

MANUAL DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE POLIPROPILENO “EKOPLASTIK”

3.5 Tuberías para agua caliente y fría “PPR” (Polipropileno)

El sistema de tuberías Ekoplastik, se puede utilizar para la distribución de agua en viviendas, edificios administrativos y culturales y para tuberías usadas en la industria y en la agricultura.

El sistema Ekoplastik está concebido para la conducción de agua fría y caliente y para la calefacción por suelo y central.

Las tuberías Ekoplastik pueden utilizarse también para la conducción de aire. Es necesario considerar en cada caso concreto, el aprovechamiento de su resistencia química, así como otras propiedades al tratarse de la conducción de otros líquidos, de gases o de sustancias sólidas.

Garantía

A los elementos standard del Sistema Ekoplastik se les proporciona una garantía de 10 años.

Esta garantía está condicionada por la aplicación correcta de los productos, cumpliendo con las correspondientes normas establecidas para el montaje. Para los otros productos se proporciona una garantía de 6 meses.

(Los elementos standard están señalados en el catálogo de productos con la abreviatura S.)

3.5.1 Información básica acerca de la gama Ekoplastik

Las tuberías y los soldadores eléctricos del Sistema Ekoplastik se fabrican en las siguientes dimensiones (dadas por los diámetros exteriores de las tuberías): **16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 y 110 mm.**

En base a las supuestas combinaciones de la presión operativa y de las temperaturas, se fabrican tuberías en diferentes series de presiones (con paredes de distintos espesores):

- Tubería EKOPLASTIK PPR

PN 10	SDR 11	generalmente para agua fría
PN 16	SDR 7,4	generalmente para agua fría y caliente
PN 20	SDR 6	generalmente para agua caliente y calefacción
- Tubería EKOPLASTIK STABI PN 20 generalmente para agua caliente y calefacción

Los accesorios se fabrican también en la serie de presión más elevada PN 20 en diferentes formas de presentación:

- Accesorios totalmente plásticos (manguitos, codos, Tes iguales y reducidas, reducciones, tapones, cruces)
- Accesorios combinados con rosca de latón niquelado para uniones (reducciones directas, Tes, codos de pared, juego universal de pared)
- Accesorios combinados para uniones por bridas
- Válvulas de paso plásticas con cono de latón (vistas y empotradas)
- Válvulas de esfera de plástico con bola de latón niquelado (vistas y empotradas)
- Elementos especiales (cruces, liras de compensación, elementos de latón)

El Sistema Ekoplastik cuenta además con los accesorios siguientes:

- Herramientas (máquinas de soldar, cortatubos, tijeras, afiladores, raspadores, termómetros y dispositivos para soldar)
- Aislamiento
- Abrazaderas de fijación, manguitos, canaletas de metal, canaletas plásticas y tapones.

En el catálogo de los productos se encuentra, detallado y actualizado, el listado general de los elementos.

3.5.2 Propiedades del Sistema Ekoplastik

1. Ventajas

- Durabilidad de 50 años si se siguen correctamente los reglamentos de aplicación.
- Producto indiscutiblemente higiénico.
- No se corroe, no se expande.
- Flexible, peso liviano, de fácil montaje, rápido y limpio.
- Poco ruidoso, con poca pérdida de carga debido a la fricción.
- Producto ecológico (posibilidad de reciclaje o de incineración sin problemas).

2. Descripción de los elementos del Sistema Ekoplastik

Las tuberías y accesorios se marcan durante el proceso de fabricación, para su mejor identificación en las redes de ventas y al utilizarlos.

Los elementos están marcados, como mínimo, de esta manera:

Tuberías: Ekoplastik, serie de presión, dimensiones, norma para la fabricación, fecha y hora de fabricación y marca de fábrica.

Accesorios: Ekoplastik (eventualmente aparece solamente la abreviatura EK o EKO) y la dimensión. El embalaje individual de los accesorios está marcado con un sello, en el cual aparece, además del tipo de elemento, la fecha de embalaje y la identificación de la persona encargada de hacer el control de entrada.

En base a los requisitos de la norma DIN 8077/1997, la cual se utiliza para la fabricación de tuberías, gradualmente se irá cambiando en la serie de presión, de la marca PN a la marca SDR de esta manera:

PN	10	16	20
SDR	11	7,4	6

La posibilidad de identificación de cada elemento, es un importante instrumento de control de la calidad y una condición básica en caso de efectuarse una reclamación.

3.5.2 Información sobre los materiales básicos para la producción del Sistema Ekoplastik

Las tuberías y los accesorios del Sistema Ekoplastik están hechos de polipropileno tipo 3. El polipropileno es una poliolefina.

El polipropileno tipo 3 = (estático) copolímero aleatorio del polipropileno (marcado PPR)

Características escogidas PPR

Propiedades	Condiciones de prueba	Unidad	PPR Valor
Índice del flujo MF 230/5	230° / 5 Kg	g/10 min	1,30±0,2
Peso específico		g/cm ³	0,9
Máximo punto de tracción		N/mm ²	25-26
Alargamiento máximo del punto de tracción		%	13
E módulo de flexibilidad a la flexión		N/mm ²	850-900
Resistencia al entallado (CHARPY)	23°C 0°C	KJ/m ² Ks/m ²	22±3 8
Factor de la dilatación térmica de longitud		M/mK	1,2 · 10 ⁻⁴
Factor de la conductibilidad térmica		W/mK	0,22

3.5.4 Normas para la producción y prueba de los productos

Los elementos del Sistema Ekoplastik se fabrican según las normas de la empresa PN 01 de acuerdo con los requisitos estipulados por las normas alemanas DIN 8077 a DIN 8078, DIN 16962, DIN 4726 y los patrones internacionales ISO 3212, ISO 7279.

Al mismo tiempo, son introducidas en las normas de la empresa, otras características del nuevo sistema de normas europeas EN.

Para garantizar la calidad, de acuerdo con el standard ISO 9002, la producción se controla con regularidad y se establecen con precisión los siguientes procesos:

- Las características de las materias primas de entrada
- Los parámetros de los productos en cada una de las fases de la producción
- Maquinaria que interviene en la producción
- Los parámetros de los instrumentos de medición.

5. El Sistema Ekoplastik está registrado en los siguientes países:

República Checa, Austria, Polonia, Eslovaquia, Rusia, Croacia, Ucrania, Bulgaria, Hungría, Rumania (estado al inicio del año 2002), España, Eslovenia, Alemania.

3.5.5 Propiedades requeridas de los medios en el sistema de tuberías

1. Parámetros básicos de distribución de los conductos de agua interiores

La tabla siguiente muestra los criterios básicos generales para la elección de la serie de presión, es decir: valores de las presiones y las temperaturas, que generalmente existen en los conductos de agua interiores:

medio	Presión de servicio máxima (bar)	Temperatura de servicio máxima (°C)
Agua fría	0-10	hasta 20°C *
Agua caliente sanitaria	0-10	hasta 60°C **

* Para el agua potable, por razones de higiene, la temperatura máxima debe ser 20°C.

** En las distribuciones de agua caliente se presupone una temperatura máxima del agua de 57°C, en el lugar donde se encuentra la batería de salida, como protección contra quemaduras. En las distribuciones de agua caliente, se admite la variante de calentar el agua durante un tiempo breve, a una temperatura máxima de 70°C, en el lugar de calentamiento por razones de higiene-liquidación de microbacterias patógenas y bacterias Legionela.

Es posible utilizar el Sistema Ekoplastik para todo tipo de tuberías para conductos interiores de aguas (agua potable fría, agua fría para el consumo, agua caliente, circulación).

Para el sistema de tuberías plásticas, se calcula una durabilidad de 50 años, eligiendo correctamente los materiales, las series de presiones y una aplicación adecuada. El proyectista elige la serie de presión, dependiendo del sistema de calentamiento del agua, y la regulación de su temperatura.

3.5.6 Parámetros básicos de la distribución de la calefacción

Al evaluar la conveniencia del uso de los elementos del Sistema Ekoplastik para la calefacción, debemos usar el valor de la temperatura de entrada calculada del agua de calefacción t_1 , es decir la temperatura más alta, que aparece en el sistema. El proyectista del sistema de calefacción la elige, dependiendo de la temperatura requerida en la entrada de los radiadores, según las posibilidades técnicas de las fuentes de calor, y del tipo de vasos de expansión. De acuerdo a su valor se diferencian los sistemas de calefacción:

Por regla general en la aplicación práctica, las diferencias de temperaturas de los sistema de

Sistema de calefacción	Diapasón de temperatura	Aplicación del sistema Ekoplastik
de agua caliente, temperatura baja	$t_1 \leq 65^\circ\text{C}$	apropiada
de agua caliente, abierto	$65^\circ\text{C} \leq t_1 \leq 95^\circ\text{C}$	menos apropiada
de agua caliente, cerrado	$65^\circ\text{C} \leq t_1 \leq 115^\circ\text{C}$	inapropiada
de agua muy caliente	$t_1 \geq 115^\circ\text{C}$	inapropiada

calefacción que se utilizan son 90/70°C, 85/75°C, 80/60°C, 75/65°C, 70/50°C, 70/60°C, excepcionalmente 92,5/67,5°C, en los sistemas de bajas temperaturas 55/45°C, 45/35°C, 35/25°C. Para todas estas variantes se puede utilizar el Sistema Ekoplastik, sobre todo para 75/65°C, 70/50°C, 70/60°C y para sistemas de temperaturas bajas.

3.5.7 Parámetros operativos de las tuberías de PPR – conductos de agua

Por parámetros operativos se entienden, la presión máxima de trabajo, la temperatura, la durabilidad y la relación entre ellas.

Los parámetros operativos se encuentran en la tabla de la pág. 6, donde está a su vez subrayada la utilización de la serie de presiones de las tuberías para la distribución de agua fría y caliente. Para tal cálculo se utilizó el coeficiente de seguridad 1,5.

(Observación. En general es válido que altos índices de presión permitan, bajo temperaturas iguales, mayores presiones de trabajo y que con el aumento de la temperatura, baja el máximo admisible de presión operativa del agua, en la serie de presiones dada. Los accesorios del Sistema Ekoplastik se fabrican en la serie de presiones PN 20).

3.5.8 Parámetros operativos de las tuberías de PPR – calefacción

1. Solución de la concepción de las tuberías del sistema de calefacción

Para las tuberías de la calefacción central se recomiendan las tuberías EKOPLASTIK PPR PN 20 y EKOPLASTIK STABI.

La elección de los materiales para las tuberías es una decisión, que condiciona cualquier otra solución del sistema de calefacción. El principio de cálculo del sistema de calefacción sigue siendo el mismo como el de las tuberías metálicas tradicionales. Al comparar las tuberías plásticas con las metálicas, la diferencia fundamental, desde el punto de vista del diseño, es que no es conveniente la instalación libre de las tuberías plásticas. Constituyen una excepción los suelos técnicos y espacios de instalación parecidos. Si esto es tomado en consideración, ya al hacer el diseño del trazado de las tuberías del sistema de calefacción, es condición de una solución económica y segura. El respeto de las diferentes características permite elevar la calidad de todo el sistema. Un ejemplo típico de la conveniencia de la utilización de las tuberías plásticas es por ejemplo, el sistema de estrella. En principio se trata de un sistema de calefacción de dos tuberías verticales, con un número limitado de tubos ascendentes y con cuerpos de conexión muy largos, los cuales van instalados por el suelo.

Tabla 2: Parámetros operativos de las tuberías PPR para conductos de agua según DIN 8077/1997)

Temperatura °C	Años de servicio	Modelo de tubería		
		PN 10	PN 16	PN 20
		Sobrepresión de trabajo admisible (bar)		
10	1	17,6	27,8	35,0
	5	16,6	26,4	33,2
	10	16,1	25,5	32,1
	25	15,6	24,7	31,1
	50	15,2	24,0	30,3
20	1	15,0	23,8	30,0
	5	14,1	22,3	28,1
	10	13,7	21,7	27,3
	25	13,3	21,1	26,5
	50	12,9	20,4	25,7
30	1	12,8	20,2	25,5
	5	12,0	19,0	23,9
	10	11,6	18,3	23,1
	25	11,2	17,7	22,3
	50	10,9	17,3	21,8
40	1	10,8	17,1	21,5
	5	10,1	16,0	20,2
	10	9,8	15,6	19,6
	25	9,4	15,0	18,8
	50	9,2	14,5	18,3
50	1	9,2	14,5	18,3
	5	8,5	13,5	17,0
	10	8,2	13,1	16,5
	25	8,0	12,6	15,9
	50	7,7	12,2	15,4
60	1	7,7	12,2	15,4
	5	7,2	11,4	14,3
	10	6,9	11,0	13,8
	25	6,7	10,5	13,3
	50	6,4	10,1	12,7
70	1	6,5	10,3	13,0
	5	6,0	9,5	11,9
	10	5,9	9,3	11,7
	25	5,1	8,0	10,1
	50	4,3	6,7	8,5
80	1	5,5	8,6	10,9
	5	4,8	7,6	9,6
	10	4,0	6,3	8,0
	25	3,2	5,1	6,4
	95	1	3,9	6,1
5		2,5	4,0	5,0
		AGUA FRÍA		AGUA CALIENTE

COEFICIENTE DE SEGURIDAD 1,5

Este sistema está construido especialmente para las distribuciones plásticas, donde se requiere un número mínimo de conexiones de las tuberías. Lo ideal para este objetivo es utilizar las tuberías EKOPLASTIK PPR en rollo.

Otra variante de instalación para las tuberías plásticas es el sistema horizontal clásico, en el cual la tubería va por una canaleta o a lo largo de la cubierta de la estructura de la construcción, la cual asegura la protección mecánica de la tubería, y eventualmente facilita resolver la dilatación y mejora la estética de la distribución.

Las tuberías diseñadas deben ser evaluadas desde el punto de vista de su durabilidad.

Para la evaluación es necesario conocer:

- La temperatura máxima del agua de calefacción [°C]
- El espesor de las paredes de los tubos usados [mm]
- La presión de trabajo máxima [MPa]
- El diámetro exterior de los tubos usados [mm]
- El coeficiente de seguridad para la calefacción
- La duración de la temporada de calefacción al año [meses]

2. Cálculo de los años de servicio de las tuberías en el sistema de calefacción

Para estipular la durabilidad, es necesario determinar el cálculo de la presión en las paredes de los tubos, deducida con la máxima presión de operación según el modelo:

$$\sigma_v = \frac{p \cdot (D - s)}{2 \cdot s} \cdot k$$

designación	valor
σ_v	Presión de cálculo (MPa)
D	Diámetro exterior de la tubería (mm)
s	Grosor de la pared (mm)
p	Presión máxima (MPa)
k	Coficiente de la seguridad (para la calefacción 2,5)

Para el cálculo: 1MPa = 10 bares

Después de estipular el cálculo de la presión, según el ejemplo anterior, llevamos ese valor al gráfico de la pág.8.

Los valores de la tensión están dados en el eje vertical. Determinamos el punto de intersección del valor de la tensión del cálculo (línea horizontal) con la isoterma de la temperatura máxima del agua (línea oblicua). De la intersección trazamos verticalmente hacia abajo una perpendicular al eje horizontal, el cual expresa el tiempo en horas (una escala menor en años). En el eje horizontal restamos el tiempo mínimo de duración de las tuberías, previsible durante el uso ininterrumpido de la calefacción. De la unidad del año (en meses) a la duración del período de calefacción (en meses) determinamos el coeficiente, el cual multiplicamos por la durabilidad mínima previsible bajo un régimen ininterrumpido de calefacción. El resultado final nos da la esperada durabilidad mínima de las tuberías, naturalmente si se cumplen todas las demás condiciones de montaje, operaciones, etc. y si se respetan los cálculos previsible, (máx. presión operativa y temperatura).

3. Modelo para estipular la durabilidad de las tuberías para la calefacción

Datos de entrada

Parámetro	Valor
Tubería utilizada	PN 20(20x3,4 mm)
Temperatura máxima de servicio del agua	80°C
Presión máxima de servicio	0,22 MPa
Duración del período de calefacción	7 meses
Coficiente de seguridad	2,5

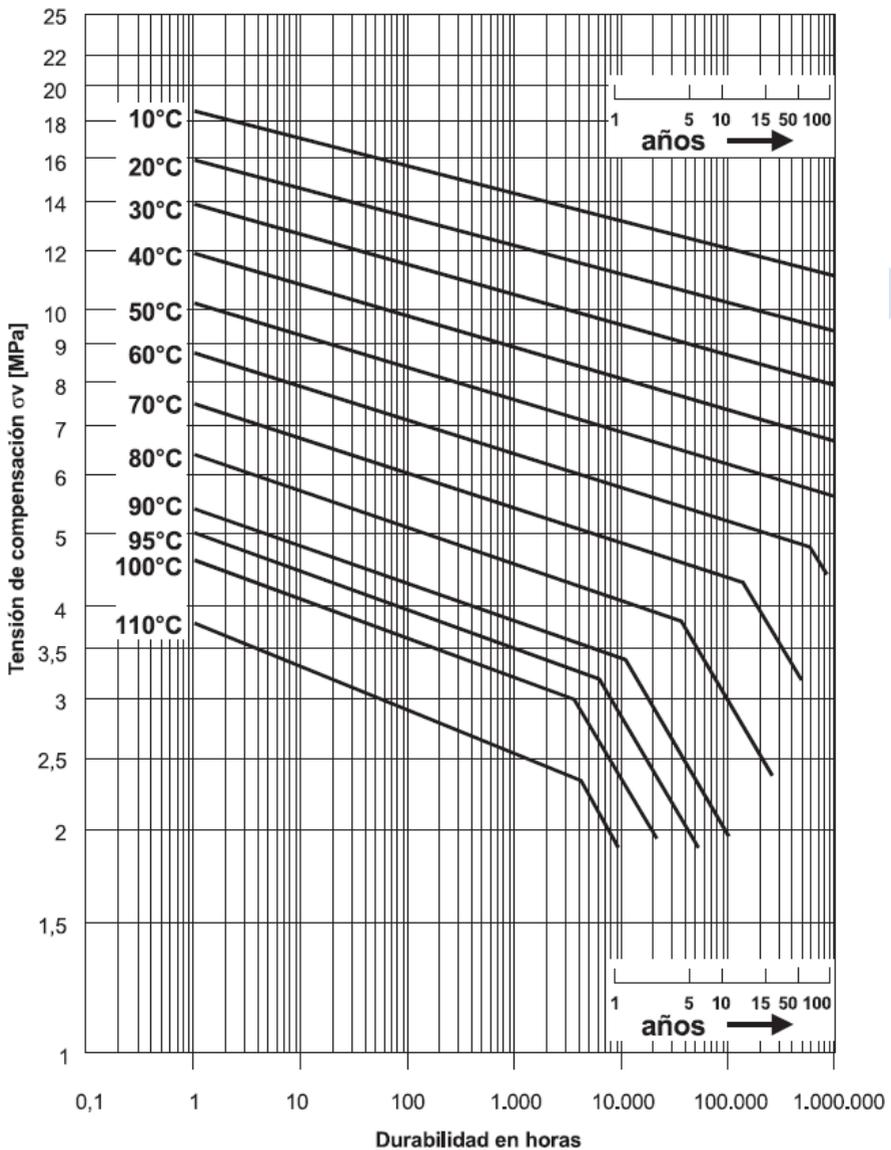
$$\sigma_v = \frac{0,22 \cdot (20 - 3,4)}{2 \cdot 3,4} \cdot 2,5 = 1,34 \text{ MPa}$$

La durabilidad mínima en un régimen ininterrumpido de calefacción (extraído del gráfico de la pág. 8 para la isoterma 80°C) es 216.000 horas, o sea, 25 años.

$$25 \text{ años} \cdot \frac{12 \text{ meses}}{7 \text{ meses}} = 43 \text{ años}$$

La durabilidad prevista con respecto a la duración del período de calefacción: **4. Modificaciones en el sistema de calefacción con respecto a la durabilidad de las tuberías**

Constancia de las isotermas PPR



En el caso de que el resultado obtenido de las apreciaciones no sea conveniente, es posible realizar las modificaciones siguientes:

1/ disminuir la presión operativa máxima - es necesario hacer un nuevo cálculo del sistema de calefacción y una nueva apreciación de la durabilidad. La durabilidad se prolonga.

2/ disminuir la temperatura operativa máxima del agua de calefacción - es necesario hacer un nuevo cálculo del sistema de calefacción y una nueva apreciación de la durabilidad. La durabilidad

se prolonga considerablemente.

5. Especificaciones para la calefacción por suelo.

Habitación	Temp. máx. de la superficie del suelo (°C)
Cuarto de estar	26
Cuarto de baño	30
Alrededores de las piscinas	32

Durante la instalación de la calefacción con agua caliente por suelo, es necesario mantener al máximo la temperatura superficial de las capas del piso que se pisarán en las habitaciones donde haya personas.

Para facilitar la transmisión de calor en

la calefacción por suelo, se eligen bajas velocidades de circulación del agua de calefacción (aproximadamente 0,3 m/s).

La presión en las tuberías se determina según los parámetros de operación del sistema de calefacción.

La temperatura del agua de calefacción se estipula por medio del cálculo, ante todo en relación con el tipo de habitación, la composición de la estructura del piso y la temperatura externa en el lugar de la construcción.

Generalmente en la calefacción por suelo se observa una temperatura máxima de 45°C y una presión de 0,3 MPa.

Para estos parámetros se utilizan las tuberías EKOPLASTIK PPR PN 10 o PN 16. Para su instalación se usan tuberías en rollo. Las tuberías enrolladas en bobinas son más convenientes, puesto que no hace falta utilizar ninguna conexión en la construcción del piso. Los tubos de la calefacción se ponen en forma de espiral debajo del piso.

El diámetro y la rosca de los tubos hay que estipularlas mediante el cálculo. En el proyecto de la calefacción por suelo, también se necesita determinar el modo de la regulación de la calefacción del piso y garantizar que se mantenga una temperatura superficial máxima.

