

## Table of Contents

1 Funcionamiento simplificado del circuito frigorífico.....	2
1.1 El equipo de aire acondicionado.....	2
1.2 Conocimientos básicos de termodinámica.....	5
1.2.1 La dirección del calor.....	5
1.2.2 La evaporación de un líquido.....	6
1.2.3 La condensación de un gas.....	6
1.2.4 La curva presión - cambio de fase.....	7
1.2.5 Refrigerantes – presión y temperatura.....	9
1.2.6 Compresión de un gas.....	10
1.3 Componentes principales del circuito de refrigeración.....	10
1.3.1 Compresor.....	11
1.3.2 Condensador.....	13
1.3.3 Expansión del refrigerante líquido.....	14
1.3.4 Evaporador.....	16
1.3.5 Refrigerante.....	16
1.3.6 El circuito de un equipo reversible (bomba de calor).....	17
1.3.7 Características específicas de la instalacion de equipos de aire acondicionado.....	21
1.3.8 Herramientas específicas.....	22
1.3.8.1 Abocardador.....	22
1.3.8.2 Expandidor de tubo.....	23
1.3.8.3 Manómetros para refrigerante (analizador).....	24
1.3.8.4 Bomba de vacío.....	25
1.4 Ejercicios unidad 1.....	26
1.5 Soldadura de tuberías de cobre.....	29
1.5.1 Soldadura blanda.....	29
1.5.1.1 Materiales y herramientas necesarios para la soldadura blanda:.....	30
1.5.1.2 Soldadura blanda paso a paso:.....	32
1.5.2 Soldadura fuerte.....	33

# 1 Funcionamiento simplificado del circuito frigorífico

## 1.1 El equipo de aire acondicionado

El equipo de aire acondicionado permite la reducción de la temperatura y de la humedad relativa del aire (deshumidificación) dentro de la vivienda.

La mayoría de los equipos ofrecidos en el mercado permiten seleccionar entre refrigeración y calefacción (reversibles, bomba de calor) de la vivienda, por tanto, su uso se hace a lo largo de todo el año, durante las estaciones frías y calientes.

Los equipos de aire acondicionado tipo split se componen de una unidad interior, montada en techo o pared en el interior de la vivienda, y otra unidad exterior, montada en el exterior de la vivienda (balcón, pared exterior, azotea).





El aire acondicionado doméstico funciona con energía eléctrica. La potencia absorbida de la red eléctrica por un equipo de aire acondicionado varía entre 1 kW y 7 kW, dependiendo de las necesidades de refrigeración y calefacción de la vivienda.

### Serie MFZ-KA



### Serie MFZ-KA

Inverter

MODELO	MFZ-KA25VA		MFZ-KA35VA		MFZ-KA50VA	
UNIDAD INTERIOR	MFZ-KA25VA		MFZ-KA35VA		MFZ-KA50VA	
UNIDAD EXTERIOR	SUZ-KA25VA		SUZ-KA35VA		SUZ-KA50VA	
Función	FRÍO	CALOR	FRÍO	CALOR	FRÍO	CALOR
Capacidad kW	2,5	3,4	3,5	4,0	4,8	6,0
Capacidad kCal/h	2.150	2.924	3.010	3.440	4.128	5.160
Consumo Total kW	0,580	0,835	1,090	1,100	1,550	1,860
Coeficiente Eficiencia Energética	4,31	4,07	3,21	3,64	3,10	3,23
Etiquetado Energético	A	A	A	A	B	C
Unidad Interior	Nivel sonoro <sup>(1)</sup> dB (A)	32 / 27 / 22		33 / 28 / 23		39 / 35 / 32
	Dimensiones <sup>(2)</sup> mm	700 / 200 / 600		700 / 200 / 600		700 / 200 / 600
Unidad Exterior	Nivel sonoro <sup>(1)</sup> dB (A)	46		47	48	53
	Dimensiones <sup>(2)</sup> mm	800 / 285 / 550		800 / 285 / 550		840 / 330 / 850

Notas: (1) Nivel sonoro en Baja Velocidad. (2) Dimensiones: Ancho/Fondo/Alto. - Unidades en Gas Refrigerante R410A - Tensión: 230v/50Hz  
- Tipo de conexión frigorífica: Abocardado - Tipo de compresor: DC Twin rotativo inverter

## 1.2 Conocimientos básicos de termodinámica

Para comprender el principio de funcionamiento de un equipo de aire acondicionado son necesarios unos conocimientos básicos de algunos fenómenos físicos.

### 1.2.1 La dirección del calor

El calor es una forma de energía que tiene la tendencia natural de pasar de un cuerpo caliente a un cuerpo frío.

Flujo natural del calor de caliente -> frío.

Ejemplos:

- Un cazo de agua caliente se va enfriando hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Un cubito de hielo se va calentando hasta derretirse y alcanzar la temperatura ambiente.
- Al apagar la calefacción de una vivienda, la vivienda se va enfriando hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Al apagar el equipo de aire acondicionado de una vivienda, la temperatura de la vivienda sube hasta alcanzar la temperatura ambiente.

La bomba de calor invierte el flujo natural del calor.

En invierno, la bomba de calor absorbe calor del aire exterior frío y lo transporta al interior de la vivienda caliente.

Flujo de calor de exterior frío -> interior caliente

En verano, el equipo de aire acondicionado absorbe calor del ambiente interior fresco de la vivienda y lo transporta al exterior caliente.

Flujo de calor de interior frío -> exterior caliente

En estos dos casos, la dirección de flujo del calor es antinatural y precisa de energía para mantenerse. Por eso, el equipo de aire acondicionado necesita energía para funcionar.

### 1.2.2 La evaporación de un líquido

La evaporación es el cambio de estado de líquido a gaseoso.

El sudor (líquido) se evapora (gaseoso).

Un líquido, al evaporarse, absorbe calor.

Para evaporar agua es necesario calentarla.

Si mojamos nuestra piel con agua o alcohol, sentimos una sensación de frescor debido al calor necesario para la evaporación del líquido sobre nuestra piel.

Nuestro cuerpo se refrigerá evaporando sudor.

En la unidad interior de un equipo de aire acondicionado, se evapora un refrigerante para absorber el calor del interior de la vivienda.

La temperatura de ebullición de un líquido depende de la presión.

### 1.2.3 La condensación de un gas

La condensación es el paso del estado gaseoso al estado líquido.

Un gas, al condensar, cede calor.

El vapor de agua contenido en el aire condensa sobre superficies frías, cediendo calor, ya que la tendencia natural del calor es calentar el cuerpo frío.

En invierno, al entrar del exterior frío al interior caliente de una piscina cubierta, la humedad del aire se condensa sobre los cristales de las gafas.

En invierno, al entrar en el coche, la humedad del aire se condensa sobre el parabrisas.

En la unidad exterior de un equipo de aire acondicionado, se condensa un refrigerante para ceder el calor al exterior de la vivienda.

*Experimento:*

*Ebullición y condensación de agua a diferentes presiones, midiendo las temperaturas.*

*Medir temperaturas de ebullición de agua a 1 bar, 2 bar, 3 bar.*

### 1.2.4 La curva presión - cambio de fase

A la condensación de un gas que se convierte en líquido y a la evaporación de un líquido que se convierte en gas, se le llama cambio de fase.

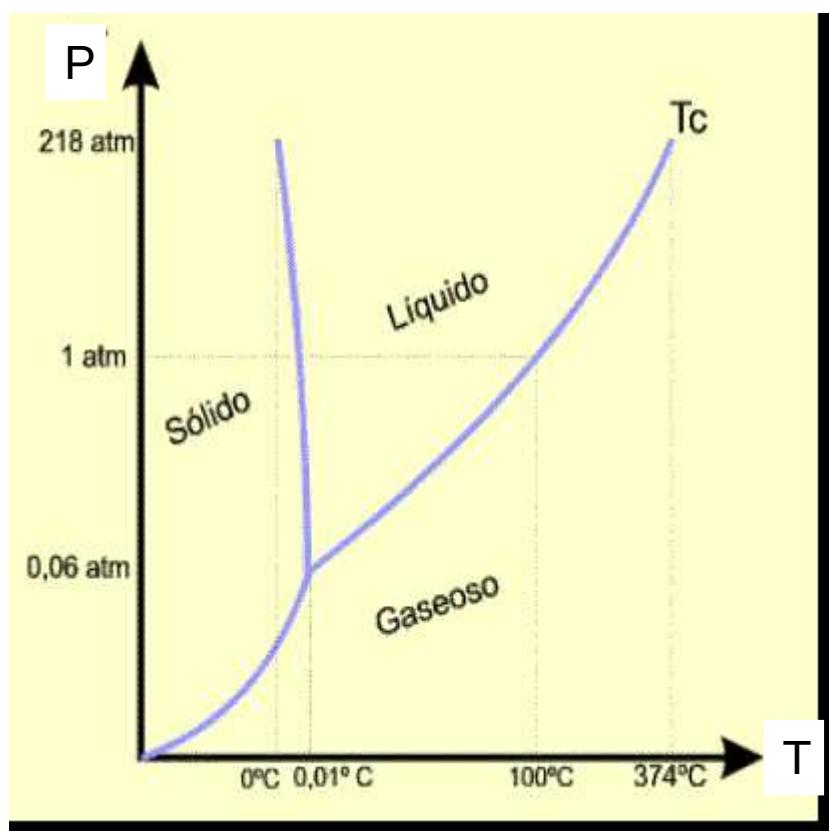
Las instalaciones de aire acondicionado y refrigeración, no funcionan con agua como medio transportador del calor, sinó con medios llamados refrigerantes (p. ej. R22, R410a, etc.).

