que el vapor resultante en la evaporación sea aspirado hasta la entrada del propio compresor. Una vez dentro, el fluido refrigerante sufre un aumento en la presión y en la temperatura gracias a la compresión. Ese vapor a alta presión y temperatura es descargado al condensador.

- Condensador ---> Proceso isobárico (2-3):

La alta temperatura recibida de los vapores de descarga de compresor atraviesan el condensador que libera este calor al exterior. La temperatura queda reducida a una nueva temperatura de saturación correspondida por una nueva presión. Durante la liberación de calor, el vapor condensa completamente. Idealmente no habría caída de presión y por tanto sería isobárico el proceso de condensación.

- Válvula de expansión ---> Proceso isoentálpico (2-3):

La válvula de expansión actúa de regulador. Recibe el líquido refrigerante del condensador y mediante la expansión reduce su presión y temperatura a la de saturación. Parte de la evaporación se realiza tras la válvula para conseguir reducir la temperatura a la de evaporación.

- Evaporador ---> Proceso isobárico (3-4):

En este equipo, el líquido se vaporiza a presión y temperatura constantes debido al calor latente del refrigerante cuando cruza el evaporador. Se vaporiza totalmente y se recalienta a la salida. A pesar del sobrecalentamiento la presión permanece constante. Para la caracterización del ciclo no se tiene en cuenta la disminución de temperatura en la línea de aspiración ni las pérdidas de carga que provocan una caída de presión.

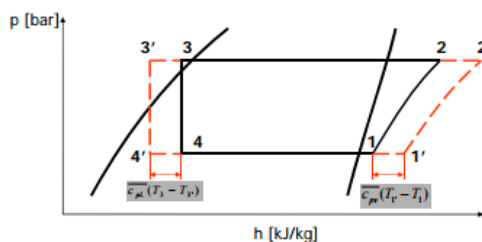


Figura 3.3. Ciclo con intercambiador (1'-2'-3'-4') y sin intercambiador (1-2-3-4).

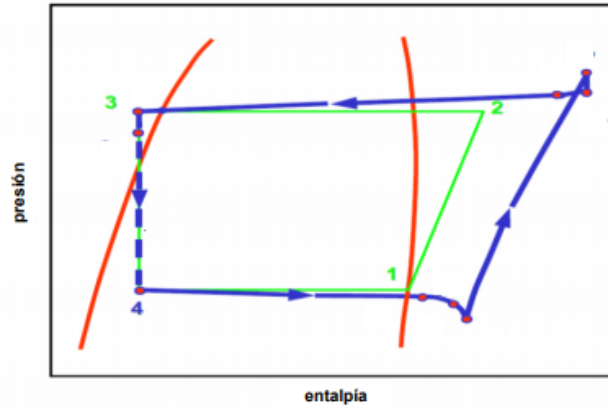


Figura 3.4. Ciclo ideal (verde) y ciclo real (azul).

3.1.3 Esquema eléctrico (CAD E SIMU Software)

El esquema eléctrico realizado se puede apreciar en la siguiente página:

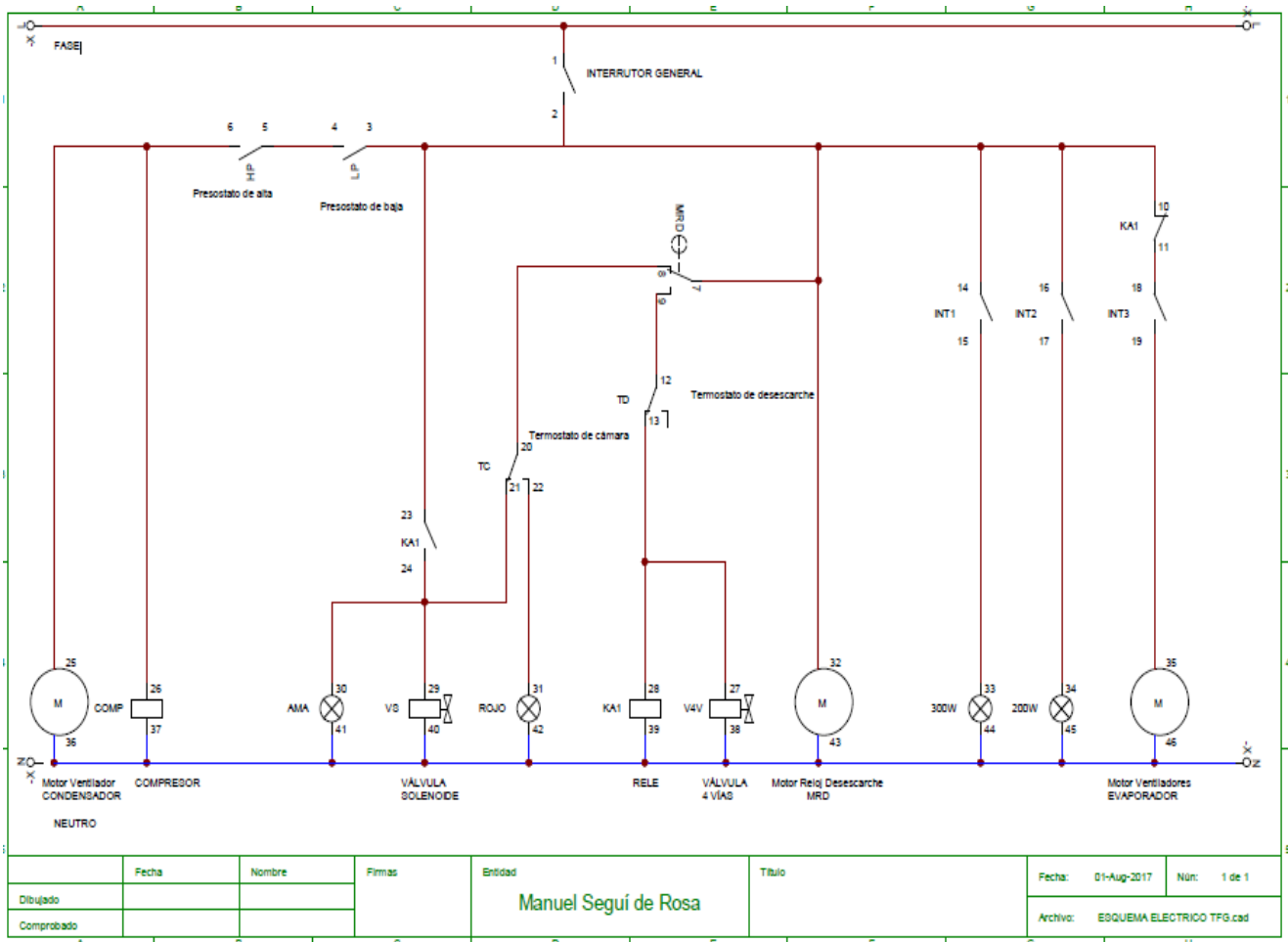


Figura 3.5. Esquema eléctrico del equipo docente.

3.2 Montaje

El montaje del equipo docente se ha realizado con la colaboración del técnico del laboratorio para realizar o supervisar las operaciones necesarias para el circuito frigorífico. Además se han dispuesto de la forma más eficiente los equipos para evitar pérdidas de carga y frío. Para poder caracterizar el ciclo se han instalado una serie de sensores como manómetros o termómetros. Para el control y la regulación del equipo se han dispuesto una serie de maniobras como el desescarche o el *pump down* que ha conllevado la instalación de aparatos como la válvula solenoide o la válvula de cuatro vías.

Para el montaje se han seguido una serie de etapas:

- Preparación de la bancada móvil:

Tras solicitar al Gregal de la UPV la mesa, para poder realizar las prácticas se han dispuesto de cuatro ruedas para hacerla móvil. Estas se han fijado a la mesa con la ayuda de unos travesaños de perfil de aluminio 40x40 mm. La bancada ha quedado dispuesta de esta forma:



Figura 3.6. Resultado de la bancada móvil.

- Fijación del evaporador al tablero:

En esta etapa se prepara el soporte de la cámara frigorífica y se deja instalado el evaporador sobre ese mismo soporte. El peso lo sostendrá el soporte sobre el tablero que es el lugar donde se colocaron los sensores y aparatos de control. El resultado ha sido el siguiente:

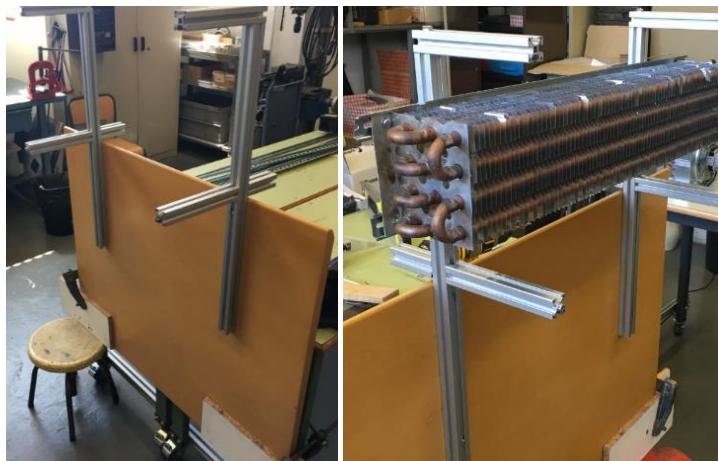


Figura 3.7. Resultado del evaporador ensamblado al tablero y el soporte de la cámara.

- Fijación de primeros equipos y el tablero a la bancada:

Sobre la mesa de la bancada se colocan el compresor, el condensador y el recipiente de líquido siendo estos fijados sobre un perfil de aluminio intermedio entre el propio equipo y la mesa. También se añade el tablero a la bancada móvil que se fija con dos travesaños por la parte trasera del propio tablero para que este descansa. El tablero lleva fijado sobre el soporte el evaporador.



Figura 3.8. Fijación de los primeros equipos y el tablero a la bancada.

- Fijación de los primeros sensores a tablero y preparación de la instalación interna de la cámara:

Se comienza con la fijación de los presostatos, los termostatos, el reloj de desescarche y el puente de manómetros. También dentro de la cámara se instalan dos ventiladores en

la parte superior del evaporador para homogeneizar la temperatura interna y evitar estratificación de aire. También se preparan dos filas de cinco bombillas en serie, con bombillas de 40W. y 60W. respectivamente para suponer una carga interna y mejorar el funcionamiento de la instalación.



Figura 3.9. Fijación de sensores e instalación interna de la cámara.

- Instalación de la línea de descarga del compresor y la línea de líquido:

En primer lugar, se coloca sobre el tablero los elementos de la línea de líquido. Estos son el filtro, el visor de líquido y la válvula solenoide. También está el recipiente de líquido a la salida del condensador pero este ya se encuentra instalado.

Tras esto se comienza con la línea de descarga del compresor y a través de operaciones como abocardar y soldar se preparan las conexión para que siga la línea al condensador y salga hacia el manómetro y el presostato de alta presión, para el control. Tras el condensador y de la misma forma que antes se prepara la línea de líquido pasando por los elementos antes citados.

También se dejan colocadas sobre la mesa de la bancada dos válvulas de cierre manual para proteger los transductores de presión.

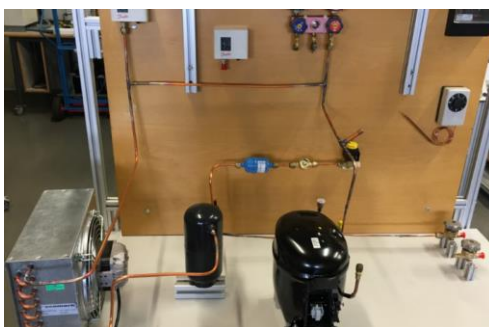


Figura 3.10. Instalación de la línea de aspiración y de líquido.

- Instalación de la línea de desescarche y la válvula de expansión:

Tras realizar la línea de aspiración se planteo la posibilidad de desescarchar por gas caliente de la descarga del compresor. Para ello se realizó una modificación en la línea introduciendo una válvula de cuatro vías. Esta válvula cambia de posición cuando así se los indican el reloj y el termostato de desescarche. La posición a la que cambia manda directamente los gases de la descarga del compresor al evaporador.

También se ha instalado la válvula de expansión justo antes del evaporador con el fin de minimizar las pérdidas de carga pero sobretodo de frío.



Figura 3.11. Instalación de la línea de desescarche y válvula de expansión.

- Instalación del intercambiador intermedio y bombillas:

Para la instalación del intercambiador intermedio se realizaron también una serie de modificaciones. Este elemento hace pasar por sí la línea de aspiración (vapor), la cual entrega frío y recibe calor de la línea del condensador (líquida). Esto produce un subenfriamiento a la entrada de la válvula de expansión y un sobrecalentamiento a la entrada del compresor. Esta maniobra produce un aumento considerable en la eficiencia del equipo.

Además se colocan las series de bombillas sobre los portabombillas con la instalación eléctrica previamente realizada.

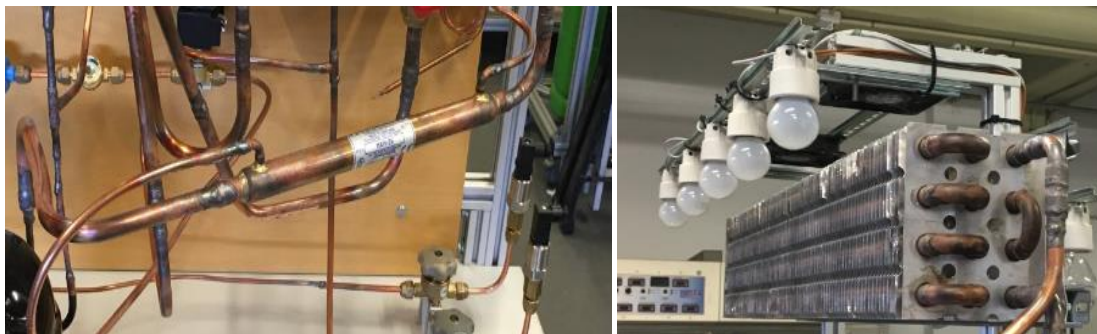


Figura 3.12. Instalación del intercambiador intermedio y de las bombillas.

- Instalaciones menores:

De forma previa al montaje de la cámara frigorífica, se prepara una caja de interruptores con las que controlar por separado las dos filas de bombillas en serie y los ventiladores de la cámara, generando así tres interruptores. También se monta sobre el tablero un interruptor que actúa de interruptor general.

Se completa abocardando, doblando y soldando la línea que comunica el condensador con la válvula de expansión para completar el circuito frigorífico.

Por último, se montan los transductores de presión para poder hacer el registro de presiones, y estos se colocan tras las válvulas manuales que se encuentran sobre la mesa para poder proteger estos dispositivos.



Figura 3.13. Resultado final del equipo sin la cámara frigorífica.

- Montaje de la cámara frigorífica y aislamiento de los tramos fríos:

Una vez finalizado el ciclo frigorífico se comienza a preparar la cámara frigorífica, dejando en su interior el evaporador. También se aíslan los tramos donde se pueden originar pérdidas de frío como sería desde la salida de la válvula de expansión al evaporador. La aspiración se aísla para aprovechar esa temperatura aun fría para subenfriar más el líquido que va a la válvula de expansión. Esto es importante ya que esas pérdidas de frío provocan pérdidas de eficiencia.



Figura 3.14. Montaje de la cámara y aislamientos.

- Cableado eléctrico del equipo:

Para finalizar el montaje, se ha seguido el esquema eléctrico para la realización del circuito. Este se ha realizado en la parte posterior del tablero por cuestiones estéticas y se ha numerado cada tramo de cable con la numeración que le corresponde del esquema. Esto supone un ahorro de tiempo en cuanto al mantenimiento de la instalación, ya que en caso de fallo permite identificar rápidamente cada conexión.

4. COMPONENTES DE LA INSTALACION (Equipos)

4.1 Introducción

Actualmente las hipótesis se relacionan con *softwares*, que en función de los parámetros característicos nos proporcionan los resultados de potencia. Estos parámetros son las condiciones ambientales de proyecto, las condiciones de cámara y el tipo de instalación. Con los resultados obtenidos se realiza la selección de equipos a través de catálogos y el tipo de instalación.

El punto de partida es el cálculo total de cargas que viene determinada por variables como: el producto a conservar, el lugar donde se realiza la instalación y las condiciones de trabajo de la cámara. Esas cargas suponen la potencia frigorífica que deben combatir los compresores y los evaporadores, o en caso de una pequeño equipo como el nuestro el compresor y el evaporador. En cuanto a la válvula de expansión y el condensador, se tiene en cuenta el balance energético así como las temperaturas de condensación y evaporación.

Para el equipo docente, no se requiere de un estudio de cargas puesto que la cámara no albergará productos y el proyecto es de carácter docente. Por tanto, se han aprovechado los equipos ya disponibles en el laboratorio como punto de partida y se han realizado los cálculos de prestaciones posteriormente, ya que la finalidad del equipo no consiste en optimizar el rendimiento.