En los lugares donde se necesita un mayor rendimiento y donde no siempre se encuentran personas presentes (debajo de la ventana) se instalan estas tuberías más próximas.

Por el contrario en las habitaciones donde los muebles permanecen en un mismo sitio no se instalan los tubos de calefacción.

La longitud máxima de la tubería de calefacción para un circuito de calefacción es 100 m.

La sección de la habitación con mayor número de circuitos de calefacción debe de estar separada (incluyendo las capas que se pisan). La construcción del piso con las tuberías de agua caliente incorporadas debe estar separada de las paredes.

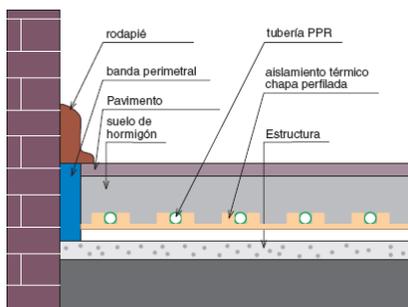
Los circuitos individuales empiezan en la parte donde se ramifican y terminan en donde se recogen. En las tuberías debe asegurarse la posibilidad de purga en los lugares más elevados.

Por razones del servicio económico de la calefacción por suelo, es necesario elegir la capa de la calefacción por debajo del piso que se va a pisar, con la menor resistencia al calor. (El mejor material de recubrimiento son las baldosas).

Al poner las baldosas se necesita asegurar la posición de las tuberías y su distancia entre sí. Las tuberías pueden sujetarse mediante una red metálica al aislamiento térmico, empujarse a las secciones de separación o al aislamiento térmico perfilado.

Para el montaje son válidas las mismas reglas como las del montaje de las tuberías de los conductos de agua.

Para instalar las tuberías es necesario desenrollarlas cuidadosamente, para que no se tuerzan y paulatinamente sujetar las tuberías a la base. Hay que poner mucha atención al sujetar las tuberías a la red metálica básica. En el sitio de sujeción no debe existir el peligro de un daño mecánico de la tubería. La temperatura mínima para el montaje es de 15°C. Después de haber colocado las tuberías es necesario atemperarlas a una temperatura, que sea aproximadamente la mitad de la temperatura de operación. Las tuberías acaban de tomar forma y es entonces cuando se puede proceder a colocar las otras capas del piso.



La calefacción por suelo es uno de los métodos más agradables y efectivos de calefacción. Para poder aprovechar todas sus ventajas se requiere diseñar cuidadosamente el sistema de calefacción, considerando incluso otros factores, ya que en la mayoría de los casos, la calefacción por suelo es sólo uno de los tipos de sistemas de calefacción del edificio.

Más en detalle se refieren a la calefacción por suelo las instrucciones de proyección y montaje para la calefacción por suelo con tuberías Ekoplastik.

3.5.9 Posibilidades de instalación de las tuberías Ekoplastik

Las posibilidades de instalación de las tuberías son parecidas para los conductos de agua y calefacción (véanse las especificaciones de los sistemas de calefacción en los capítulos V, VII). Es necesario asegurar la protección mecánica de las tuberías y considerar la necesidad de apoyar las tuberías y compensar la dilatación.

Es recomendable instalar las tuberías para la calefacción en interiores durante la etapa de construcción de la estructura (pared, piso, techo) o recubrir con una cubierta. La conexión de los radiadores, que se mantiene libre, aconsejamos hacerla, por razones estéticas, de metal, por ejemplo tubos de cobre cromados.

Las tuberías pueden instalarse como sigue:

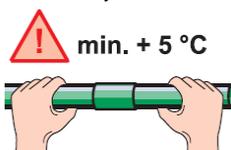
- En las acanaladuras de las paredes
- En paredes divisorias de instalaciones (montaje de paredes)
- En los suelos y techos
- A lo largo de las paredes (libres o cubiertas)
- En instalaciones de cámaras y canales
- Es necesario considerar la utilización de las tuberías fuera del edificio según las condiciones concretas.

3.5.10. Normas para el montaje

3.5.10.1 En general

Para el montaje sólo se pueden utilizar elementos que no se hayan dañado o ensuciado, durante el transporte y el almacenamiento.

La temperatura ambiente mínima para la soldadura del sistema Ekoplastik debe ser de +5°C. Si las temperaturas son menores se hace



difícil encontrar y asegurar las condiciones para hacer conexiones de calidad.

Durante el transporte y la instalación, los accesorios de plástico del sistema Ekoplastik deben ser protegidos contra choques, golpes, caídas de materiales, y ante otras formas de daño mecánico.

El doblado de las tuberías sin calentamiento se lleva a cabo a una temperatura mín. +15°C. Para tubos de diámetros 16 - 32 mm vale, que el mínimo radio de doblado es 8 x que el diámetro de la tubería (D).



Los elementos no deben estar expuestos al contacto con llama directa.



El cruzamiento de las tuberías se hace con elementos especiales para este fin.



La unión de las partes plásticas se lleva a efecto

por soldadura de ayuda de tope. Al soldar



polifusión, además por soldadura con adaptadores eléctricos y soldadura al queda una unión homogénea de alta

calidad. Para hacer la unión es necesario regirse exactamente por un plan y usar aparatos adecuados. No es recomendable soldar los elementos del Sistema Ekoplastik con elementos de otros fabricantes.

Para las conexiones mediante roscas es necesario utilizar adaptadores con roscas. Está prohibido hacer roscas en materiales plásticos. Las roscas se sellan



herméticamente con cintas de teflón o con masillas especiales para este fin.

Si al accesorios roscado le sigue una tubería metálica, no se puede en su proximidad, hacer uniones por soldadura, teniendo en cuenta la



transmisión del calor.

Para el cerrado de los codos, en el caso del juego universal de pared, antes del montaje de la junta de desagüe (por ejemplo durante la prueba de presión) aconsejamos utilizar tapones plásticos.

3.5.10.2 Ductibilidad y contracción de la longitud

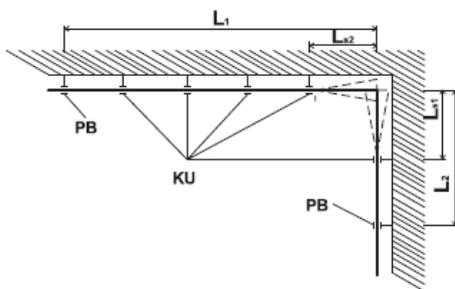
La diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del fluido, cuando en las tuberías se transporta un medio a una temperatura diferente de la existente durante el montaje, causa **cambio de longitud - dilatación o contracción**.

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \text{ [mm]}$$

α coeficiente del alargamiento de longitud a causa de la temperatura [mm/m°C], para el diseño de EKOPLASTIK PPR $\alpha = 0,12$ y EKOPLASTIK stabi $\alpha = 0,05$

L longitud calculada (distancia de dos puntos fijos contiguos en la recta) [m]

Δt diferencia de la temperatura durante el montaje y la del fluido [°C]



Compensación de los cambios de longitud

$$L_s = k \cdot \sqrt{D} \cdot \Delta l \text{ [mm]}$$

k constante del material, para PPR $k=30$

D diámetro exterior de la tubería [mm]

Δl Cambio de longitud [mm] calculada del modelo anterior

Si los cambios de longitud de las tuberías no son compensados de un modo adecuado, es decir, si no se permite la dilatación y la contracción de las tuberías, se concentran en las paredes de los tubos tensiones acumuladas de dilatación y presión, las cuales disminuyen la durabilidad de las tuberías.

Para la compensación de los cambios de longitud en las tuberías, en el caso del polipropileno, se aprovecha la flexibilidad del material.

Además de la compensación de la flexibilidad en el trayecto de las tuberías, se aprovechan los compensadores por flexión,

PB punto fijo

KU apoyo de deslizamiento

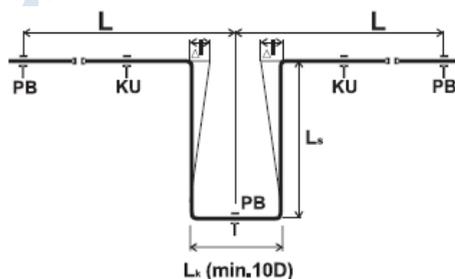
SK compensador de bucle

L longitud calculada de la tubería

Δl cambio de longitud

L_s longitud de compensación

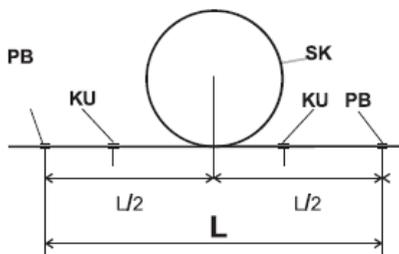
L_c ancho del compensador



El valor de los cambios de longitud Δl y el valor de las longitudes de compensación L_s se pueden leer en el gráfico, ver págs 13, 14 y 15.

Tabla para la instalación de liras de compensación

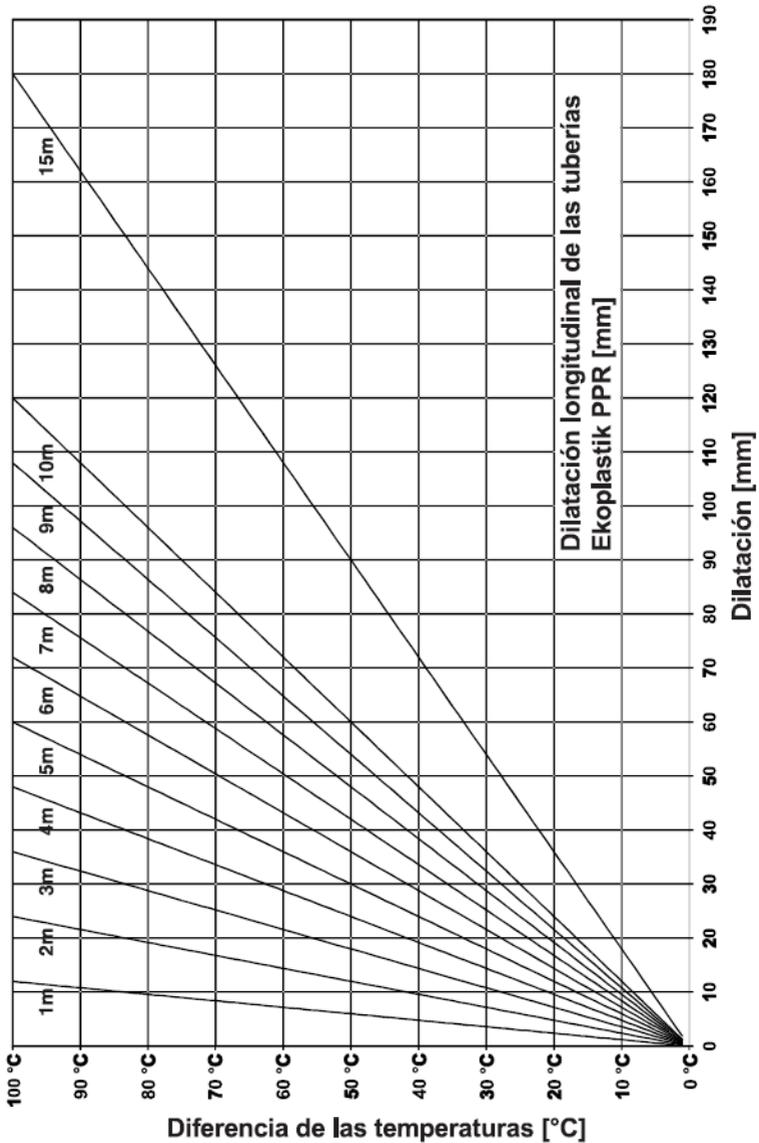
Diámetro de la tubería (mm)	Distancia de los puntos fijos L (m)
16	8
20	9
25	10
32	12
40	14

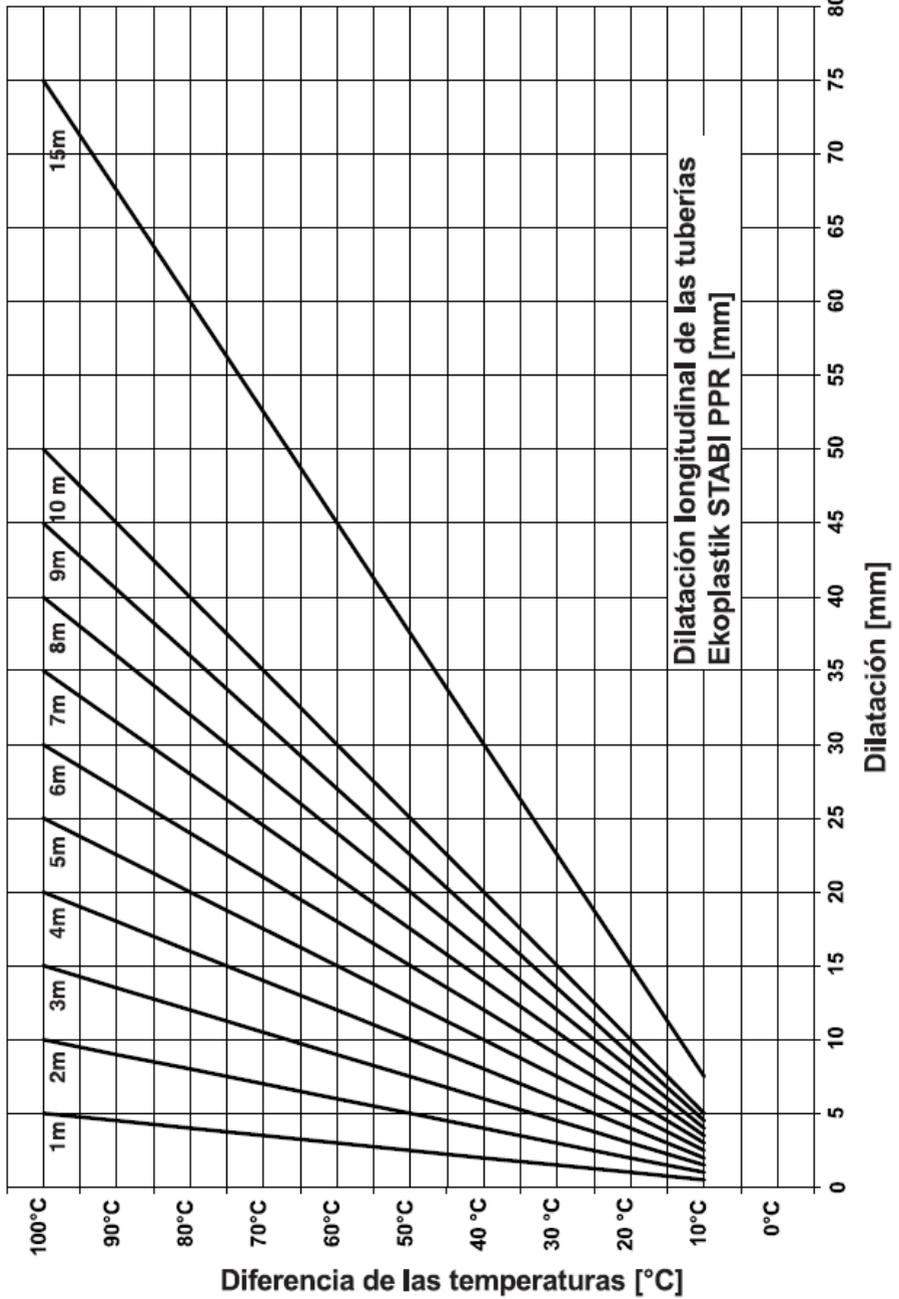


Una forma adecuada de compensación es aquella, en la que las tuberías se desvían en dirección perpendicular al trayecto original, y sobre esta perpendicular se deja una longitud de compensación libre (marcada como L) la cual asegura que durante la dilatación del trayecto directo no se originen

tensiones considerables de presión y alargamiento adicionales en las paredes de los tubos. La longitud de compensación L_s depende de la prolongación (acortamiento) calculada del trayecto, del material y del diámetro de las tuberías.

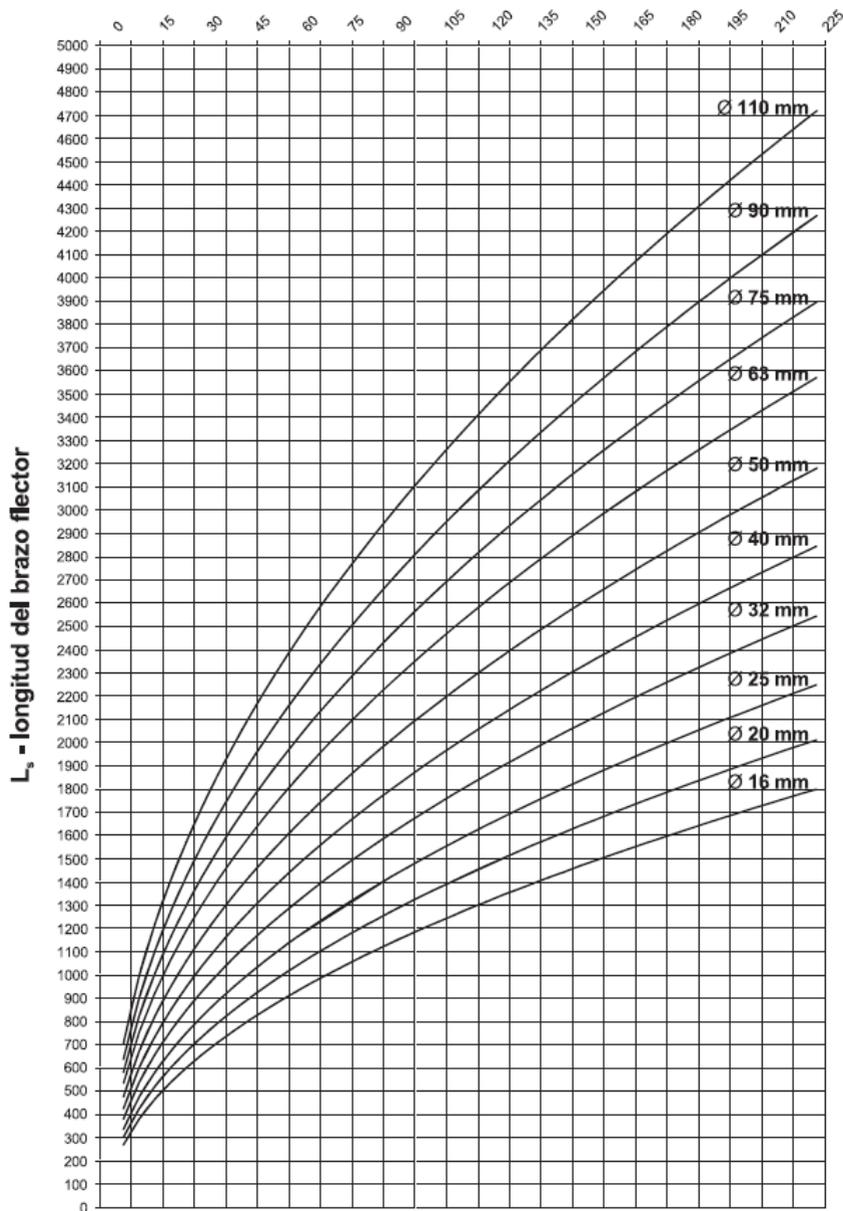
Determinación del valor ΔL





Determinación de L_s = longitud de compensación

Δl - dilatación lineal (en mm)



Ejemplos para tuberías EKOPLASTIK PPR

1) Aportación de datos:

Parámetros	símbolo	valor	unidad
Cambio de longitud	Δl	?	mm
Coefficiente de dilatación de longitud	α	0,12	mm/m °C
Longitud de la tubería	L	10	m
Temperatura de servicio en la tubería	t_p	60	°C
Temperatura al ejecutar el montaje	t_m	20	°C
Diferencia de temperaturas al ejecutar el montaje y durante el funcionamiento ($\Delta t = t_p - t_m$)	Δt	40	°C

Solución: $\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t$ [mm]

$\Delta l = 0,12 \cdot 10 \cdot 40 = 48$ mm

2) Aportación de datos:

Parámetros	símbolo	valor	unidad
Longitud de compensación	L_s	?	mm
Constante del material PPR	k	30	-
Diámetro exterior de la tubería	D	40	mm
Cambio de longitud del cálculo anterior	Δl	48	mm

Solución: $L_s = k \cdot \sqrt{(D \cdot \Delta l)}$ [mm]

$L_s = 30 \cdot \sqrt{(40 \cdot 48)} = 1.350$ mm

3) Aportación de datos:

Parámetros	símbolo	valor	unidad
Anchura del U-compensador	L_k	?	mm
Constante del material PPR	K	30	-
Diámetro exterior de la tubería	D	40	mm
Cambio de longitud del cálculo anterior	Δl	48	mm

Solución: $L_k = 2 \cdot \Delta l + 150$ [mm]

$L_k = 2 \cdot 48 + 150 = 246$ mm

$L_k > 10 D$

$246 \text{ mm} < 10 \cdot 40 \Rightarrow L_k = 400$ mm

Para la compensación de la longitud de dilatación es posible utilizar a su vez la **tensión inicial** de la tubería, la cual permite acortar la longitud de compensación. La dirección de la tensión inicial es contraria al supuesto cambio de longitud y la magnitud de la tensión inicial es la mitad de los cambios esperados.

4) Aportación de datos:

Parámetros	símbolo	valor	unidad
Longitud de compensación en pretensión	L_{sp}	?	mm
Constante del material PPR	k	30	-
Diámetro exterior de la tubería	D	40	mm
Cambio de longitud del cálculo anterior	Δl	48	mm

Solución: $L_{sp} = k \cdot \sqrt{(D \cdot \Delta l)}$ [mm]

$L_{sp} = 30 \cdot \sqrt{(40 \cdot 48)} = 930$ mm

El cálculo de la longitud libre L_s , se entiende sin ningún apoyo ni abrazadera (dentro de esta longitud), que pudieran impedir la dilatación. La longitud libre L_s no debería superar la distancia máxima de los apoyos, en dependencia del diámetro de las tuberías y de la temperatura media, ver cap. IX, sección 3.