En el cambio de fase de gas a líquido (condensación), el refrigerante cede calor.

En el cambio de fase de líquido a gas (evaporación), el refrigerante absorbe calor.

A presión constante, la temperatura de evaporación y condensación es la misma.

La temperatura del cambio de fase depende de la presión. A mayor presión, mayor temperatura de cambio de fase. A menor presión, menor temperatura de cambio de fase.



En el diagrama de fases del agua se observa la dependencia de la temperatura del cambio de fase y la presión.

Curva del cambio de fase del agua.



### 1.2.5      Refrigerantes – presión y temperatura

El manómetro muestra la temperatura de cambio de fase de diferentes refrigerantes.



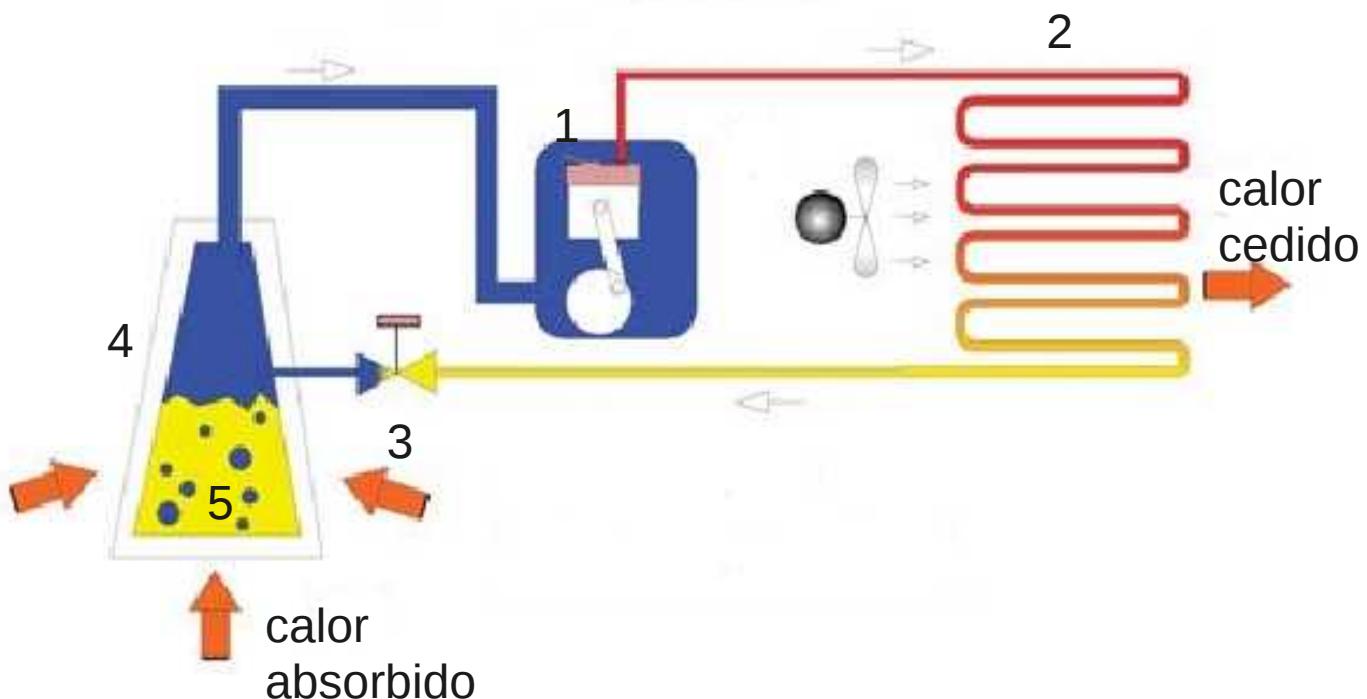
### 1.2.6 Compresión de un gas

Al comprimir un gas, aumenta su temperatura. Esto lo podemos experimentar con una bomba de bicicleta al inflar una rueda. La bomba se va calentando a medida que aumenta la presión de la rueda.

## 1.3 Componentes principales del circuito de refrigeración

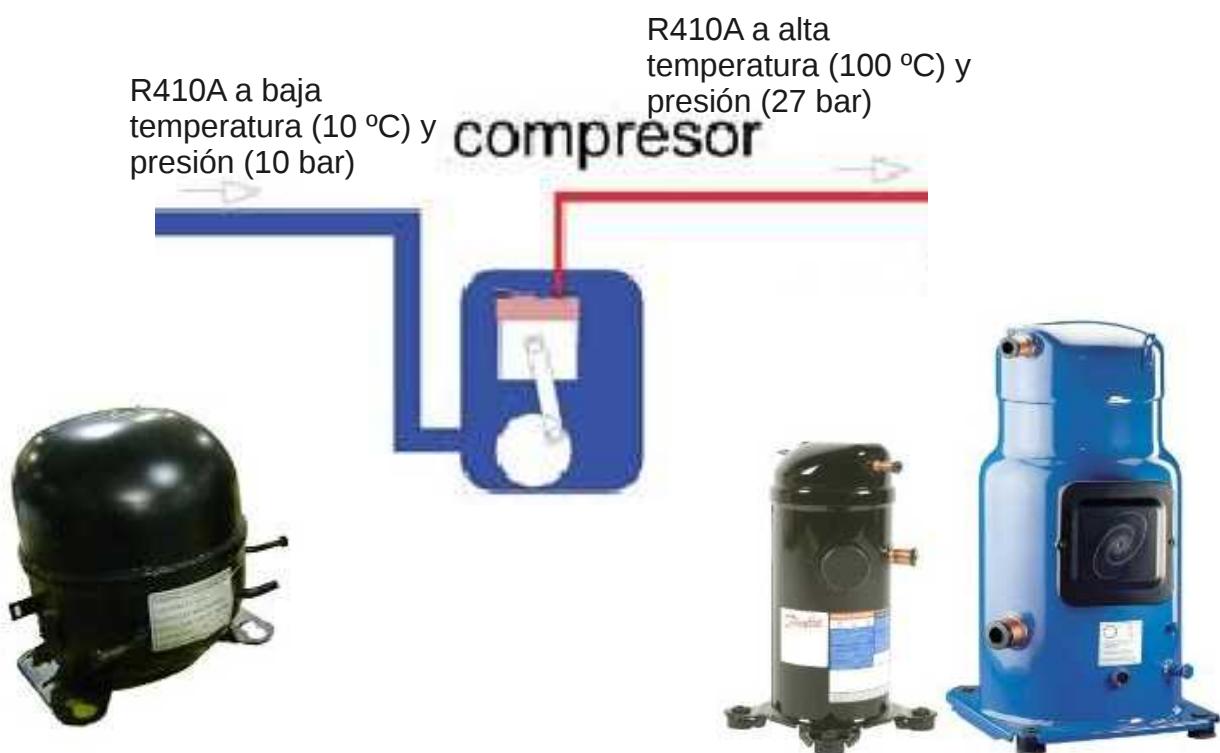
Los componentes principales del circuito de refrigeración son:

1. Compresor
2. Condensador
3. Expansión
4. Evaporador
5. Refrigerante



### 1.3.1 Compresor

El corazón del equipo de aire acondicionado es el compresor. El compresor recibe el refrigerante procedente del evaporador, en estado gaseoso a baja temperatura y presión. El compresor aumenta la presión y temperatura del gas refrigerante, comprimiéndolo. Del compresor, el gas refrigerante sale a alta temperatura y presión. El compresor aporta energía al gas.