Por último, para sustituir las cargas que tendría la instalación, se ha llevado a cabo la instalación de dos filas de bombillas en paralelo e independientes. Las sumas de cada fila de 5 bombillas producen una carga de 200 W y 300 W respectivamente. De esta forma podemos producir una carga artificial tanto de 200 W, de 300 W, como de 500 W en caso de activar las dos series.

4.2 Compresor

El compresor es el dispositivo encargado de hacer pasar el fluido refrigerante desde la presión de evaporación, correspondiente a las condiciones del foco frío, a la presión de condensación del foco caliente, por lo que hay que hacer un aporte exterior de trabajo. Por tanto, es el elemento generador del movimiento del fluido refrigerante.

La función de compresión es necesaria para aumentar la presión del vapor y conseguir así que el fluido refrigerante entre en el condensador a mayor temperatura para conseguir el cambio de estado a líquido.

Por otro lado, actúa de trasegador de la instalación al aspirar los vapores generados en el evaporador, con la finalidad de que éstos no se acumulen en el evaporador. Esta acumulación perjudicaría el rendimiento de la instalación, ya que provocaría un aumento de la presión y como consecuencia aumentaría la temperatura de evaporación.

Para el equipo docente la elección ha sido la de un compresor alternativo hermético modelo AE1390Y, del catálogo Pecomark, cuyas características técnicas se adjuntan en el Anejo. Este equipo se encuentra conectado en serie con los dos presostatos y en paralelo al ventilador del condensador. De esta forma resulta el último equipo en la maniobra de parada. Cuando la válvula solenoide cierra el ciclo cae la presión hasta que el presostato de baja corta la corriente tanto al ventilador del condensador como el compresor, culminando así esta maniobra.



Figura 4.1. Compresor alternativo hermético modelo AE1390Y

4.2.1 Tipos de compresores

- Compresor alternativo:

El compresor alternativo utiliza el pistón para comprimir el refrigerante accionado por un cigüeñal en una línea recta de ida y vuelta. Este movimiento rotativo se consigue mediante el uso de un motor eléctrico.

El pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de un cilindro. El vapor de la línea de succión se mueve a través de la válvula de admisión a medida que el pistón se mueve hacia abajo. A medida que el pistón se mueve hacia arriba, comprime el refrigerante de vapor que es entonces empujado a través de la válvula de escape al condensador.

- Compresores *Scroll*:

Un compresor *scroll* tiene una voluta fija que permanece inmóvil y otra móvil, que rota a través del uso del enlace oscilante. Cuando esto sucede, las bolsas de refrigerante entre las dos espirales son empujadas lentamente hacia el centro de los dos espirales provocando la reducción del volumen del gas. A continuación, se descarga a través del orificio central al condensador.

La ventaja del compresor *scroll* es que tiene menos piezas móviles y menor variación de par en comparación con el compresor alternativo. Esta ventaja se traduce en una operación suave y silenciosa.

El compresor *scroll* también se conoce como bomba de desplazamiento o bomba de vacío de desplazamiento.

- Compresores de tornillo:

El compresor de tornillo utiliza un par de rotores helicoidales donde atrapa y comprime el gas a medida que los rotores giran en el cilindro. En HVAC, se utilizan generalmente en sistemas con capacidad de 20 toneladas y superiores. El rotor macho y el rotor hembra están contruidos dentro del cilindro. El refrigerante de baja presión entra en un extremo del compresor y el refrigerante de alta presión resultante es descargado en el extremo opuesto al condensador.

- Compresores rotativos:

El compresor rotativo se puede dividir en dos tipos. Uno tiene láminas o paletas que giran con el eje. El otro tipo tiene la pala que permanece estacionaria y es parte del conjunto de la carcasa del compresor. En ambos tipos, el vapor de la línea de aspiración es aspirado dentro del cilindro a través del orificio de succión.

A medida que la cuchilla gira, el vapor atrapado en el espacio delante de la cuchilla es comprimido en gas de alta presión, después de lo cual es descargado al condensador a través del orificio de escape. El número de álabes puede variar de dos a ocho en un solo sistema.

- Compresores centrífugos:

El compresor centrífugo se utiliza generalmente en el sistema de refrigeración de gran capacidad. En este compresor, el vapor se mueve en un movimiento circular conocido como fuerza centrífuga. Un impulsor que es un disco con cuchillas radiales gira rápidamente dentro de esta carcasa haciendo que el gas gane velocidad.

Un difusor convierte esta energía en energía de presión y luego se descarga en el condensador. La eficiencia de bombeo aumenta con la velocidad, por lo tanto este tipo de compresores están diseñados para operar a alta velocidad.

La principal ventaja del compresor centrífugo es que no hay válvulas, pistones o cilindros. Las piezas de desgaste que necesitan atención son los cojinetes principales.

4.2.2 Ventajas e inconvenientes del compresor alternativo

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene precios hasta un 50% más económicos que su equivalente en compresor de tornillo. • Mejor rendimiento trabajando a cargas parciales. • El mantenimiento resulta más sencillo y es conocido por prácticamente todo el personal mecánico. • Sigue siendo el compresor que más se emplea en el frío comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de capacidad por etapas. • Requiere de frecuentes mantenimientos. • Las temperaturas de descarga son más elevadas lo que implica mayor consumo de aceite. • Velocidades limitadas por las inercias.

Tabla 4.1. Ventajas e inconvenientes de los compresores alternativos.

4.2.3 Comparativa de prestaciones en compresores

- Compresor alternativo:

Especificaciones técnicas			
Refrigerantes	R-134A	Tecnología de compresión	Hermético a pistón
Rango de trabajo	Baja	Intervalo Aplicación	-40°C à -10°C
Tension	240 / 1 / 50	Cilindrada	5.9 cm3
Potencia Frigorífica - 35°C	58 W	Int. Max. Amp.	1.4 A
Tipo de Motor	PTCSIR	Aplicación	Capilar
Conex. aspir. ODF	1/4 "	Conex. descar. ODF	3/16 "
Puntos de fijación	170 x 70 mm	Carga Aceite	0.26 l
Altura (mm)	178 mm		

Tabla 4.2. Especificaciones técnicas del compresor alternativo.

- Compresor rotativo:

Especificaciones técnicas			
Refrigerantes	R-134A	Tecnología de compresión	Hermético rotativo
Rango de trabajo	Aire acondicionado	Intervalo Aplicación	-15°C à +15°C
Tension	240 / 1 / 50	Cilindrada	18.1 cm3
Potencia Frigorífica + 7.2°C	2261 W	Int. Max. Amp.	5.7 A
Tipo de Motor	PSC	Aplicación	Capilar
Conex. aspir. ODF	1/2 "	Conex. descar. ODF	5/16 "
Puntos de fijación	3 Pts Ø 176 mm	Carga Aceite	0.41 l
Altura (mm)	290 mm		

Tabla 4.3. Especificaciones técnicas del compresor rotativo.

- Compresor scroll:

Especificaciones técnicas			
Refrigerantes	R-134A R-404 A	Tecnología de compresión	Hermético scroll
Rango de trabajo	Media Alta	Intervalo Aplicación	-15°C à +15°C -30°C à +10°C
Tension	400 / 3 / 50	Cilindrada	33.8 cm3
Potencia Frigorífica - 10°C	2100 4350 W	Int. Max. Amp.	7 A
Aplicación	Capilar/Válvula	Conex. aspir. ODF	3/4 "
Conex. descar. ODF	1/2 "	Puntos de fijación	191 x 191 mm
Carga Aceite	1.1 l	Altura (mm)	412 mm

Tabla 4.4. Especificaciones técnicas del compresor scroll.

Para realizar una comparativa de las prestaciones se han seleccionado tres compresores de pequeña potencia que trabajan todos con el refrigerante R-134A.

El primer punto de estudio va a ser el precio ya que eso marca el coste global de un equipo docente como el realizado. De aquí se saca la conclusión de que se ha seleccionado el compresor alternativo, el más económico, ya que no se requiere de una potencia tan grande como ofrecen el rotativo y *scroll* de menor potencia del catálogo. Este factor marca mucho el precio del dispositivo.

El compresor *scroll* necesita una tensión suministrada trifásica de 400V, siendo los otros dos monofásicos de 230V. Por tanto esto implica un mayor consumo de potencia.

De todos los compresores el *scroll* es el que mayor potencia frigorífica nos proporciona pero repercute en un coste muy superior. Además la potencia que proporcionan tanto el *scroll* como el rotativo son excesivas para el equipo. Para grandes instalaciones hay que tener en cuenta el compresor de tornillo ya que ofrece grandes potencias.

El rango de trabajo es muy significativo. El compresor rotativos principalmente se emplea en sistemas de aire acondicionado mientras que los alternativos tienen un rango de trabajo bajo y los *scroll* un rango medio-alto. El rango de trabajo está relacionado con las presiones a las que permite descargar el compresor.

En cuanto a las dimensiones, se ordenan de menor a mayor tamaño los compresores de la siguiente manera: alternativos, rotativos y *scroll*. Esto implica directamente que el alternativo tenga la menor cilindrada y carga de aceite. También la intensidad máxima sigue este orden aunque se encuentra más relacionado con las potencias de cada dispositivo.

El que menor conexión de descarga tiene es el compresor alternativo ya que es el de menor altura y dimensiones. Por últimos los intervalos de aplicación, es decir, las temperaturas de trabajo son significativas ya que el compresor alternativo tienen en sus dos márgenes temperaturas negativas. Los rotativos trabajan entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. El compresor *scroll* permite trabajar en ambos márgenes.

4.3 Evaporador

El evaporador se utiliza para convertir cualquier material líquido en gas. En este proceso, el calor es absorbido. El evaporador transfiere calor del espacio refrigerado a una bomba de calor a través de un refrigerante líquido, que hierve en el evaporador a baja presión. Para lograr la transferencia de calor, el refrigerante líquido debe estar más bajo de temperatura que los productos que se están enfriando. Después de la transferencia, el refrigerante líquido es aspirado por el compresor desde el evaporador a través de una línea de succión. El refrigerante líquido estará en forma de vapor al salir de la bobina del evaporador.

El intercambiador se construye a partir de baterías de tubos, es decir, constan de un serpentín o conjunto de tubos por el interior de los cuales circula el fluido refrigerante y

a éstos se sueldan una serie de láminas para aumentar la superficie de transferencia de calor. El aire se hace circular de manera forzada mediante ventiladores favoreciendo el intercambio térmico por convección.

La naturaleza de los metales va en función del fluido frigorífico utilizado en el equipo. Para el amoníaco los tubos serán de acero y las aletas de aluminio; y para este equipo que trabaja con un clorofluorado, el R134a, serán de cobre los tubos y las aletas de aluminio.

Para el equipo docente la elección ha sido la de un evaporador estático (de aire por convección natural) modelo V12/900, del catálogo Pecomark, cuyas características técnicas se adjuntan en el Anejo.

Este equipo es el encargado de absorber el calor de la cámara frigorífica, proporcionándole frío. Además, en este intercambiador se produce la evaporación del fluido frigorífico.

Durante la prueba de la puesta en marcha, debido a la temperatura de evaporación (negativa) se pudo apreciar cómo se genera hielo en la superficie de las aletas de este intercambiador. Este hielo reduce la transmisión de calor ya que actúa como aislante térmico. El mecanismo para evitar esta pérdida de eficiencia es el desescarche. En el equipo se ha implementado la maniobra con una válvula de cuatro vías colocada en la descarga del compresor. El reloj y el termostato de desescarche, colocados en serie, son los que en caso de necesidad le hacen llegar la corriente a la válvula de cuatro vías, y esta cambia su posición para enviar los vapores calientes de la descarga del compresor al evaporador. Para completar la maniobra es necesario que se desconecten los ventiladores del evaporador y se coloque una bandeja de goteo para no inundar la cámara ni estropear el producto con el goteo del hielo.



Figura 4.2. Evaporador estático (aire por convección natural) modelo V12/900

4.3.1 Tipos de evaporadores

Según su naturaleza se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Evaporador inundado:

En un tipo de evaporador inundado con válvula de control de flotador , el flujo de líquido pasa por los tubos y hierve debido a la adsorción de calor de la sustancia más caliente, que se enfría. Del vapor resultante se forman burbujas de ebullición en la cámara de evaporación, donde se separa el líquido del vapor.

El vapor separado pasa al compresor y el líquido vuelve al evaporador. La cámara de evaporación recoge el vapor formado por el refrigerante líquido hirviendo en el evaporador y el vapor obtenido en el dispositivo de expansión. En un tipo inundado se mantiene el nivel de líquido refrigerante del evaporador. La válvula de flotador se utiliza como dispositivo de estrangulación.

La eficiencia de transferencia de calor aumenta porque toda la superficie está en contacto con el refrigerante líquido. Pero la carga de refrigerante es relativamente grande en comparación con el tipo de expansión en seco.

El acumulador se utiliza para evitar que el líquido entre en el compresor. La bobina del evaporador se pone en contacto con el acumulador y el flujo de líquido generalmente por gravedad. El vapor formado por la vaporización del líquido en la bobina, que es más ligero, se eleva y pasa a la parte superior del acumulador desde donde entra en la línea de succión.

En algunos casos se proporcionan eliminadores de líquido en la parte superior del acumulador para evitar el posible trasvase del líquido a la línea de succión. También se usa un intercambiador de calor de succión de líquido en la línea de succión para sobrecalentar el vapor de succión.

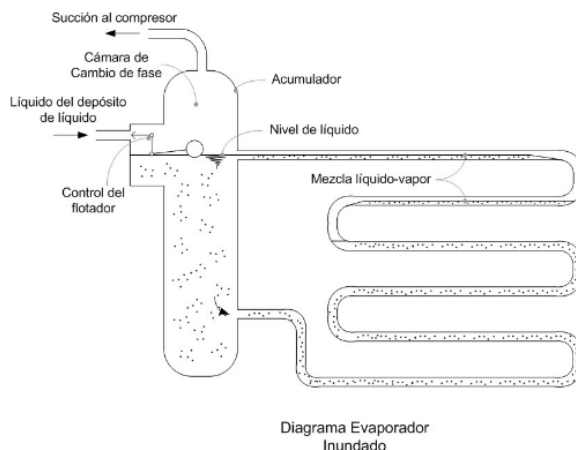


Figura 4.3. Descripción de un evaporador inundado

- Evaporador de expansión seca:

A diferencia del refrigerador de líquido que alimenta el líquido refrigerado a las bobinas, que se utilizan para enfriar aire, el evaporador se denomina evaporador de expansión directa si las bobinas del evaporador con refrigerante que las atraviesa se usan directamente para enfriar el aire por convección natural o forzada.

Para mejorar el retorno del aceite lubricante al compresor, la alimentación del refrigerante viene a través de la válvula de expansión termostática situada en la parte superior normalmente. Se sopla aire por el exterior de los tubos con aletas.

La bobina de expansión directa es la preferida para aplicaciones de aire acondicionado, donde el evaporador está muy cerca de los compresores. Este es el método directo de enfriamiento de la sustancia y, por tanto, bastante eficaz. Es preferible enfriar el agua y bombearla a la bobina de enfriamiento de aire, cuando la bobina tiene que estar situada muy lejos del compresor.

Existe la posibilidad de fugas de refrigerante para largas distancias, y el costo del refrigerante sería alto. Además, la caída de presión en la línea disminuiría el coeficiente de rendimiento y eficiencia del evaporador. La válvula de expansión controla la velocidad del refrigerante al evaporador de tal manera que todo el líquido es vaporizado

y el vapor también está sobrecalentado en una extensión limitada. El interior del evaporador está lejos de estar seco, se encuentra humedecido con líquido.

De todas maneras, este tipo se llama expansión en seco para distinguirlo del sistema inundado y también probablemente porque el refrigerante que llega a la salida del evaporador ya no está mojado, resulta vapor seco sobrecalentado.

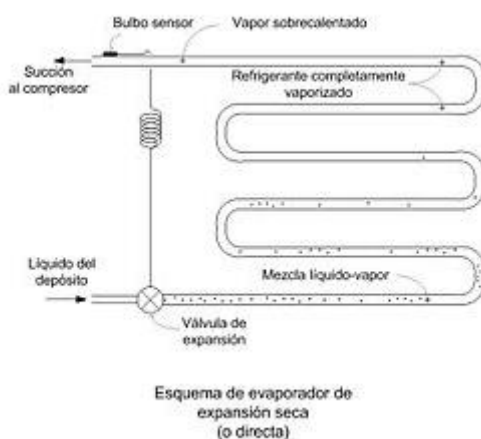


Figura 4.4. Descripción de un evaporador de expansión seca.

- Evaporador sobrealimentado:

Un evaporador de sobrealimentación de líquido es aquel en el que la cantidad de refrigerante líquido circulación a través del evaporador es considerablemente superior a la que puede ser vaporizado. Estos sistemas son más común y económicamente empleados en múltiples sistemas de evaporadores. La aplicación principal de estos evaporadores es industrial.