3.5.10.3 Distancia de los soportes de las tuberías

Distancia máxima de los soportes de las tuberías Ekoplastik PPR IPN 10 (tuberías de conductos de agua)

Ø tubería [mm]	Distancia máxima en [cm] a la temperatura de					
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C
16	75	70	70	65	65	55
20	80	75	70	70	65	60
25	85	85	85	80	75	70
32	100	95	95	90	85	75
40	110	110	105	100	95	85
50	125	120	115	110	105	90
63	140	135	130	125	120	105
75	155	150	145	135	130	115
90	165	165	155	150	145	125
110	185	180	175	165	160	140

Distancia máxima de los soportes de las tuberías Ekoplastik PPR IPN 16 (tuberías de conductos de agua)

Ø tubería [mm]	Distancia máxima en [cm] a la temperatura de					
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C
16	80	75	75	70	70	60
20	90	80	80	80	70	65
25	95	95	95	90	80	75
32	110	105	105	100	95	80
40	120	120	115	110	105	95
50	135	130	125	120	115	100
63	155	150	145	135	130	115
75	170	165	160	150	145	125
90	180	180	170	165	160	135

Distancia máxima de los soportes de las tuberías Ekoplastik PPR IPN 20 (tuberías de conductos de agua)

Ø tubería [mm]	Distancia máxima en [cm] a la temperatura de					
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C
16	90	85	85	80	80	65
20	95	90	85	85	80	70
25	100	100	100	95	90	85
32	120	115	115	110	100	90
40	130	130	125	120	115	100
50	150	145	140	130	125	110
63	170	160	155	150	145	125
75	185	180	175	160	155	140
90	200	200	185	180	175	150
110	220	215	210	195	190	165

Para tuberías verticales la distancia máxima se multiplica por el coeficiente 1,3.

Tuberías EKOPLASTIK STABI

Diámetro de tubería (mm)	16	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Distancia máxima de los soportes (cm)	110	120	140	145	150	155	165	170	190	205

3.5.10.4 Sujeción de las tuberías

La planificación del trayecto de las tuberías, debe respetar las distribuciones de materiales, es decir ante todo la longitud de dilatación térmica, la necesidad de compensación, las condiciones de trabajo dadas, (combinación de presión y temperatura) y el modo de conexión.

La sujeción de las tuberías se realiza de forma tal que se diferencien los puntos firmes y los apoyos de deslizamiento para los cambios esperados de longitud en las tuberías.

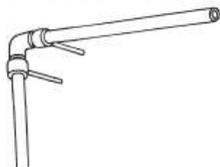
Métodos de sujeción de los tubos

Desde el punto de vista de la sujeción de los tubos distinguimos 2 tipos de apoyos:

Punto fijo

Es un tipo de sujeción en el cual la tubería no tiene posibilidad de dilatarse, es decir que no se puede mover en el lugar de apoyo, en el eje de la tubería (deslizar).

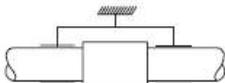
- en el codo de la tubería



- en el lugar de colocación de los accesorios de la tubería



- con brida entre los adaptadores



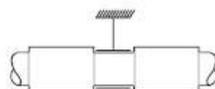
- en el lugar de la derivación



- con ayuda de manguito bien ajustado



- con sujeción en los adaptadores

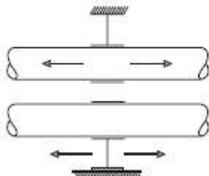


Apoyo de deslizamiento

Es un modo de sujeción, en el cual se posibilita a las tuberías desviarse del eje del trayecto, sin impedirle, no obstante, tener un movimiento de dilatación (alargamiento, contracción).

El apoyo de deslizamiento puede realizarse por ejemplo:

- con abrazadera libre



- colocación de tuberías en canaletas



- con abrazadera con gancho



- conducción de tuberías con aislamiento



3.5.10.5 Conducción de las tuberías

Las tuberías se instalan con una inclinación mínima de un 0,5% con relación al punto más bajo, donde se posibilita su montaje con llaves individuales de desagüe o con válvulas de cierre con desagüe.

Las tuberías deben dividirse en secciones, las cuales se puedan cerrar, en caso necesario. Para cerrar se utilizan válvulas de paso o llaves de plástico, para instalaciones empotradas se utilizan válvulas para empotrar. Antes de instalar los elementos, recomendamos comprobar la capacidad de cierre.



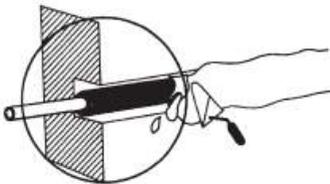
Para terminar las tuberías en el lugar de montaje común accesorio roscado de salida, recomendamos utilizar un juego universal de pared. Es posible ajustar el paso de rosca para el montaje de los accesorios de tuberías a 150, 135 o 100 mm. La utilización de este elemento garantiza un montaje rápido y de calidad, eliminándose las posibilidades de imprecisiones. Al terminar los codos de pared es necesario asegurar sus posiciones exactas y seguras. Ante todo, durante el montaje de dos codos de pared para el accesorio roscado de salida (bañeras,

duchas, baterías de lavamanos) tiene que estar asegurada su altura apropiada y su eje paralelo al adaptador. Al montar los accesorios de salida, no debe producirse una fatiga de torsión de los codos de pared.

Para ello se recomienda hacer el montaje con soportes plásticos, los cuales garantizan una posición exacta. Los soportes tienen orificios para su montaje, según los pasos corrientes de los accesorios de desagüe.

Instalación de las tuberías de unión EKOPLASTIK PPR

La unión de las tuberías se realiza ante todo, para tuberías con diámetros de 16-20 mm. En su mayoría las tuberías se instalan en acanaladuras. La acanaladura para la instalación de tuberías aisladas debe estar libre y debe facilitar la dilatación de la tubería. Es necesario el aislamiento de la tubería, tanto por motivos térmicos, como por motivos de la protección de las tuberías del daño mecánico y como capa que ayude a la compensación de la longitud de dilatación. Recomendamos aislar con espuma de polietileno o con espuma de poliuretano. Antes de empotrar las tuberías en la pared, es necesario sujetarlas perfectamente en la acanaladura (sujeciones - abrazaderas plásticas o metálicas, enyesa miento, etc.)



Al instalar las tuberías de conducción de agua en paredes divisorias, es necesario garantizar la posición de la tubería con una sujeción adecuada, por ejemplo mediante el sistema de abrazaderas metálicas con elementos de apoyo. Deben instalarse las tuberías con posibilidades de dilatación y de aislamiento.

Para la instalación de tuberías, para conducción de agua en pisos o en construcciones de techos, se utilizan protectores plásticos (de polietileno) para las tuberías, los cuales aseguran la protección mecánica de las tuberías y al mismo tiempo el espacio de aireamiento entre las tuberías, formándose con el protector un aislamiento térmico.

Las tuberías plásticas instaladas libremente se utilizan pocas veces, para cortas distancias y en lugares menos exigentes (lavaderos, espacios técnicos de los edificios, etc.). Es necesario, ante todo, colocar cuidadosamente las abrazaderas para asegurar el trayecto de las tuberías, solucionar la compensación de la dilatación de la longitud en las subsiguientes secciones de las tuberías, las cuales están cubiertas, y proteger a las tuberías con un aislamiento de calidad (por ejemplo, si las tuberías de agua fría están instaladas libremente por la pared, en una habitación con calefacción, entonces existirá un peligro grande de condensación de la humedad en las paredes de las tuberías). Las



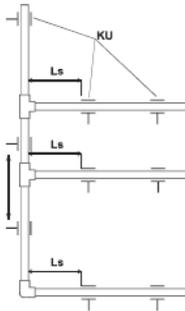
tuberías pueden ser instaladas libremente por la pared, únicamente en espacios, donde no exista el peligro de daño mecánico de las tuberías por su operación.

Instalación de la tubería ascendente EKOPLASTIK PPR

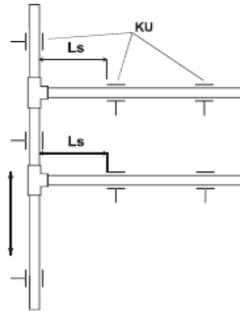
En la tubería ascendente es necesario observar cuidadosamente los puntos fijos, los apoyos de deslizamiento y la creación de un adecuado método de compensación.

En las tuberías ascendentes, la compensación es asegurada de la siguiente manera:

- en la base del tubo ascendente, con el apoyo deslizante



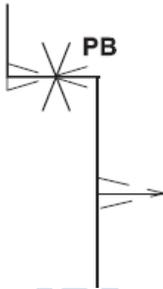
- en la parte superior del tubo ascendente, con el apoyo deslizante



Si fuese necesario dividir el tubo ascendente en más secciones de dilatación, esto se realiza mediante la colocación de puntos fijos. El punto en la tubería ascendente se instala sobre y debajo de la pieza T, en la derivación o en la cúpula en el lugar de unión de la tubería, con lo cual se impide a la vez la caída del tubo ascendente.

Entre los puntos fijos debe entonces facilitarse la dilatación de la tubería:

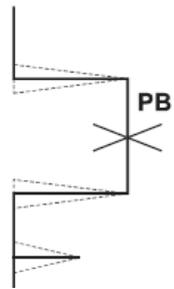
- por medio del cambio del trayecto de las tuberías



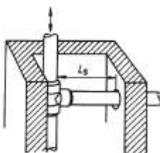
- por la lira de compensación



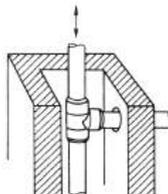
- junto al compensador



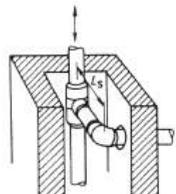
En la derivación de la tubería de unión, es necesario tener en cuenta la dilatación del tubo ascendente



Suficiente distancia del tubo ascendente del hueco de la pared

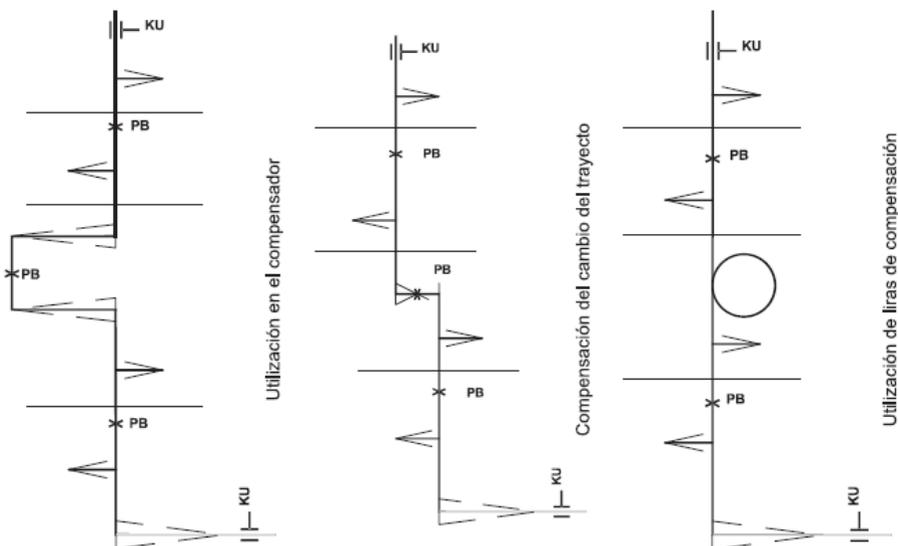


posibilidad de movimiento de la tubería en el hueco de la pared ascendente en perpendicular



creación de la longitud de compensación para el tubo

Ejemplo de colocación de abrazadera en la tubería ascendente

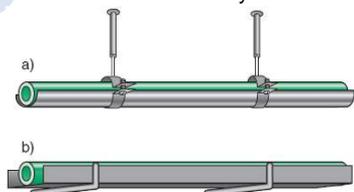


Instalación de las tuberías horizontales EKOPLASTIK PPR

En las tuberías horizontales es necesario respetar cuidadosamente la dilatación y resolver la compensación y el modo de colocar las tuberías.

El tipo de colocación más frecuente se realiza en canaletas metálicas o de plástico, con abrazaderas y eventualmente por medio de acanaladuras, las cuales deben estar libres.

La compensación de la dilatación longitudinal, se realiza con más frecuencia cambiando los trayectos de las tuberías o mediante la utilización de compensadores tipo U. Se pueden utilizar también liras de compensación. La compensación puede arreglarse tanto en el plano vertical, como en el plano paralelo con la construcción del techo. En la variante "a)" la tubería es aislada (ver capítulo IX, sección 7) incluyendo las canaletas, y en la variante "b)" la tubería ya ha sido colocada en la canaleta.



Instalación de las tuberías de unión EKOPLASTIK STABI

Gracias a la capa de aluminio que las revisten, las tuberías EKOPLASTIK STABI poseen 3 veces menos dilatación, mayor solidez y mayor resistencia mecánica que las tuberías EKOPLASTIK PPR. Las tuberías EKOPLASTIK STABI, se pueden montar de igual manera como el principio antes mencionado, es decir, como las tuberías totalmente de plástico, o sea con el método clásico de resolver la compensación. Cuando vayan a ser utilizadas unas distancias de apoyo aún mayores, las longitudes de dilatación y compensación serán claramente menores.

Es posible utilizar también en las acanaladuras de la instalación, los así llamados montajes rígidos. Esto significa que en las tuberías se montan puntos fijos, de modo que la dilatación térmica se transmite al material de las tuberías y no se manifiesta. La condición para este tipo de montaje son las abrazaderas, las cuales van a ser capaces de sujetar las tuberías y serán fijadas lo suficientemente firmes.

Las tuberías de unión EKOPLASTIK STABI, son adecuadas para la instalación de tubos a lo largo de las construcciones en cada uno de los equipos de desagüe, aprovechándose así la mayor solidez de las tuberías. Es también muy ventajosa la instalación de las tuberías en las construcciones de los pisos, porque se utiliza la invariabilidad de las formas de las tuberías y su estabilidad mecánica.

3.5.10.6 Unión al sistema

Es posible unir las tuberías del sistema Ekoplastik por medio de soldadura o por unión mecánica. La unión del tubo con el adaptador se realiza igualmente en las tuberías EKOPLASTIK PPR y EKOPLASTIK STABI, utilizándose los mismos accesorios. De los tubos EKOPLASTIK STABI es necesario, antes de la soldadura en toda la longitud introducida en el empalme del adaptador, eliminar con peladores especiales la capa superior de PPR y la capa media de aluminio.

Soldadura

Puede ser por polifusión, con ayuda de adaptadores eléctricos o al tope. Todos los métodos deben llevarse a cabo con exactitud, según los reglamentos de trabajo y con aparatos adecuados, destinados para este fin, cuyos parámetros se controlen.

Corte de los tubos

Los tubos se deben cortar únicamente con herramientas filosas, bien amoladas. Se recomienda utilizar tijeras o cortatubos especiales para tuberías plásticas.



Uniones por roscas, Transición plástico - metal

Para la transición plástico-metal en las tuberías para agua caliente y de calefacción se utilizan fundamentalmente accesorios roscados, hechos de latón niquelado con rosca exterior e interior.

Para roscar los accesorios sin rosca hexagonal se recomienda utilizar una llave de correa



ADVERTENCIA:

¡No se permite la utilización de piezas con rosca plástica, en la técnica sanitaria por motivos térmicos-técnicos y físico-mecánicos!

Las piezas con rosca plástica se pueden utilizar para la instalación de distribuidores provisionales.

Para cerrar los codos de pared y los juegos universales de pared antes del montaje del equipamiento de desagüe, se usan tapones plásticos.

Accesorios roscados

La unión de accesorios roscados se realiza exclusivamente con cinta de teflón o con pasta selladora

3.5.10.7 Aislamiento

La tubería para agua caliente se aísla de las pérdidas térmicas y la tubería de agua fría de las ganancias térmicas y de la condensación.

Es importante aislar la tubería para agua caliente, manteniendo una temperatura máxima de 20°C, con lo que se aseguran las condiciones higiénicas del agua potable. Igualmente, el mantenimiento de un alto grado de temperatura del agua caliente, tal y como lo estipula la norma de protección contra quemaduras; es una medida que ayuda a evitar la proliferación de bacterias. Componentes importantes del sistema de protección contra la proliferación de bacterias tipo Legionella pneumophila, son: el mantenimiento de la temperatura del agua caliente y una circulación eficiente del agua, unidas a las soluciones



técnicas en el lugar de calentamiento del agua (por ejemplo; la esterilización térmica)
 El grosor del aislamiento se determina, en base a la resistencia térmica del aislante que queremos utilizar, también de acuerdo a la humedad del aire en el lugar donde van instaladas las tuberías, de la diferencia de temperatura del aire del lugar y de la temperatura del agua en circulación.
 Se necesita aislar la tubería a todo lo largo del trayecto, incluyendo los adaptadores y los accesorios de cierre. Es necesario, asegurar el mínimo grosor de aislamiento proyectado en todo el diámetro de la tubería a lo largo del trayecto (es decir que el aislamiento, que se pone a la tubería separado, nuevamente debe, después del montaje, unirse a todo el perfil, por ejemplo por medio de pegamento, corchetes o por cinta adhesiva).

Espesor mínimo del aislante térmico en las tuberías de agua fría - ejemplo

Colocación de la tubería	Espesor del aislamiento bajo $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$
Tubería colocada libremente en habitaciones sin calefacción (sótanos, por ejemplo)	4 mm
Tubería colocada libremente en habitaciones con calefacción	9 mm
Tubería en canal de instalación sin la línea paralela de la tubería caliente	4 mm
Tubería en canal de instalación paralela con la tubería caliente	13 mm
Tubería en acanaladura debajo del revoque, independiente	4 mm
Tubería en acanaladura, paralela con la tubería caliente	13 mm
Tubería empotrada en hormigón	4 mm

Observación: para otras características térmicas del aislamiento, es necesario calcular el espesor del aislamiento.

Cuando se trata de conducir agua caliente, es necesario tener en consideración que los tubos plásticos tienen mejores características de aislamiento que los tubos de metal. ¡Utilizando estas tuberías plásticas, es posible ahorrar considerablemente los gastos de operación!

En casos de grandes consumos de flujo de agua caliente (por ejemplo, en baños, bañeras, lavadoras, etc.) la pérdida térmica en las tuberías plásticas no aisladas, es hasta un 20% más baja, que en las tuberías metálicas. Con el aislamiento de las tuberías es posible ahorrar otro 15% de calor. En casos de consumos menores, y de corta duración, cuando los tuberías no consiguen calentarse a una temperatura de operación normal, entonces el escape térmico en las tuberías plásticas es aproximadamente un 10% menor que en las tuberías metálicas, y durante los consumos en horas punta nuevamente se ahorra un 20%.

El espesor del aislamiento de las tuberías de agua caliente, oscila generalmente entre 9 y 15 mm para resistencias térmicas de $\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$.

3.5.10.8 Prueba de presión

Es posible llenar de agua la tubería solamente 1 hora después de haberse hecho la última soldadura.

Después de haber terminado el montaje de la tubería de distribución, debe realizarse la prueba de presión bajo las siguientes condiciones;

- prueba de presión:** mín. 1,5 MPa (15 bar)
- comienzo de la prueba:** mín. 1 hora. Después de la eliminación del aire y someter a presión al sistema
- duración de la prueba:** 60 minutos
- descenso máximo de presión:** 0,02 MPa (0,2 bar)

Las tuberías preparadas para la prueba deben colocarse según el proyecto, limpias y estar visibles a todo lo largo del trayecto. Las tuberías se someten a prueba sin hidratantes, medidores de agua ni otros accesorios, con la excepción del equipamiento para la eliminación del aire en las tuberías. Las válvulas instaladas deben estar abiertas. Los equipos de desagüe pueden ponerse solamente en el caso que favorezca la sobrepresión de prueba.

Regularmente para los efectos de la prueba de presión, se utiliza un tapón en sustitución. Las tuberías se llenan desde el punto más bajo, de modo que se abran todos los lugares para permitir el aireamiento de las tuberías y gradualmente se van cerrando, tan pronto vaya saliendo el agua libre de burbujas de aire. La longitud de la tubería de prueba se establece según las condiciones

locales, recomendamos 100 m como máximo.

Recomendamos realizar la prueba de presión 24 horas después de haber llenado las tuberías con agua. En las tuberías llenas de agua, aumentamos gradualmente la presión hasta el valor de la prueba. La prueba de presión puede realizarse, como mínimo 1 hora después de la eliminación del aire y de someter a presión el sistema. La prueba de presión dura 60 minutos y después de este lapso de tiempo, el descenso máximo de la presión permitido es de 0,02 MPa. Si el descenso de la presión fuese mayor sería necesario averiguar donde se encuentra el lugar de escape del agua, eliminar esa avería, y realizar una nueva prueba de presión. En el transcurso de la prueba de presión debe llevarse un registro, por ejemplo de acuerdo al anexo I. (este registro quedará como una de las bases en caso de reclamación posterior).

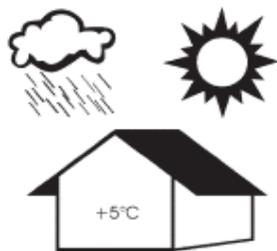
3.5.11 Almacenamiento y transporte de materiales

Los elementos deben estar protegidos contra los efectos atmosféricos, radiaciones UV y la suciedad. Los elementos deben almacenarse a una temperatura mínima de +5°C.

Los almacenes para elementos plásticos deben estar separados de los espacios donde se almacenan disolventes, pinturas, pegamentos, y otras sustancias semejantes.