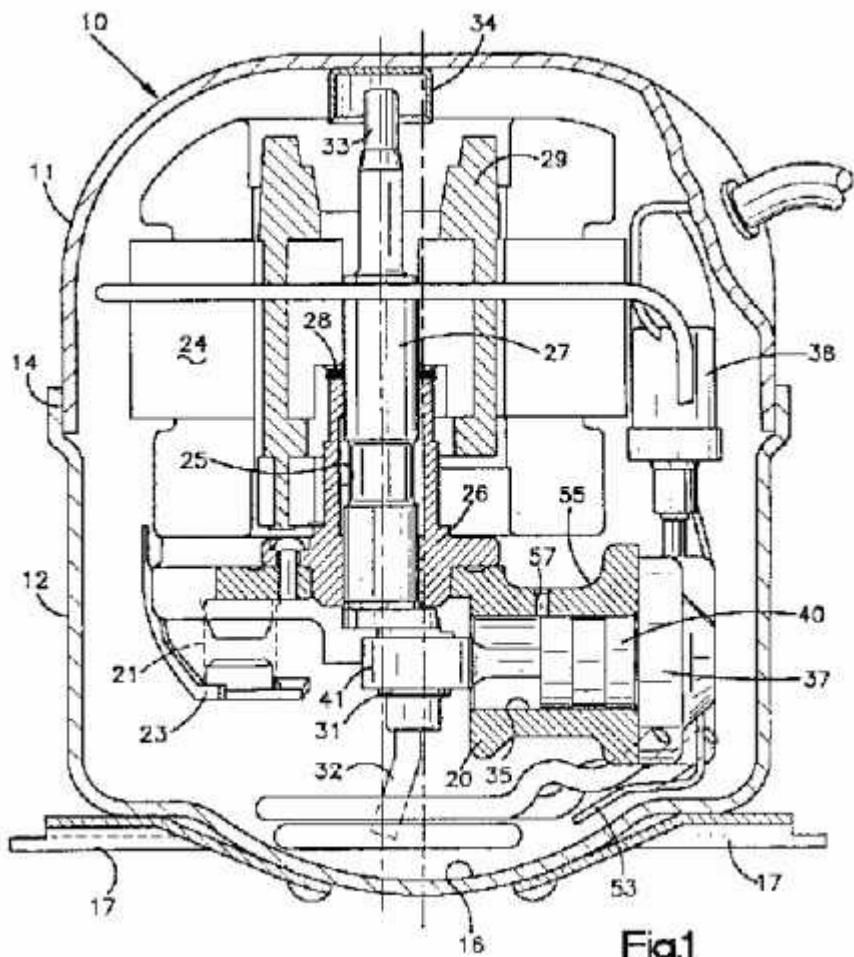
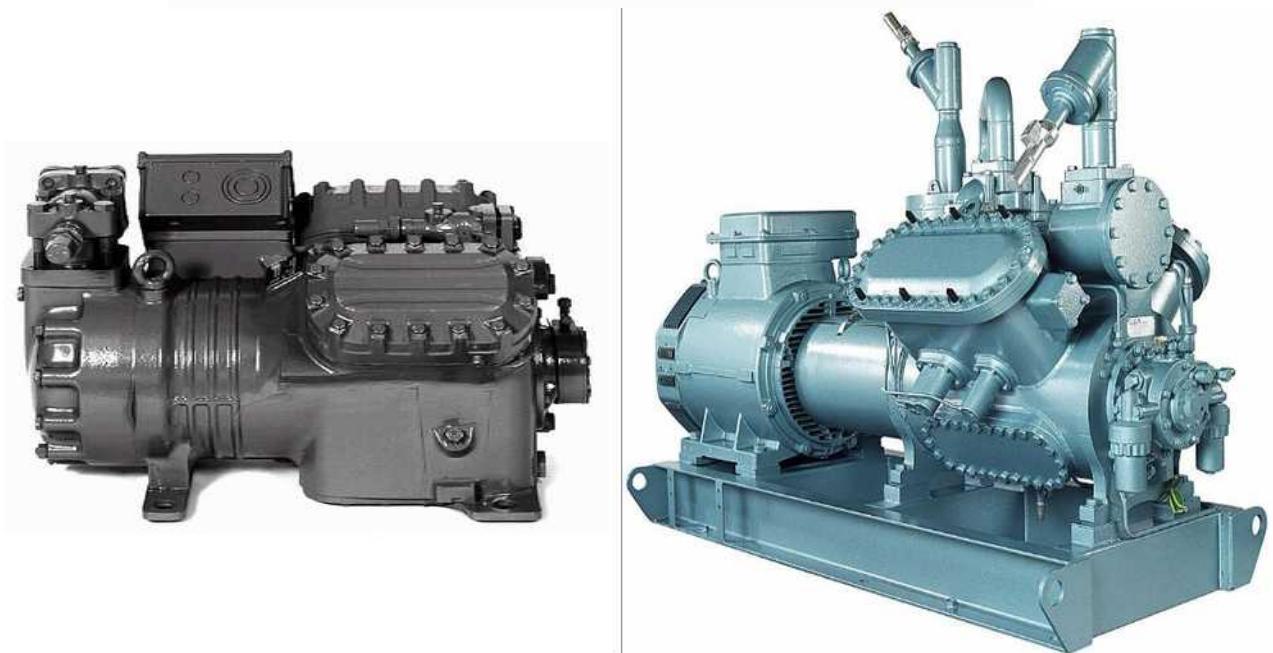


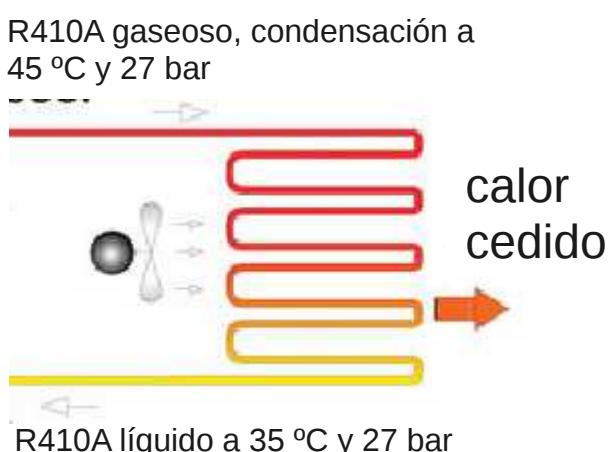
Fig.1



### 1.3.2 Condensador

El condensador es un intercambiador de calor (serpentín con lamas de aluminio), en el que el refrigerante, a alta temperatura y presión, cede calor. El refrigerante, en estado gaseoso, primero reduce su temperatura hasta llegar a la temperatura de condensación, después condensa (gas → líquido) a temperatura constante. Un ventilador aumenta (fuerza) la transmisión del calor del refrigerante al aire del ambiente.

El refrigerante sale del condensador en estado líquido.



### 1.3.3      Expansión del refrigerante líquido

El refrigerante líquido, procedente del condensador, está a una presión alta. En su camino hacia el evaporador debe reducir su presión, para que la temperatura de evaporación sea la adecuada. A menor presión, menor temperatura de evaporación.

Ejemplo:

R22 a 8 bar -> evaporación a 15 °C

R22 a 6 bar -> evaporación a 6 °C

R410A a 13 bar -> evaporación 15 °C

R410A a 10 bar -> evaporación 6 °C

La expansión se realiza haciendo pasar el refrigerante a través de estrechos tubos de cobre llamados capilares o mediante válvulas de expansión.

El tubo capilar tiene el diámetro y la longitud adecuada para reducir la presión del refrigerante líquido que lo recorre a la presión de evaporación. Los frigoríficos y equipos de aire acondicionado domésticos funcionan con tubos capilares para la expansión.

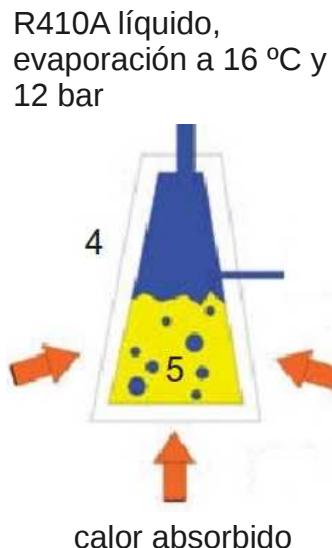
El refrigerante sale del capilar en forma de neblina formada por minúsculas gotas de líquido.





### 1.3.4 Evaporador

La neblina de refrigerante líquido, procedente del capilar, se evapora en el evaporador, absorbiendo calor del ambiente interior de la vivienda (o del frigorífico).



### 1.3.5 Refrigerante

El refrigerante es el medio portador del calor.

Al condensar en el condensador, el refrigerante cede calor al ambiente exterior.