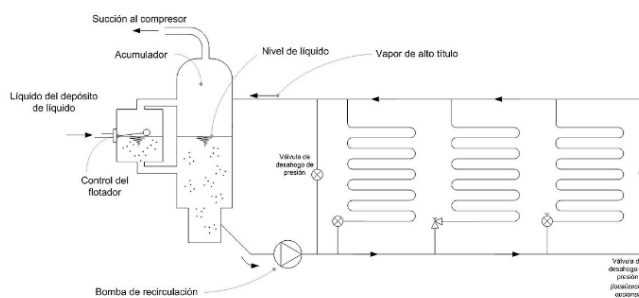


Figura 4.5. Descripción de un sistema de evaporadores sobrealimentados.

También se pueden clasificar según su construcción:

- De tubo liso: Se construyen de con tubo de acero o cobre, con forma geométrica variada según convenga.
- De placas: Consiste en dos placas metálicas acanaladas unidas por soldadura, conformando una estructura interior de tubos en los que se vaporiza el refrigerante.
- De aletas: Están formados por un serpentín de tubería de cobre a la cual se le aplican aletas de aluminio para aumentar la superficie de transmisión.

4.4 Condensador

El condensador es el intercambiador de calor donde se produce la condensación del fluido frigorífico que proviene de la descarga del compresor. Para conseguir este intercambio se requiere de un agente de condensación que puede ser una corriente de aire, de agua o ambas.

La condensación cambia el gas a una forma líquida. Su principal objetivo es licuar el gas refrigerante aspirado por el compresor desde el evaporador. A medida que empieza la condensación, el calor fluirá desde el condensador hacia el aire, sólo si la temperatura de condensación es mayor que la de la atmósfera. El vapor de alta presión en el condensador se enfriará de nuevo para convertirse en un refrigerante líquido, esta vez con un poco de calor. El refrigerante líquido fluirá entonces desde el condensador a una línea de líquido.

Para el equipo docente la elección ha sido la de un condensador de aire modelo AT-16N, del catálogo Pecomark, cuyas características técnicas se adjuntan en el Anejo. Además se ha instalado junto con un motor de 10W, una hélice y una rejilla circular, como se observa en la figura. Esto se realiza para que actúe de ventilador.

Este intercambiador es el encargado de liberar calor al ambiente y en el que se produce la condensación del fluido refrigerante a estado líquido. Es aquí donde arranca la línea de líquido, donde se sitúan distintos elementos mecánicos como el recipiente de líquido, el visor, el filtro y la válvula solenoide, la cual comienza la maniobra de parada

cortando el circuito frigorífico. El motor de este equipo se encuentra conectado en paralelo al compresor.



Figura 4.6. Condensador de aire modelo AT-16N con rejilla y motor adjunto.

4.4.1 Tipos de condensadores

- Condensadores por aire:

Los condensadores enfriados por aire se utilizan en unidades pequeñas como refrigeradores domésticos, congeladores, enfriadores de agua, acondicionadores de aire para ventanas, acondicionadores de aire divididos, etc. Se utilizan en plantas donde la carga de enfriamiento es pequeña y la cantidad total del refrigerante en el ciclo de refrigeración es pequeña. Los condensadores enfriados por aire también se llaman condensadores de bobina, ya que generalmente están hechos de bobina de cobre o de aluminio. Los condensadores refrigerados por aire ocupan un espacio comparativamente mayor que los condensadores refrigerados por agua.

Los condensadores refrigerados por aire son de dos tipos: convección natural y convección forzada. En el tipo de convección natural, el aire fluye sobre él en forma natural dependiendo de la temperatura de la bobina del condensador. En el tipo de aire forzado, un ventilador accionado por un motor sopla aire sobre la bobina del condensador

- Condensadores por agua:

Los condensadores enfriados por agua se utilizan para grandes plantas frigoríficas, grandes acondicionadores de aire empacados, centrales de aire acondicionado, etc. Se utilizan en plantas donde las cargas de enfriamiento son excesivamente altas y una gran cantidad de refrigerante fluye a través del condensador.

Hay tres tipos de condensadores enfriados por agua: tipo doble tubo, tipo de carcasa y bobina y tipo de carcasa y tubo. En todos estos condensadores el refrigerante fluye a través de un lado de la tubería mientras el agua fluye a través de la otra tubería, enfriando el refrigerante y condensándolo.

- Condensadores evaporativos:

Los condensadores evaporativos se usan generalmente en plantas de hielo. Son una combinación de condensadores enfriados por agua y refrigerados por aire. En estos condensadores el refrigerante caliente fluye a través de las bobinas. El agua es rociada sobre estas bobinas. Al mismo tiempo, el ventilador aspira aire desde la parte inferior del condensador y lo descarga desde la parte superior del condensador. El agua de pulverización que entra en contacto con la bobina del condensador se evapora en el aire y absorbe el calor del condensador, enfría el refrigerante y lo condensa.

Los condensadores evaporativos tienen los beneficios de refrigeración por agua, así como condensador refrigerado por aire, por lo tanto, ocupa menos espacio. Sin embargo, mantener el condensador evaporativo limpio y libre de escala es muy difícil y requiere mucho mantenimiento.

4.5 Válvula de expansión

La válvula de expansión, como elemento de control de flujo refrigerante que es, tiene las siguientes funciones principales:

En primer lugar, regular el caudal de líquido refrigerante desde la línea de líquido hasta el evaporador. De esta forma se consigue que el evaporador pueda vaporizar todo el líquido que recibe.

En segundo lugar, se emplean para mantener una diferencia de presiones entre la presión de alta y la de baja del equipo. De esta manera se permite que el refrigerante se vaporice bajo las condiciones de presión más baja existentes en el evaporador, mientras que la condensación se produce en el condensador, a alta presión.

Para el equipo docente la elección ha sido la de una válvula de expansión termostática modelo Castel 2220/4, del catálogo Pecomark, cuyas características técnicas se adjuntan en el Anejo. Este dispositivo realiza la expansión del líquido refrigerante, y esta expansión es la que produce la bajada de la temperatura necesaria. La salida de la válvula de la expansión ha de estar aislada para evitar pérdidas de frío ya que el fluido pasa directamente al evaporador.



Figura 4.7. Válvula de expansión termostática Castel modelo 2220/4.

4.5.1 Tipos de válvulas de expansión:

- Válvula de expansión termostática:

La válvula de expansión termostática utiliza un mecanismo de válvula para controlar el flujo de refrigerante líquido en la bobina del evaporador. El flujo es controlado por la presión en el evaporador.

Este tipo de dispositivo de dosificación es capaz de funcionar bien cuando la carga fluctúa. Cuando el evaporador se calienta, la válvula proporciona un caudal más alto y cuando se enfría, reduce el caudal.

También se refiere comúnmente a la válvula TXV, TEV o TX. Hay un bulbo de detección que detecta la temperatura de la bobina y se encuentra generalmente a una temperatura más alta dentro del evaporador.

El bulbo debe sujetarse firmemente a la bobina para asegurar una detección adecuada. Cuando la temperatura del evaporador aumenta debido a la demanda de refrigeración, la presión en el bulbo también aumentará, por lo tanto empujando el muelle para abrir la válvula.

De forma similar, cuando la temperatura del evaporador se reduce debido a una falta de demanda de enfriamiento, la presión en el bulbo caerá por lo tanto haciendo que el resorte cierre la válvula.

Estas válvulas pueden ser de tubo capilar o con compensación exterior de presión. Estas últimas son muy indicadas para equipos grandes o en los que se trabaje a altas presiones.

- Válvula de expansión manual:

Estos se utilizan para instalaciones de refrigeración de CO₂ donde el compresor lo arranca y lo detiene un operario. El compresor se pone en marcha con la válvula de expansión abierta. La válvula se cierra entonces para aumentar la presión en el lado del condensador hasta que la temperatura de saturación o condensación para la presión sea de cinco o seis grados más que de la del agua de mar refrigerada.

Después de ajustar la válvula de expansión manual de esta manera, se comprueba el manómetro de la succión del compresor. La temperatura equivalente de saturación o de ebullición mostrada para la presión de succión o evaporación tiene que ser aproximadamente cinco o seis grados menor que la temperatura de la salmuera. Muchos sistemas modernos de refrigeración tienen una válvula de expansión de emergencia que se puede ajustar manualmente de una manera similar.

Las válvulas de expansión accionadas manualmente tienen la desventaja de no responder a cambios en la temperatura de la carga o del y deben ajustarse con

frecuencia. La válvula en sí es una válvula de aguja de tornillo de abajo dimensionada para dar ajuste fino.

- Válvula de expansión electrónica:

La válvula de expansión electrónica (EEV) funciona con un diseño mucho más sofisticado. Las EEV controlan el flujo de refrigerante que entra en un evaporador de expansión directa. Estas válvulas hacen esto en respuesta a las señales enviadas a ellos por un controlador electrónico. Un pequeño motor se utiliza para abrir y cerrar el puerto de la válvula. Los motores paso a paso no giran continuamente. Están controlados por un controlador electrónico y giran una fracción de revolución para cada señal que les envía el controlador electrónico. El motor escalonado es accionado por un tren de engranajes, que posiciona un pasador en un puerto en el que fluye refrigerante.

Los motores paso a paso pueden funcionar a 200 pasos por segundo y pueden volver a su posición exacta muy rápidamente. El controlador recuerda el número de señales de paso enviadas por el controlador. Esto hace posible que el controlador devuelva la válvula a cualquier posición anterior en cualquier momento. Esto da a la válvula un control muy preciso del refrigerante que fluye a través de él.

- Tubo capilar:

El tubo capilar es otro dispositivo empleado para la expansión del líquido refrigerante. Es un tubo con pequeño diámetro interno y podría enrollarse durante una parte de su longitud. Se instala en la línea de succión. A veces se instala un filtro secador antes del tubo para eliminar la suciedad o la humedad del refrigerante.

Este dispositivo es simple, no tiene ninguna pieza en movimiento y dura más tiempo. Para utilizar este dispositivo, la cantidad de refrigerante en el sistema debe calibrarse correctamente al nivel del fabricante.

Debido a su menor costo en comparación con TXV, este dispositivo de medición se utiliza en unidades que se producen en gran cantidad.

4.7 Cámara frigorífica

Una cámara frigorífica es un almacén, sobre la que se genera una temperatura de manera artificial, que suele ser inferior a la temperatura ambiente. La temperatura interna es dependiente del producto a almacenar mercancía.

Una aplicación conocida es la de conservar o congelación de alimentos. En el caso de los congelados se almacenan a temperaturas por debajo de congelación. Verduras y frutas se almacenan a 0 ° C y frutas tropicales y subtropicales entre 5-13 °C.

También se utilizan para productos técnicos, por ejemplo, para almacenar sustancias químicas a una temperatura correspondiente a la temperatura de procesamiento.

En el equipo realizado, la cámara no está destinada a conservación ya que se trata de un equipo docente. Las dimensiones son reducidas por ello, 54x40x106 cm. La cámara ha sido realizada con panel aislante como se aprecia en el montaje, y el resultado final es el siguiente:



Figura 4.8. Cámara frigorífica del equipo docente.

4.7 Accesorios del equipo frigorífico

4.7.1 Intercambiador intermedio

Para producir recalentamiento en la aspiración del compresor, así como para conseguir subenfriamiento a la entrada de la válvula de expansión termostática introducimos un

elemento intermedio denominado intercambiador de recalentamiento-subenfriamiento. Este elemento consta de dos entradas y dos salidas independientes.

Por un lado, una entrada y una salida están dedicadas a la línea de líquido sobre la cual se produce el subenfriamiento previo a la válvula de expansión. En segundo lugar, una línea de gas que se recalienta desde la salida del evaporador a la aspiración del compresor.

El uso del intercambiador intermedio es para asegurar que en el compresor entra vapor recalentado (fluido fuera de la campana de saturación). En función del refrigerante y de las presiones del ciclo esto puede mejorar o empeorar el EER.

Para el equipo docente la elección ha sido la de un intercambiador intermedio modelo PACKLESS HXR-25, del catálogo Pecomark.



Figura 4.9. Intercambiador intermedio modelo PACKLESS HXR-25.

4.7.1.1 Sobrecalentamiento y subenfriamiento

No se considera una maniobra como las citadas previamente, ya que el intercambiador produce este efecto durante el funcionamiento normal del equipo; pero resulta importante para la mejora del rendimiento de la instalación. El componente encargado de llevarlas a cabo es el intercambiador intermedio. El funcionamiento de este dispositivo nos permite subenfriar el líquido a la salida del condensador, para asegurar que solo entre líquido a la válvula de expansión. Simultáneamente, se sobrecalienta el fluido refrigerante para asegurar que el compresor solo aspire vapor. De esta forma, además de mejorar el rendimiento de la instalación, supone un mecanismo de protección.

La medición de esta maniobra la realizamos con los *displays* de temperatura instalados a la entrada y salida del evaporador y condensador.

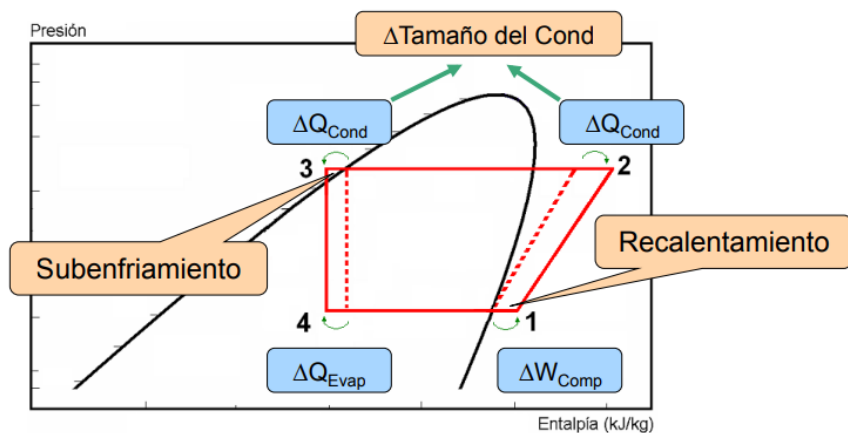


Figura 4.10. Representación del subenfriamiento y sobrecalentamiento en el ciclo.

4.7.2 Válvulas complementarias

- Válvula de cuatro vías:

Esta válvula se instala para producir una desviación del fluido frigorífico en el ciclo. Generalmente se emplea en maniobras de regulación o de control.

En el equipo docente, se ha instalado para asegurar la maniobra de desescarche. La entrada de esta válvula es la descarga del compresor, y por su salida natural continúa hacia el condensador. La maniobra la marca el reloj de desescarche que acciona eléctricamente esta válvula y desvía el fluido frigorífico directamente al evaporador. De esta forma, los gases de la descarga que se encuentran a una alta temperatura, al circular por el evaporador, producen ese desescarche deseado. Para que se produzca el accionamiento se instala la válvula junto con una bobina cuyas referencias se encuentran en el presupuesto.

Por último la cuarta vía queda ciega debido a que no es necesaria otra vía.

Para realizar la maniobra de desescarche existe la posibilidad de realizar una bifurcación en la descarga del compresor, de forma que una rama vaya directamente al evaporador. El elemento que mantendría esta rama cortada sería otra válvula solenoide. Cuando se diera la necesidad de desescarchar, se mandaría corriente a la solenoide para que abriera

el paso. El elemento empleado, la válvula de cuatro vías, es característico del desescarche por inversión de ciclo. Este mecanismo es el empleado en las bombas de calor. De esta forma, el evaporador actuaría de condensador y viceversa.

Para el equipo docente la elección ha sido la de una válvula de cuatro vías modelo SHF-19002/SHF, del catálogo Pecomark.



Figura 4.11. Válvula de 4 vías modelo SHF-19002/SHF.

- Válvulas de retención o antiretorno:

Estas válvulas se instalan en aquellas tuberías donde es importante que el fluido solo circule en un sentido. Se seleccionan a partir del diámetro de la tubería en la que se instalan.

Para el equipo docente, son necesarias al menos dos de estas válvulas para la maniobra de desescarche. Una se coloca a la salida de la válvula de expansión y otra en la vía de desescarche.

De esta forma se asegura que cuando se recirculen los gases calientes de la descarga del compresor al evaporador, estos no circulen a la válvula de expansión, ya que interesa que se mantenga fría al ser una maniobra corta. Además cuando el fluido frigorífico circula de forma que se cumple el ciclo simple, la segunda válvula antiretorno impide que circule el fluido por esta rama de desescarche, la cual interesa que se mantenga caliente.

En el equipo docente la elección ha sido la de dos válvulas antiretorno modelo Castel 1/2S, del catálogo Pecomark.



Figura 4.12. Válvulas antiretorno modelo Castel 1/2S.

- Válvula solenoide:

Es una válvula que accionada eléctricamente cierra o abre un circuito frigorífico. Consiste en un bobinado de hilo conductor de cobre aislado y un núcleo de hierro que se desplaza hacia el campo magnético del bobinado cuando este está excitado eléctricamente.