Al atemperar el almacén a una temperatura mínima de +5°C es necesario mantener una distancia mínima entre los elementos plásticos y los focos de calor de 1 m.

Las tuberías plásticas se almacenan apoyadas en toda su longitud, o apoyadas de forma tal que no vayan a moverse. Los adaptadores plásticos se almacenan en bolsas o sueltos en cajas, contenedores, cestos, etc. Al almacenar los tubos y los adaptadores en bolsas de plásticos, la altura máxima debe ser de 1 m. Los tubos y los adaptadores plásticos se almacenan diferenciándolos según su tipo. Al momento de sacar estos materiales del almacén debe comenzarse por los más viejos.



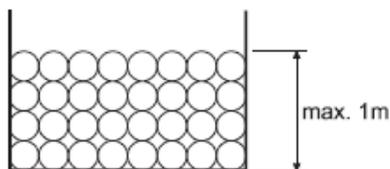
Durante el transporte de estos materiales, está prohibido arrastrarlos por el suelo, y por el área de carga del medio de transporte. Además está prohibido lanzarlos o tirarlos desde el área de carga al suelo. Para llevarlos al lugar de la construcción, es necesario protegerlos de daños mecánicos y ya en el lugar de la construcción, deben depositarse sobre una base. Los elementos vienen de la fábrica en envases protectores (las

tuberías en bolsas de polietileno, los adaptadores igual en bolsas o en cajas de cartón), en los cuales se deben dejar hasta el momento mismo del montaje para protegerlos de la suciedad.

3.5.12 Disposiciones finales

Estas regulaciones del montaje fueron elaboradas en julio de 1999 y reemplazan a las regulaciones del montaje de febrero de 1998.

Dado en Kostelec nad Labem con fecha 10.7.1999.



EKOPLASTIK

La más amplia gama de tubería y accesorios de polipropileno

SALVADOR ESCODA S.A.

Anexo nº 1

Descripción de la instalación:

Lugar:

Objeto:

PROTOCOLO DE PRUEBA

Diámetro de la tubería Ekoplastik PPR [mm]	Longitud tubería/línea [m]	Diámetro de la tubería Ekoplastik PPR [mm]	Longitud tubería/línea [m]
16		16	
20		20	
25		25	
32		32	
40		40	
50		50	
63		63	
75		75	
90		90	
110		110	

Prueba de presión:

Inicio de la prueba: Fin de la prueba:

Duración de la prueba:

Presión de prueba: MPa

Presión después de 1 hora: MPa (inicio de la prueba)

Descenso de presión durante la prueba: MPa

Longitud de los tubos instalados:

Lugar de salida más elevado m sobre el manómetro

Cliente :

.....

localidad fecha sello y firma

Instalador:

.....

localidad fecha sello y firma

3.5.13 Método de soldadura de polifusión

1. Herramientas necesarias

1/ Máquina soldadora eléctrica para soldadura de polifusión, equipada con una matriz para soldadura de la dimensión requerida, incluyendo el conducto eléctrico móvil (cables).

2/ Termómetro de contacto.

3/ Tijeras especiales o cortadora (es decir, cortatubos), en caso de necesidad segura para cortar hierro.

4/ Cuchillo de bolsillo de hoja corta afilada.

5/ Bayeta de material no sintético.

6/ Alcohol o Tangit.

7/ Metro, marcador.

8/ Raspadores para la soldadura de secciones de más de 50 mm y adaptador de montaje para soldadura.

9/ Pelador de tuberías para unir las tuberías EKOPLASTIK STABI.

2. Preparación de las herramientas

Primeramente adaptamos con firmeza a la máquina soldadora la matriz de precalentamiento (con ayuda de tornillos - dependiendo del tipo de máquina soldadora). Con ayuda del regulador ponemos la máquina soldadora a una temperatura comprendida entre 250° - 270°C y la conectamos a la corriente. El tiempo de calentamiento de la máquina soldadora depende de las condiciones ambientales del lugar. Una vez caliente la matriz de precalentamiento, lo limpiamos con una bayeta de material no sintético, quitándole así todos los residuos de la soldadura anterior, para que no se dañen las capas de teflón. Podemos comenzar a trabajar con la máquina soldadora, una vez que nos hayamos cerciorado, con la ayuda de diodos-LED y un termómetro de contacto, que ya la máquina soldadora está lo suficientemente caliente. El termómetro de contacto sirve para regular las temperaturas a 260°C.

La función correcta de las tijeras especiales o cortatubos se controla mediante uno o dos cortes en el tubo usado para pruebas. Al hacer el corte de control no debe deformarse el diámetro interior del tubo. Si esto ocurriese, debemos reparar las herramientas, es decir, afilarla.

3. Preparación de los materiales

Antes de comenzar a trabajar, debemos controlar perfectamente todos los materiales a utilizar. De ninguna manera deben debilitarse las paredes de los elementos. En el caso de los elementos de cierre, debe comprobarse antes del montaje, su funcionalidad y las roscas las controlamos frente a las piezas. Deben limpiarse y desengrasarse el empalme de soldadura y las partes de los tubos que se acoplan al empalme.

Acoplamos los accesorios a la matriz de soldadura y controlamos, si no quedan demasiado libres allí. ¡Aquellos accesorios que se muevan en la matriz, deben sustituirse!

4. Método propio de soldadura

1/ Medimos la longitud requerida de los tubos y los cortamos. Para ello, debemos utilizar el cortatubo, con el cuchillo cortamos la rebaba de los bordes de los tubos cortados. Si unimos las tuberías EKOPLASTIK STABI, con ayuda del pelador debemos quitar la capa superior plástica y la capa media de aluminio, a lo largo de la parte que se introduce en el empalme del accesorio. Con el tubo plástico resultante trabajamos de la misma forma como con el tubo totalmente de plástico EKOPLASTIK PPR.

2/ Además se recomienda, con el cuchillo o con un dispositivo especial, achaflanar el borde exterior del tubo que va a ser calentado, a un ángulo de 30 - 45°, y sobre todo en los diámetros superiores a 40 mm. De esta manera se evita la deformación del material, al introducir el final del tubo en el adaptador.

3/ Para la soldadura de grandes secciones (más de 40 mm) se hace necesario el control de la ovalidad, y es indispensable realizar de antemano el raspado de las superficies oxidadas (0,1mm de espesor) sobre las partes del tubo en el área de acoplamiento. Las capas oxidadas disminuyen la calidad de la soldadura.

4/ Es recomendable marcar, con rotulador o con marcador, el área del tubo que se va a introducir al accesorio, según sea la profundidad del manguito del adaptador de soldadura. De la



misma manera, es menester tener en consideración, que el extremo del tubo no debe ser empujado totalmente hasta el tope en el manguito del adaptador. Debe de quedar un espacio mínimo libre de 1 mm para el material, que pudiera estrechar la sección transversal del adaptador en el sitio de la soldadura.

5/ Luego, es necesario señalar la posición de la soldadura en el tubo y en el adaptador, a fin de que se evite la rotación del tubo en el adaptador después del acoplado. Para este fin es posible utilizar las marcas de montaje en el adaptador.

6/ Después del marcado, el área a soldar debe quedar limpia y desengrasada.

¡Sin estas medidas de limpieza y desengrase no se podrá lograr una soldadura ideal de las capas fundidas! Ahora pasemos al proceso del calentamiento propiamente dicho.

7/ En primer lugar, introducimos el accesorio en la matriz caliente, el cual tiene una pared más gruesa que el tubo y tarda más tiempo en calentarse, y a continuación controlamos si no está muy libre en la matriz. Sustituimos el accesorio, que no se ajuste perfectamente en toda la superficie de la matriz, porque, un calentamiento no uniforme daría por resultado una soldadura de mala calidad. Después del adaptador, introducimos el tubo en la matriz caliente. Para el cierre hermético del acople vale lo mismo que para el adaptador.

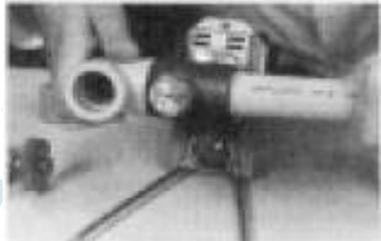
8/ Calentamos ambas partes durante el tiempo estipulado en la tabla 1 de la página 28. El tiempo de calentamiento, se mide a partir del momento cuando se introducen el tubo y el accesorio en la matriz de polifusión, a todo lo largo de la superficie señalada. En el caso de un acoplamiento incorrecto del tubo y el accesorio en la matriz, es posible girar un poco ambas partes (máximo 10°) antes de ser introducidos en la longitud requerida. Durante el calentamiento no se permite ningún giro, para que no se deformen los materiales.

9/ Después de haberse terminado el período de calentamiento, sacamos el accesorio y el tubo de la matriz, y los unimos de forma tal, que con una moderada, lenta y uniforme presión, los introduzcamos, sin rotación del eje, al manguito del accesorio hasta el tope del acoplamiento. Controlamos la unión del eje del tubo con el accesorio.

La Tabla 2, de la página 28, nos da el tiempo transcurrido una vez desmontado el manguito, luego de haber introducido el tubo en el accesorio. En el caso de sobrepasar el tiempo señalado, existe el peligro de enfriamiento de las capas fundidas y la formación de una unión en frío, de mala calidad.

La unión recientemente hecha, es necesario fijarla por un tiempo de 20-30 segundos, antes de que ocurra un enfriamiento parcial de la unión, lo cual no permitiría que se saliese un poco el tubo del accesorio, a causa de la presión de soldadura, y del cambio de posición del accesorio con respecto al tubo.

Es posible llenar la tubería de agua solamente 1 hora después de haber terminado la soldadura.



Recomendaciones para soldadura de grandes dimensiones:

Tabla 1

D (mm)	Tiempo de calentamiento (s)	D (mm)	Tiempo de calentamiento (s)
16	5	50	18
20	5	63	24
25	7	75	30
32	8	90	40
40	12	110	50

Tabla 2

D (mm)	Tiempo para reajuste (s)
16,20,25	4
32,40,50	6
63,75,90	8
110	10

Es posible soldar a mano los tubos de 40 mm de sección. Para secciones mayores de 50 mm inclusive, se recomienda utilizar máquinas soldadoras mecánicas, eventualmente un dispositivo de soldadura para asegurar las presiones requeridas a mantener la coaxialidad de las tuberías.

3.5.14 Método de soldadura con manguito eléctrico

1. Herramientas necesarias

- 1/ Máquina para soldadura eléctrica de tuberías de polipropileno.
- 2/ Tijeras especiales o afiladora.
- 3/ Bayeta de material no sintético.
- 4/ Alcohol o Tangit.
- 5/ Metro, marcador.
- 6/ Dispositivo de montaje para fijar la posición de la tubería y los accesorios.
- 7/ Raspadores para la soldadura de secciones de más de 50 mm y adaptador de montaje para soldadura.
- 8/ Pelador de tuberías para unir las tuberías EKOPLASTIK STABI.

1. Preparación de las tuberías



– Raspado de los bordes



– Achaflanado



– Sujeción al dispositivo, centrar, después calentar



– Presentación después del calentamiento



– Soldadura terminada después de enfriarse

2. Preparación de las herramientas

Preparamos la máquina soldadora en el puesto de trabajo y desenrollamos el cable de conducción. Controlamos la función correcta de la cortadora (véase soldadura de polifusión).

3. Método propio de soldadura

El corte de los tubos se realiza con tijeras o con el cortatubo. Controlamos el tubo y el accesorio y preparamos la máquina soldadora eléctrica.

Preparamos las tuberías a la longitud deseada, con el raspador o el dispositivo especial eliminamos la capa oxidada y desengrasamos (con alcohol o Tangit) la superficie externa del tubo y la parte interna del adaptador eléctrico.

Marcamos la profundidad de introducción del tubo en el adaptador eléctrico. En el caso de unir tuberías EKOPLASTIK STABI, eliminamos con el pelador la capa superior plástica y la capa media de aluminio, a lo largo de la parte que se introduce en el empalme del adaptador eléctrico. Introducimos la tubería en el adaptador eléctrico. Es necesario asegurar con firmeza la posición del tubo en el adaptador eléctrico, porque durante el calentamiento, la influencia del aumento del volumen del plástico produce una extrusión del tubo del adaptador.

Conectamos la máquina soldadora eléctrica a la red (220V) y esperamos a que una vez ajustada, esté lista para trabajar. Unimos los contactos del adaptador eléctrico con la máquina soldadora eléctrica. La soldadura comienza después de pulsar el botón START y una vez terminada la soldadura, la máquina se apaga sola.

Una marcha correcta de la soldadura eléctrica lo demuestra la extrusión del material en los puntos de control de la superficie exterior. Es posible llenar de agua la tubería solamente 1 hora después de haber terminado el trabajo de soldadura.



Tablas de pérdida de presión, tuberías “PPR”

PN 10		temperatura agua = 10°C																										
k=0,01		20x2,3 mm			25x2,5 mm			32x3,0 mm			40x3,7 mm			50x4,6 mm			63x5,8 mm			75x6,9 mm			90x8,2 mm			110x10 mm		
Q	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v		
l/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s		
0,01	0,006	0,1																										
0,02	0,020	0,1	0,006	0,1																								
0,03	0,041	0,2	0,012	0,1	0,003	0,1																						
0,04	0,067	0,2	0,019	0,1	0,006	0,1																						
0,05	0,099	0,3	0,029	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1																				
0,06	0,137	0,3	0,039	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1																				
0,07	0,180	0,4	0,052	0,2	0,015	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1																		
0,08	0,227	0,4	0,065	0,3	0,019	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1																		
0,09	0,280	0,5	0,080	0,3	0,023	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1																		
0,10	0,337	0,5	0,097	0,3	0,028	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1																		
0,12	0,465	0,6	0,133	0,4	0,038	0,2	0,013	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1																
0,14	0,611	0,8	0,175	0,4	0,050	0,3	0,017	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1																
0,16	0,774	0,9	0,222	0,5	0,063	0,3	0,022	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1														
0,18	0,954	1,0	0,273	0,6	0,078	0,3	0,027	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1														
0,20	1,150	1,1	0,329	0,6	0,094	0,4	0,032	0,2	0,011	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1														
0,30	2,370	1,6	0,674	1,0	0,192	0,6	0,065	0,4	0,022	0,2	0,007	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1										
0,40	3,971	2,1	1,124	1,3	0,319	0,8	0,108	0,5	0,037	0,3	0,012	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1					0,001	0,1		
0,50	5,939	2,7	1,675	1,6	0,474	0,9	0,160	0,6	0,055	0,4	0,018	0,2	0,008	0,2	0,003	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1					0,001	0,1		
0,60	8,266	3,2	2,322	1,9	0,655	1,1	0,221	0,7	0,076	0,5	0,025	0,3	0,011	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1					0,002	0,1		
0,70			3,064	2,2	0,863	1,3	0,291	0,8	0,099	0,5	0,033	0,3	0,014	0,2	0,006	0,2	0,002	0,1	0,001	0,1					0,002	0,1		
0,80			3,900	2,5	1,095	1,5	0,369	1,0	0,126	0,6	0,042	0,4	0,018	0,3	0,008	0,2	0,003	0,1	0,001	0,1					0,003	0,1		
0,90			4,826	2,9	1,352	1,7	0,455	1,1	0,155	0,7	0,051	0,4	0,022	0,3	0,009	0,2	0,004	0,1	0,001	0,1					0,004	0,1		
1,00			5,844	3,2	1,634	1,9	0,549	1,2	0,187	0,8	0,062	0,5	0,027	0,3	0,011	0,2	0,004	0,1	0,001	0,1					0,004	0,2		
1,20					2,269	2,3	0,760	1,4	0,258	0,9	0,085	0,6	0,037	0,4	0,015	0,3	0,006	0,2	0,001	0,1					0,006	0,2		
1,40					2,998	2,6	1,001	1,7	0,340	1,1	0,112	0,7	0,049	0,5	0,020	0,3	0,008	0,2	0,001	0,1					0,008	0,2		
1,60					3,819	3,0	1,273	1,9	0,431	1,2	0,142	0,8	0,062	0,5	0,026	0,4	0,010	0,3	0,001	0,1					0,010	0,3		
1,80					4,732	3,4	1,574	2,2	0,532	1,4	0,175	0,9	0,076	0,6	0,031	0,4	0,012	0,3	0,001	0,1					0,012	0,3		
2,00							1,903	2,4	0,642	1,5	0,211	1,0	0,092	0,7	0,038	0,5	0,014	0,3	0,001	0,1					0,014	0,3		
2,20								2,262	2,6	0,762	1,7	0,250	1,1	0,108	0,7	0,045	0,5	0,017	0,3	0,001	0,1					0,017	0,3	
2,40								2,649	2,9	0,891	1,8	0,292	1,2	0,126	0,8	0,052	0,6	0,020	0,4	0,001	0,1					0,020	0,4	
2,60								3,064	3,1	1,029	2,0	0,337	1,3	0,146	0,9	0,060	0,6	0,023	0,4	0,001	0,1					0,023	0,4	
2,80								3,507	3,4	1,176	2,1	0,385	1,3	0,166	1,0	0,069	0,7	0,026	0,4	0,001	0,1					0,026	0,4	
3,00										1,332	2,3	0,436	1,4	0,188	1,0	0,078	0,7	0,030	0,5	0,001	0,1					0,030	0,5	
3,20										1,497	2,4	0,489	1,5	0,211	1,1	0,087	0,8	0,033	0,5	0,001	0,1					0,033	0,5	
3,40										1,671	2,6	0,545	1,6	0,235	1,2	0,097	0,8	0,037	0,6	0,001	0,1					0,037	0,5	
3,60										1,854	2,8	0,604	1,7	0,260	1,2	0,107	0,8	0,041	0,6	0,001	0,1					0,041	0,6	
3,80										2,045	2,9	0,666	1,8	0,287	1,3	0,118	0,9	0,045	0,6	0,001	0,1					0,045	0,6	
4,00										2,245	3,1	0,731	1,9	0,314	1,4	0,129	0,9	0,049	0,6	0,001	0,1					0,049	0,6	
4,20										2,454	3,2	0,798	2,0	0,343	1,4	0,141	1,0	0,054	0,7	0,001	0,1					0,054	0,7	
4,40										2,672	3,4	0,868	2,1	0,373	1,5	0,153	1,0	0,058	0,7	0,001	0,1					0,058	0,7	
4,60										2,898	3,5	0,940	2,2	0,404	1,6	0,166	1,1	0,063	0,7	0,001	0,1					0,063	0,7	
4,80														1,016	2,3	0,436	1,6	0,179	1,1	0,068	0,8					0,068	0,8	
5,00														1,093	2,4	0,469	1,7	0,193	1,2	0,073	0,8					0,073	0,8	

PN 10																											
temperatura agua = 50°C																											
k=0,01	20x2,3 mm			25x2,5 mm			32x3,0 mm			40x3,7 mm			50x4,6 mm			63x5,8 mm			75x6,9 mm			80x8,2 mm			110x10 mm		
Q	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	
1/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	
0,01	0,005	0,1																									
0,02	0,016	0,1	0,005	0,1																							
0,03	0,033	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1																					
0,04	0,055	0,2	0,016	0,1	0,004	0,1																					
0,05	0,081	0,3	0,023	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1																			
0,06	0,112	0,3	0,032	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1																			
0,07	0,147	0,4	0,042	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1																	
0,08	0,186	0,4	0,053	0,3	0,015	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1																	
0,09	0,229	0,5	0,065	0,3	0,019	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1																	
0,10	0,277	0,5	0,079	0,3	0,023	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1																	
0,12	0,383	0,6	0,109	0,4	0,031	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1															
0,14	0,505	0,8	0,143	0,4	0,041	0,3	0,014	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1															
0,16	0,642	0,9	0,182	0,5	0,052	0,3	0,018	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1													
0,18	0,793	1,0	0,224	0,6	0,064	0,3	0,022	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1													
0,20	0,959	1,1	0,271	0,6	0,077	0,4	0,026	0,2	0,009	0,2	0,003	0,1	0,001	0,1													
0,30	2,003	1,6	0,561	1,0	0,158	0,6	0,053	0,4	0,018	0,2	0,006	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1									
0,40	3,396	2,1	0,943	1,3	0,264	0,8	0,089	0,5	0,030	0,3	0,010	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1							
0,50	5,132	2,7	1,417	1,6	0,394	0,9	0,132	0,6	0,045	0,4	0,015	0,2	0,006	0,2	0,003	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1							
0,60	7,206	3,2	1,978	1,9	0,548	1,1	0,183	0,7	0,062	0,5	0,021	0,3	0,009	0,2	0,004	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1							
0,70			2,628	2,2	0,726	1,3	0,242	0,8	0,082	0,5	0,027	0,3	0,012	0,2	0,005	0,2	0,005	0,2	0,002	0,1							
0,80			3,365	2,5	0,926	1,5	0,307	1,0	0,104	0,6	0,034	0,4	0,015	0,3	0,006	0,2	0,006	0,2	0,002	0,1							
0,90			4,188	2,9	1,148	1,7	0,380	1,1	0,128	0,7	0,042	0,4	0,018	0,3	0,008	0,2	0,008	0,2	0,003	0,1							
1,00			5,097	3,2	1,393	1,9	0,460	1,2	0,155	0,8	0,051	0,5	0,022	0,3	0,009	0,2	0,009	0,2	0,003	0,2							
1,20					1,950	2,3	0,642	1,4	0,215	0,9	0,070	0,6	0,030	0,4	0,013	0,3	0,013	0,3	0,005	0,2							
1,40					2,594	2,6	0,851	1,7	0,284	1,1	0,093	0,7	0,040	0,5	0,017	0,3	0,017	0,3	0,006	0,2							
1,60					3,327	3,0	1,087	1,9	0,362	1,2	0,118	0,8	0,051	0,5	0,021	0,4	0,021	0,4	0,008	0,3							
1,80					4,147	3,4	1,351	2,2	0,449	1,4	0,146	0,9	0,063	0,6	0,026	0,4	0,026	0,4	0,010	0,3							
2,00							1,642	2,4	0,545	1,5	0,177	1,0	0,076	0,7	0,031	0,5	0,031	0,5	0,012	0,3							
2,20							1,961	2,6	0,649	1,7	0,210	1,1	0,090	0,7	0,037	0,5	0,037	0,5	0,014	0,3							
2,40							2,306	2,9	0,761	1,8	0,246	1,2	0,105	0,8	0,043	0,6	0,043	0,6	0,016	0,4							
2,60							2,677	3,1	0,882	2,0	0,284	1,3	0,122	0,9	0,050	0,6	0,050	0,6	0,019	0,4							
2,80							3,076	3,4	1,011	2,1	0,325	1,3	0,139	1,0	0,057	0,7	0,057	0,7	0,022	0,4							
3,00									1,149	2,3	0,369	1,4	0,158	1,0	0,064	0,7	0,064	0,7	0,024	0,5							
3,20									1,296	2,4	0,416	1,5	0,177	1,1	0,072	0,8	0,072	0,8	0,027	0,5							
3,40									1,450	2,6	0,464	1,6	0,198	1,2	0,081	0,8	0,081	0,8	0,031	0,5							
3,60									1,613	2,8	0,516	1,7	0,220	1,2	0,089	0,8	0,089	0,8	0,034	0,6							
3,80									1,785	2,9	0,570	1,8	0,242	1,3	0,099	0,9	0,099	0,9	0,037	0,6							
4,00									1,964	3,1	0,626	1,9	0,266	1,4	0,108	0,9	0,108	0,9	0,041	0,6							
4,20									2,152	3,2	0,686	2,0	0,291	1,4	0,118	1,0	0,118	1,0	0,045	0,7							
4,40									2,349	3,4	0,747	2,1	0,317	1,5	0,129	1,0	0,129	1,0	0,048	0,7							
4,60									2,553	3,5	0,811	2,2	0,344	1,6	0,139	1,1	0,139	1,1	0,053	0,7							
4,80											0,878	2,3	0,372	1,6	0,151	1,1	0,151	1,1	0,057	0,8							
5,00											0,947	2,4	0,401	1,7	0,162	1,2	0,162	1,2	0,061	0,8							