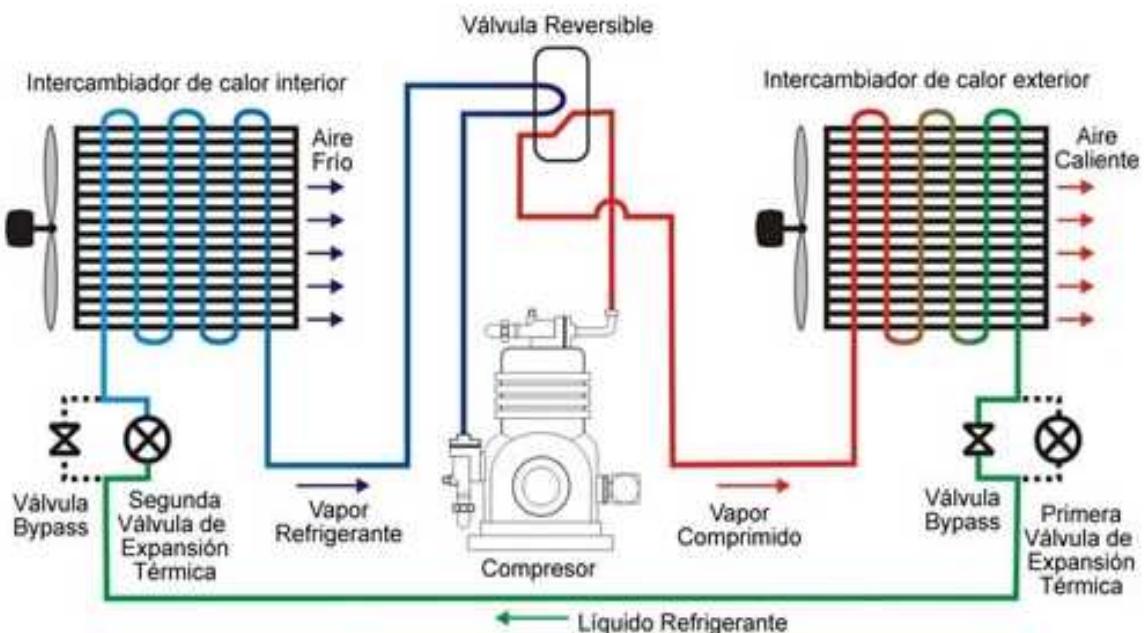
Al evaporar en el evaporador, el refrigerante absorbe calor del ambiente interior.

Condensación R410A - Temperatura 45 °C - Presión 27 bar

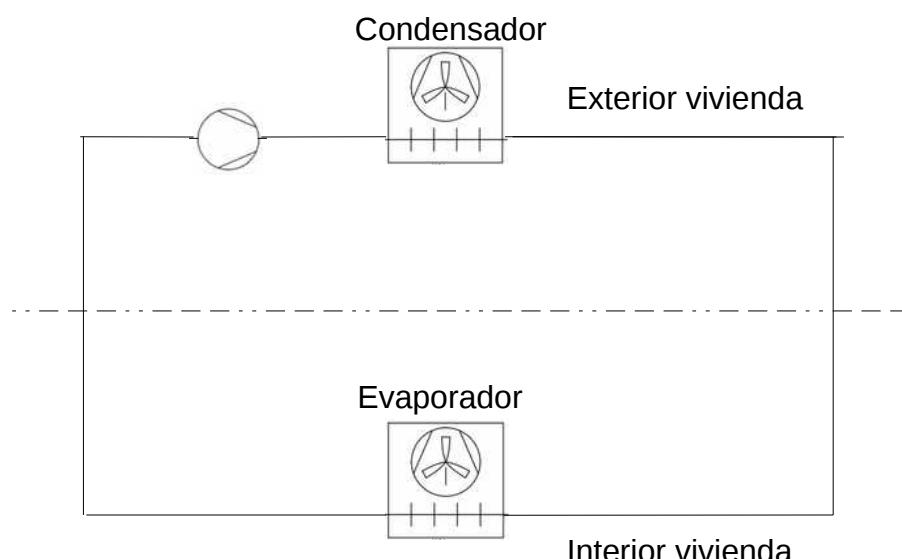
Evaporación R410A - Temperatura 16 °C - Presión 12 bar

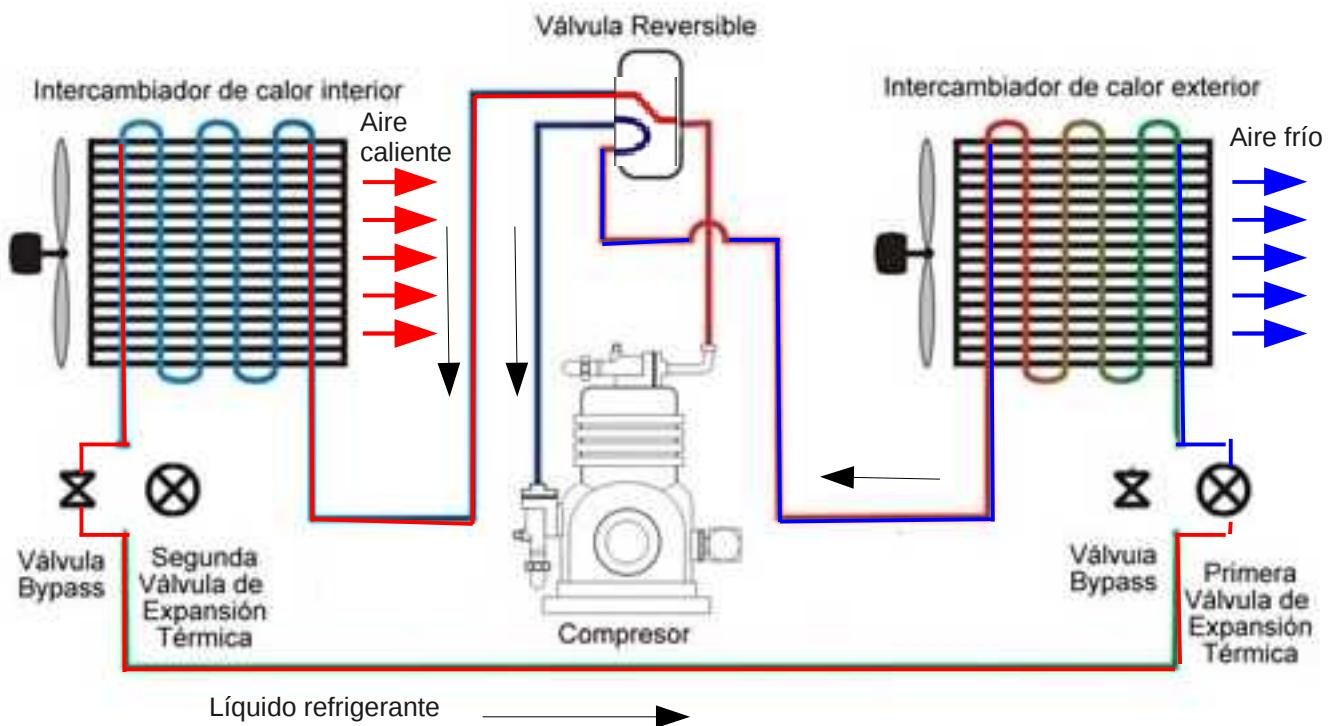
### 1.3.6 El circuito de un equipo reversible (bomba de calor)

La bomba de calor permite refrigerar en verano y calentar en invierno. La unidad interior en verano hace de evaporador (absorbe calor) y en invierno de condensador (cede calor). Para realizar este funcionamiento es necesaria una válvula reversible y un capilar hacia cada intercambiador de calor (uno exterior, otro interior).