Para nuestro equipo docente, esta válvula es la encargada de la maniobra denominada *pump down* junto con el compresor que sigue funcionando una vez accionada. El sensor que determina el accionamiento de la válvula solenoide es el termostato de cámara. De esta forma, cuando se alcanza la temperatura deseada en la cámara, la válvula solenoide cierra el ciclo y es el compresor el que sigue trabajando hasta que la presión sea inferior a la del presostato de baja con lo que también pararían el compresor y el motor del ventilador del condensador.

En el equipo docente la elección ha sido la de una válvula solenoide modelo Castel 1020/2 con conexión 1/4", del catálogo Pecomark.



Figura 4.13. Válvula solenoide modelo Castel 1020/2 con conexión 1/4".

- Válvulas de cierre manual:

Estas válvulas se con la finalidad de poder aislar cuando sea conveniente algún elemento del equipo docente; ya sea por cuestiones de mantenimiento, reparación o sustitución.

Esta definición se aplica en nuestro equipo en las dos válvulas de cierre instaladas antes de los transductores de presión, ya que estos con el uso se descalibran y por tanto es necesaria su sustitución para volver a realizar la calibración. También supone un mecanismo de protección para estos costosos dispositivos.

En el equipo docente la elección ha sido la de dos válvulas de cierre manual modelo Danfoss BML-6, del catálogo Pecomark.



Figura 4.14. Válvulas de cierre manual modelo Danfoss BML-6.

Además, se ha requerido de otra válvula de cierre manual en la vía de desescarhe. Esto se realiza junto con un manómetro para poder regular los gases de descarga del compresor. Esta instalación tiene como finalidad controlar el deshielo en el evaporador

ya que se produciría un goteo en la cámara que sería perjudicial para los hipotéticos productos alimenticios.

En el equipo docente la elección ha sido la de una válvula de cierre manual modelo Danfoss BML-12, del catálogo Pecomark.



Figura 4.15. Válvula de cierre manual modelo Danfoss BML-12 con manómetro.

4.7.3 Recipiente de líquido

Este elemento es necesario para el equipo docente. Esto se debe a que el líquido refrigerante una vez condensado, pasa a un depósito acumulador de líquido en el que se separa el gas y líquido, permitiendo, únicamente, la salida de líquido saturado a la válvula de expansión y posteriormente al evaporador. En grandes instalaciones en las que se trabaja con evaporadores inundados también es necesario un recipiente de estas características para asegurar que la aspiración del compresor sea de vapor y no entre líquido.

En el equipo docente la elección ha sido la de recipiente de líquido modelo C-25, del catálogo Pecomark.



Figura 4.16. Recipiente de líquido modelo C-25.

4.7.4 Visor de líquido y filtro

- Visor de líquido:

Es una conexión corta y transparente que permite observar el fluido refrigerante. En nuestro equipo, se sitúa después del filtro y antes de la válvula de expansión. Este dispositivo mecánico muestra la presencia o ausencia de burbujas de vapor en la línea de líquido. Además, suele incorporar un disco de sal higroscópica que cambia de color cuando detecta humedad en el sistema, aunque no en el equipo docente.

En el equipo docente la elección ha sido la del visor de líquido modelo Castel 3710-3910/22, del catálogo Pecomark.



Figura 4.17. Visor de líquido modelo Castel 3710-3910/22.

- Filtro deshidratador:

El filtro deshidratador se coloca después de la bobina del condensador y antes de la válvula de expansión, es decir, en la línea de líquido. El refrigerante líquido que fluye

desde el condensador a la válvula de expansión se filtra de las partículas y la humedad antes de entrar en ella.

Este elemento mecánico tiene relevancia ya que evita agarrotamientos en la válvula de expansión así como la hidrólisis del fluido refrigerante.

En el equipo docente la elección ha sido la del filtro deshidratador modelo Castel D303/2, del catálogo Pecomark.



Figura 4.18. Filtro deshidratador modelo Castel D303/2.

4.8 Aparatos de regulación y seguridad

4.8.1 Termostatos

El termostato es un componente que detecta la temperatura de un sistema para que la temperatura del sistema se mantenga cerca de un punto de ajuste deseado. Para ello consta de tres partes:

- Un órgano de detección: el termómetro.
- Un órgano de accionamiento: interruptor eléctrico.
- Un dispositivo de enlace mecánico que une los dos anteriores.

Hay varios tipos de termostatos, pero en el equipo docente la elección ha sido la de los termostatos de bulbo modelo Danfoss UT-72, del catálogo Pecomark.

Los termostatos que se han colocado en el tablero de sensores son dos: el termostato de cámara y el de desescarche. Cada uno es independiente y son los sensores que marcan las maniobras de *pump down* y de desescarche respectivamente.

El termostato de cámara marca la marcha de la instalación. Por cuestión de eficiencia, cuando se alcanza la temperatura de cámara deseada, la instalación detiene su funcionamiento hasta que esa temperatura aumente con lo que vuelva a arrancar. El termostato de cámara, en su posición normal, se conecta en serie con la válvula solenoide. De esta forma cuando la temperatura deseada de cámara se alcanza el termostato, se produce el cierre de la válvula solenoide. Esto conlleva una reducción paulatina de la presión hasta que el presostato de baja le corte la corriente en última instancia al compresor y al ventilador del condensador.

El termostato de desescarche recibe la corriente del reloj de desescarche. Este se programa para realizar la maniobra en un tiempo determinado y es el termostato el que, en caso de necesidad, le haga llegar corriente a la válvula de cuatro vías. Esta válvula es la encargada de enviar los vapores de la descarga del compresor directamente al evaporador para desescarcharlo.



Figura 4.19. Termostato modelo Danfoss UT-72.



Figura 4.20. Situación de los termostatos en el tablero de sensores.

4.8.2 Presostatos

Un presostato es un interruptor que cierra un contacto eléctrico cuando se ha alcanzado una determinada presión de fluido en su entrada. El interruptor puede estar diseñado para hacer contacto ya sea con el aumento de presión o con la caída de presión. Además, los presostatos Danfoss permiten ajustar un diferencial de seguridad para proteger los equipos.

Existen dos presostatos: el de alta presión y el de baja presión, que ambos tienen la función de detener el compresor en caso de que aumente o disminuya la presión de trabajo y así proteger la instalación o equipo. El de alta es de control de la instalación y el de baja es el encargado de la maniobra de parada y el *pump down*. Cuando la válvula solenoide corta la línea de líquido se produce un descenso en la presión hasta que este presostato actúa.

En el equipo docente la elección ha sido la de los presostatos modelo Danfoss KP1, del catálogo Pecomark.



Figura 4.21. Situación de los presostatos modelo Danfoss KP1 en el tablero de sensores.

4.8.3 Manómetros

El manómetro es un instrumento para medir la presión de un fluido, que consiste en un tubo lleno de un líquido, estando determinado el nivel del líquido por la presión del fluido y la altura del líquido que se indica en una escala.

Al igual que en el caso de los presostatos, se instala un manómetro para el control tanto de la alta presión como de la baja.

En el equipo docente la elección ha sido la de los manómetros modelo 125-P/2, del catálogo Pecomark.



Figura 4.22. Situación de los manómetros modelo 125-P/2 en el tablero de sensores.

Además, para la maniobra de desescarche se ha instalado otro manómetro adjunto a la válvula de cierre manual para controlar la caída de presión provocada. Esto se hace para regular los vapores a alta presión que entrarían directamente al evaporador.

En el equipo docente la elección ha sido la del manómetro modelo 126-P/2, del catálogo Pecomark.

4.8.4 Transductores

Un transductor de presión, es un dispositivo que convierte la presión en una señal eléctrica analógica.

La conversión de la presión en una señal eléctrica se consigue mediante la deformación física de las medidoras de deformación que están unidas en el diafragma del transductor de presión y cableadas en una configuración de puente de trigo. La deformación producirá un cambio de resistencia eléctrica proporcional a la presión.

En el equipo docente la elección ha sido la de dos transductores de presión modelo TC 716-274, del catálogo Pecomark.



Figura 4.23. Transductores de presión modelo TC 716-274.

- **Proceso de monitorización de los transductores:**

Estos dispositivos requieren de una calibración para mostrar los resultados de presión deseados a través de la tensión.

En primer lugar, se alimentan los transductores con una fuente de alimentación continua con unos márgenes de trabajo de tensión de 0-30 V y una intensidad de 0-5 A. La fuente de alimentación es la siguiente:

Por tanto, el proceso de calibración queda de la siguiente manera:

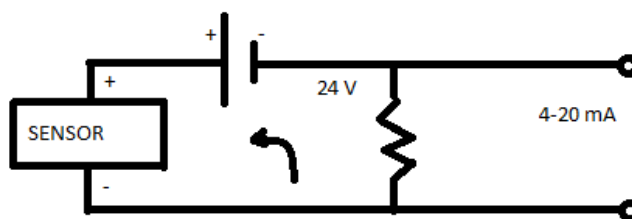


Figura 4.26. Proceso y cálculo de la calibración de los transductores.

$$V = I \times R$$

$$V_{max} = 20 \times 10^{-3} * R \text{ (siendo } V_{max} = 10 \text{ V)} \rightarrow R = 500 \text{ ohmios}$$

$$V_{min} = 4 \times 10^{-3} * 500 = 2 \text{ V}$$

$$V_{max} = 10 \text{ V} \rightarrow 25 \text{ bar}$$

$$V_{min} = 2 \text{ V} \rightarrow 0 \text{ bar}$$

4.8.5 Reloj de desescarche

Este reloj programador es un dispositivo que controla el desescarche por un tiempo fijo establecido. Su funcionamiento consiste en enviar una señal de inicio y otra final cuando el tiempo finaliza. En el equipo docente, la señal es enviada al termostato de desescarche.

En el equipo docente la elección ha sido la de un reloj programador de desescarche modelo THEBEN FRI-77, del catálogo Pecomark.



Figura 4.27. Reloj programador de desescarche modelo THEBEN FRI-77.

4.8.6 Termómetros

Por necesidades docentes y de control de los intercambiadores, se han instalado cuatro termómetros digitales de 230 V. con sonda NTC. Estos se encargan de medir las temperaturas a la entrada y a salida tanto del evaporador como del condensador.

En el equipo docente la elección ha sido la de cuatro termómetro digitales modelo AKO TDP-10, del catálogo Pecomark.



Figura 4.28. Termómetro digital modelo AKO TDP-10.



Figura 4.29. Situación de los cuatro *displays* modelo AKO TDP-10.

4.9 Tuberías

En el equipo se han diseñado la tuberías para:

- Asegurar el retorno de aceite al compresor.
- Conseguir una buena alimentación de los evaporadores.
- Evitar una caída de presión excesiva.

- Proteger el compresor de la pérdida de aceite de lubricación.
- Evitar que el refrigerante líquido llegue al compresor durante el funcionamiento y parada.

Las tuberías son de cobre para el cumplimiento de la normativa establecida en la instrucción MI.IF-005.

El buen dimensionamiento de la línea de aspiración implica que no se produzca una excesiva pérdida de carga de fluido refrigerante ya que forzaría al compresor a trabajar a una presión de aspiración más baja para mantener la temperatura de evaporación deseada en el evaporador. Esto provocaría una pérdida importante de capacidad y eficiencia.

Las tuberías de aspiración deben estar aisladas para reducir las ganancias de calor.

El hecho de dimensionar mal la tubería de descarga también afecta directamente a la capacidad del sistema. Una elevada caída de presión en las líneas de gas caliente incrementa la potencia del compresor y disminuye su capacidad.

Los tamaños de tubería empleados en cada línea son los siguientes:

Tuberías	Diámetro en pulgadas (")	Diámetro exterior (mm)
Tubería de aspiración	1/2 "	12,7
Tubería de descarga	3/8 "	9,525
Tubería de líquido	1/4"	6,35

Tabla 4.5. Dimensiones de las tuberías del equipo.

En el equipo docente, debido a las limitaciones del sistema no ha sido necesario realizar un dimensionado de tuberías ya que se disponían pocos estándares normalizados. El sistema de medida en la normalización de tuberías son las pulgadas ("). Las medidas obtenidas del dimensionado de tuberías son en milímetros, por lo que se selecciona el diámetro inmediatamente superior al obtenido en los resultados del cálculo.

Además, han sido relevantes las acciones de soldar y abocardar. De esta forma se han realizado las conexiones con los equipos principales y con elementos intermedios como el visor de líquido.

Por último, estos equipos y elementos, con los cuales se contaba de forma previa al diseño, han marcado los diámetros de las tuberías ya que es posible realizar reducciones de diámetros, pero no es conveniente realizarlo ni a la entrada ni a la salida de los equipos; y sí en la mitad de un tramo de tubería para la conexión con el siguiente equipo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados teóricos obtenidos (SOLKANE Software)

Para el cálculo del ciclo en el software SOLKANE se introducen los siguientes parámetros de entrada:

Refrigerante	t_c (°C)	p_c (bar)	v_c (dm ³ /kg)
R134a	101,06	40,59	1,954

Componente	Parámetro	Valor	Unidad
Vaporizador	Temperatura	-5,00	°C
	Recalentamiento	7,00	K
	Pérdida de presión	0,00	bar
	Capacidad frigorífica	0,30	kW
Condensador	Temperatura	40,00	°C
	Subenfriamiento	5,00	K
	Pérdida de presión	0,00	bar
Compresor	Rendimiento isotrópico	0,773	Auto
	Transmisor térmico interior	Diferencia de temperatura mín.	5,00 K
Conducto de gas por aspiración	Recalentamiento	5,00	K
	Pérdida de presión	0,00	bar
Conducto de gas de presión	Enfriamiento	2,00	K
	Pérdida de presión	0,00	bar

Figura 5.1. Parámetros de entrada.

Estos vienen determinados por las condiciones de proyecto relacionadas con el ambiente para la condensación y las condiciones de cámara para la temperatura de evaporación. La potencia frigorífica nos la proporciona el evaporador disponible y el gasto másico trasegado, la carga en la instalación. Se suponen pérdidas de carga nulas para el cálculo.

Del cálculo obtenemos los siguientes resultados, que muestran las prestaciones del equipo:

Potencias	Proceso de una etapa con termostransmisor interno		BP	AP	total
Vaporizador	0,30 kW	Índice de compresión	4,18	1,00	4,18
Condensador	0,38 kW	Diferencia de presión	7,73	0,00	7,73 bar
Compresor BP	0,079 kW	Caudal másico	1,737	1,737	g/s
Compresor AP	0,000 kW	Caudal de volúmen desplazado	0,60	6,25	m ³ /h
Transmisor térmico interior	0,035 kW	Potencia de enfriamiento volúm.	1786		kJ/m ³
Conducto de gas por aspiración	0,008 kW	Índice de potencia de enfriamiento	3,81		
Conducto de gas de presión	0,004 kW				

Figura 5.2. Prestaciones de la instalación.

El parámetro que mide el rendimiento es el EER, de 3,81.

Este software además realiza el cálculo del dimensionado de tuberías:

Solkane® 134a

Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa con termotransmisor interno

Capacidad frigorífica	0,3 kW
Temperatura de vaporización	-5,00 °C
Temperatura media gas aspirado	27,50 °C
Temperatura media gas a presión	87,97 °C
Temperatura de licuado	40,00 °C
Subenfriamiento de líquido	5,00 K

Tubería gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Velocidad]			
	Tubo más grande siguiente		Tubo más pequeño siguiente
da x s	8 x 1,0		10 x 1,0
Diámetro interior [mm]	6	6,91	8
Velocidad [m/s]	5,88	4,44	3,31
Longitud equivalente [K/m]	0,08	0,04	0,02
Caída de presión [Pa/m]	724	368	182
Pérdida total de presión [K]	0,8	0,4	0,2 @ L=10m

Tubería de gas a presión [Cu / EN 12735-1 / Longitud equivalente]			
	Tubo más grande siguiente		Tubo más pequeño siguiente
da x s	6 x 1,0		8 x 1,0
Diámetro interior [mm]	4	4,24	6
Velocidad [m/s]	3,57	3,18	1,58
Longitud equivalente [K/m]	0,05	0,04	0,01
Caída de presión [Pa/m]	1445	1091	204
Pérdida total de presión [K]	0,5	0,4	0,1 @L=10m

Tubería de liquido [Cu / EN 12735-1 / Longitud equivalente]			
	Tubo más grande siguiente		Tubo más pequeño siguiente
da x s	6 x 1,0		6 x 1,0
Diámetro interior [mm]	4	2,72	4
Velocidad [m/s]	0,12	0,26	0,12
Longitud equivalente [K/m]	0,00	0,02	0,00
Caída de presión [Pa/m]	88	545	88
Pérdida total de presión [K]	0,0	0,2	0,0 @ L=10m

Tubería ascendente gas aspirado [Cu / EN 12735-1]			
	Tubo más grande siguiente		Tubo más pequeño siguiente
da x s	10 x 1,0		12 x 1,0
Diámetro interior [mm]	8	9,83	10
Velocidad [m/s]	3,31	2,19	2,12
Densidad del aceite [kg/m³]	1005		

Tubería ascendente gas a presión [Cu / EN 12735-1]			
	Tubo más grande siguiente		Tubo más pequeño siguiente
da x s	8 x 1,0		10 x 1,0
Diámetro interior [mm]	6	7,61	8
Velocidad [m/s]	1,58	0,99	0,89
Densidad del aceite [kg/m³]	1005		

Tabla 5.1. Cálculo del dimensionado de tuberías.