PN 16		temperatura agua = 10°C																	
k=0,01	16x2,3 mm			20x2,8 mm			25x3,5 mm			32x4,5 mm			40x5,6 mm		50x6,9 mm		63x8,7 mm		
Q l/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	
0,01	0,025	0,1	0,008	0,1															
0,02	0,083	0,2	0,027	0,1	0,009	0,1													
0,03	0,170	0,3	0,056	0,2	0,019	0,1	0,006	0,1											
0,04	0,282	0,4	0,093	0,2	0,032	0,2	0,010	0,1	0,003	0,1									
0,05	0,418	0,5	0,137	0,3	0,047	0,2	0,015	0,1	0,005	0,1									
0,06	0,576	0,6	0,189	0,4	0,065	0,2	0,020	0,1	0,007	0,1	0,002	0,1							
0,07	0,756	0,7	0,248	0,4	0,085	0,3	0,027	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1							
0,08	0,959	0,8	0,313	0,5	0,108	0,3	0,034	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1							
0,09	1,180	0,9	0,386	0,6	0,133	0,4	0,041	0,2	0,014	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1			0,002	0,1	
0,10	1,422	1,0	0,465	0,6	0,160	0,4	0,050	0,2	0,017	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	0,002	0,1			
0,12	1,967	1,2	0,641	0,7	0,221	0,5	0,069	0,3	0,023	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	0,003	0,1			
0,14	2,588	1,4	0,843	0,9	0,290	0,6	0,090	0,3	0,031	0,2	0,010	0,1	0,003	0,1	0,003	0,1			
0,16	3,285	1,6	1,068	1,0	0,367	0,6	0,114	0,4	0,039	0,2	0,013	0,2	0,004	0,1	0,004	0,1			
0,18	4,056	1,8	1,316	1,1	0,452	0,7	0,140	0,4	0,048	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	0,005	0,1			
0,20	4,900	2,0	1,588	1,2	0,544	0,8	0,168	0,5	0,058	0,3	0,019	0,2	0,006	0,1	0,006	0,1			
0,30	10,182	2,9	3,277	1,8	1,118	1,2	0,345	0,7	0,118	0,5	0,040	0,3	0,013	0,2	0,013	0,2			
0,40			5,499	2,5	1,868	1,6	0,574	1,0	0,196	0,6	0,066	0,4	0,022	0,2	0,022	0,2			
0,50			8,236	3,1	2,786	2,0	0,854	1,2	0,290	0,8	0,097	0,5	0,032	0,3	0,032	0,3			
0,60					3,869	2,4	1,183	1,4	0,401	0,9	0,134	0,6	0,045	0,4	0,045	0,4			
0,70					5,112	2,8	1,558	1,7	0,528	1,1	0,176	0,7	0,058	0,4	0,058	0,4			
0,80					6,513	3,1	1,980	1,9	0,669	1,2	0,223	0,8	0,074	0,5	0,074	0,5			
0,90					8,071	3,5	2,448	2,2	0,826	1,4	0,275	0,9	0,091	0,6	0,091	0,6			
1,00								2,960	2,4	0,997	1,5	0,332	1,0	0,110	0,6	0,110	0,6		
1,20								4,117	2,9	1,382	1,8	0,459	1,2	0,152	0,7	0,152	0,7		
1,40								5,449	3,4	1,824	2,1	0,604	1,4	0,199	0,9	0,199	0,9		
1,60										2,322	2,5	0,767	1,6	0,253	1,0	0,253	1,0		
1,80										2,874	2,8	0,948	1,7	0,311	1,1	0,311	1,1		
2,00										3,480	3,1	1,145	1,9	0,376	1,2	0,376	1,2		
2,20										4,139	3,4	1,360	2,1	0,446	1,3	0,446	1,3		
2,40												1,591	2,3	0,521	1,5	0,521	1,5		
2,60												1,839	2,5	0,601	1,6	0,601	1,6		
2,80												2,104	2,7	0,686	1,7	0,686	1,7		
3,00												2,385	2,9	0,777	1,8	0,777	1,8		
3,20												2,682	3,1	0,873	2,0	0,873	2,0		
3,40												2,995	3,3	0,974	2,1	0,974	2,1		
3,60												3,324	3,5	1,080	2,2	1,080	2,2		
3,80														1,190	2,3	1,190	2,3		
4,00														1,306	2,4	1,306	2,4		
4,20														1,427	2,6	1,427	2,6		
4,40														1,553	2,7	1,553	2,7		
4,60														1,683	2,8	1,683	2,8		
4,80														1,819	2,9	1,819	2,9		
5,00														1,959	3,1	1,959	3,1		

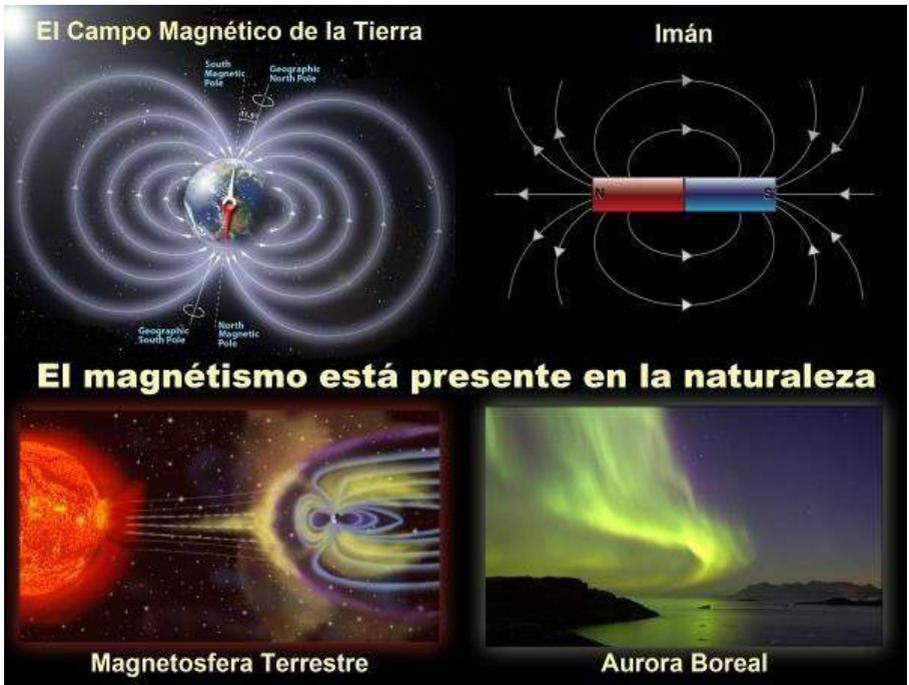
temperatura agua = 50°C															
PN 16	16x2,3 mm		20x2,8 mm		25x3,5 mm		32x4,5 mm		40x5,6 mm		50x6,9 mm		63x8,7 mm		
k=0,01	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	
Q	kPa/m	m/s													
1/s															
0,01	0,020	0,1	0,007	0,1											
0,02	0,068	0,2	0,022	0,1	0,008	0,1									
0,03	0,138	0,3	0,045	0,2	0,016	0,1	0,005	0,1							
0,04	0,230	0,4	0,075	0,2	0,026	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1					
0,05	0,342	0,5	0,112	0,3	0,038	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1					
0,06	0,473	0,6	0,154	0,4	0,053	0,2	0,016	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1			
0,07	0,623	0,7	0,203	0,4	0,070	0,3	0,022	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1			
0,08	0,792	0,8	0,257	0,5	0,088	0,3	0,027	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1			
0,09	0,978	0,9	0,317	0,6	0,108	0,4	0,034	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1	
0,10	1,183	1,0	0,382	0,6	0,131	0,4	0,040	0,2	0,014	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	
0,12	1,644	1,2	0,530	0,7	0,181	0,5	0,056	0,3	0,019	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	
0,14	2,175	1,4	0,696	0,9	0,238	0,6	0,073	0,3	0,025	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	
0,16	2,773	1,6	0,888	1,0	0,302	0,6	0,093	0,4	0,032	0,2	0,011	0,2	0,004	0,1	
0,18	3,439	1,8	1,099	1,1	0,373	0,7	0,115	0,4	0,039	0,3	0,013	0,2	0,004	0,1	
0,20	4,172	2,0	1,330	1,2	0,450	0,8	0,138	0,5	0,047	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	
0,30	8,828	2,9	2,785	1,8	0,935	1,2	0,285	0,7	0,096	0,5	0,032	0,3	0,011	0,2	
0,40			4,731	2,5	1,578	1,6	0,478	1,0	0,161	0,6	0,054	0,4	0,018	0,2	
0,50			7,161	3,1	2,376	2,0	0,716	1,2	0,240	0,8	0,080	0,5	0,026	0,3	
0,60					3,325	2,4	0,997	1,4	0,334	0,9	0,110	0,6	0,036	0,4	
0,70					4,425	2,8	1,322	1,7	0,441	1,1	0,146	0,7	0,048	0,4	
0,80					5,675	3,1	1,689	1,9	0,562	1,2	0,185	0,8	0,061	0,5	
0,90					7,073	3,5	2,098	2,2	0,696	1,4	0,229	0,9	0,075	0,6	
1,00							2,549	2,4	0,843	1,5	0,277	1,0	0,091	0,6	
1,20							3,577	2,9	1,178	1,8	0,385	1,2	0,126	0,7	
1,40							4,770	3,4	1,565	2,1	0,510	1,4	0,168	0,9	
1,60									2,004	2,5	0,650	1,6	0,211	1,0	
1,80									2,494	2,8	0,807	1,7	0,261	1,1	
2,00									3,036	3,1	0,980	1,9	0,316	1,2	
2,20									3,629	3,4	1,168	2,1	0,376	1,3	
2,40											1,372	2,3	0,441	1,5	
2,60											1,592	2,5	0,511	1,6	
2,80											1,828	2,7	0,585	1,7	
3,00											2,079	2,9	0,664	1,8	
3,20											2,345	3,1	0,748	2,0	
3,40											2,627	3,3	0,837	2,1	
3,60											2,925	3,5	0,930	2,2	
3,80													1,028	2,3	
4,00													1,131	2,4	
4,20													1,239	2,6	
4,40													1,351	2,7	
4,60													1,468	2,8	
4,80													1,589	2,9	
5,00													1,716	3,1	

PN 16		temperatura agua = 50°C													
k=0,01	16x2,3 mm		20x2,8 mm		25x3,5 mm		32x4,5 mm		40x5,6 mm		50x6,9 mm		63x8,7 mm		
Q 1/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	R kPa/m	v m/s	
0,01	0,018	0,1	0,006	0,1											
0,02	0,061	0,2	0,020	0,1	0,007	0,1									
0,03	0,126	0,3	0,041	0,2	0,014	0,1	0,004	0,1							
0,04	0,210	0,4	0,068	0,2	0,024	0,2	0,007	0,1	0,003	0,1					
0,05	0,314	0,5	0,102	0,3	0,035	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1					
0,06	0,435	0,6	0,141	0,4	0,048	0,2	0,015	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1			
0,07	0,574	0,7	0,185	0,4	0,063	0,3	0,020	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1			
0,08	0,731	0,8	0,235	0,5	0,080	0,3	0,025	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1			
0,09	0,905	0,9	0,291	0,6	0,099	0,4	0,031	0,2	0,010	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1	
0,10	1,096	1,0	0,352	0,6	0,120	0,4	0,037	0,2	0,013	0,2	0,004	0,1	0,001	0,1	
0,12	1,529	1,2	0,488	0,7	0,166	0,5	0,051	0,3	0,017	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	
0,14	2,029	1,4	0,646	0,9	0,218	0,6	0,067	0,3	0,023	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	
0,16	2,595	1,6	0,823	1,0	0,278	0,6	0,085	0,4	0,029	0,2	0,010	0,2	0,003	0,1	
0,18	3,227	1,8	1,021	1,1	0,344	0,7	0,105	0,4	0,036	0,3	0,012	0,2	0,004	0,1	
0,20	3,924	2,0	1,238	1,2	0,416	0,8	0,127	0,5	0,043	0,3	0,014	0,2	0,005	0,1	
0,30	8,388	2,9	2,616	1,8	0,870	1,2	0,263	0,7	0,088	0,5	0,029	0,3	0,010	0,2	
0,40			4,476	2,5	1,478	1,6	0,443	1,0	0,148	0,6	0,049	0,4	0,016	0,2	
0,50			6,813	3,1	2,236	2,0	0,667	1,2	0,222	0,8	0,073	0,5	0,024	0,3	
0,60					3,144	2,4	0,933	1,4	0,309	0,9	0,102	0,6	0,033	0,4	
0,70					4,200	2,8	1,240	1,7	0,410	1,1	0,134	0,7	0,044	0,4	
0,80					5,404	3,1	1,590	1,9	0,524	1,2	0,171	0,8	0,056	0,5	
0,90					6,756	3,5	1,981	2,2	0,651	1,4	0,212	0,9	0,069	0,6	
1,00							2,413	2,4	0,790	1,5	0,257	1,0	0,083	0,6	
1,20							3,401	2,9	1,109	1,8	0,359	1,2	0,116	0,7	
1,40							4,554	3,4	1,478	2,1	0,477	1,4	0,154	0,9	
1,60									1,899	2,5	0,610	1,6	0,196	1,0	
1,80									2,371	2,8	0,759	1,7	0,243	1,1	
2,00									2,894	3,1	0,924	1,9	0,295	1,2	
2,20									3,467	3,4	1,104	2,1	0,352	1,3	
2,40											1,300	2,3	0,414	1,5	
2,60											1,511	2,5	0,480	1,6	
2,80											1,738	2,7	0,551	1,7	
3,00											1,980	2,9	0,626	1,8	
3,20											2,238	3,1	0,706	2,0	
3,40											2,511	3,3	0,791	2,1	
3,60											2,799	3,5	0,881	2,2	
3,80													0,975	2,3	
4,00													1,074	2,4	
4,20													1,178	2,6	
4,40													1,286	2,7	
4,60													1,399	2,8	
4,80													1,516	2,9	
5,00													1,638	3,1	

PN 26		temperatura agua = 10°C																												
κ=0,01	16x2,7 mm			20x3,4 mm			25x4,2 mm			32x5,4 mm			40x6,7 mm			50x8,4 mm			63x10,5 mm			75x12,5 mm			90x15,0 mm			110x18,4 mm		
Q	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v		
1/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s		
0,01	0,035	0,1	0,012	0,1																										
0,02	0,118	0,2	0,041	0,1	0,014	0,1	0,004	0,1																						
0,03	0,240	0,3	0,084	0,2	0,028	0,1	0,009	0,1	0,003	0,1																				
0,04	0,399	0,5	0,140	0,3	0,047	0,2	0,015	0,1	0,005	0,1																				
0,05	0,591	0,6	0,207	0,4	0,070	0,2	0,022	0,1	0,007	0,1	0,003	0,1																		
0,06	0,816	0,7	0,286	0,4	0,096	0,3	0,030	0,2	0,010	0,1	0,004	0,1																		
0,07	1,071	0,8	0,375	0,5	0,126	0,3	0,039	0,2	0,013	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1																
0,08	1,357	0,9	0,475	0,6	0,159	0,4	0,050	0,2	0,017	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1																
0,09	1,673	1,0	0,585	0,7	0,196	0,4	0,061	0,3	0,021	0,2	0,007	0,1	0,002	0,1																
0,10	2,017	1,1	0,704	0,7	0,236	0,5	0,073	0,3	0,025	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1														
0,12	2,791	1,4	0,973	0,9	0,325	0,6	0,101	0,3	0,034	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1	0,002	0,1														
0,14	3,676	1,6	1,279	1,0	0,427	0,6	0,133	0,4	0,045	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,001	0,0												
0,16	4,669	1,8	1,622	1,2	0,540	0,7	0,168	0,5	0,057	0,3	0,020	0,2	0,006	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1												
0,18	5,768	2,0	2,000	1,3	0,665	0,8	0,206	0,5	0,070	0,3	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1												
0,20	6,971	2,3	2,414	1,5	0,802	0,9	0,249	0,6	0,084	0,4	0,029	0,2	0,010	0,1	0,004	0,1	0,002	0,1												
0,30	14,522	3,4	4,994	2,2	1,650	1,4	0,510	0,8	0,172	0,5	0,060	0,3	0,019	0,2	0,008	0,2	0,004	0,1	0,001	0,100										
0,40			8,397	2,9	2,761	1,8	0,849	1,1	0,286	0,7	0,099	0,5	0,032	0,3	0,014	0,2	0,006	0,1	0,002	0,100										
0,50					4,125	2,3	1,264	1,4	0,425	0,9	0,147	0,6	0,048	0,4	0,021	0,3	0,009	0,2	0,003	0,100										
0,60					5,735	2,8	1,752	1,7	0,587	1,1	0,203	0,7	0,066	0,4	0,029	0,3	0,012	0,2	0,005	0,100										
0,70					7,585	3,2	2,311	2,0	0,773	1,3	0,267	0,8	0,087	0,5	0,038	0,4	0,016	0,2	0,006	0,200										
0,80									2,939	2,3	0,981	1,4	0,338	0,9	0,110	0,6	0,048	0,4	0,020	0,3	0,008	0,200								
0,90									3,635	2,5	1,211	1,6	0,417	1,0	0,135	0,6	0,059	0,5	0,025	0,3	0,010	0,200								
1,00									4,399	2,8	1,463	1,8	0,503	1,2	0,163	0,7	0,071	0,5	0,030	0,4	0,011	0,200								
1,20									6,127	3,4	2,031	2,2	0,696	1,4	0,225	0,9	0,097	0,6	0,041	0,4	0,016	0,300								
1,40											2,683	2,5	0,917	1,6	0,296	1,0	0,128	0,7	0,054	0,5	0,021	0,300								
1,60											3,417	2,9	1,165	1,8	0,375	1,2	0,162	0,8	0,068	0,6	0,026	0,400								
1,80											4,233	3,2	1,441	2,1	0,463	1,3	0,200	0,9	0,083	0,6	0,032	0,400								
2,00													1,742	2,3	0,559	1,4	0,241	1,0	0,101	0,7	0,039	0,500								
2,20													2,070	2,5	0,663	1,6	0,286	1,1	0,119	0,8	0,046	0,500								
2,40													2,423	2,8	0,775	1,7	0,334	1,2	0,139	0,8	0,054	0,600								
2,60													2,803	3,0	0,894	1,9	0,385	1,3	0,160	0,9	0,062	0,600								
2,80													3,208	3,2	1,022	2,0	0,440	1,4	0,183	1,0	0,070	0,700								
3,00													3,638	3,5	1,158	2,2	0,498	1,5	0,207	1,1	0,080	0,700								
3,20															1,301	2,3	0,559	1,6	0,232	1,1	0,089	0,800								
3,40															1,452	2,5	0,623	1,7	0,259	1,2	0,099	0,800								
3,60															1,610	2,6	0,691	1,8	0,286	1,3	0,110	0,900								
3,80															1,776	2,7	0,761	1,9	0,316	1,3	0,121	0,900								
4,00															1,949	2,9	0,835	2,0	0,346	1,4	0,133	1,000								
4,20															2,131	3,0	0,912	2,1	0,377	1,5	0,145	1,000								
4,40															2,319	3,2	0,992	2,2	0,410	1,6	0,157	1,000								
4,60															2,515	3,3	1,075	2,3	0,444	1,6	0,170	1,100								
4,80															2,718	3,5	1,161	2,4	0,480	1,7	0,184	1,100								
5,00																	1,251	2,5	0,516	1,8	0,198	1,200								