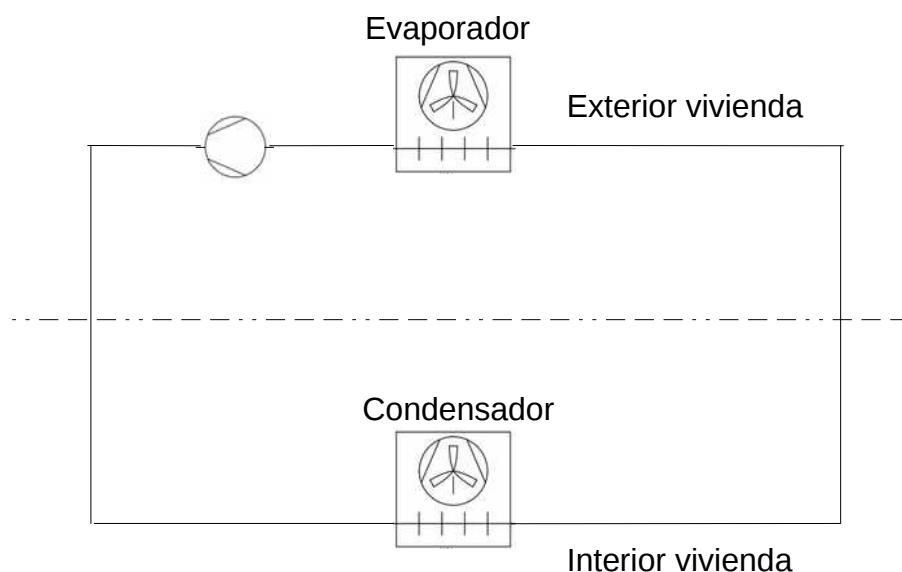


Equipo trabajando en frío



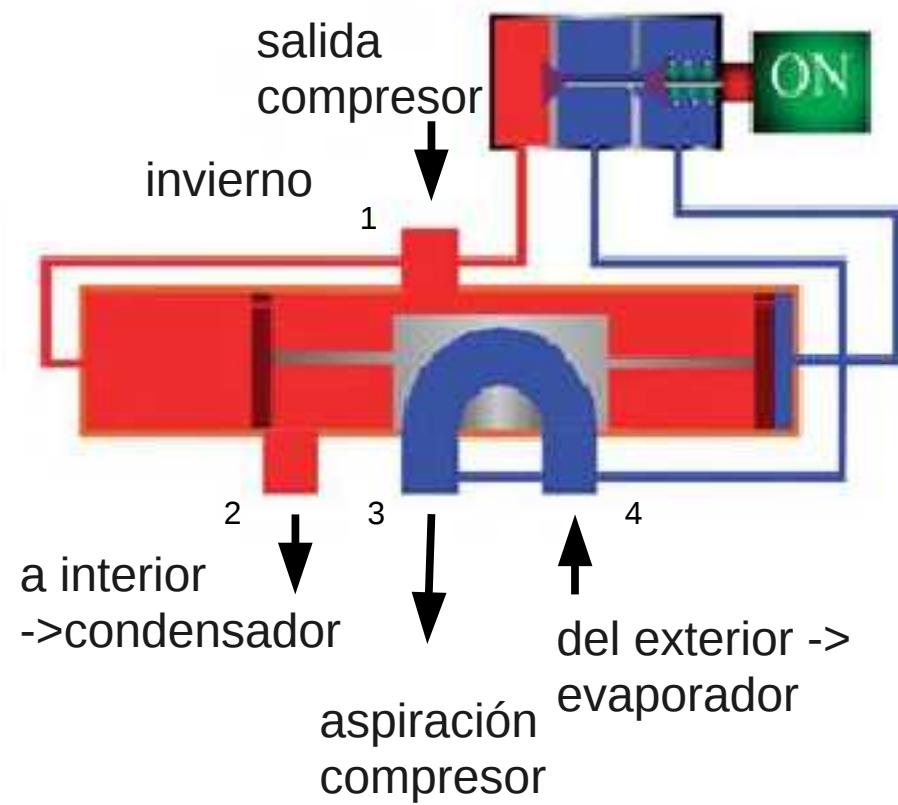
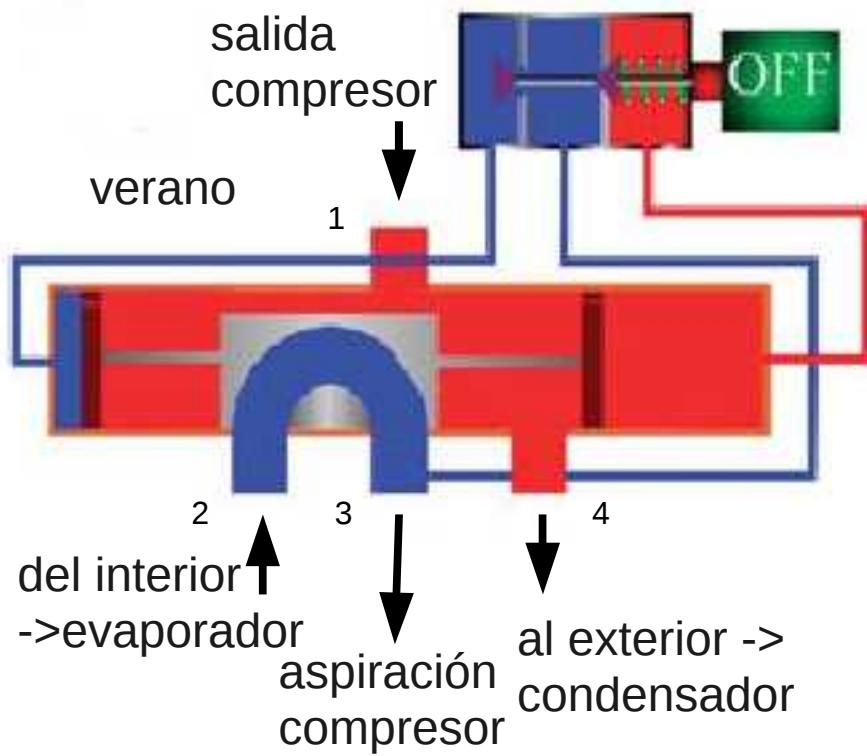


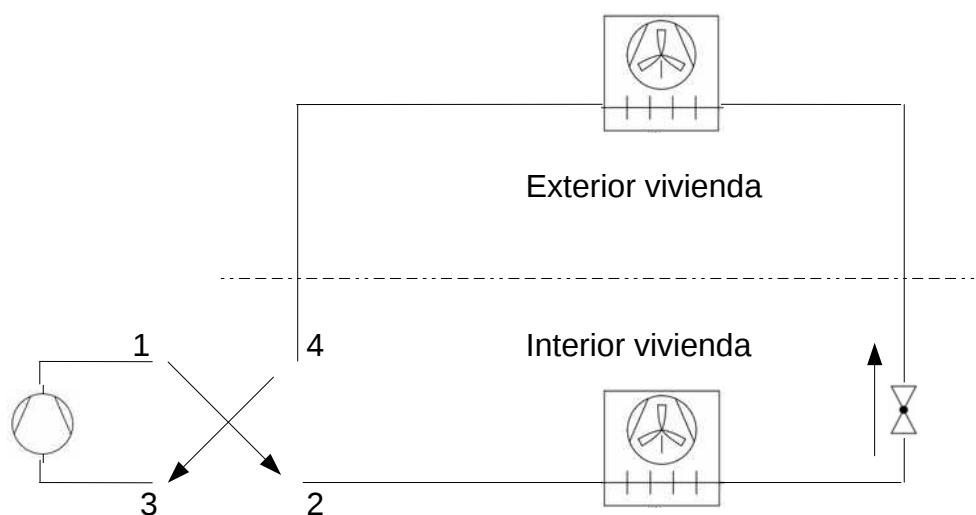
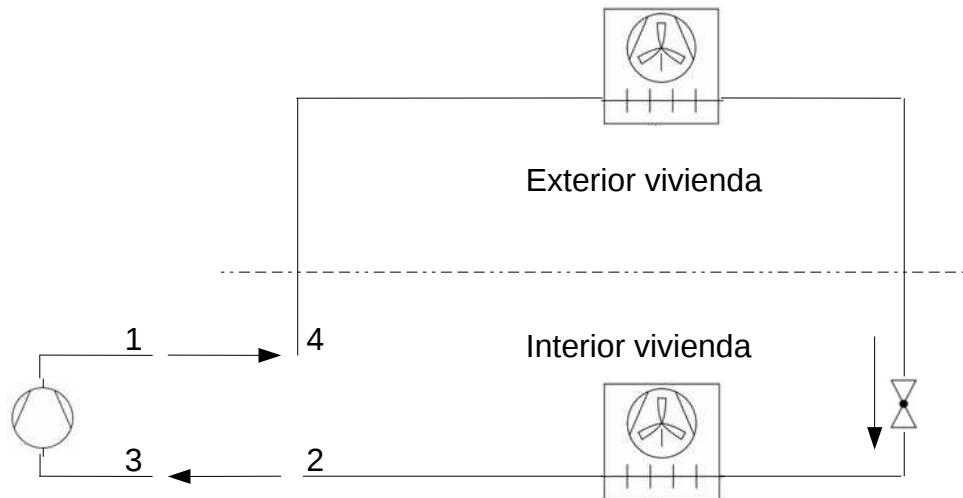
### Equipo trabajando en calor





Válvula reversible, posición verano e invierno





### 1.3.7 Características específicas de la instalación de equipos de aire acondicionado

La instalación de equipos de aire acondicionado se diferencia de las instalaciones de agua y gasoil en que las presiones y temperaturas del refrigerante son mucho más elevadas, además de que su estado es gaseoso en parte del circuito (mayor facilidad de fuga).

El cobre es el material de tubería empleado en las instalaciones con refrigerante. Las dimensiones de las tuberías de cobre para frío son diferentes de las de cobre para agua y su diámetro se mide en pulgadas.