El equipo ha quedado con un dimensionado similar, pero debido a la instalación de elementos intermedios como válvulas antiretorno o conexiones, las distintas líneas del circuito frigorífico se han dimensionado como se muestra la tabla del apartado 4.9.

Los puntos del ciclo reales se aproximarán a los calculados a través del *software*:

	p	t	v	h	s	x
Punto	bar	°C	dm ³ /kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	2,43	30,00	96,67	426,08	1,8367	
2s	10,17	79,14	24,83	461,16	1,8367	
2	10,17	88,97	25,90	471,43	1,8654	
3	10,17	86,97	25,68	469,34	1,8597	
3'	10,17	40,00	19,98	419,33	1,7107	
3"4'm	10,17	40,00	10,42	337,88	1,4502	
4'	10,17	40,00	0,87	256,43	1,1897	
4	10,17	35,00	0,86	249,08	1,1663	
5	10,17	20,94	0,82	228,91	1,1004	
6	2,43	-5,00	15,21	228,91	1,1083	0,176
67''m	2,43	-5,00	48,99	312,24	1,4190	
7''	2,43	-5,00	82,76	395,56	1,7297	
7	2,43	2,00	85,65	401,59	1,7519	
8	2,43	7,00	87,68	405,92	1,7675	

Figura 5.3. Parámetros de emisión.

5.2 Resultados reales (puesta en marcha)

Para la puesta en marcha tomaremos los valores fundamentales para el control de la instalación y la caracterización del ciclo.

Se realizaran varias acciones antes de la puesta en marcha del equipo. Primero se realiza una prueba de estanqueidad para comprobar que no hayan fugas en el circuito frigorífico. Una vez se asegura esto, se realiza el vacío de la instalación para posteriormente realizar una carga parcial de refrigerante. Durante este proceso es relevante dejar todas las válvulas abiertas.

También es esencial la regulación de los dispositivos de control como los presostatos, los termostatos y el reloj de desescarche. Tras realizar la carga se arranca el compresor a través del interruptor general de la instalación.

En instalaciones de mayor envergadura es necesario realizar más acciones al haber una gran cantidad de dispositivos de control y eléctricos, además de tener más compresores y elementos con otras características. Para este tipo de instalaciones es recomendable seguir un protocolo de arranque.

En nuestro equipo tras realizar la puesta en marcha se obtienen los siguientes valores característicos del ciclo con los siguientes dispositivos:

- Manómetro de alta: presión de alta
- Manómetro de baja: presión de baja
- Termómetros *displays*: temperatura de y salida del condensador; temperatura de entrada y salida del evaporador

Con estos valores se puede caracterizar el ciclo. Pero también se han de registrar los siguientes parámetros para comprobar el efecto del intercambiador intermedio: la temperatura de descarga del compresor y la de entrada a la válvula de expansión.

Con estos valores ya se puede realizar el cálculo de potencias frigoríficas, del compresor y del ERR de la instalación.

5.3 Alternativas que aumenten la eficiencia

En el equipo docente se han implementado una serie de acciones que permiten mejora la eficiencia energética. Esta es un aspecto añadido en las instalaciones actuales por el interés en mejorar los rendimientos de las instalaciones y de reducir el consumo energético. Para ello hay dos objetivos prioritarios:

- Producir una situación ideal en el arranque del o los compresores. De esta forma se pretende conseguir que para el punto inicial de mayor demanda energética, el compresor consuma la cantidad de energía estrictamente necesaria.
- Obtener mejoras en la medición de condensación. El objetivo es reducir las presiones de condensación y de esta manera se aminora el trabajo del compresor. A través de los parámetros de temperaturas de cámara y exterior y la humedad obtenemos las condiciones óptimas para el arranque, el funcionamiento, la parada y el grado de condensación.

En cuanto al equipo docente, se han optado por medidas como el desescarche por gas caliente o el intercambiador intermedio que a través del sobrecalentamiento y subenfriamiento mejoran la eficiencia al requerir de menos trabajo de los equipos.

Sobre el equipo se podría haber estudiado un desescarche por resistencias térmicas, que podrían aumentar la eficiencia aunque aumentaría ligeramente el consumo. Por otro lado, al aprovechar los equipos disponibles de forma previa, existe la posibilidad de hayan consumos del compresor superiores a los necesarios ya que su potencia es superior a la necesaria.

Para instalaciones de mayor tamaño y complejidad hay una serie de medidas interesantes para mejorar la eficiencia como sería instalar dispositivos de control energético. Entre estos se podría añadir variadores de velocidad, medidores y controladores energéticos y sensibles en las cámaras o nuevos medidores de sonda del termostato.

Por último, estas instalaciones se basan en satisfacer los niveles de frío en cada proceso para no generar más del necesario. También es necesario realizar un control de fugas de gases, sustituyendo los equipos viejos. Más importante es reducir las pérdidas de frío en las cámaras frigoríficas a través de sistemas de cierre automático.

5.4 Comparativa con otro equipo docente

Para realizar una comparación con otro equipo docente similar se ha optado por seleccionar el banco móvil realizado por INSUR. El equipo realizado por esta empresa tiene la siguiente forma:



Figura 5.4. Banco móvil de INSUR.

Las aplicaciones de ambos equipos son muy similares ya que ambas tienen un carácter docente. Al tratarse de paneles básicos, su uso está enfocado a personas sin conocimientos previos o en su primera etapa de aprendizaje.

El panel de INSUR permite la realización de diversos trabajos prácticos y experiencias tendientes a la comprensión del ciclo general de refrigeración, y a la generación del frío.

El programa teórico y de trabajos prácticos incluye los siguientes temas:

- Ciclo general de la refrigeración
- Componentes del circuito de refrigeración
- Refrigerantes
- Presión y temperatura
- Expansión del refrigerante
- Evaporación y condensación
- Funcionamiento automático con presostatos
- Operación con termostatos de ambiente

El equipo docente que se ha realizado recoge todas estas aplicaciones pero también se ha introducido una cámara frigorífica para simular el comportamiento en conservación y también se ha realizado con la posibilidad de introducir maniobras como el desescarche o el *pump down*. El carácter de ambos equipos sigue los mismos patrones pero el realizado en el laboratorio tiene algo de complejidad añadida al no tratarse de un ciclo simple y el estudio de los parámetros. El ciclo simple se ha modificado con la introducción de un intercambiador intermedio que da lugar al subenfriamiento y el recalentamiento.

Otra diferencia en las características del ciclo es que el equipo propio trabaja con el refrigerante R-134A mientras que el de la empresa INSUR trabaja con el R404. Esto a la hora de caracterizar el ciclo le da una diferencia ya que cada refrigerante tiene un comportamiento y unas condiciones de trabajo distintas. Los requisitos de funcionamiento son iguales tanto de frecuencia (50 Hz) como de tensión (220V).

6. REGULACIÓN Y CONTROL

6.1 Maniobras

Las maniobras que se realizan en una instalación generalmente están relacionadas con la seguridad, el control o la eficiencia del sistema o equipo.

Existe la posibilidad de realizar multitud de ellas, pero en el equipo docente al tratarse de un equipo sencillo, se planteará la posibilidad de aplicar algunas de ellas. Con el *pump down* será suficiente para el control del equipo, conseguiremos el subenfriamiento y el sobrecalentamiento gracias al intercambiador intermedio y por último realizaremos en caso necesario un desescarche por gas caliente.

El fin de estas maniobras es docente ya que a través de los sensores se podrá comprobar lo que ocurre con tanto con las presiones como las temperaturas y quedará registrado.

6.1.1 *Pump down*

En un sistema de *pump down*, el termostato de cámara cierra una válvula solenoide que se encuentra en la línea de líquido.

Cuando se satisface el termostato de cámara, la válvula solenoide cerrará deteniendo el flujo de refrigerante líquido a la válvula de expansión termostática. El compresor continuará funcionando hasta que la mayor parte del refrigerante en el lado bajo se vacíe y se bombea a través del compresor al condensador y al recipiente de líquido. A medida que la presión de aspiración cae por debajo del ajuste de control del presostato de baja, el compresor cortará. La mayor parte del refrigerante se almacenará en el condensador y el recipiente de líquido.

Cuando el termostato cámara llama para enfriarse nuevamente, la válvula solenoide abre el paso permitiendo que el refrigerante fluya a la válvula de expansión. A medida que aumenta la presión de aspiración, el presostato de baja se cierra y arranca el compresor.

Si se utiliza un temporizador de desescarche o un interruptor de bombeo en el sistema, deben conectarse en serie con el termostato para que el sistema se apague sólo después de bombear.

En el equipo docente, la maniobra será de la misma forma que se ha reflejado en el apartado, pero el reloj de desescarche está en serie con el termostato de desescarche y no con el de cámara y así se consigue la independencia de una maniobra respecto a la otra.

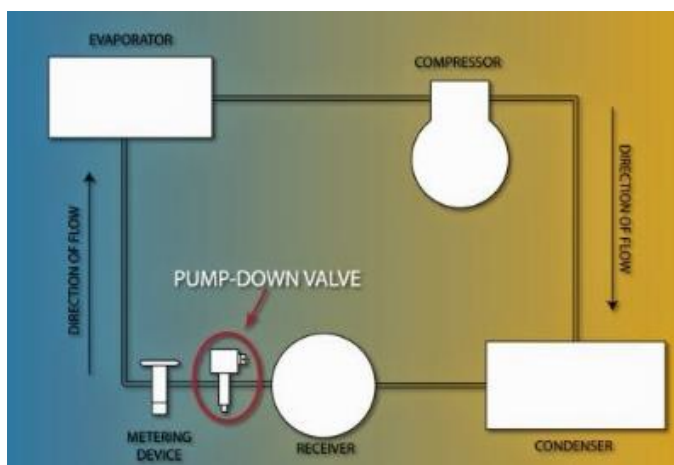


Figura 6.1. Maniobra *pump down* (válvula solenoide),

6.1.2 Desescarche por gas caliente

La descripción simple para un sistema pequeño es inyectar gas caliente en el evaporador justo después de la válvula de expansión. El compresor continúa funcionando y crea gas procedente del vapor que se extrae de la aspiración del evaporador. El ciclo de desescarche se inicia y se detiene debido a la acción del reloj programador de desescarche que produce el cambio en la válvula de cuatro vías. En última instancia actúa el termostato de desescarche que en caso de no requerir este cambio en la válvula provoca que el fluido frigorífico siga fluyendo hacia el condensador.

Este método es recomendable utilizarlo en múltiples instalaciones ya que se puede lograr invertir el ciclo a bomba de calor actuando el evaporador como condensador, con una limitación de hora por día. Para el equipo docente bastaría con un desescarche por resistencia eléctrica pero esta maniobra tenía un valor añadido de complejidad.

Cuando finaliza esta maniobra es importante un retardo en el arranque de los ventiladores del evaporador, de un pequeño tiempo, para que el goteo producido por el deshielo caiga todo en la bandeja de goteo. Esto es importante ya que este goteo estropearía el producto a conservar. El retardo de tiempo se calcula en función del tiempo destinado a que el goteo se produzca completamente sobre la bandeja.

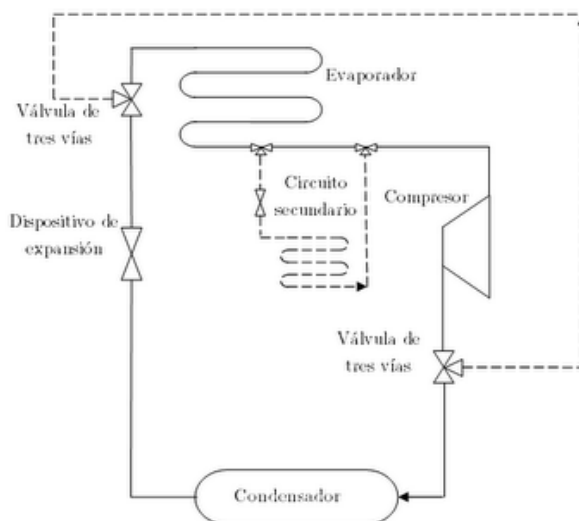


Figura 6.2. Maniobra de desescarche por gas caliente (válvula de tres vías).

6.1.3 Alternativas para desescarche

- Desescarche por resistencia eléctrica:

Este sistema es el más utilizado en la actualidad debido a su simplicidad y eficacia. Se basa en el uso de resistencias eléctricas y es el más adecuado para sistemas pequeñas de refrigeración. Se colocan una serie de conductores que actúan como resistencias sobre los tubos pasando entre las aletas del evaporador.

Estos conductores van blindados y son de acero inoxidable. Al circular energía eléctrica por ellos, transforman esta en calor y funden el hielo del evaporado de forma rápida produciendo un goteo que no es interesante en nuestro equipo.

El método resulta sencillo y rápido pero presenta varios inconvenientes. Suponen una carga térmica añadida a la cámara y además consumen energía eléctrica.

- Desescarche por aire:

Para este tipo de desescarche hay dos variantes posibles:

En primer lugar, se puede aprovechar el aire de la propia cámara en el caso que sea una cámara de temperaturas positivas (superior a 3°C). Bastaría con activar los ventiladores del evaporador durante una parada para conseguirlo.

En segundo lugar, el aire puede provenir de un circuito cerrado que se calienta con una batería de resistencias. Este aire circularía por la parte superior de la cámara para que únicamente afecte a los evaporadores y no a la cámara; y para conseguir esto se requeriría de una trampilla superior que aisle en caso de desescarche el evaporador.

- Desescarche por inversión de ciclo:

Este método presenta un ahorro energético respecto al desescarche por resistencia eléctrica ya que se aprovecha el calor que desprende el condensador.

Consiste en invertir el ciclo durante el desescarche haciendo que el evaporador actúe de condensador y así el refrigerante cedería calor al evaporador y a la escarcha por tanto. Para completar esta maniobra se requiere de una válvula de cuatro vías como la del equipo docente, aunque en nuestro caso solo se han utilizado tres vías.

La ventaja de este procedimiento es que elimina el hielo de forma muy rápida, por lo que es muy recomendable para sistemas de un circuito único. Presenta un inconveniente, y no es otro que al tener que modificar la instalación se encarece el coste.

- Desescarche por agua:

Este es el método más complejo y con mayores limitaciones para el equipo docente. El sistema consiste en pulverizar agua, que circula por unos conductos perforados por encima del evaporador, para que caiga sobre este. De esta forma se funde el hielo, aunque se requeriría de una bandeja de goteo que no se podría colocar en la cámara

diseñada para el equipo. Además no se puede volver a poner en marcha hasta que no finalice el goteo.

6.2 Control de la instalación

6.2.1 Cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico de potencia y maniobra de una instalación se emplea para la gestión y control de la maquinaria frigorífica de la instalación centralizada, así como de los servicios que de ellas dependen, evaporadores, condensadores, nivel de líquido de los separadores, bombas.

Estos cuadros suelen estar suministrados por las empresas que realizan los catálogos de selección de equipos.

Nuestro equipo docente, al tratarse de una pequeña instalación didáctica, no contiene un cuadro eléctrico. Para el control se ha empleado el tablero de sensores cuya instalación eléctrica se encuentra en la parte posterior del mismo tablero. Se ha realizado una enumeración que junto con el esquema eléctrico permite identificar los equipos y aparatos.

7. CONCLUSIONES

Para concluir el proyecto, se realizará una síntesis del proyecto con las aportaciones a la docencia y a lo aprendido durante el montaje.

Respecto al equipo docente cabe destacar que es una máquina de un tamaño pequeño pero con el contenido esencial de cualquier instalación. En ella se encuentran los cuatro equipos principales con un intercambiador intermedio añadido sobre el ciclo simple. Además la válvula de cuatro vías permite desescarche por gas caliente y la válvula solenoide la maniobra de control de *pump down*.

En cuanto a la docencia, el equipo a través de los sensores y *displays* de control podrán manejar información interna del ciclo para poder caracterizarlo y de esta forma resultar el aprendizaje más sencillo y visual.

Los resultados obtenidos han sido los esperados ya que las desviaciones respecto a los cálculos se encuentran en la limitación existente con los equipos, ya que se disponía de ellos de forma previa. A través de los cálculos se podría haber optimizado más el gasto en varios componentes como el compresor, de mayor potencia que la demandada.

Por último, a mí personalmente me ha servido el proyecto para conocer in situ como se trabaja en la realización de una instalación con todas las operaciones que conlleva. El soldar, abocardar, cortar y doblar tuberías son esenciales para el ciclo frigorífico. Además se han empleado dispositivos interesantes como el detector de fugas. Personalmente he realizado el cableado eléctrico de la instalación así como la preparación de todo lo pertinente al proyecto, hecho que me ha ilustrado más en la materia.

8. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO - CATÁLOGO PECOMARK

- EQUIPOS PRINCIPALES

Componente	Unidades	Modelo / Referencia	Precio (€)
Compresor hermético	1	Tecumseh AE1390Y	109,62
Condensador de aire	1	AT-16N	30,55
Complementos condensador:	1	Motor 10 W, hélice 200 mm. y rejilla circular 203 mm.	$11,01 + 1,15 + 4,26 = 16,42$
Evaporador estático	1	V12/900	127,91
Válvula de expansión termostática	1	Castel 2220/4	22,86
Complementos válvula de expansión:	1	Cartucho 220X para termostática Castel	8,33
Interruptor general	1		5,66

FIJACIÓN EQUIPOS A BANCADA				
Componente	Unidades	Descripción	Dimensiones	Total
Condensador de aire	2	Perfil Aluminio 40x40 mm.	13 cm.	26 cm.
Compresor hermético	4	Perfil Aluminio 40x40 mm.	7,5 cm.	30 cm.

- BANCADA

	Unidades	Descripción	Dimensiones	Precio (€) / Total
Bancada	1	Mesa		UPV
	4	Ruedas		$24,42 \times 4 = 97,68$
	2	Perfil Aluminio 30x30 mm.	78 cm.	156 cm.
	4	Perfil Aluminio 40x40 mm.	10,5 cm.	42 cm.
	8	Tapas para extremos de Perfiles Aluminio 30x30 y 40x40 mm.		$1,70 \times 8 = 13,60$
	4	Perfil varilla roscada 8 mm.	11 cm.	44 cm.
	8	Perfil varilla roscada 8 mm.	7 cm.	56 cm.
	16	Tuercas	8 mm.	$0,087 \times 16 = 1,39$
	16	Arandelas	8 mm.	$0,01 \times 16 = 0,16$
Tablero	1	Tablero de madera	100 x 80 cm.	UPV
	2	Perfil Aluminio 30x30 mm.	130 cm.	260 cm.
	4	Perfil Aluminio 30x30 mm.	17,5 cm.	70 cm.
	4	Perfil Aluminio 30x30 mm.	7 cm.	28 cm.
	4	Perfil varilla roscada 8 mm.	22 cm.	88 cm.
	12	Perfil varilla roscada 8 mm.	11 cm.	132 cm.

FIJACIÓN TABLERO DE SENSORES A BANCADA		
Unidades	Descripción	Precio (€)
4	Tornillos 6 mm.	0,075 x 4 = 0,30
4	Tuercas 6 mm.	0,033 x 4 = 0,13
4	Arandelas 6 mm.	0,013 x 4 = 0,05

- REGULACIÓN Y CONTROL

Maniobra / Control	Unidades	Componente	Modelo	Precio (€)
Pump down	1	Válvula solenoide	1020/2 1/4"	22,52
Desescarche	1	Válvula de 4 vías	SHF - 19002/SHF	30,00
	1	Bobina válvula 4 vías	SHF- 56001/SHF	10,83
	2	Válvulas antiretorno	CASTEL 1/2S	15,65 x 2 = 31,30
	1	Válvula de cierre manual	Danfoss BML 12	17,96
Línea del condensador	1	Visor de líquido	Castel 3710-3910/22	7,32
	1	Recipiente de líquido	C-25	22,82
	1	Filtro deshidratador	Castel DF303/2	5,52
Sobrecalentamiento / Subenfriamiento	1	Intercambiador de calor intermedio	PACKLESS HXR-25	37,87
Transductores	2	Válvulas de cierre manual	Danfoss BML 6	17,955 x 2 = 35,91

FIJACIÓN COMPONENTES A BANCADA				
Componente	Unidades	Descripción	Dimensiones	Total
Recipiente de líquido	1	Perfil Aluminio 40x40 mm.	12 cm.	12 cm.
Válvulas de cierre manual (transductores)	4	Perfil Aluminio 20x20 mm.	4 cm.	16 cm.

• CÁMARA

	Unidades	Descripción	Dimensiones	Precio (€) / Total
Fijación y soporte cámara con evaporador	2	Panel aislante	300x120 cm.	48,25 x 2 = 96,50
	2	Perfil Aluminio 30x30 mm.	73 cm.	146 cm.
	4	Perfil Aluminio 30x30 mm.	20 cm.	80 cm.
	2	Perfil Aluminio 30x30 mm.	9 cm.	18 cm.
	2	Perfil Aluminio 30x30 mm.	6,5 cm.	13 cm.
	4	Perfil varilla roscada 6 mm.	6 cm.	24 cm.
	8	Tuercas	6 mm.	0,033 x 8 = 0,26
	4	Arandelas	6 mm.	0,013 x 4 = 0,05
Instalación cámara	2	Ventiladores		14,98 x 2 = 29,96
	10	Portabombillas		3,48 x 10 = 34,80
	5	Bombillas 40 W.		2,03 x 5 = 10,15
	5	Bombillas 60 W.		2,21 x 5 = 11,05
	3	Interruptores: ventiladores (1) y bombillas (2)		5,66 x 3 = 16,98
		Cable conductor	10,5 m.	0,33/metro --> 3,47

• SENSORES

Unidades	Sensor / Descripción	Modelo / Ref.	Precio (€)
2	Presostatos (Alta y baja presión)	Danfoss KP-1	31,50 x 2 = 63,00
2	Termostatos (cámara y evaporador)	Danfoss UT 72	16,50 x 2 = 33,00
3	Manómetros (Alta, baja y desescarche)	125-P/2 ; 126-P/2	7,07 x 3 = 21,21
1	Reloj de desescarche	THEBEN FRI-77	71,82
2	Transductores de presión (Alta y baja)	TC 716-274	75,60 x 2 = 151,20
4	Termómetro 230 V con sonda NTC (Entrada y salida de evaporador y condensador)	AKO TDP-10	21,45 x 4 = 85,80

FIJACIÓN SENSORES AL TABLERO			
Unidades	Descripción	Dimensiones	Precio (€) / Total
4	Perfil varilla roscada 6 mm.	5 cm.	20 cm.
2	Perfil varilla roscada 4 mm.	5 cm.	20 cm.
6	Arandelas	6 mm.	0,013 x 6 = 0,80
4	Tuercas	6 mm.	0,033 x 4 = 0,13
2	Tuercas	4 mm.	0,028 x 2 = 0,06

• CIRCUITO ELÉCTRICO

Descripción	Dimensiones	Precio / metro	Precio (€)
Cable conductor	30 m.	0,33/metro	9,9

- TOTAL PERFILES

Descripción	Dimensiones totales	Precio / metro	Precio total (€)
Perfil varilla roscada 4 mm.	20 cm. --> 0,2 m.	3,82/metro	0,76
Perfil varilla roscada 6 mm.	44 cm. --> 0,44 m.	4,64/metro	2,04
Perfil varilla roscada 8 mm.	320 cm. --> 3,20 m.	5,36/metro	17,15
Perfil Aluminio 20x20 mm.	16 cm. --> 0,16 m.	8,52/metro	1,36
Perfil Aluminio 30x30 mm.	771 cm. --> 7,71 m.	14,46/metro	111,49
Perfil Aluminio 40x40 mm.	110 cm. --> 1,10 m.	23,18/metro	25,50

- TOTAL EQUIPO DOCENTE

PRESUPUESTO EQUIPOS Y COMPONENTES	Equipo docente	1454,16 €
MANO DE OBRA	50 Horas --> 29,60 € / hora	1480 €
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE FRÍO PARA PRÁCTICAS DOCENTES	20 Horas x 25,00 € / hora de ingeniero	500 €
PRESUPUESTO SIN IMPUESTOS		3434,16 €
TOTAL CON IVA	IVA 21%	4155,33 €

Nota: El coste de los equipos no es el exacto del catálogo Pecomark debido a que al tratarse de un pedido de la Universidad Politécnica de Valencia, se produce un porcentaje de descuento.

9. REFERENCIAS

Libros:

[1]Torrella Alcaraz, E.: *La producción de frío*. Valencia, España: Departamento de Termodinámica Aplicada, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Valencia, 1996.

[2]Padero Martín, M.: *Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales*. Madrid: Paraninfo, 2014.

[3]Jiménez López, R.: *Guía para la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones frigoríficas*. Madrid: AEFYT, 2014.

Páginas web:

[4] INSUR. *Banco móvil ciclo básico de refrigeración*.

<<http://www.insur.com.ar/equipos/area-refrigeracion/ref-11-bm00/153>>

[5] IMA 301. *Mantenimiento de Instalaciones Frigoríficas y de Climatización*.

<http://iesyp.educa.aragon.es/tutores/jcsantolaria_27/file/Teoria/Ficha-Evaporadores.pdf>

[6] TU AIRE ACONDICIONADO. *Condensadores Frigoríficos – Clasificación y Tipos*.

<<https://tuareacondicionado.net/condensadores-frigorificos-clasificacion-y-tipos/>>

[7] SCRIBD. *Tipos de desescarche en los evaporadores*.

<<https://es.scribd.com/doc/69332637/tipos-desescarche-evaporadores>>

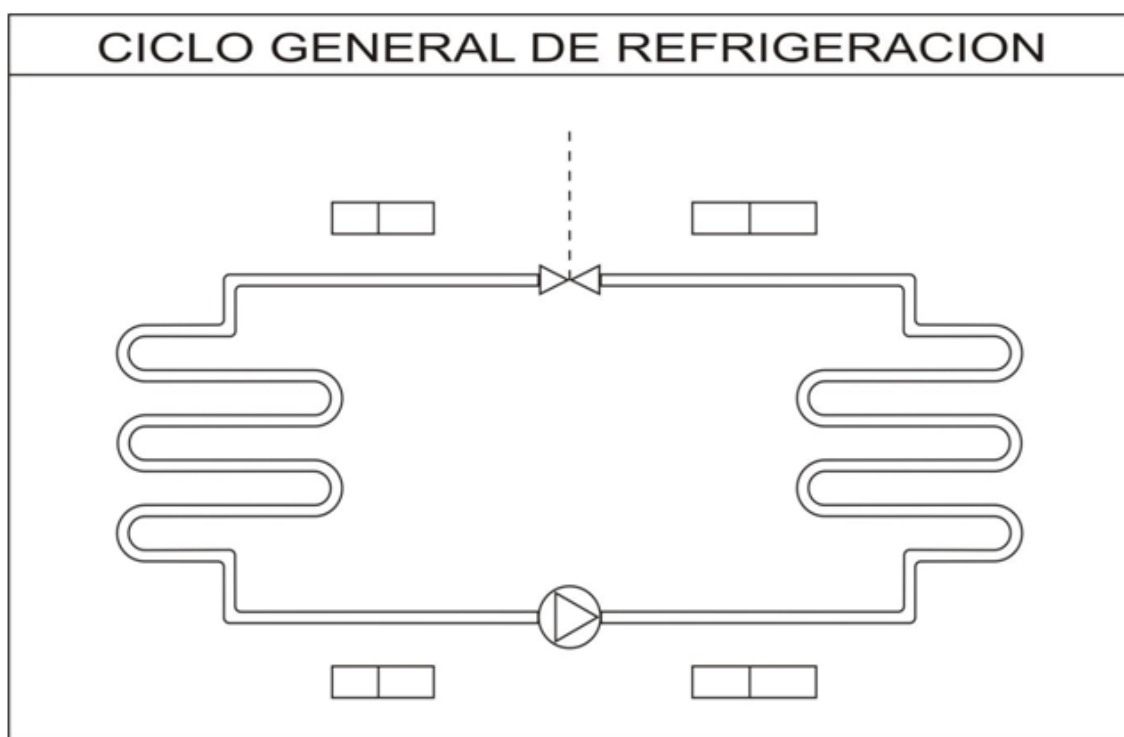
ANEJO 1. MEMORIA DE PRÁCTICAS PARA FRÍO INDUSTRIAL

PRÁCTICA 1

Actividad 1. Elementos de la instalación

En el esquema del ciclo general de refrigeración que se encuentra a continuación, se realizará el siguiente ejercicio:

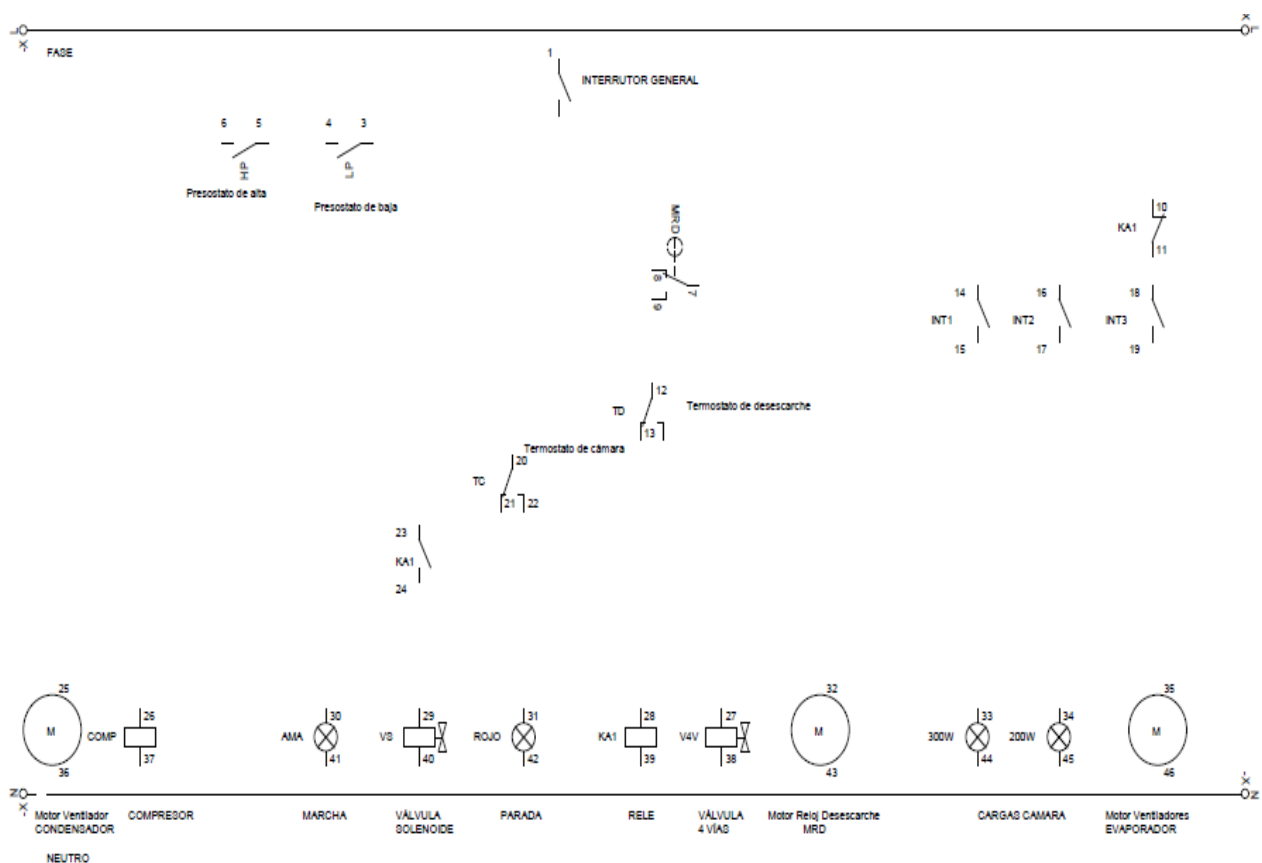
- Indicar el nombre de cada elemento.
- Describir en forma sintética la función de cada uno.
- Marcar con color azul el circuito de baja presión y con rojo el de alta.
- Indicar en cada tramo el estado físico del refrigerante (por ejemplo vapor a baja presión).



- Identificar donde se situarían la válvula de cuatro vías y el intercambiador intermedio.
- Anotar los elementos que hay en la línea de líquido:

Actividad 2. Esquema eléctrico

Establecer y entender las conexiones y los distintos dispositivos de control a través del esquema eléctrico.



Actividad 3. Maniobras y control de la instalación

- Realizar maniobras de *pump down* y desescarche. Observar y describir el funcionamiento de las válvulas en las mismas:
- Extraer los valores significativos.
- Observar el reloj de desescarche y anotar cuando está programada la maniobra y cuanto tiempo debería de durar:
- ¿A partir de que temperatura debería el termostato de desescarche mandar la maniobra?
- En caso de producirse, observa la válvula de cuatro vías e indica los equipos que intervienen en esta maniobra y qué tipo de desescarche se realiza? ¿Por resistencia eléctrica, por agua o por gas caliente?
- Por último, ¿cuál es el motivo fundamental de que durante esta maniobra se paren los ventiladores y se coloque una bandeja debajo del evaporador?