PN 20		temperatura agua = 80°C																												
k=0,01	16x2,7 mm			20x3,4 mm			25x4,2 mm			32x5,4 mm			40x6,7 mm			50x8,4 mm			63x10,5 mm			75x12,5 mm			90x15,0 mm			110x18,4 mm		
Q	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v		
1/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s	kPa/m	m/s		
0,01	0,026	0,1	0,009	1,1																										
0,02	0,087	0,2	0,030	1,1	0,010	0,1	0,003	0,1																						
0,03	0,179	0,3	0,062	0,2	0,021	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1																				
0,04	0,299	0,5	0,104	0,3	0,035	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1																				
0,05	0,446	0,6	0,155	0,4	0,051	0,2	0,016	0,1	0,005	0,1	0,002	0,1																		
0,06	0,619	0,7	0,214	0,4	0,071	0,3	0,022	0,2	0,007	0,1	0,003	0,1																		
0,07	0,818	0,8	0,282	0,5	0,094	0,3	0,029	0,2	0,010	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1																
0,08	1,042	0,9	0,359	0,6	0,119	0,4	0,037	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1	0,001	0,1																
0,09	1,291	1,0	0,443	0,7	0,146	0,4	0,045	0,3	0,015	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1																
0,10	1,565	1,1	0,536	0,7	0,177	0,5	0,054	0,3	0,018	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1														
0,12	2,186	1,4	0,746	0,9	0,245	0,6	0,075	0,3	0,025	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1														
0,14	2,905	1,6	0,988	1,0	0,323	0,6	0,099	0,4	0,033	0,3	0,012	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1							0,001	0,0				
0,16	3,719	1,8	1,261	1,2	0,412	0,7	0,126	0,5	0,042	0,3	0,015	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1							0,001	0,1				
0,18	4,630	2,0	1,565	1,3	0,510	0,8	0,155	0,5	0,052	0,3	0,018	0,2	0,006	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1							0,001	0,1				
0,20	5,636	2,3	1,900	1,5	0,617	0,9	0,188	0,6	0,063	0,4	0,022	0,2	0,007	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1												
0,30	12,090	3,4	4,031	2,2	1,296	1,4	0,391	0,8	0,130	0,5	0,045	0,3	0,014	0,2	0,006	0,2	0,003	0,1	0,001	0,1					0,001	0,100				
0,40			6,918	2,9	2,206	1,8	0,661	1,1	0,218	0,7	0,075	0,5	0,024	0,3	0,010	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1					0,002	0,100				
0,50					3,346	2,3	0,995	1,4	0,327	0,9	0,111	0,6	0,036	0,4	0,015	0,3	0,006	0,2	0,002	0,1					0,002	0,100				
0,60					4,712	2,8	1,395	1,7	0,456	1,1	0,155	0,7	0,050	0,4	0,021	0,3	0,009	0,2	0,003	0,1					0,003	0,100				
0,70					6,304	3,2	1,859	2,0	0,605	1,3	0,205	0,8	0,065	0,5	0,028	0,4	0,012	0,2	0,005	0,2					0,005	0,200				
0,80							2,384	2,3	0,774	1,4	0,261	0,9	0,083	0,6	0,036	0,4	0,015	0,3	0,006	0,2					0,006	0,200				
0,90							2,974	2,5	0,963	1,6	0,324	1,0	0,103	0,6	0,044	0,5	0,018	0,3	0,007	0,2					0,007	0,200				
1,00							3,626	2,8	1,171	1,8	0,392	1,2	0,124	0,7	0,053	0,5	0,022	0,4	0,009	0,2					0,009	0,200				
1,20							5,121	3,4	1,645	2,2	0,549	1,4	0,173	0,9	0,074	0,6	0,031	0,4	0,012	0,3					0,012	0,300				
1,40									2,197	2,5	0,730	1,6	0,230	1,0	0,098	0,7	0,040	0,5	0,016	0,3					0,016	0,300				
1,60									2,826	2,9	0,936	1,8	0,293	1,2	0,125	0,8	0,051	0,6	0,020	0,4					0,020	0,400				
1,80									3,532	3,2	1,166	2,1	0,364	1,3	0,155	0,9	0,064	0,6	0,024	0,4					0,024	0,400				
2,00											1,421	2,3	0,443	1,4	0,188	1,0	0,077	0,7	0,029	0,5					0,029	0,500				
2,20											1,700	2,5	0,528	1,6	0,224	1,1	0,092	0,8	0,035	0,5					0,035	0,500				
2,40											2,003	2,8	0,621	1,7	0,263	1,2	0,107	0,8	0,041	0,6					0,041	0,600				
2,60											2,331	3,0	0,721	1,9	0,304	1,3	0,124	0,9	0,047	0,6					0,047	0,600				
2,80											2,682	3,2	0,828	2,0	0,349	1,4	0,142	1,0	0,054	0,7					0,054	0,700				
3,00											3,058	3,5	0,942	2,2	0,397	1,5	0,162	1,1	0,061	0,7					0,061	0,700				
3,20													1,064	2,3	0,447	1,6	0,182	1,1	0,069	0,8					0,069	0,800				
3,40													1,192	2,5	0,501	1,7	0,204	1,2	0,077	0,8					0,077	0,800				
3,60													1,328	2,6	0,557	1,8	0,226	1,3	0,085	0,9					0,085	0,900				
3,80													1,471	2,7	0,616	1,9	0,250	1,3	0,094	0,9					0,094	0,900				
4,00													1,621	2,9	0,679	2,0	0,275	1,4	0,103	1,0					0,103	1,000				
4,20													1,778	3,0	0,744	2,1	0,301	1,5	0,113	1,0					0,113	1,000				
4,40													1,942	3,2	0,812	2,2	0,328	1,6	0,123	1,0					0,123	1,000				
4,60													2,113	3,3	0,882	2,3	0,356	1,6	0,134	1,1					0,134	1,100				
4,80													2,292	3,5	0,956	2,4	0,386	1,7	0,145	1,1					0,145	1,100				
5,00															1,033	2,5	0,416	1,8	0,156	1,2					0,156	1,200				

4 CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD



4.1 Conceptos básicos

4.1.1 Fenómenos Eléctricos

La manifestación más sencilla de la electricidad aparece en los fenómenos de electrización por frotamiento: al frotar con un paño de lana una varita de plástico o vidrio, la varita adquiere la propiedad de atraer trozos pequeños de papel. También puede observarse que si previamente electrizadas, ponemos en contacto dos varitas del mismo material se repelen y si el material es distinto se atraen.

Éstos fenómenos se originan porque al frotar los átomos de la superficie de los materiales, que ordinariamente tienen la misma cantidad de protones que electrones, se excitan intercambiando electrones. En el caso de lana-vidrio los electrones pasan desde el vidrio (que queda cargado positivamente) a la lana (que pasa a tener carga negativa). En el caso del plástico ocurre al contrario, el plástico gana electrones y se carga, en consecuencia, negativamente y la lana se carga positivamente. Esta descompensación de cargas + y - crea una carga neta que genera una fuerza eléctrica en el espacio adyacente, lo que explica su acción sobre las bolitas de papel.

La corriente eléctrica consiste en el desplazamiento ordenado de los electrones.

Hay cuerpos que por su estructura presentan mucha dificultad al movimiento de los electrones y se les denomina **aislantes**. Por el contrario existen otras sustancias, como los metales, en los que los electrones pasan fácilmente de un átomo al vecino a los que se denominan **conductores**, los cuerpos de características intermedias son los **semiconductores**, que han posibilitado todo el desarrollo de la electrónica.

4.1.2 Carga eléctrica, es la cantidad de electricidad que posee un cuerpo y depende del número de electrones que ha ganado (carga negativa) o perdido (carga positiva). La carga eléctrica más pequeña es el electrón e y cualquier carga se puede expresar como múltiplo de ella. En el Sistema Internacional la unidad de carga eléctrica es el **Culombio (C)**.

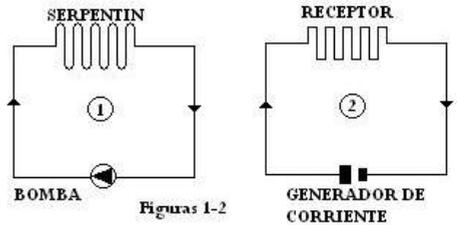
$$1 e = 1,6 \times 10^{-19} C$$

4.1.3 Circuito eléctrico. Componentes y Parámetros

Un circuito eléctrico es un conjunto de elementos ordenados para aprovechar los efectos de la corriente eléctrica.

Para explicar mejor los parámetros de un circuito eléctrico vamos a compararlo con un circuito hidráulico:

Así como en el caso del hidráulico para que circule el agua es necesario que la bomba suministre una presión, para que haya una circulación de "electrones" (fluido), en el eléctrico, es necesario que el generador suministre una diferencia de potencial o tensión, que es la fuerza electromotriz que mueve los electrones desde el polo - al + que es el que por convención, se toma sin que afecte a los resultados.



Figuras 1-2

La diferencia de potencial o tensión entre dos puntos de un circuito se define como el trabajo que es necesario realizar para trasladar la unidad de carga eléctrica desde uno a otro punto.

La unidad en el S.I. es el voltio (V).

La intensidad de corriente que circula por el conductor se define como el número de cargas eléctricas que atraviesan una sección del mismo en la unidad de tiempo.

$$I = \frac{Q}{t}$$

I= intensidad de corriente en Amperios (A)

Q= carga eléctrica en <culombios (C)

T= tiempo en segundos

4.1.4 El Amperio es la intensidad de una corriente eléctrica que transporta una carga de un Culombio por segundo.

Así como las tuberías y elementos del circuito hidráulico presentan una resistencia al paso del agua, ocurre lo propio en un circuito eléctrico. La unidad de medida es el **ohmio (Ω)**, definida como la resistencia que presenta al paso de la corriente un conductor cuando circula 1 A al someterlo a una diferencia de potencial de 1 V.

En función de las características físicas del conductor, su resistencia viene dada por la fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

R= resistencia

ρ= resistividad en $\frac{\Omega \times mm^2}{m}$

L= longitud en m

S= sección en mm^2

4.1.5 La resistividad es el parámetro eléctrico más característico de un material y es la resistencia que ofrece al paso de la corriente un conductor de longitud unidad y sección unidad.

4.1.6 La ley de Ohm expresa la dependencia entre la diferencia de potencia (d.d.p.) a que se encuentra sometido un conductor y la intensidad de corriente que circula por el mismo en función de su resistencia:

$$V = R \cdot I$$

Se hace extensivo a un circuito, expresando que la caída de tensión en el mismo se obtiene multiplicando la intensidad de la corriente que circula por la resistencia total del circuito.

Denominando como R_1, R_2, \dots, R_n la resistencia de cada uno de los elementos del circuito, pueden presentarse 3 casos:

1 Las resistencias están en serie. En este caso la resistencia total es la suma de las parciales:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

2 Las resistencias están en paralelo. Su resistencia resultante es igual a la inversa de la suma de las inversas de resistencias parciales.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

3 Asociación mixta. Se reducen a sus equivalentes las asociaciones en paralelo y se aplica el caso de serie.

4.1.7 Energía, Efecto Joule

La energía de la corriente eléctrica es la necesaria para mantener el movimiento de las cargas en el circuito.

La fuerza electromotriz (f.e.m.) de una pila o generador es el trabajo que dicho generador suministra por cada unidad de carga que pone en movimiento.

E= f.e.m.

W= trabajo en Julios

Q= carga en Culombios

Por tanto **W= E . Q**, y como **Q = I . T**, entonces **W= E . I . T**

En consecuencia la potencia: $P = \frac{W}{t}$

Luego $P = \frac{E \cdot I \cdot T}{t} = E \cdot I$

La unidad de potencia es el Watio en el S.I o su múltiplo en Kw.

1 Watio = $\frac{1 \text{ julio}}{1 \text{ seg.}}$

1 Kw = 860 Kcal/h.

1Kw = 1,36 CV.

En el S.I. la unidad de energía es el Julio, pero es usual el empleo del Kw.h.

El efecto Joule consiste en que todo conductor recorrido por una corriente eléctrica se calienta.

Como por la Ley de Ohm

Como **V= R . I** y **P= V . I**, tenemos **P= RI²** y la energía será:

W= P . t = RI² t, que representa el calor desprendido por una resistencia eléctrica con:

W en Julios

R en Ω

I en A

t en S

ó bien: **W= 0,239 . R . I² . t** con W en calorías.

Una consecuencia del efecto calorífico de la corriente eléctrica, es que en los conductores al circular la corriente eléctrica se produce un calor que es necesario evacuar por su superficie, pues de no hacerlo, el hilo conductor puede llegar a fundirse o estropearse el aislamiento. Por ello en el Reglamento Electrónico de baja Tensión se limita la intensidad máxima de corriente que puede circular por cada mm² de sección de conductor (densidad/ de corriente en A/ mm²).

En las tablas siguientes figuran las intensidades máximas admisibles para cables con conductores de cobre aislados de uso común en instalaciones y conductos flexibles para pequeños aparatos, así como las caídas máximas de tensión permitidas en alumbrado y fuerza.

Tabla de Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre aislados con goma, o con policloruro de vinilo. (Servicio permanente) Temperatura ambiente 40°C

Al aire o directamente empotrados

Sección nominal mm ² (5)	Un solo cable			Varios cables	
	1	1	1	2	3
0.5	Unipolar	Bipolar	Tripolar (1)	Unipolares	Unipolares (3)
0.5	7.5	5.5	5	6	5.5
0.75	10	8	6.5	8.5	7
1	13	10.5	9.5	12	9
1.5	17	13	12	15	12
2.5	23	18	17	21	17
4	31	25	23	28	23
6	40	32	29	36	29
10	55	44	40	50	40
16	74	59	54	67	54

25	97	78	71	88	73
35	120	97	88	110	87
50	145	115	105	130	110
70	185	140	120	165	140
95	225	166	145	200	180
120	260	-	-	235	210

Bajo tubo o conducto (4)

Sección nominal mm ² (5)	Un solo cable			Varios cables	
	1	1	1	2	3
	Unipolar (2)	Bipolar	Tripolar (1)	Unipolares	Unipolares (3)
0.5	7	5	4.5	5.5	5
0.75	9	7	6	7.5	6.5
1	12	8.5	7.5	9.5	8.5
1.5	15	12	10	12	11
2.5	21	16	14	17	15
4	28	22	19	23	20
6	34	28	24	29	26
10	49	38	34	40	36
16	64	51	44	54	48
25	85	68	59	71	64
35	110	83	72	88	78
50	130	98	85	110	95
70	160	118	100	135	120
95	200	140	120	165	145
120	230	-	-	190	170
150	265	-	-	220	195

(1) Los mismos valores se aplican a los cables de 4 conductores, constituidos por tres fases y neutro, o tres fases y protección, y a los de 5 conductores, constituidos por tres fases, neutro y protección.

(2) Sólo aplicable para corriente continua en cualquier clase de tubo o para corriente alterna en tubos de material no ferromagnético.

(3) Los mismos valores se aplican al agrupamiento de 4 ó 5 conductores para suministros trifásicos con neutro y/o protección.

(4) Ver apartado 2.1.4 "Factores de corrección"(en reglamento Baja Tensión)

(5) No todas las secciones nominales son de fabricación normal para todas las composiciones de cables en ambos tipos de aislamiento. Véanse las normas UNE 21.027 1ª R. y 21.031.

TABLA de Intensidad máxima admisible en amperios para cables rígidos con conductores de cobre aislados con goma butílica, etileno-propileno o polietileno reticulado.

(Servicio permanente) Temperatura ambiente 40°C

Sección nominal mm ²	Tipo de instalación			
	Al aire o directamente empotrados		Bajo tubo o conducto (3)	
	2 Unipolares agrupados	3 Unipolares agrupados (2)	1 Bipolar	1 Tripolar
1	17	15	15	13
1.5	22	20	20	18
2.5	30	27	27	23
4	40	36	36	31
6	52	47	47	41
10	72	64	64	57
16	96	86	86	76
25	128	114	114	101
35	157	141	141	124
50	191	171	171	151

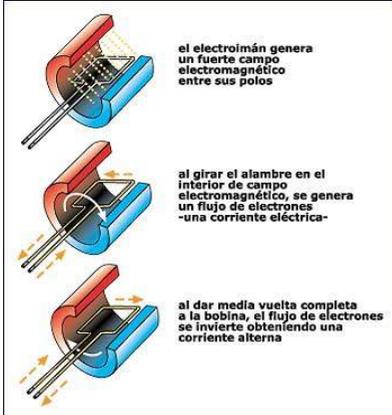
(1) Los mismos valores se aplican a los cables de 4 conductores, constituidos por tres fases y neutro o tres fases y protección, y a los de 5 conductores, constituidos por tres fases, neutro y protección.

(2) Los mismos valores se aplican al agrupamiento de 4 conductores para suministros trifásicos con neutro o 5 conductores para suministros trifásicos con neutro y protección.

(3) Ver factores de corrección.

También este efecto calorífico se aprovecha para los fusibles que se intercalan en el circuito a proteger y que cuando existe una sobre intensidad se funden y abren el circuito.

4.1.8 Magnetismo



El magnetismo es un fenómeno que se da en los imanes como consecuencia de su estructura molecular y que se caracteriza porque alrededor del imán se crea un campo magnético definido por la existencia de dos polos denominados Norte y Sur, de forma que las líneas de fuerza del campo van desde el Sur al Norte. Estos imanes naturales no precisan energía exterior y se emplean en algunos termostatos.

Si enrollamos alrededor de un núcleo de hierro un cable eléctrico y hacemos circular la corriente, el núcleo de hierro se convierte en un imán que es temporal denominado electroimán, y cuya intensidad de campo magnético es directamente proporcional a la intensidad de corriente que circula. Se utilizan profusamente en las bobinas de los contactores, válvulas solenoides, etc. Asimismo los campos magnéticos se usan en las conversiones de energía mecánica en electricidad y viceversa en los

generadores y motores respectivamente.

4.1.9 Corriente alterna

Hasta ahora hemos supuesto que tanto la intensidad de la corriente como su sentido eran constantes. A este tipo de corriente se le denomina **continua**, es la generada en pilas, baterías etc.

No obstante, el tipo de corriente utilizada normalmente es la corriente **alterna**.

La característica de ésta corriente es que toma alternativamente valores positivos y negativos en cada ciclo. Se genera una

corriente de este tipo, según el Principio de Inducción Electromagnética, moviendo una espira y variando la intensidad del campo magnético.

El dispositivo de la figura está formado por un electroimán conectado a una fuente de energía externa. Una espira de hilo conductor es girada en el seno del campo magnético del electroimán, de forma que, según sea su posición, "corta" un campo magnético variable, generando en consecuencia un f.e.m. también variable. Al elemento que gira se le denomina rotor y al que está fijo estator.

El número de veces que la onda resultante se repite por segundo se denomina frecuencia y periodo al tiempo que tarda en generarse una onda completa.

Están relacionados por la fórmula:

$$FRECUENCIA DE ONDA = \frac{n^{\circ} \text{ de pares de polos} \times \text{revolucion.} \cdot \text{minuto (r.p.m.) de la espira}}{60}$$

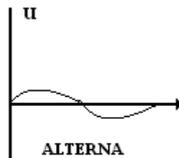
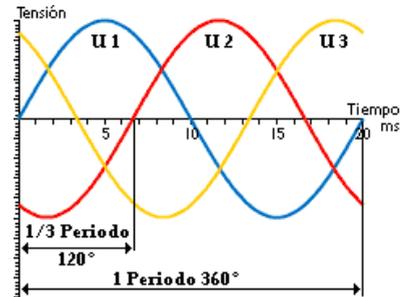
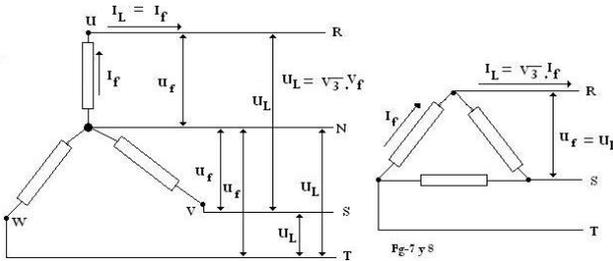


Figura 3-4





En la práctica de lo que gira (rotor) es el campo magnético y permanece fija la bobina, alimentándose los polos magnéticos mediante unos anillos rozantes o escobillas. Así, si utilizando un par de polos queremos producir corriente normal de 50 Hercios (ciclos/seg), el alternador debería estar girando a:

$$60 f = n.p \ ; \ 60 \times 50 = n \ 1 \ ; \ n = 3000 \text{ r.p.m.}$$

Si en vez de una sola bobina ó espira colocamos 3, situadas entre sí desfasadas 120°, generaremos una corriente trifásica, formada por 3 corrientes alternas desfasadas entre sí 120° eléctricos.

Teóricamente para poder utilizar las 3 corrientes alternas monofásicas necesitaríamos 6 conductores, dos por fase. De hecho se utilizan 3 conductores, uno por cada fase, uniéndose los segundos conductores de cada fase en un solo denominado neutro.

A las 3 fases se les llama **R, S, T**, y al neutro **N**.

En la distribución de esta corriente se utilizan dos montajes típicos: el de estrella, con neutro y el de triángulo, sin neutro. En las figuras de la página, se aprecian ambos montajes así como las características de las corrientes de línea (I_L), de fase I_f y las tensiones correspondientes U_f y U_L .