## TUBO DE COBRE FRIGORÍFICO DESNUDO



**Nota: Precios sujetos a variaciones sin previo aviso por cotización en mercado internacional: CONSULTAR**

Código	Medida	Grueso pared (mm)	Cont. caja	Ø Ext. tubo (mm)	€/Rollo
Norma 12735-1-2001					
• Rollos de 15 metros					
TF 01 092	1/4"	0,8	10	6,35	31,26
TF 01 094	3/8"	0,8	6	9,52	48,42
TF 01 095	1/2"	0,8	7	12,70	65,27
TF 01 096	5/8"	0,8	6	15,87	82,78
TF 01 099	5/8"	1	6	15,87	100,03
TF 01 100	3/4"	0,8	4	19,05	100,60
TF 01 097	3/4"	1	4	19,05	118,38
TF 01 098	7/8"	1	3	22,22	138,32

Fuente: Salvador Escoda

En instalaciones con refrigerante se requiere el máximo cuidado respecto a la limpieza de las tuberías y ausencia de humedad, ya que cantidades mínimas de suciedad o agua pueden causar graves averías.

Por eso, se requieren herramientas especiales y procedimientos de trabajo diferentes de los que son usuales en fontanería.

Deben evitarse uniones soldadas, por ser la causa más probable de fugas. Cuando la unión soldada no se puede evitar, se ha de hacer con soldadura fuerte.

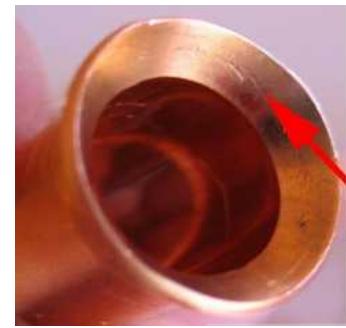
Es necesario disponer de un equipo de soldadura fuerte, p.ej. oxi-butano o oxi-acetileno. La soldadura debe evitarse, utilizando rollos de tubo recocido que permiten cambios de dirección del tubo sin necesidad de utilizar accesorios.

El tubo frigorífico siempre debe quedar taponado en sus extremos para evitar la entrada de agua o suciedad.

### 1.3.8 Herramientas específicas

#### 1.3.8.1 Abocardador

Sirve para ensanchar el extremo del tubo de cobre, dándole la forma cónica necesaria para hacer una unión, estanca por presión, con una toma roscada.



### 1.3.8.2 *Expandidor de tubo*

Sirve para unir tubos sin utilizar accesorios, realizando una sola soldadura por unión (reducción del riesgo de fugas).



### 1.3.8.3 Manómetros para refrigerante (analizador)

Con ellos se mide la presión de evaporación (baja) y de condensación (alta) del refrigerante.



#### **1.3.8.4      *Bomba de vacío***

Utilizada para sacar el aire y la humedad de las tuberías que unen unidad exterior y interior, antes de la puesta en marcha del equipo de aire acondicionado.



## 1.4 Ejercicios unidad 1

### Ejercicio 1.4-1

¿Cuál es la dirección natural del calor?

¿Cómo se puede invertir?

Indica ejemplos de procesos en los que fluye calor e indica si el calor sigue su dirección natural o esta se invierte.

### Ejercicio 1.4-2

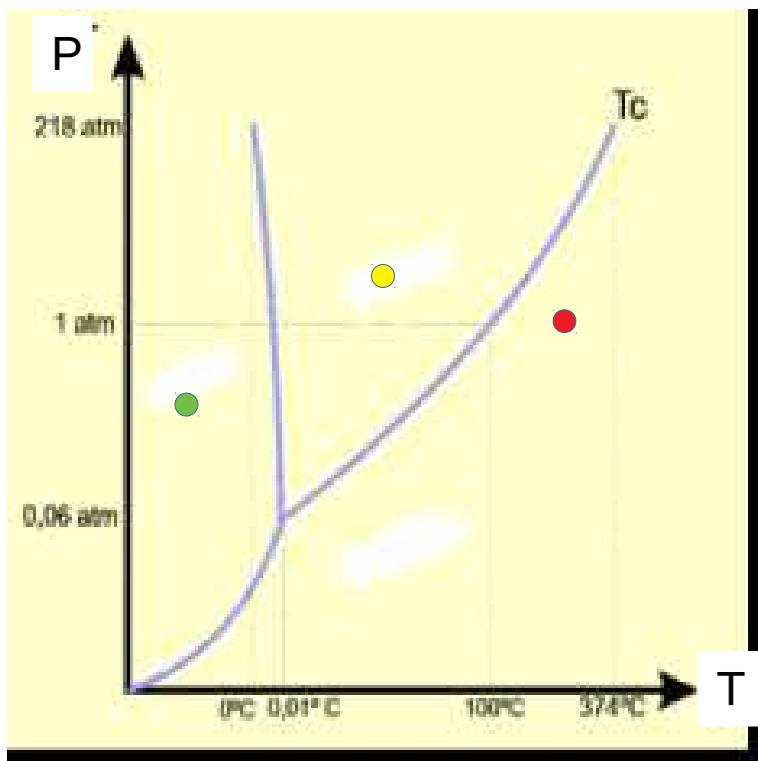
Explica el proceso de evaporación.

### Ejercicio 1.4-3

Explica el proceso de condensación.

### Ejercicio 1.4-4

Completa el diagrama de las fases del agua e indica las diferencias entre los puntos.



**Ejercicio 1.4-5**

Explica cómo cambia la temperatura de ebullición del agua variando la presión.

**Ejercicio 1.4-6**

Completa las tablas.

Refrigerante R22

Presión en bar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperatura en °C										

Refrigerante R410A

Presión en bar	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Temperatura en °C									



**Ejercicio 1.4-7**

Indica los componentes principales de una instalación frigorífica y explica su función.

**Ejercicio 1.4-8**

Dibuja un esquema de un equipo de aire acondicionado funcionando para refrigerar el interior de una vivienda y otro esquema del mismo equipo calentando el interior de la vivienda.

Cómo se llama el componente que invierte el funcionamiento del equipo.

**Ejercicio 1.4-9**

¿Qué precauciones deben tomarse con las tuberías de cobre de un instalación frigorífica?

¿Cómo se puede reducir el número de soldaduras?

**Ejercicio 1.4-10**

¿Cuáles son las herramientas específicas de las instalaciones frigoríficas?

¿Para qué se utilizan?

## 1.5 Soldadura de tuberías de cobre

En la soldadura de tuberías de cobre (Cu), se diferencia entre la soldadura blanda, que se utiliza en instalaciones de fontanería y calefacción, y la soldadura fuerte, que se utiliza en instalaciones de refrigeración, energía solar térmica y gas.

### 1.5.1 Soldadura blanda

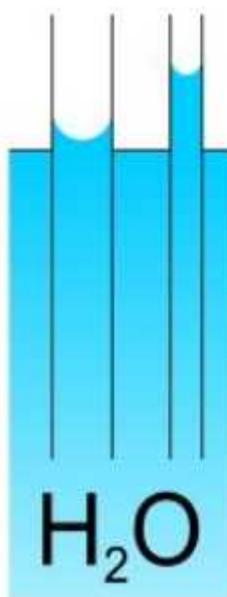
En las instalaciones de suministro de agua y calefacción, la presión debe ser inferior a 5 bar y la temperatura de los tubos no supera los 80 °C. La soldadura blanda por capilaridad es la forma de unión más extendida para este tipo de instalaciones con tubo de cobre.

La soldadura blanda por capilaridad consiste en llenar de estaño-plata el espacio entre las superficies a unir. Al aportar calor con el soplete sobre la unión, el estaño-plata se funde a una temperatura por debajo de los 450 °C. En estado líquido y por el efecto de capilaridad penetra y rellena la junta de soldadura. Al enfriar, el estaño plata se solidifica quedando unidas las piezas.

La capilaridad es la propiedad de un líquido de ascender por tubos finos o entre dos superficies muy juntas.

Experimento:

Sumergir el extremo de una hoja de papel de vástago en agua. El agua sube por capilaridad, humedeciendo la hoja por encima del nivel al que ha sido sumergida



### 1.5.1.1 Materiales y herramientas necesarios para la soldadura blanda:

- Decapante

Prepara las superficies de cobre en contacto para que el estaño fundido entre con facilidad y rellene la ranura entre el tubo y el accesorio de cobre.



- Cortatubos

Sirve para realizar un corte limpio y a la medida exacta del tubo.



- Estaño-plata (mínimo 3,5% de plata)

Es el material que se funde y rellena la ranura entre tubo y accesorio.



- Lana de acero

Sirve para limpiar las superficies de cobre.



- Soplete

Aporta el calor necesario para la soldadura.



- Trapo limpio y cubo de agua

El trapo mojado se utiliza para enfriar el tubo soldado y limpiar los restos de decapante que puedan haber quedado tras la soldadura.