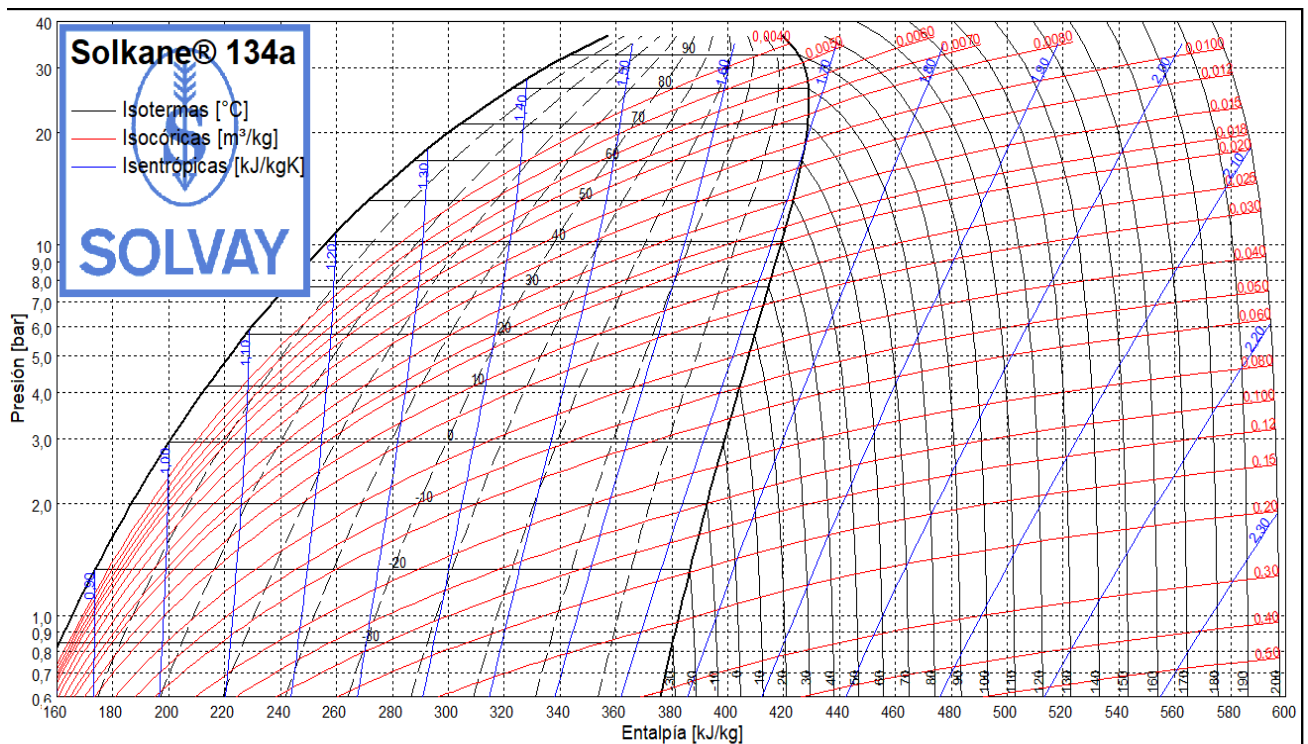
PRÁCTICA 2

- Caracterizar el ciclo:

Tomando medidas y calculando las potencias frigoríficas y el ERR de la instalación. Representar ciclo en diagrama Mollier.

	Presión [bar]	Temperatura [°C]
Punto1: aspiración compresor		
Punto2: descarga compresor		
Punto3: entrada válvula expansión		
Punto4: entrada evaporador		
Punto5: entrada intercambiador		

Potencia consumida por el compresor [W]	
---	--



- ERR:

$$ERR = \frac{h_5 - h_4}{W_c}$$

ANEJO 2. CATÁLOGOS Y SELECIÓN DE EQUIPOS

COMPRESOR



Compresores herméticos

(*) Rendimientos indicados con EN21900 T° de condensación + 45 y gas aspirado a +20°C
 Enfriamiento: S = estático, F = con ventilador.
 Intensidad = Amperios.
 Gama de temperatura: Baja = -35 / -10 °C.
 Gama de temperatura: Alta = -15 / +15 °C.
 Aplicación: C= Capilar, C/V= Capilar y válvula.
 Modelos TAGP para montaje en Tandem



R-134a

Baja temperatura, monofásicos 220/240 V 50 Hz

CV	Enfr.	CIL cm³	Int. A	Conex. aspir.		Conex. descar.		Rendimientos (Wattios)*			Aplic.	Modelo	Codigo	€
				ODF	ODF	ODF	ODF	-10 °C	-25 °C	-35 °C				
1/8	S	3,58	0,8	1/4"	3/16"	164	75	34	C	THG1335Y	101056	159,00		
1/6	S	4,23	1	1/4"	3/16"	201	92	42	C	THG1340Y	101057	165,00		
1/5	S	5,20	1,1	1/4"	3/16"	232	106	48	C	THG1352Y	101059	179,00		
1/5	S	6,90	1,4	1/4"	3/16"	278	127	58	C	THG1365Y	101060	182,00		
1/4	F	8,02	2,8	1/4"	3/16"	402	187	95	C	AE1390Y	101052	211,00		
1/3	F	9,39	2,3	1/4"	5/16"	419	209	140	C/V	AE2410Y	101075	242,00		
3/8	F	12,01	2,3	1/4"	5/16"	621	294	215	C/V	AE2413Y	101076	252,00		

Alta temperatura, monofásicos 220/240 V 50 Hz

CV	Enfr.	CIL cm³	Int. A	Conex. aspir.		Conex. descar.		Rendimientos (Wattios)*			Aplic.	Modelo	Codigo	€
				ODF	Rotolock	ODF	Rotolock	0 °C	-5 °C	-10 °C				
1/10	S	2,72	0,9	1/4"	-	3/16"	-	198	158	123	C/V	THB4410Y	101150	170,00
1/8	S	3,58	1,6	1/4"	-	3/16"	-	236	188	146	C/V	THB4413Y	101151	181,00
1/6	S	4,23	1,3	1/4"	-	3/16"	-	291	233	183	C/V	THB4415Y	101152	190,00
1/5	F	5,20	1,8	1/4"	-	3/16"	-	366	297	239	C	THB3419Y	101153	192,00
1/5	F	5,20	1,6	1/4"	-	3/16"	-	366	297	239	C/V	THB4419Y	101154	197,00
1/4	F	6,10	1,8	1/4"	-	3/16"	-	412	333	264	C/V	THB4422Y	101218	210,00
1/4	F	6,69	2,4	1/4"	-	3/16"	-	482	380	291	C/V	AE4425Y	101159	185,00
1/4	F	8,02	3,1	1/4"	-	3/16"	-	613	488	382	C/V	AE4430Y	101161	192,00
3/8	F	10,33	3,7	5/16"	-	1/4"	-	790	637	508	C/V	AE4440Y	101156	227,00
3/8	F	13,24	4,6	3/8"	-	1/4"	-	1042	843	672	C/V	AE4450Y	101157	253,00
3/8	F	14,51	8	3/8"	-	1/4"	-	1133	921	737	C/V	AE4456Y	101160	264,00
3/8	F	15,09	4,7	3/8"	-	1/4"	-	1181	958	766	C/V	AE4460Y	101174	281,00
1/2	F	18,30	5,9	1/2"	1" 1/4- 1/2	1/4"	-	1243	977	756	C/V	CAJ4461Y	101168	481,00
5/8	F	21,75	7,2	1/2"	1" 1/4- 1/2	1/4"	-	1484	1163	888	C/V	CAJ4476Y	101169	515,00
3/4	F	25,95	8,9	1/2"	1" 1/4- 1/2	5/16"	-	1847	1452	1115	C/V	CAJ4492Y	101171	540,00
1	F	32,70	8,6	5/8"	1" 1/4 - 5/8"	5/16"	-	2397	1913	1496	C/V	CAJ4511Y	101173	621,00
1 1/4	F	34,50	9,9	5/8"	1" 1/4 - 5/8"	5/16"	-	2533	2028	1591	C/V	CAJ4513Y	101175	657,00
1 1/2	F	53,20	11,2	5/8"	1" 1/4 - 5/8"	1/2"	1" 1/4- 1/2	3498	2680	1981	C/V	FH4518Y	101176	923,00
2	F	74,25	15,2	5/8"	1" 1/4 - 5/8"	1/2"	1" 1/4- 1/2	5077	3977	3035	C/V	FH4525Y	101178	1.050,00

EVAPORADOR

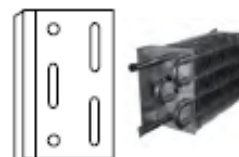


Evaporadores estáticos para vitrinas, botelleros, etc.

«MAB»

Superficie m ²	Rendimiento (Wattios) T ^o evap. -5 °C		Modelo Longitud en mm	Código	€
	ΔT = 10 °C	ΔT = 13 °C			
1,67	180	234	MAB/900	304209	165,00
2,26	244	317	MAB/1200	304211	176,00
2,40	261	340	MAB/1300	304212	191,00
3,26	354	460	MAB/1700	304214	250,00
4,45	482	626	MAB/2300	304217	338,00

8 tubos de 1/2", alata separación 10 mm de 160 x 80 mm. Frontal: 160 x 95 mm.
Sobre demanda, con fabricación para uso CO₂



«MA10»

Superficie m ²	Rendimiento (Wattios) T ^o evap. -5 °C		Modelo Longitud en mm	Código	€
	ΔT = 10 °C	ΔT = 13 °C			
2,09	226	294	MA10/900	304219	207,00
2,79	302	392	MA10/1200	304221	221,00
2,97	319	415	MA10/1300	304222	239,00
4,03	435	566	MA10/1700	304224	312,00
5,51	592	770	MA10/2300	304227	423,00

10 tubos de 1/2", alata separación 10 mm y de 200 x 80 mm. Frontal: 200 x 95 mm.
Sobre demanda, con fabricación para uso CO₂



«V10»

Superficie m ²	Rendimiento (Wattios) T ^o evap. -5 °C		Modelo Longitud en mm	Código	€
	ΔT = 10 °C	ΔT = 13 °C			
2,50	290	377	V10/900	304229	224,00
3,43	395	513	V10/1200	304231	239,00
5,00	581	755	V10/1700	304234	338,00
6,56	761	989	V10/2200	304236	437,00
7,51	894	1162	V10/2500	304238	497,00

10 tubos de 5/8", alata separación 10 mm y de 160 x 120 mm. Frontal: 160 x 130 mm.
Sobre demanda, con fabricación para uso CO₂



«V12»

Superficie m ²	Rendimiento (Wattios) T ^o evap. -5 °C		Modelo Longitud en mm	Código	€
	ΔT = 10 °C	ΔT = 13 °C			
2,58	302	392	V12/900	304241	268,00
3,54	412	536	V12/1200	304243	296,00
5,13	598	777	V12/1700	304246	406,00
6,77	790	1026	V12/2200	304248	525,00
7,75	900	1170	V12/2500	304249	596,00

12 tubos de 5/8", alata separación 10 mm y de 160 x 120 mm. Frontal: 160 x 130 mm.
Sobre demanda, con fabricación para uso CO₂



CONDENSADOR

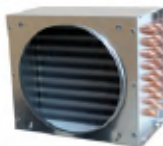
Condensadores de aire para montaje standard en unidades

«AT/N» y «AT/D» sin ventilador

Características generales

- Condensadores de aplicación comercial contruïdos con tubería de cobre y aleta de aluminio. Disposición al trespelillo, 25 x 22, con aleta de alta eficiencia. Tubo de 7 mm. Separación aleta de 3,0 mm.
 - Todos los modelos incorporan carcasa envolvente en chapa galvanizada y bafle con pestaña aerodinámica (excepto AT-14 y AT-10).
 - Tanto los modelos simple ventilador como los de doble chapa envolvente y galvanizada.
- Sentido entrada del aire horizontal.
Rendimientos Indicados con R-404A.

1 ventilador



Dimensiones en mm (sin ventilador) Ancho x Fondo x Alto	Tubos	Ventiladores					Rendimientos (Watos)		Modelo	Código	€
		N.º	W	Ø mm	º Pala	ΔT=12 ºC	ΔT=14 ºC				
180 x 85 x 130	5 x 2	1	3	110	23	150	180	AT-10	312053	28,90	
239 x 63 x 241	7 x 2	1	10	203	34	500	580	AT-14	312054	30,70	
276 x 120 x 232	8 x 2	1	10	203	34	640	740	AT-16 N	312055	63,80	
276 x 143 x 232	8 x 3	1	10	203	34	780	910	AT-24 N	312057	77,50	
276 x 143 x 232	8 x 3	1	10	203	34	880	1020	AT-32 N	312058	81,60	
300 x 145 x 280	9 x 3	1	25	254	34	1200	1400	AT-34 N	312134	87,70	
300 x 145 x 280	9 x 3	1	25	254	34	1510	1770	AT-36 N	312059	91,80	
300 x 145 x 280	10 x 3	1	25	254	34	1620	1900	AT-40 N	312060	96,50	
330 x 145 x 280	11 x 3	1	25	254	34	2030	2370	AT-44 N	312061	104,00	
300 x 145 x 310	12 x 3	1	25	254	34	2110	2470	AT-48 N	312062	115,00	

VÁLVULA DE EXPANSIÓN



Válvulas termostáticas a cartucho

Elemento con cuerpo termostático sin compensador

Gas	Elemento termostático sin MOP -40 ºC a +10 ºC		Código	€
	Roscar 1/2"-3/8"	Soldar-rosacar 1/2"-3/8"		
R-404A/R-507A	2230/4	-	404410	45,60
	-	2230/4S	404413	45,60
R-134a	2220/4	-	404415	45,60
	-	2220/4S	404417	45,60
R-22/R-407C/R-407F / R-448A / R-449A	2210/4	-	404418	45,60
	-	2210/4S	404419	45,60



Elemento con cuerpo termostático con compensador

Gas	Elemento termostático sin MOP -40 ºC a +10 ºC		Código	€
	Roscar 1/2"-3/8"	Soldar-rosacar 1/2"-3/8"		
R-404A/R-507A	2230/4E	-	404430	75,00
	-	2230/4SE	404433	75,00
R-134a	2220/4E	-	404435	75,00
	-	2220/4SE	404437	75,00
R-22/R-407C/R-407F / R-448A / R-449A	2210/4E	-	404438	75,00
	-	2210/4SE	404439	75,00



VÁLVULA SOLENOIDE



Válvulas solenoide

CASTEL para R-22, R134a, R404A y R-407F (Normalmente Cerrada)

Capacidad en kW a la T° de evap. de:				Tipo bobina	Tipo acción	Orificio (Ø) mm	Conexión	Modelo	Código	€ (con bobina)
R-22 -10 °C	R-134a -10 °C	R-404A -10 °C	R-407F -10 °C							
2,79	2,62	1,9	2,4	HM2	A	2,5	1/4"-R	1020/2	404025	40,90
2,39	2,26	1,64	2		A	2,2	1/4"-S	1028/2	404033	46,40
3,63	2,67	2,51	3,1		A	3,0	3/8"-R	1020/3	404024	44,20
							3/8"-S	1028/3	404094	48,60
12,86	11,97	8,66	10,9		M	6,5	3/8"-R	1064/3	404026	58,00
							3/8"-S	1068/3	404034	64,40
							1/2"-S	1068/4	404096	66,10
20,54	19,08	14,11	17,4		P	6,5	3/8"-R	1034/3	404610	62,40
							3/8"-S	1038/3	404623	66,70
							1/2"-R	1034/4	404611	64,10
35,12	32,91	23,87	29,8		M	12,5	1/2"-R	1070/4	404027	74,00
							1/2"-S	1078/4	404035	80,20
							M	12,5	5/8"-R	1070/5
5/8"-S	1078/5	404036	95,90							
41,6	39,03	28,2	35,4		P	12,5	1/2"-R	1040/4	404614	79,50
							1/2"-S	1048/4	404627	85,50
49,2	45,8	33,9	41,8		P	12,5	5/8"-R	1040/5	404615	88,30
							5/8"-S	1048/5	404628	100,00
61,6	57,25	42,3	52,4		P	12,5	7/8"-S	1049/7	404041	113,00
							M	16,5	3/4"-R	1090/6
91	85	61,8	77,3	M	16,5	3/4"-S	1098/6	404037	140,00	
						7/8"-S	1098/7	404030	141,00	
159	149	108	135	M	25,5	1 1/8"-S	1078/9	404031	279,00	
						1 3/8"-S	1079/11	404032	299,00	
						P	25	1 1/8"-S	1098/9	404038
255	239	173	217	P	27	1 5/8"-S	1079/13	404040	379,00	
513	477	352	436	P	34	1 5/8"-S	1078/13	404638	576,00	
513	477	352	436	P	34	2 1/8"-S	1079/17	404642	638,00	



Capacidad en línea de líquido como referencia práctica tomada a -10/+25 con Δp 0,1 bar.
Gama de T° límite -35 a +110 °C.
A: Directa. M: Membrana T° máx. 120 °C. P: Pistón (apta para líneas de gases calientes máx. 130 °C).