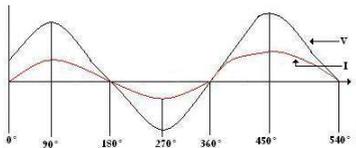
Así, en el montaje con neutro, en estrella, tenemos que $U_L = \sqrt{3} \cdot U_f$, siendo los valores usuales:

$$U_f = 220V$$

$$U_L = \sqrt{3} \cdot 220 = 380V$$

4.1.10 Impedancia

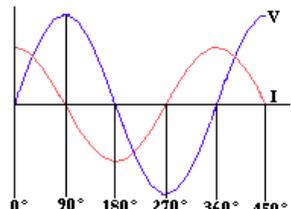
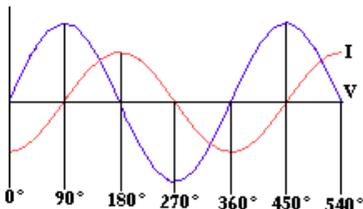
Si como elementos que absorben energía en el circuito tenemos resistencias puras, el circuito se denomina óhmico y, en caso de corriente alterna los parámetros característicos de la onda tensión e intensidad, **v** e **i** están en fase:



Si en el circuito existen bobinas (de motores p.e.), éstas presentan mayor resistencia al paso de la corriente alterna que a la continua, pues al ser ésta variable, genera unas corrientes de autoinducción que se oponen a la principal

que las provoca. Un circuito que tuviese inicialmente como componentes pasivos bobinas, se dice que tiene **reactancia inductiva** X_L y la **i** va retrasada 90° respecto **V**.

Si los elementos pasivos presentes son condensadores, éstos no permiten el paso de la corriente continua y sí el de la alterna, adelantando la **i** 90° respecto al **V**. un circuito con solo condensadores se dice que presenta reactancia capacitiva X_C :



La impedancia de un circuito generalmente no está compuesta en exclusiva de ninguno de los 3 tipos anteriores sino de una mezcla de todos, predominando usualmente el efecto inductivo sobre el capacitivo, y por tanto la **V** irá adelantada respecto a la **i** un ángulo variable entre 0 y 90°. La fórmula usada es:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$

4.1.11 Potencia en alterna

En continua vimos que:

$P = VI$, y es constante.

En alterna al presentar V e i valores variables en el tiempo, la potencia es asimismo variables en cada instante, sería en general:

$P(t) = V(t) \cdot i(t)$

Para que la potencia sea positiva han de serlo V e i ó bien ambos negativos

$(+) \times (+) = (+)$ y $(-) \times (-) = (+)$, y entonces se dice que el generador suministra energía al circuito. En los casos restantes la potencia es negativa el circuito devuelve energía al generador.

Calculando el valor medio de la potencia a lo largo de 1 ciclo obtenemos:

$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$

En donde:

1. φ es el ángulo de desfase entre V e i (correspondería al tiempo T_1 de la figura anterior).
2. V, I , están referidos a sus valores eficaces (el valor eficaz en una corriente alterna monofásica es igual a 0,707 el valor máximo o de cresta).

A esta potencia media se le suele denominar también potencia real o activa y se mide en W .

Al producto de valor eficaz de la tensión (ó f.e.m.) aplicada por la componente reactiva de la intensidad eficaz se le denomina potencia reactiva.

$P_r = V \cdot I \cdot \sin \varphi$

Su unidad de medida es el voltio-amperio reactivo (V.Ar.)

Al producto de los valores eficaces de V e i se le denomina potencia aparente.

$P_a = V \cdot I$

Se mide en voltio-amperios (V.A)

Teniendo en cuenta las 3 expresiones anteriores puede construirse el triángulo de potencias: (Fig.13)

La potencia reactiva no da lugar a energía útil por lo que debe reducirse en lo posible. El factor de potencia indica lo que aprovecha como energía útil. Si $\varphi = 0 \implies \cos \varphi = 1$ y la potencia reactiva valdría 0. Si $\varphi = 90^\circ \implies \cos \varphi = 0$ y toda la potencia sería reactiva.

Análogamente a las fórmulas anteriores obtenidas para monofásica, en corriente alterna trifásica, se llega a las siguientes fórmulas:

Potencia activa: $P = 3 U_F I_F \cos \varphi = \frac{3}{\sqrt{3}} U_L I_L \cos \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$

Potencia reactiva: $Q = 3 U_F I_F \sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{3}} V_L I_L \sin \varphi = \sqrt{3} U_L I_L \sin \varphi$

Potencia aparente: $S = \sqrt{3} U_L I_L$

4.2 CONDENSADORES

4.2.1 Generalidades

Constan de dos placas metálicas (armaduras) separadas por un espacio no conductor de la electricidad (dieléctrico).

Si cada una de las placas se conecta a uno de los polos de un generador de corriente continua a través de un interruptor irán adquiriendo carga eléctrica, de acuerdo con el terminal al que están conectados. El proceso continuará hasta que la diferencia de potencia entre ambas placas sea igual al de la batería, momento en que se interrumpirá la corriente. Así pues el condensador tiene la propiedad de almacenar energía eléctrica. Cuando el voltaje es máximo (está cargado) la corriente es nula, y de acuerdo con lo que decíamos antes, i y v están desfasados 90° . Si una vez cargado abrimos el interruptor, éstas se descargan circulando corriente por el conductor.

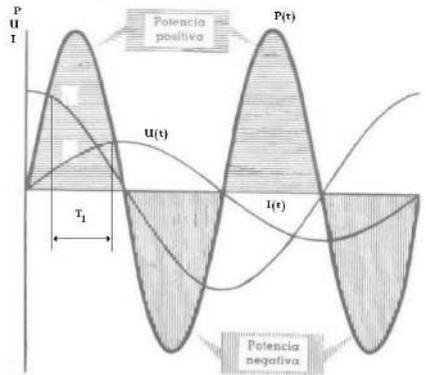
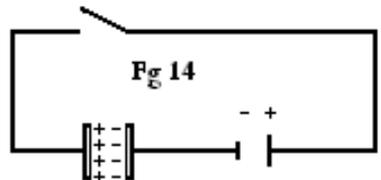
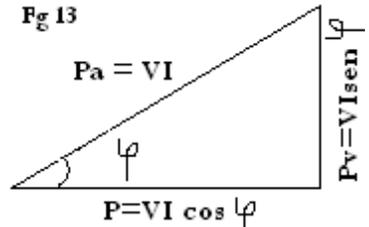


Fig 13



La unidad de capacidad (c) es el **Faradio F** y viene expresada por: $C = \frac{Q}{V}$

Q=Carga en Culombios

V=diferencia de potencia en Voltios.

Por tanto, un Faradio es la capacidad de un condensador que al cargarlo con un Culombio aparece entre sus armaduras la d.d.p. de un Voltio.

La capacidad total de un circuito n condensadores en serie:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Si los condensadores están en paralelo:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

La carga de un condensador no debe ser superior a la admisible por sus características, pues se perforaría el dieléctrico.

La capacidad de un condensador es proporcional a la superficie de las armaduras y a la capacidad de dieléctrico e inversamente proporcional a la separación de las armaduras.

Los dieléctricos más usados son el aire, el polipropileno, el aluminio metalizado, cerámica, etc....variando la constante dieléctrica desde 1 para el aire, 7 para la mica y hasta 5000 en los cerámicos.

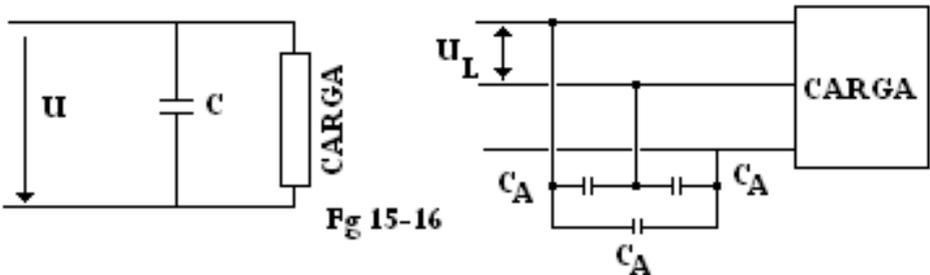
4.2.2 Tipos

Los condensadores más utilizados son de los siguientes tipos:

- De armaduras. Utilizan el aire como dieléctrico.
- De tiras de papel, enrolladas. Van envasados en un recipiente metálico. Usan como dieléctrico papel, propileno ó aluminio y van bañados con un impregnan te que suele ser un aceite sintético y cuya misión principal es evitar descargas internas en el condensador. Llevan grabado un código que indica las temperaturas de utilización, resistencia a la humedad, proporción de fallos y vida media.
- Electrolíticos y de aluminio.

4.2.3 Aplicaciones

Las dos aplicaciones más importantes de los condensadores son: para **corrección del factor de potencia y para el arranque de motores de inducción monofásicos.**



El la pregunta anterior ya vimos la conveniencia de reducir al máximo el desfase entre v e i con objeto de aumentar en lo posible la potencia activa y reducir la reactiva. Dado que en la mayoría de las instalaciones predomina el efecto inductivo y por tanto v, va adelantada respecto a i, lo que se hace es colocar condensadores cuyo efecto es opuesto, disminuyendo en consecuencia el ángulo de desfase φ . La colocación de estos condensadores es: en paralelo con la carga para r.o. variar la intensidad que circula por ella, en los monofásicos, y conectados en triángulo, en el caso de corriente trifásica.

Ésta corrección del factor de potencia se hace a nivel del conjunto de instalaciones de un edificio, aún cuando suele colocarse también antes de la alimentación de motores de elevado consumo.

En cuanto a su uso con los motores de inducción monofásica, pueden utilizarse solamente para el arranque o de forma permanente incluso en el funcionamiento normal, obteniéndose pares de

arranque del orden de 2, 5 a 3 veces el normal, alcanzándose en régimen factores de potencia próximos a la unidad. Estos motores de condensador permanente se usan para accionamiento cuando van acoplados directamente al árbol del motor.

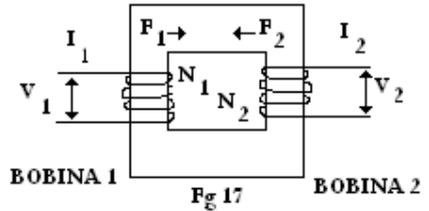
4.3 TRANSFORMADORES

Los transformadores son máquinas estáticas que tienen la misión de transferir, mediante un campo electromagnético alterno, la energía desde un sistema con una tensión a otro sistema con la tensión deseada.

Constan de dos arrollamientos aislados eléctricamente entre sí que van sobre un núcleo común de hierro:

El arrollamiento primario se conecta a la red de alimentación a tensión V_1 y tiene N_1 espiras. Al circular la corriente alterna por el primario crea en el núcleo de hierro un campo magnético que circula por el y se transfiere al arrollamiento denominado secundario que tiene N_2 espiras y en el cual la tensión V_2 , que debe ser la que necesitamos para nuestro uso. Las corrientes que circulan son respectivamente I_1 e I_2 . Se cumple:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$



El material del núcleo suele ser chapa magnética que puede ser de grano orientado con un aislamiento entre chapas para reducir las pérdidas que se producen en las bobinas por efecto JOULE y en el núcleo magnético por histéresis y por corrientes parásitas llamadas de Foucault.

Un transformador trifásico está formado por la asociación de 3 monofásicos, a los que se conecta cada una de las fases. Tanto el primario como el secundario pueden estar conectados, en estrella o en triángulo.

Los autotransformadores se emplean cuando las tensiones V_1 y V_2 no difieren mucho (del orden del 25%) y se utilizan porque se ahorra material al no estar separados eléctricamente los circuitos primarios y secundario.

Los transformadores tienen 2 usos principales: de potencia y de media.

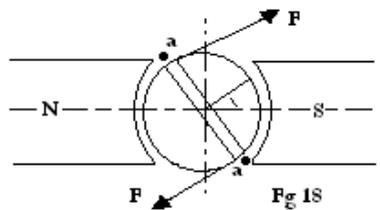
4.4 MOTORES

4.4.1 Principio de funcionamiento

Si colocamos una espira en el seno de un campo magnético creado por un par de polos y hacemos girar los polos con velocidad

r.p.m. se induce una fuerza electromotriz y, al estar en cortocircuito, una corriente en la espira. Por estar en el campo magnético, se origina una fuerza F que hace que la espira gire también siguiendo en su movimiento a los polos.

Si en un principio la espira está en reposo y el campo comienza a girar, se creará un par motor al cual se opone el par resistente necesario para comenzar a mover la espira. El rotor debido a la resistencia de este par resistente no puede girar a la misma velocidad que el estator produciéndose lo que se denomina deslizamiento, que da origen al nombre de asíncronos que reciben estos motores.



4.4.2 Motores Asíncronos Trifásicos

El efecto del par de polos girando puede sustituirse por un devanado trifásico de corrientes en el estator, y en el rotor disponerse un conjunto de espiras diametrales formando un devanado cerrado en cortocircuito.

Prácticamente están constituidos por:

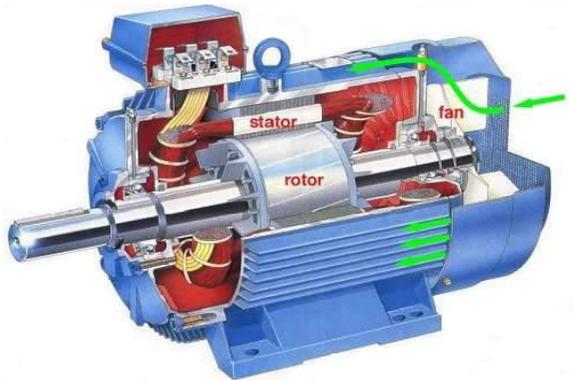
Una corona estatórica de chapas magnéticas aisladas entre sí, ranuradas, prensadas y sujetas a una carcasa de hierro.

Un devanado trifásico alojado en las ranuras del estator.

Una corona rotórica de chapas apiladas directamente sobre el eje en muchos casos.

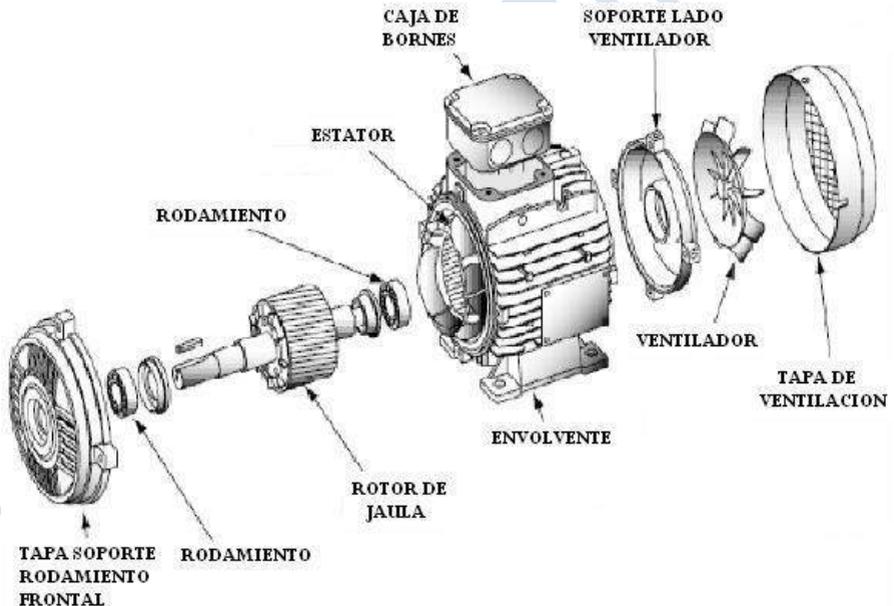
Un devanado polifásico de las ranuras del rotor que ha de estar cerrado en cortocircuito para lo cual sus terminales están conectados a unos anillos colectores de bronce o latón aislados del eje (motor de rotor bobinado) o bien puede estar solo formado por unas barras desnudas de cobre, bronce o aluminio unidos por sus extremidades a unos anillos del mismo metal que los pone en cortocircuito (motor en jaula de ardilla).

En la figura puede observarse una sección transversal de este último tipo:



El entrehierro, o separación de aire entre el estator y el rotor, de estos motores es muy reducido, variando desde décimas de milímetro en los pequeños, a poco más en los grandes.

El problema fundamental de estos motores reside en el arranque que exige una intensidad que llega a ser de 3 a 8 veces la nominal. Para reducir la corriente de arranque es preciso reducir en lo posible la tensión de alimentación.

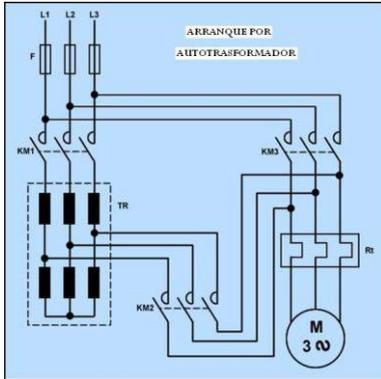


En los motores de rotor bobinado, sobre los anillos colectores del rotor, se apoyan unas escobillas de grafito o metal-gráficas que permiten conectar en serie con cada fase una resistencia adicional regulable que limita la corriente de arranque. Una vez el motor alcanza la velocidad de régimen, se levantan las escobillas mediante un dispositivo mecánico.

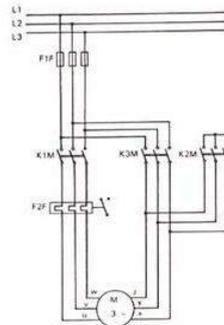
En el caso de jaula de ardilla, los procedimientos usuales son:

1. Devanado partido.
2. Resistencias en serie.
3. Autotransformador.
4. Estrella-triángulo.

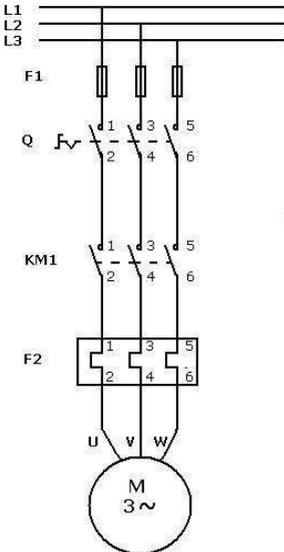
A continuación se indican en cada caso los esquemas de conexión.



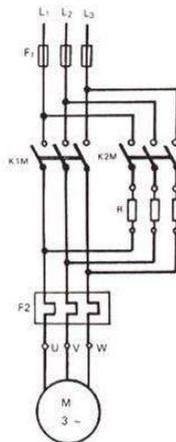
ARRANQUE ESTRELLA - TRIANGULO



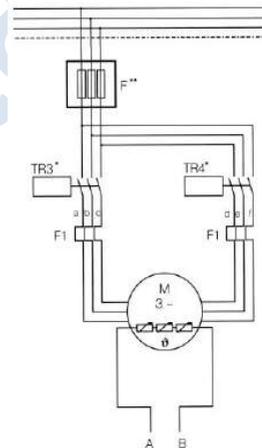
ARRANQUE A PLENO VOLTAJE



ARRANQUE CON RESISTENCIAS



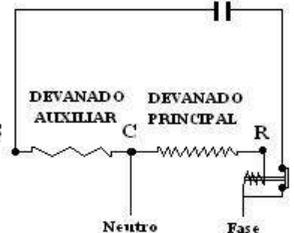
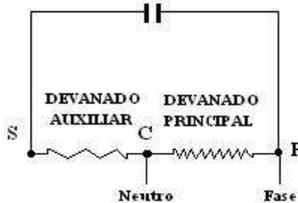
ARRANQUE DEVANADO PARTIDO



4.4.3 Motores Asíncronos Monofásicos

Usados para potencias pequeñas de hasta 1 Kw aprox. Constan de dos devanados estáticos, uno de ellos auxiliar para arranque que lleva un condensador para conseguir un desfase de 90° eléctricos respecto la principal, completado con un relé y una resistencia de descarga.

Este circuito auxiliar puede desconectarse después de conseguir el arranque, o bien quedar incorporado, con su valor



de arranque o modificado, en el funcionamiento normal del motor consiguiéndose unas condiciones de flujo, para alguna carga concreta parecidas a los polifásicos.

Las siguientes figuras anteriores, representan un esquema de ambas modalidades:

4.5 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y CONTROL

Los elementos de protección, podemos clasificarlos, en función del tipo de protección que presentan, en:

4.5.1 Protección contra sobrecorrientes.

Las pérdidas de los motores en los devanados y en el hierro hacen que normalmente se calienten, alcanzándose límites peligrosos en el caso de que exista una sobrecorriente.

Para este tipo de protección se usan los relés térmicos que constan de un bimetálico que al calentarse y tener los dos metales distintos coeficiente de dilatación se curvan abriendo el circuito.

Deben regularse en función de la intensidad que realmente absorbe el motor.

Existen otros relés térmicos denominados "Klixon" que se sitúan directamente sobre el devanado del motor.

4.5.2 Protección contra cortocircuitos

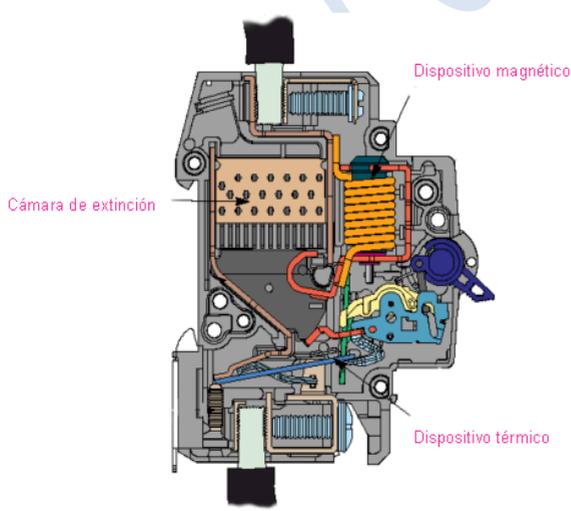
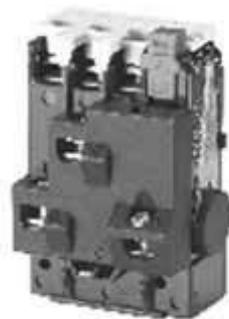
Utilizada en todos los conductores contra defectos de aislamiento.