**1.5.1.2     Soldadura blanda paso a paso:**

1. Cortar el tubo y quitar con cuidado las rebabas
2. Limpiar la zona del tubo y del accesorio que se va a soldar con lana de acero.
3. Poner decapante en las partes a soldar (tubo y accesorio) e introducir bien una dentro de otra. El decapante facilita la unión de las piezas y la penetración del estaño – plata en la ranura por efecto de capilaridad.
4. Para soldar se calientan las piezas a soldar. Durante el calentamiento se irá tocando con el estaño-plata la junta de unión de las piezas a soldar. Cuando el estaño plata se funda sobre el cobre, se dejará de calentar las piezas para evitar quemar el decapante. La junta de las piezas de cobre deberá “absorber” el estaño-plata fundido.  
Dejar enfriar durante unos minutos, a continuación limpiar con un trapo húmedo la soldadura para quitar los restos de decapante.

## 1.5.2 Soldadura fuerte

La soldadura fuerte da una mayor resistencia mecánica a la unión. Por ello, se aplica en instalaciones de gas, refrigeración y colectores solares, por producirse en estas instalaciones elevadas temperaturas y presiones.

Para las instalaciones de agua potable o productos para la alimentación, se debe asegurar que las varillas utilizadas para la soldadura son aptas y no contienen productos tóxicos.

En la soldadura fuerte de cobre no se utiliza estaño plata sino varillas compuestas por aleaciones de cobre (Cu), plata (Ag) y en algunos casos fósforo (P). La temperatura de fusión es de entre 600 °C y 900 °C. Las varillas están compuestas principalmente por cobre, sin embargo se diferencia entre las de bajo contenido de plata (menor al 15%) y las de alto contenido de plata (entre el 20% y el 40%). Las varillas de cobre (bajo contenido de plata) no precisan decapante, mientras que las tienen un alto contenido de plata (varillas de plata) si lo necesitan. También se ofrecen varillas con alto contenido de plata, envueltas por un manto decapante blanco.

### Varillas para proceso oxiacetilénico

AG 6% (2,4 x 500 mm) AWS B Cu P-4	AG 15% (2,4 x 500 mm) AWS B Cu P-5
<b>Descripción y Aplicaciones:</b> Soldadura fosfórica con 6% de plata para soldar cobre y sus aleaciones. Las soldaduras se pueden maquinar con facilidad y ser calentadas hasta 400 °C, sin sufrir cambios en sus características. Conductividad eléctrica en uniones de inducidos y otros componentes eléctricos. Para aplicar la soldadura se recomienda separar las piezas entre 0,03 a 0,15 mm	<b>Descripción y Aplicaciones:</b> Soldadura fosfórica con 15% de plata para soldar cobre y sus aleaciones. Las soldaduras se pueden maquinar con facilidad y ser calentadas hasta 400 °C, sin sufrir cambios en sus características. Su mayor porcentaje de plata mejora la fluidez durante el proceso de soldadura. Espacio de separación: 0,025 a 0,13 mm
<b>Propiedades Metal Depositado:</b> Rango de fusión : 640 - 705 °C Temp. de trabajo : 660 °C. Resist. a tracción : 36.260 psi : 250 MPa Densidad : 8,2 gr/cm³ Conduct. eléctrica : 5 m/Ωmm²	<b>Propiedades Metal Depositado:</b> Rango de fusión : 640 - 705 °C Temp. de trabajo : 660 °C. Resist. a tracción : 36.260 psi : 250 MPa Densidad : 8,4 gr/cm³ Conduct. eléctrica : 7,0 m/Ωmm²

En la soldadura fuerte se calienta la varilla de plata y se introduce en el decapante que queda pegado a ella. El decapante para soldadura fuerte tiene forma de polvo o pasta.



Manteniendo la llama en movimiento para evitar quemar el cobre, se calienta la unión hasta que el decapante se vuelve transparente, la varilla se funde y penetra en la el intersticio de la unión. A continuación se enfriá con un trapo húmedo.

Las instalaciones frigoríficas requieren especial atención en el montaje de las tuberías. Se ha de cuidar al máximo la limpieza del interior de las tuberías, para evitar contaminar el circuito, ya que suciedad o humedad son la causa de averías en el compresor. Por este motivo, se intenta reducir al mínimo las uniones soldadas, doblando el tubo siempre que sea posible, en vez de realizar los cambios de dirección con accesorios soldados. De esta manera se evitan posibles puntos de fuga.

Además, la soldadura sea realiza inyectando nitrogeno en la tubería para eliminar el oxígeno que produciría escoria y hollín en la unión soldada.

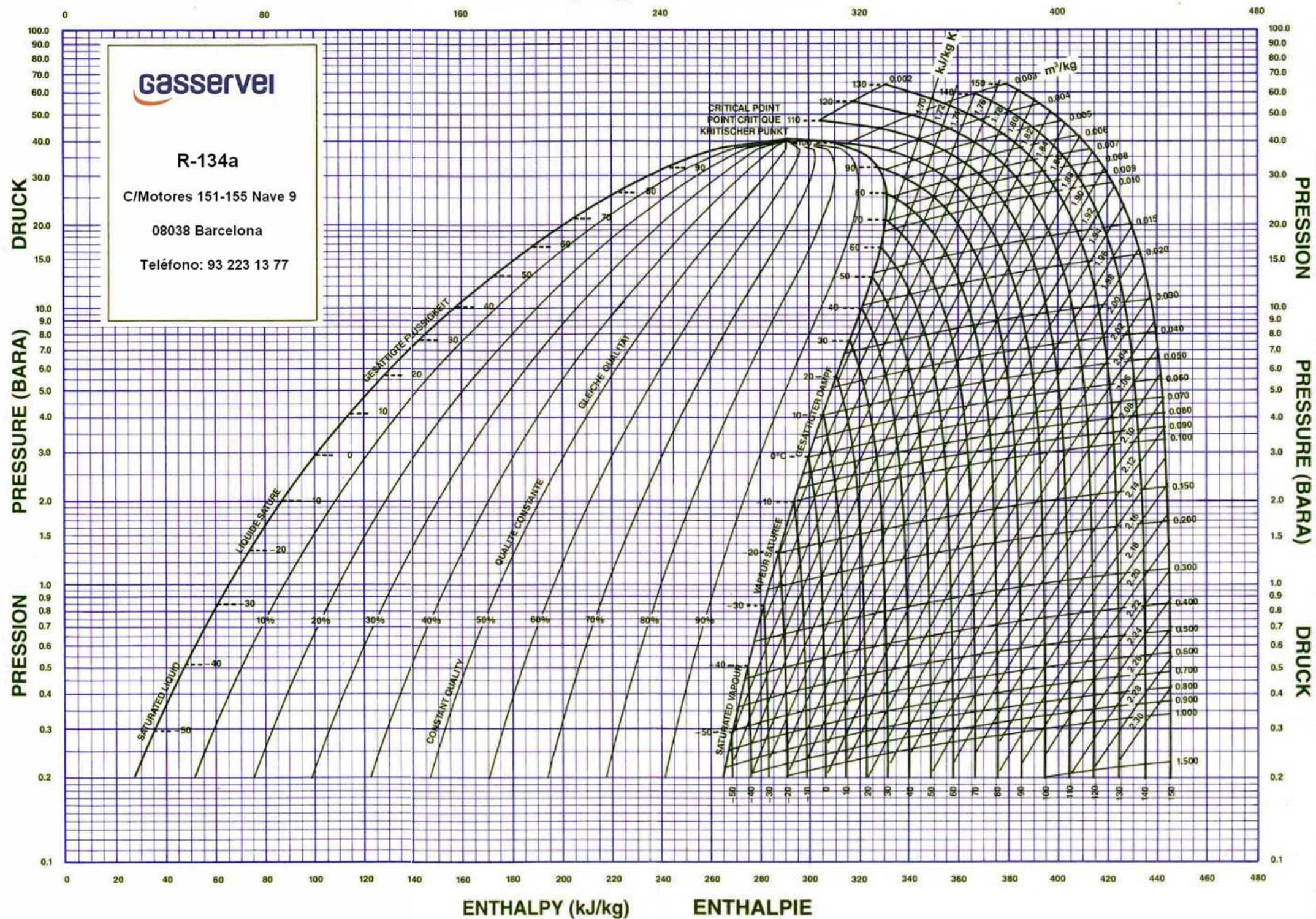
Los tubos de cobre siempre han de estar taponados en sus extremos para evitar la entrada de suciedad o humedad.