VÁLVULA DE CUATRO VÍAS

Válvulas inversoras

Capacidad en kW				Conexiones		Modelo	Código	€ (sin bobina)
R407C	R410A	R134a	R404a	Aspir.	Descar.			
7,5	8,8	5,6	5,6	1/2"	3/8"	SHF-19002	405041	59,80
8,8	10,4	6,6	6,6	1/2"	3/8"	SHF-19006	405042	59,80
11,7	13,8	8,8	8,8	5/8"	1/2"	SHF-19004	405043	63,20
21,3	25,2	16,0	16,0	3/4"	1/2"	SHF-50004	405044	118,00
21,3	25,2	16,0	16,0	7/8"	1/2"	SHF-50005	405045	124,00
37,3	44,0	28,0	28,0	7/8"	3/4"	SHF-50012	405047	214,00
37,3	44,0	28,0	28,0	1 1/8"	7/8"	SHF-50014	405050	214,00
37,9	44,7	28,4	28,4	1 3/8"	1 1/8"	SHF-50016	405055	337,00
74,6	88,0	56,0	56,0	1 1/4"	1"	SHF-50017	405024	751,00
149,2	176,1	111,9	111,9	1 3/4"	1 1/2"	SHF-50019	405025	1.415,00



T° condensación= +54,4 °C . T° evaporación= +7,2 °C . T° resqueamiento= +5 °C . T° = +5 °C

INTERCAMBIADOR INTERMEDIO

Intercambiadores de calor PACKLESS

Dimensiones en mm			Aplicación aprox. CV	Conexiones		Modelo	Código	€
Largo	Fondo	Alto		Líquido	Aspir.			
390	22	45	1/2	1/4	1/2	HXR-25	390220	95,30
320	22	59	3/4-1	3/8	5/8	HXR-50	390221	104,00
340	28	65	1 1/2	3/8	7/8	HXR-75	390222	132,00
350	35	72	2	3/8	1 1/8	HXR-100	390223	169,00
350	35	77	3-4	1/2	1 1/8	HXR-150	390224	169,00
360	51	91	5	5/8	1 3/8	HXR-250	390225	254,00
410	41	91	7 1/2	5/8	1 5/8	HXR-350	390226	277,00
430	67	120	10	7/8	2 1/8	HXR-500	390227	471,00



Nota: Recomendado su utilización en baja T° con R-404A

RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Recipientes de liquido verticales




Marcados CE tñbre a 30 Kg/cm³ de 1,4 a 15 dm³

Potencias orientativas indicadas con R-404A, para otros refrigerantes aplicar factor de corrección: R-134a multiplicar la potencia indicada por 1,2, para R22 multiplicar por 1,35. Los volúmenes indicados se consideran totales, para uso no sobrepasar el 80% de llenado. Para una correcta selección y uso seguir con lo indicado en el reglamento de instalaciones frigoríficas.



Dimensiones mm		Visor de líquido	Toma control líquido	Conexiones		Válvula seguridad	Cap. dm ³	Pot. Frigorífica (kW)		Modelo	Código	€
∅	Alto			Entrada Codo (S)	Salida Válvula (S)			Media T° -5 °C	Baja T° -25 °C			
90	200	-	-	1/4"	1/4"	-	1,4	0,6	0,3	C-25	341010	51,80
110	220	-	-	1/4"	1/4"	-	1,8	0,7	0,4	C-50	341014	56,90
120	300	-	-	3/8"	3/8"	1/4" NPT	3,0	1,1	0,7	C-100	341018	69,00
160	315	-	-	1/2"	Rotalock 3/8"	1/4" NPT	5,0	1,9	1,1	C-150	341020	89,90
160	420	-	-	5/8"	Rotalock 1/2"	1/4" NPT	7,2	3,3	1,9	C-300	341022	99,70
219	370	-	-	3/4"	Rotalock 5/8"	1/4" NPT	11,0	4,8	3,3	C-500	341023	125,00
219	490	-	-	3/4"	Rotalock 5/8"	1/4" NPT	15,0	8,5	4,8	C-750	341025	140,00
273	401	-	-	7/8"	Rotalock 5/8"	3/8" NPT	18,0	10	5,8	C-800	341026	307,00
273	512	-	-	Rotalock 7/8"	Rotalock 7/8"	3/8" NPT	24,0	14	8,8	C-1000	341027	394,00


VISOR DE LÍQUIDO




Indicadores de líquido y humedad

Indicadores de líquido y humedad CASTEL

Conexión	Modelo	Código	€
Conexión especial macho-macho			
1/4"-R	3910/22	404219	14,60
3/8"-R	3910/33	404220	15,50
1/2"-R	3910/44	404221	17,00
5/8"-R	3910/55	404222	21,70
3/4"-R	3910/66	404223	29,50
Conexión especial hembra-macho			
1/4"-HM	3950/22	404224	16,70
3/8"-HM	3950/33	404225	17,30
1/2"-HM	3950/44	404226	19,40
5/8"-HM	3950/55	404227	24,80
3/4"-HM	3950/66	404228	52,70
Conexión Soldar con tubo de cobre			
1/4"-S	3940/2	404229	22,80
3/8"-S	3940/3	404230	23,90
1/2"-S	3940/4	404231	24,80
5/8"-S	3940/5	404232	27,40
3/4"-S	3940/6	404233	34,20
7/8"-S	3940/7	404234	40,20
1 1/8"-S	3940/9	404235	50,40
Conexión Soldar con tubo de cobre			
1 3/8"-S-IDS-M	3770/11	404236	49,70
1 5/8"-S-IDS-M	3770/13	404237	55,50
Conexión directa a tubo			
5/8"	3780/5	404238	18,80
7/8"	3780/7	404239	18,10
1 1/8"	3780/9	404240	19,20
1 3/8"	3780/11	404241	22,50

* Presión máxima funcionamiento 45 bar.




FILTRO DESHIDRATADOR



Antiácidos de núcleo sólido 80% molecular + 20% alumina para CFC-HCFC-HFC

Capacidad nominal cm ³	Conexión Ø	Modelo		Código	€
		Roscar	Soldar		
50	1/4"	DF203/2	-	404160	13,30
		-	DF203/2S	404161	11,20
80	1/4"	DF205/2	-	404163	12,20
130		-	DF205/2S	404164	12,20
80	3/8"	DF208/2	-	404167	14,50
130		DF205/3	-	404165	12,20
250	3/8"	DF208/3	-	404169	14,70
		-	DF208/3S	404170	14,20
250	1/2"	DF216/3	-	404174	18,80
130		DF208/4	-	404171	16,00
250	1/2"	-	DF208/4S	404172	16,30
		DF216/4	-	404176	20,00
500	5/8"	-	DF216/4S	404177	20,40
		DF232/4	-	404180	41,90
250	5/8"	-	DF232/4S	404181	41,90
		DF216/5	-	404178	22,70
500	5/8"	-	DF216/5S	404179	22,70
		DF232/5	-	404182	40,40
670	3/4"	-	DF232/5S	404183	42,80
		DF241/5	-	404184	46,00
670	3/4"	-	DF241/5S	404185	46,00
		DF241/6	-	404186	44,10
670	7/8"	-	DF241/6S	404187	46,40
		-	DF241/7S	404189	45,50


* Presión máxima funcionamiento 45 bar.



VÁLVULAS DE CIERRE MANUAL

Válvulas de maniobra  


A membrana CASTEL



Conexión Saco M ros.	Modelo	Código	€
1/4"	6210/2	580800	22,30
3/8"	6210/3	580801	28,60
1/2"	6210/4	580802	30,50
5/8"	6210/5	580803	36,60
3/4"	6210/6	580804	52,90


* Presión máxima funcionamiento 28 bar.

A membrana DANFOSS




Conexión Roscar	Conexión Soldar	Ref. Danfoss	Modelo	Código	€
1/4"	-	009G0101	BML 6	401891	37,50
3/8"	-	009G0127	BML 10	401892	52,50
1/2"	-	009G0141	BML 12	401893	60,30
5/8"	-	009G0168	BML 16	401894	90,00
-	1/4"	009G0202	BML 6S	401896	44,20
-	3/8"	009G0222	BML 10S	401897	61,70
-	1/2"	009G0242	BML 12S	401898	70,30
-	5/8"	009G0262	BML 16S	401899	105,00
-	7/8"	009G0291	BML 22S	401900	154,00

TERMOSTATOS

 **Termostatos**

DANFOSS universal «UT» capilar con bulbo

Escala de regulación °C	Diferencial fijo	Ref. Danfoss	Modelo	Código	€
-30 a 30	2,3	60H1101	UT 72	401960	32,90
0 a 40	2,3	60H1102	UT 73	401961	32,90



Longitud del tubo capilar 1,5 m.

PRESOSTATOS

Presostatos de baja, alta y alta-baja 

DANFOSS Serie «KP»



Presión de aplicación	Reconexión	P.E.D.* 97/23/EC	Escala en bar		Ref. Danfoss	Modelo	Código	€
			Regul.	Difor.				
Aplicación en gases: HFC, HCFC y CFC (todos con conexión 1/4" macho excepto los**)								
Baja 1/4" SAE	Automática	No	-0,2 a 7,5	0,7 a 4	060-110166	KP-1	401901	62,80
Baja 1/4" ODF	Automática	No	-0,2 a 7,5	0,7 a 5	060-111266	KP-1	401903	63,90
Baja 1/4" SAE	Rearme manual	No	-0,9 a 7	Fijo 0,7	060-110366	KP-1	401906	66,50
Alta 1/4" SAE	Automática	No	8 a 32	1,8 a 6	060-117166	KP-5	401913	62,80
Alta 1/4" ODF	Automática	No	8 a 32	1,8 a 6	060-117966	KP-5	401914	63,90
Alta 1/4" SAE	Rearme manual	No	8 a 32	Fijo 3	060-117366	KP-5	401919	66,50
Alta 1/4" SAE	Automática	Si	8 a 32	4 a 10	060-119066	KP-7W	401443	91,10
Alta 1/4" SAE	Rearme manual	Si	8 a 32	Fijo 4	060-119166	KP-7B	401918	102,00
Alta/baja 1/4" SAE	Automática	No	A: 8 a 32 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4	060-124166	KP-15	401926	103,00
Alta/baja 1/4" SAE 2 contactos	Automática	No	A: 8 a 32 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4	060-126566	KP-15	401931	106,00
Alta/baja 1/4" ODF	Automática	No	A: 8 a 32 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4	060-129966	KP-15	401932	106,00
Alta/baja 1/4" SAE	Alta manual/baja automática	No	A: 8 a 32 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4	060-124366	KP-15	401928	106,00
Alta/baja 1/4" SAE	Alta manual/baja automática	No	A: 8 a 28 B: -0,2 a 7,5	- 0,7 a 4	060-126466	KP-15	401930	118,00
Alta/baja 1/4" SAE	Manual o automática conv.	No	A: 8 a 28 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4	060-115466	KP-15	401925	138,00
Alta/baja 1/4" SAE	Rearme manual en alta	Si	A: 8 a 33 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4/4	060-126866	KP-17B	401920	106,00
Alta/baja 2 contactos	Automática	Si	A: 8 a 34 B: -0,2 a 7,5	Fijo 4 0,7 a 4/4	060-127566	KP-17W	401902	106,00
Aplicación en gases: Amoníaco (conexión 1/4-1/8" NPT-macho soldar)								
M10 x 0,75	Automática	No	0,2 a 7,5	0,7 a 4	060-116066	KP-1A	401909	207,00
M10 x 0,75	Automática	No	A: 8 a 32 B: -0,2 a 7,5	1,8 a 6	060-123066	KP-5A	401910	205,00
M10 x 0,75	Automática	No	A: 8 a 32	-	060-129566	KP-15A	401933	248,00
Aplicación en gases: R-410A y CO₂								
Alta 1/4" SAE	Automática	Si	8 a 42	4 a 10	060-519066	KP-6W	401442	94,10
Alta 1/4" SAE	Rearme manual	Si	8 a 42	Fijo 4	060-519166	KP-6B	401917	94,80

* Presostatos para seguridad, marcados "CE" directiva PED 97/23/CE.

MANÓMETROS

Manómetros 

Sin glicerina Ø 63 mm

R-22, R-134a y R-404A

Descripción	Modelo	Código	€
Baja presión. Color azul, escala de vacío 30 pulg. y 76 cm Hg y de presión 120 libras/pulg. ² (8,5 bar) con amortiguadores hasta 250 libras	125-P/2	514037	20,00
Alta presión. Color rojo escala de presión 0-500 libras/pulg. ² (0-35 bar)	126-P/2	514038	20,00



R-22, R-407C y R-410A

Descripción	Modelo	Código	€
Baja presión. Color azul, escala de vacío 30 pulg. y 76 cm Hg y de presión 120 libras/pulg. ² (8,5 bar) con amortiguadores hasta 250 libras	MPA-580/3	514035	20,00
Alta presión. Color rojo escala de presión 0-500 libras/pulg. ² (0-35 bar)	MPA-330/3	514036	20,00



RELOJ DE DESESCARCHE



Relojes temporizadores horarios

Reloj desescarche WEG-LEGRAND «49926»

Permite establecer ciclos de desescarche sobre un dial de 24 horas provisto de segmentos móviles, que determinan el inicio del desescarche regulable entre 0 y 60 minutos (palanca blanca), con retardo de ventiladores también regulables (palanca negra).

Modelo	Código	€
Legrand-49926	436018	215,00



Relojes desescarche THEBEN serie «FRI-77»

Permite establecer ciclos de desescarche sobre dial de 24 h. provisto de segmentos móviles a intervalos mínimos de 1 h. En el dial de 60 minutos indica la duración del tiempo de desescarche con intervalo mínimo de 2 min. THEBEN FRI 77G. Permite establecer ciclos de desescarche sobre dial de 24 h. provisto de segmentos móviles a intervalos mínimos de 1 h. En el dial de 60 min., el primer segmento indica el tiempo de duración del desescarche y la distancia entre el 1.º y 2.º segmentos de tiempo de retardo en la puesta en marcha de los ventiladores.

Modelo	Código	€
Modelos con caja		
Temporizador FRI-77g, con retardo	434012	150,00
Modelos sin caja		
Temporizador FRI-77h2, sin retardo	434011	114,00
Temporizador FRI-77g2, con retardo	434013	125,00
Caballote Theben (rojo)	434014	2,35
Caballote Theben (verde)	434015	2,35



TERMÓMETROS



AKOCONTROL Tabla de selección rápida

Tabla de selección rápida termómetros/termostatos

Modelo	Salidas de relé			Entradas			Opciones			Formato									
	Compuar res. (induc.)	Desescarche	Ventilador res. (induc.)	Luz/Aus./Alarm	Temperatura control	Temp. fin desescarche	Temperatura ambiente	Entrada digital 1	Entrada digital 2	Alimentación	Zumbador	Reloj Tiempo Real	Comunicación integrada	Panel inductivo	Panel estándar	Panel Big Display	Panel largo	Panel DIN	Mural
Termómetros. Página D101																			
AKO-D14012	-	-	-	-	-	-	NTC/PTC	-	-	12/24V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
TDP-10	-	-	-	-	-	-	NTC/PTC	-	-	230V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-D14023-C	-	-	-	-	-	-	NTC/PTC	-	-	90-240V	-	-	●	●	-	-	-	-	-
AKO-13012	-	-	-	-	-	-	NTC	-	-	12V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-13023	-	-	-	-	-	-	NTC	-	-	230V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-D14602	-	-	-	-	-	-	NTC/PTC	-	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKO-14605	-	-	-	-	-	-	NTC	-	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
Termostatos 1 relé. Página D102																			
AKO-D14112	12A(9)	-	-	-	NTC/PTC	NTC/PTC	-	●	●*	12/24V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
TTDP-20	12A(9)	-	-	-	NTC/PTC	-	-	-	-	230V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-D14123-2	16A(10)	-	-	-	NTC/PTC	NTC/PTC*	-	●	●*	230V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-D14123-2-RC	16A(10)	-	-	-	NTC/PTC	NTC/PTC*	-	●	●*	90-240V	-	●	●	●	-	-	-	-	-
AKO-13112	12A(9)	-	-	-	NTC	-	-	-	-	12V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-13123	12A(9)	-	-	-	NTC	-	-	-	-	230V	-	-	-	●	-	-	-	-	-
AKO-10123	12A(9)	-	-	BA (4)	NTC	-	-	●	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKO-D10123	12A(9)	-	-	-	NTC/PTC	-	-	-	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
TTDS-30	12A(9)	-	-	-	NTC/PTC	-	-	-	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
TTDS-30 Original	12A(9)	-	-	-	NTC	-	-	-	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKO-D14622	12A(9)	-	-	5A (4)	NTC/PTC	-	-	●	●	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKO-D14622-C	12A(9)	-	-	5A (4)	NTC/PTC	-	-	●	●	90-240V	-	-	●	-	-	-	-	-	●
AKOTIM-21TE	12A(9)	-	-	-	NTC	-	NTC	●	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKOTIM-21ATE	12A(9)	-	-	5A (4)	NTC	-	NTC	●	-	230V	-	-	-	-	-	-	-	-	●
AKOTIM-21ARTE	12A(9)	-	-	5A (4)	NTC	-	NTC	●	-	230V	-	●	-	-	-	-	-	-	●
AKOTIM-21ARTEB	12A(9)	-	-	5A (4)	NTC	-	NTC	●	-	230V	●	●	-	-	-	-	-	-	●