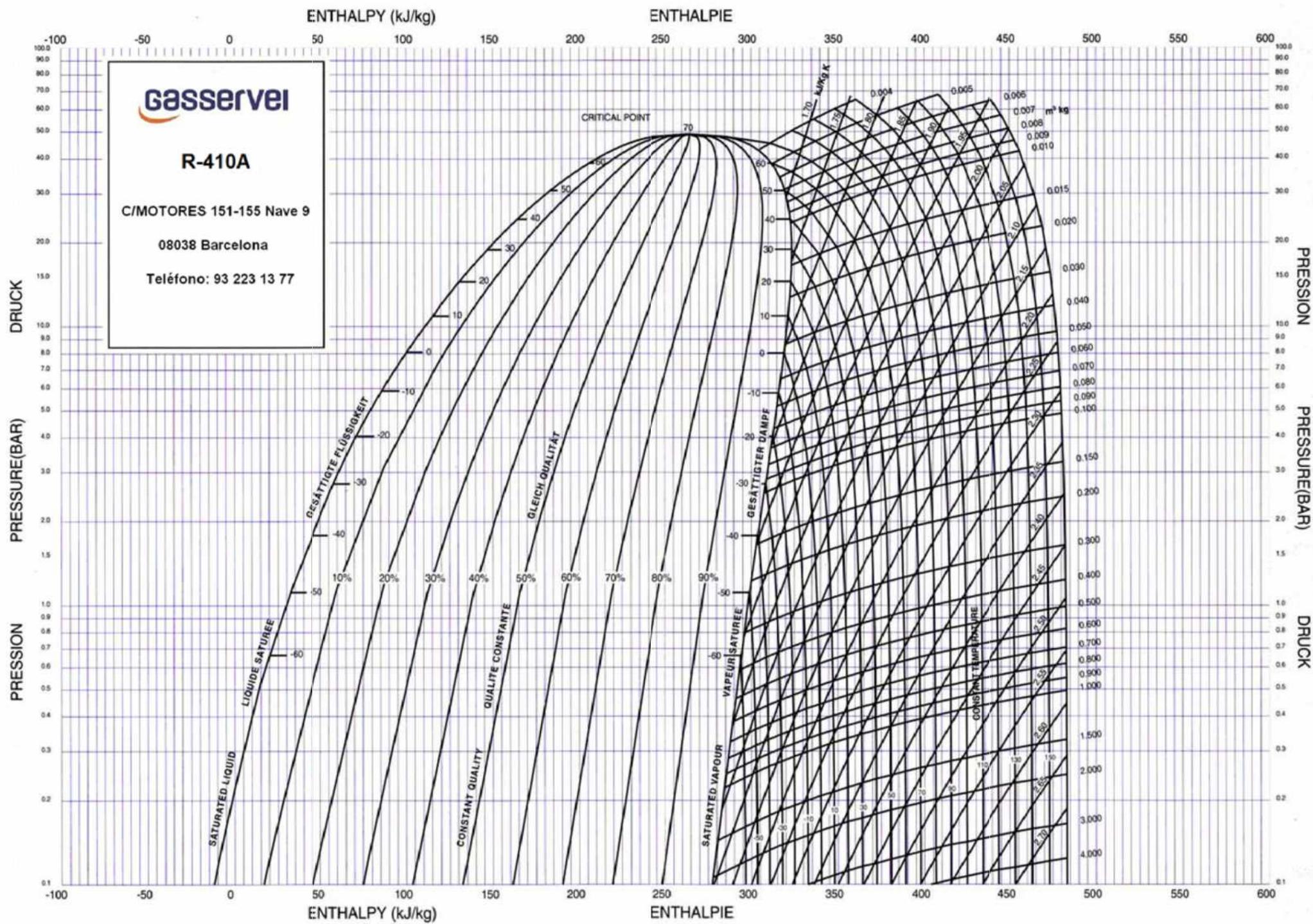
## Vídeos

[soldadura blanda](#) y [soldadura fuerte](#)

## ENTHALPY (kJ/kg)

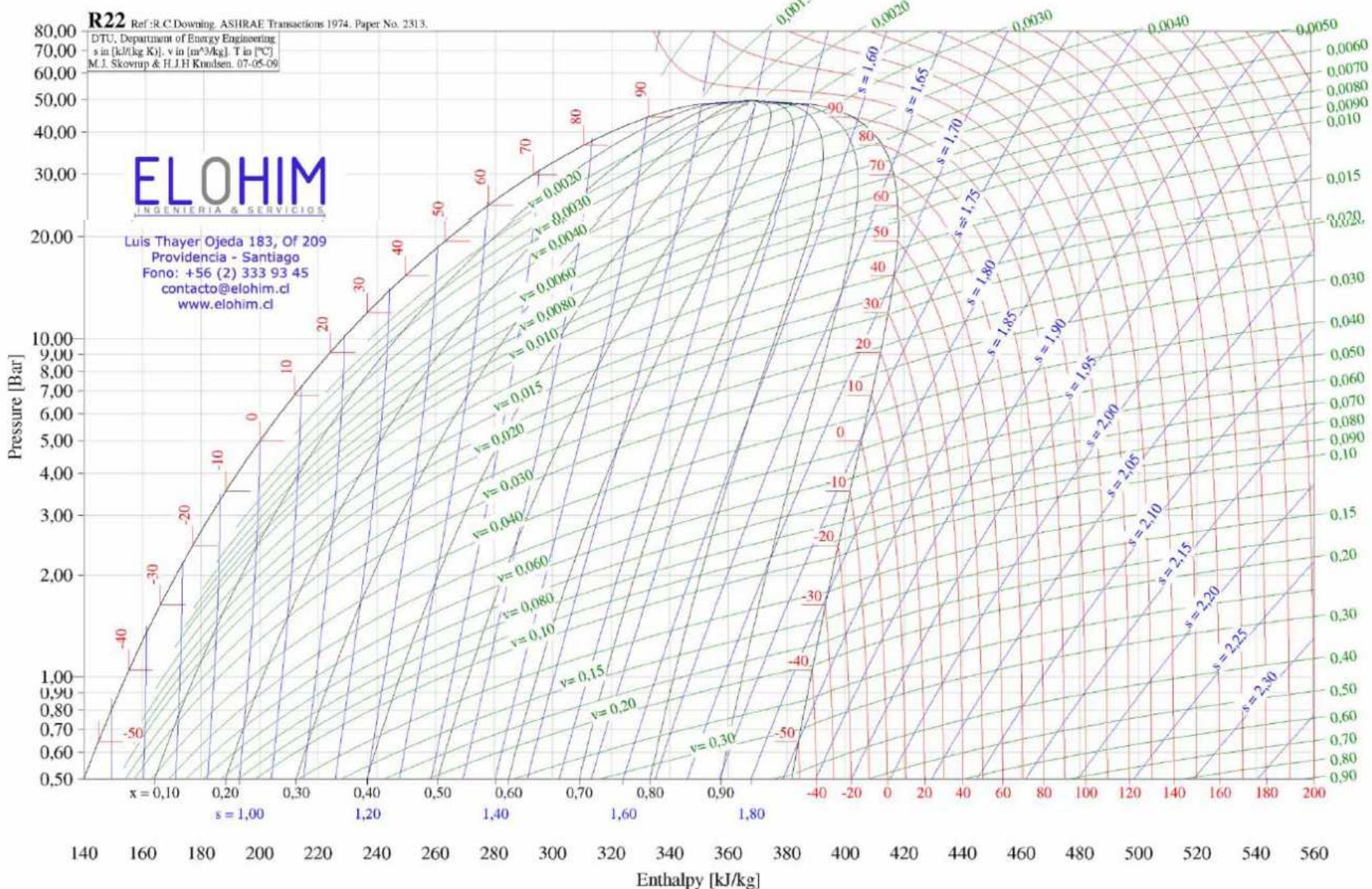
## ENTHALPIE





**R22** Ref :R.C.Downing, ASHRAE Transactions 1974, Paper No. 2313.

DTU, Department of Energy Engineering  
s in [kJ/kg K], v in [m<sup>3</sup>/kg], T in [°C]  
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 07-05-09



<http://www.elaireacondicionado.com/inverter/>  
[http://www.elaireacondicionado.com/articulos/instalar\\_aire\\_acondicionado/](http://www.elaireacondicionado.com/articulos/instalar_aire_acondicionado/)  
<http://revista.consumer.es/web/es/20030601/miscelanea1/61205.php>  
<http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>  
[http://www.elaireacondicionado.com/articulos/R410A\\_R407C/](http://www.elaireacondicionado.com/articulos/R410A_R407C/)  
<http://www.fpalzira.es/web/node/31>  
[http://www.google.com/webhp?  
hl=es#hl=es&q=curva+r410a&lr=&aq=f&aqi=&aql=&oq=curva+r410a&gs\\_rfai=&fp=660badab143eaf54](http://www.google.com/webhp?hl=es#hl=es&q=curva+r410a&lr=&aq=f&aqi=&aql=&oq=curva+r410a&gs_rfai=&fp=660badab143eaf54)  
[http://www.pasarlascanutas.com/herramientas\\_de\\_bricolaje/abocardador/abocardador\\_en\\_bricolaje.html](http://www.pasarlascanutas.com/herramientas_de_bricolaje/abocardador/abocardador_en_bricolaje.html)