Los elementos más comunes son:

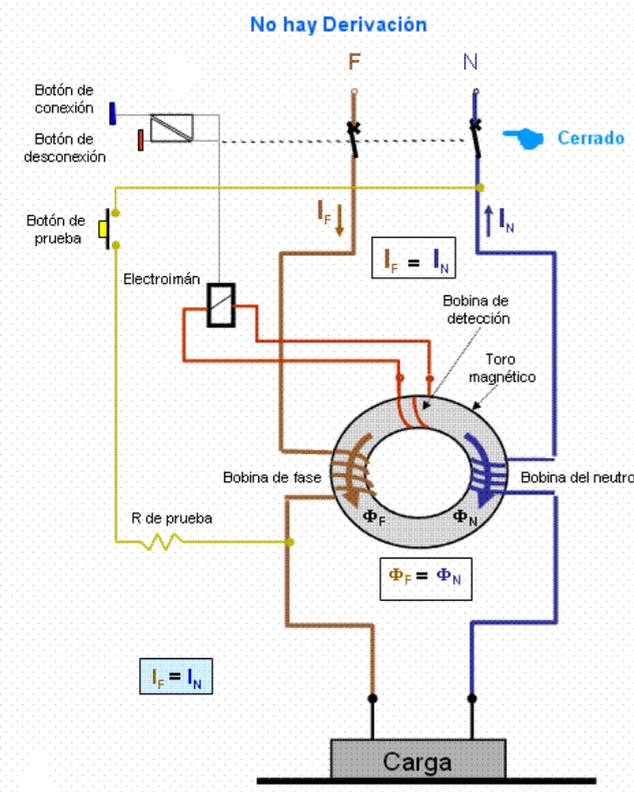
*Fusibles, de características apropiadas. Los tipos normales son:

Lentos, rápidos y lentos/rápidos.

*Relés electromagnéticos (figura izquierda y primera foto derecha) que constan de un circuito magnético y de un mecanismo de desconexión que actúa sobre un contacto auxiliar. Pueden estar integrados con un Contactor (segunda foto derecha), que es el aparato especialmente diseñado para conexión y desconexión a distancia de motores por medio de un electroimán que abre o cierra los contactos.



4.5.3 Protección contra contactos



Los sistemas de protección contra contactos con partes eléctricas con tensión son:

- *Protección mediante puesta a tierra.
- *Protección mediante puesta a neutro.
- *Empleo de interruptores diferenciales.

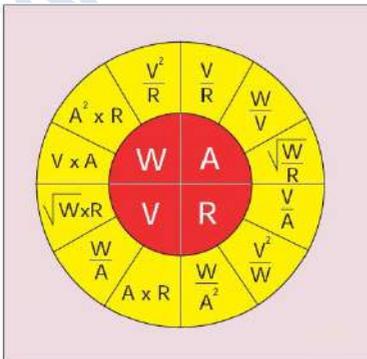
La protección mediante puesta a tierra consiste en instalar un conductor de protección apropiado para la conexión a tierra de todas las partes metálicas de los aparatos eléctricos, de forma que cualquier corriente de fuga puede circular libremente a tierra.

La protección mediante puesta neutro consiste en conectar directamente las carcasas metálicas de los aparatos al conductor neutro del sistema de distribución puesto a tierra.

Los interruptores diferenciales basan su efecto en la diferencia de

intensidad existente entre la corriente normal de fase y la corriente que circula por el conductor neutro de la instalación que se ve aumentada por la corriente de fuga o de "defecto".

Su funcionamiento es simple: se hacen pasar por el primario del transformador toroidal todos los conductores de línea de alimentación al aparato incluido el neutro. El secundario del transformador es un delgado conductor arrollado sobre el núcleo, de forma que cuando hay una corriente diferencial se induce una tensión en el secundario que actúa el imán de bloqueo y abre el interruptor.



Relación entre unidades

Como la ecuación de la Ley de Ohm y la fórmula de la potencia tienen unidades en común, pueden relacionarse unas con otras y obtenerse un formulario que permita calcular cualquier unidad combinando dos. La presente "rueda" es un formulario completo de las unidades eléctricas, donde puede obtenerse de dos magnitudes conocidas otra que sea incógnita.

Tabla de intensidad de los fusibles de protección

Intensidades nominales y calibres de los fusibles de protección (1)															
Características del motor				220 V			380 V			500 V			660 V		
Potencia nominal (UNE 20.106)		Factor de potencia (cos φ)	Rendimiento (%)	Intensidad nominal I _n (A)	Cortocircuitos fusibles lentos (aM)		Intensidad nominal I _n (A)	Cortocircuitos fusibles lentos (aM)		Intensidad nominal I _n (A)	Cortocircuitos fusibles lentos (aM)		Intensidad nominal I _n (A)	Cortocircuitos fusibles lentos (aM)	
kW	CV				Arranque Directo (A)	Arranque λ _Δ (A)		Arranque Directo (A)	Arranque λ _Δ (A)		Arranque Directo (A)	Arranque λ _Δ (A)		Arranque Directo (A)	Arranque λ _Δ (A)
0,06	1/12	0,70	59	0,4	1	-	0,25	0,5	-	0,19	-	-	0,15	-	-
0,09	1/8	0,70	60	0,58	2	-	0,34	1	-	0,26	-	-	0,2	-	-
0,12	1/6	0,70	61	0,76	2	-	0,44	1,6	-	0,33	1	-	0,26	-	-
0,18	1/4	0,70	61	1,21	2	-	0,70	2	-	0,53	1	-	0,41	1	-
0,25	1/3	0,70	62	1,48	4	-	0,86	2	-	0,65	2	-	0,5	1	-
0,37	1/2	0,72	64	1,95	4	-	1,13	4	-	0,86	2	-	0,66	2	-
0,55	3/4	0,75	69	2,7	6	-	1,55	4	-	1,18	4	-	0,90	2	-
0,75	1	0,80	74	3,5	6	-	2	(2)	-	1,5	4	-	1,2	2	-
1,1	1,5	0,83	77	4,8	10	-	2,8	6	-	2,1	4	-	1,6	4	-
1,5	2	0,83	78	6,2	16	10	3,6	10	4	2,7	6	-	2	(2)	-
2,2	3	0,83	81	8,7	(2)	10	5	(2)	6	3,8	10	6	2,9	6	4
3	4	0,84	81	12	20	16	7	16	10	5,3	(2)	(2)	4	(2)	6
3,7	5	0,84	82	14	25	20	8	(2)	10	6	16	10	4,7	10	6
4	5,5	0,84	82	15	25	20	9	20	(2)	6,8	16	10	5	(2)	6
5,5	7,5	0,85	83	20	35	25	11,5	20	16	8,7	(2)	10	6,7	16	10
7,5	10	0,86	85	26	50	35	15	25	20	11,4	20	16	8,7	(2)	10
11	15	0,86	87	38	63	50	22	35	25	16,7	25	20	12,8	20	16
15	20	0,86	87	50	80	63	29	50	35	22	35	25	17	25	20
18,5	25	0,86	88	62	100	80	36	63	50	27	(2)	35	21	35	25
22	30	0,87	89	74	100	80	43	63	50	33	50	(2)	25	(2)	35
30	40	0,87	90	99	125	125	57	80	63	43	63	50	33	50	(2)
37	50	0,87	90	120	160	160	72	100	80	55	80	63	42	63	50
45	60	0,88	91	147	200	(2)	85	125	100	65	100	80	49	80	63
55	75	0,88	91	182	250	200	105	160	125	80	125	100	61	100	80
75	100	0,88	91	244	315	250	141	200	160	107	160	125	82	125	100
90	125	0,88	92	294	400	315	170	250	200	129	160	160	98	125	125
110	150	0,88	92	358	500	400	207	(2)	224	157	200	200	120	160	160
132	180	0,88	92	427	500	500	247	315	250	188	250	200	142	200	160
150	205	0,88	92	474	630	630	274	355	315	208	(2)	224	158	200	200
160	220	0,88	93	514	630	630	297	400	315	226	315	250	170	250	200
185	250	0,88	93	592	800	630	342	(2)	355	260	(2)	(2)	197	250	224
200	270	0,88	93	623	800	800	360	500	400	274	355	315	210	(2)	224
220	300	0,88	93	702	1.000	800	406	500	425	308	400	355	235	315	250
250	340	0,88	93	800	1.000	1.000	465	630	500	352	(2)	355	270	355	315
280	380	0,88	93	890	1.250	1.000	520	630	630	395	500	400	300	400	315
300	405	0,88	93	965	1.250	1.000	558	(2)	630	424	500	500	324	400	355
315	425	0,88	93	1.003	1.250	1.250	580	800	630	441	630	500	336	400	355
335	455	0,88	94	1.076	-	1.250	622	800	800	473	630	630	360	500	400
355	480	0,89	95	1.104	-	-	638	800	800	485	630	630	370	500	400
375	510	0,89	95	1.166	-	-	674	1.000	800	512	630	630	390	500	400
400	540	0,89	96	1.232	-	-	712	1.000	800	541	630	630	410	500	425
425	580	0,89	96	1.308	-	-	756	1.000	1.000	575	(2)	630	438	500	500
450	610	0,89	96	1.384	-	-	800	1.000	1.000	600	800	630	460	500	500
475	645	0,89	96	1.463	-	-	846	1.250	1.000	643	800	800	490	630	630
500	680	0,89	96	1.540	-	-	890	1.250	1.000	676	1.000	800	515	630	630
530	720	0,89	96	1.632	-	-	943	1.250	1.000	717	1.000	800	545	(2)	630
560	760	0,89	96	1.725	-	-	997	1.250	1.250	758	1.000	1.000	575	(2)	630
600	815	0,89	96	1.848	-	-	1.068	-	1.250	812	1.000	1.000	615	800	(2)
630	855	0,89	96	1.940	-	-	1.121	-	-	852	1.250	1.000	650	800	800
670	910	0,89	96	2.064	-	-	1.193	-	-	907	1.250	1.000	690	1.000	800

Nota:

Las intensidades nominales de motor indicadas (In) se refieren a motores trifásicos de rotor en cortocircuito a 1.500 r.p.m. y 50 Hz.

Los cortocircuitos fusibles lentos están dimensionados para:

-Arranque directo: intensidad de arranque hasta 6 In y duración del arranque hasta 5 segundos.

-Arranque estrella-triángulo (λΔ): intensidad de arranque hasta 2 In y duración del arranque hasta 15 segundos.

1. Los datos indicados en la tabla son valores medios, y por tanto pueden diferir ligeramente de la realidad según la procedencia del motor y el caso de aplicación. 2. Se pueden emplear indistintamente el calibre inmediatamente superior y el inferior.

Tabla de intensidades absorbidas de los motores

Intensidades absorbidas (A)														
	Potencia útil		Rendimiento		C. alterna trifásica a 50 Hz			C. a. bifásica	C. a. monofásica		Corriente continua			
	CV	kW	η	Cos φ	220 V	380 V	500 V	(220 V)	110 V	220 V	110 V	220 V	440 V	500 V
	Motores de corriente alterna y de corriente continua	0,5	0,37	0,74	0,75	1,74	1,10	0,77	1,51	6,02	3,01	4,52	2,36	1,13
	0,75	0,55	0,76	0,77	2,48	1,44	1,09	2,15	8,57	4,29	6,60	3,30	1,65	1,46
	1	0,74	0,78	0,80	3,10	1,79	1,37	2,58	10,8	5,36	8,58	4,29	2,15	1,89
	1,5	1,10	0,79	0,82	4,47	2,59	1,97	3,87	15,5	7,75	12,7	6,35	3,18	2,80
	2	1,47	0,81	0,83	5,74	3,32	2,53	4,97	19,9	9,95	16,5	8,25	4,13	3,64
	2,5	1,84	0,81	0,83	7,17	4,15	3,16	6,23	24,9	12,5	20,7	10,4	5,16	4,56
	3	2,21	0,82	0,84	8,52	4,93	3,75	7,36	29,6	14,8	24,5	12,3	6,13	5,40
	4	2,95	0,83	0,85	11,1	6,40	4,89	9,60	38,4	19,2	32,3	16,2	8,16	7,10
	5	3,68	0,85	0,87	13,4	7,80	5,90	11,6	46,3	23,2	39,4	19,7	9,84	8,66
	6	4,42	0,86	0,87	15,5	9,00	6,90	13,4	53,7	26,9	46,7	23,4	11,7	10,3
	7	5,15	0,86	0,87	18,2	10,5	8,00	15,7	62,6	31,4	54,5	27,3	13,7	12,0
	8	5,89	0,87	0,87	20,4	11,8	9,00	17,7	70,7	35,4	61,5	30,8	15,4	13,6
	9	6,62	0,87	0,87	23,0	13,3	10,1	19,9	79,6	39,8	69,2	34,6	17,3	15,3
	10	7,40	0,87	0,88	25,3	14,6	11,1	21,8	87,4	43,7	76,8	38,4	19,2	17,0
	11	8,10	0,87	0,88	27,8	16,1	12,3	24,1	96,0	48,0	84,5	42,3	21,2	18,6
	12	8,83	0,87	0,88	30,3	17,5	13,3	26,2	105	52,5	92,0	46,0	23,0	20,4
	13	9,57	0,87	0,88	32,8	19,5	14,5	28,4	114	56,8	100	50,0	25,0	22,0
	14	10,3	0,87	0,88	35,4	20,5	15,6	30,6	122	61,1	108	53,8	26,9	23,8
	15	11,0	0,88	0,88	37,4	21,7	16,5	32,8	130	64,8	114	57,0	28,5	25,2
	16	11,8	0,88	0,88	40,0	23,2	17,8	35,0	138	69,0	124	61,8	30,4	26,8
	17	12,5	0,88	0,88	42,5	24,6	18,7	37,2	147	73,4	130	64,6	32,3	28,4
	18	13,2	0,88	0,89	44,5	25,8	19,8	38,4	154	76,9	137	68,5	34,2	30,2
	19	14,0	0,88	0,89	46,9	27,2	20,7	40,6	162	81,0	145	72,2	36,1	31,8
	20	14,7	0,88	0,89	49,4	28,6	21,8	42,7	170	85,0	152	76,0	38,0	33,6
	21	15,5	0,89	0,89	51,2	29,7	22,6	44,4	178	88,7	158	79,0	39,5	34,8
	22	16,2	0,89	0,89	53,6	31,1	23,6	46,5	186	93,0	166	82,7	41,4	36,4
	23	16,9	0,89	0,89	56,1	32,5	24,7	48,5	195	97,2	173	86,4	43,2	38,0
	24	17,7	0,89	0,89	58,5	33,9	25,8	50,7	203	102	181	90,2	45,1	39,8
	25	18,4	0,89	0,89	61,0	35,3	26,9	52,7	212	106	188	94,0	47,0	41,4
	30	22,1	0,89	0,90	72,4	41,9	31,9	62,7	251	126	226	113	56,4	49,6
	40	29,5	0,89	0,90	96,6	55,9	42,5	83,6	334	167	300	150	75,1	66,2
	50	36,8	0,90	0,91	118	68,3	52,0	102	408	204	372	186	93,0	81,8
	60	44,2	0,91	0,92	139	80,2	61,0	120	480	240	441	221	111	97,0
	70	51,5	0,91	0,92	162	93,5	71,0	140	560	280	515	258	129	114
	80	58,9	0,91	0,92	184	107	81,1	160	640	320	588	294	147	130
	90	66,2	0,91	0,92	208	120	91,2	180	719	360	662	331	166	146
	100	73,6	0,92	0,93	226	131	99,3	196	782	391	727	364	182	160
	125	92,0	0,93	0,93	279	162	123	242	967	484	900	450	225	198
	150	110	0,93	0,93	335	194	148	290	1.160	580	1.080	540	270	238
	200	147	0,93	0,93	446	259	197	387	1.545	773	1.440	720	360	317

	Potencia útil		Velocidad (r.p.m.)			Potencia útil		Velocidad (r.p.m.)				
	CV	kW	3.000	1.500	1.000	750	CV	kW	3.000	1.500	1.000	750
	Motores trifásicos conectados a 220V(1)	15	11	38,93	40,66	43,25	45,85	38,1	28	91,69	95,15	100,34
	16,3	12	41,52	43,25	45,85	48,44	39,4	29	95,15	98,61	103,80	107,80
	17,7	13	44,98	46,71	49,31	51,90	40,8	30	98,61	102,07	107,26	110,22
	19	14	47,58	50,17	52,77	55,36	47,6	35	114,18	117,64	122,83	128,02
	20,4	15	51,04	53,63	56,23	58,82	54,4	40	129,75	133,21	138,40	143,59
	21,8	16	54,50	57,09	59,69	62,28	63,2	45	143,59	148,78	153,97	159,16
	23,1	17	57,09	60,55	63,15	65,74	68,0	50	159,16	164,35	169,54	174,73
	24,5	18	60,55	64,01	66,61	69,20	74,8	55	173,00	179,92	185,10	192,03
	25,8	19	63,15	66,61	70,07	72,66	81,6	60	188,57	195,50	200,68	207,60
	27,2	20	66,61	70,07	73,53	76,12	88,4	65	204,98	211,06	216,25	223,17
	28,6	21	70,07	73,53	76,12	79,58	95,2	70	217,98	226,63	231,82	238,74
	29,9	22	73,53	76,12	79,58	83,04	102	75	233,55	242,20	245,66	256,04
	31,3	23	76,12	79,58	83,04	86,50	109	80	247,40	267,77	261,23	273,34
	32,6	24	79,58	83,04	86,50	89,96	116	85	262,96	273,34	276,80	288,91
	34,0	25	83,04	86,50	89,96	93,42	122	90	278,55	288,91	292,37	306,21
	35,4	26	86,50	89,96	93,42	96,88	129	95	294,10	304,48	307,94	323,51
	36,7	27	89,96	93,42	96,88	100,34	136	100	311,40	320,05	325,25	339,08

1. Para tensiones de 380,440 y 500 V, multiplicar respectivamente por 0,58, 0,50 y 0,44.

Tabla de grado de protección de equipamiento eléctrico

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO 1 / 2

Grado de protección IP

La norma EN 60.529 establece que el grado de protección de una envolvente deberá ser indicado de la siguiente manera: IP XX -IK XX, donde el índice IP hace referencia, con dos cifras, al grado de protección contra cuerpos sólidos y líquidos, y el índice IK al grado de protección contra choques mecánicos.

ÍNDICES DE PROTECCIÓN IP (CEI 529 y EN 60.529)

Cifra	Significado	Antigua simbología ⁽¹⁾
-------	-------------	-----------------------------------

Primera cifra: protección del equipo eléctrico contra la penetración de cuerpos sólidos extraños

0	Sin protección	
1	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm de diámetro (ej.: dorso de la mano)	
2	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm de diámetro (ej.: dedos de la mano)	
3	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm de diámetro (ej.: herramientas, tornillos)	
4	Protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm de diámetro (ej.: alambres)	
5	Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales).....	
6	Totalmente protegido contra el polvo	

Segunda cifra: protección del equipo eléctrico contra la penetración de agua con efecto perjudicial

0	Sin protección	
1	Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)	
2	Protegido contra caídas de gotas de agua con hasta 15° de inclinación respecto a la vertical	
3	Protegido contra el agua de lluvia con hasta 60° de inclinación respecto a la vertical.....	
4	Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones (salpicaduras)	
5	Protegido contra el lanzamiento de agua en todas direcciones (chorros de agua)	
6	Protegido contra el lanzamiento de agua similar a los golpes de mar	
7	Protegido contra la inmersión (pasajera)	
8	Protegido contra los efectos prolongados de la inmersión en condiciones especificadas	

4.6 INSTRUCCIÓN MI IF 012. INSTALACIONES ELÉCTRICAS ÍNDICE

- 1. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL.**
- 2. LOCALES HÚMEDOS, MOJADOS Y CON RIESGO DE EXPLOSIÓN O INCENDIO.**
- 3. PRESCRIPCIONES ESPECIALES.**

3.1. Ventiladores.

3.2. Cámaras frigoríficas o con atmósfera artificial.

3.2.1. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura bajo cero o con atmósfera artificial.

3.2.2. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura inferior a -5°C.

3.2.3. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura inferior a -20°C (cámaras de congelación).

3.3. Instalaciones frigoríficas que utilicen amoníaco como refrigerante.

ÍNDICE DE PROTECCIÓN IK (UNE EN 50.102/96)

2 / 2

Cifras IK	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Protección contra una energía de choque de... (en julios)	0	0,15	0,20	0,35	0,50	0,70	1,00	2,00	5,00	10,00	20,00

1. Esta simbología aún permanece en algunas normas.

Colores de pulsadores y lámparas (EN 60.204)

Color	Significado	Aclaración, o acción por parte del operador. Ejemplos de aplicación
PULSADORES		
Rojo	Emergencia	Accionar en un estado peligroso o en una emergencia. Desconexión (parada) de emergencia.
Amarillo	Anormal	Accionar en un estado anormal. Intervención para volver a arrancar un desarrollo automático que se interrumpió.
Verde	Seguro	Accionar en condición segura o preparar en estado normal. ARRANQUE/SÍ ⁽¹⁾ .
Azul	Obligatorio	Accionar en un estado que requiere una operación obligatoria. Función de reposición.
Bianco	Ninguno ⁽²⁾	Para la iniciación general de funciones ⁽³⁾ . ARRANQUE/SÍ ⁽⁴⁾ . PARADA/NO.
Gris	Ninguno ⁽²⁾	Para la iniciación general de funciones ⁽³⁾ . ARRANQUE/SÍ. PARADA/NO.
Negro	Ninguno ⁽²⁾	Para la iniciación general de funciones ⁽³⁾ . ARRANQUE/SÍ. PARADA/NO ⁽⁴⁾ .
LÁMPARAS		
Rojo	Emergencia	Acción inmediata para reaccionar ante un estado peligroso. Presión/temperatura fuera de límites seguros.
Amarillo	Anormal	Supervisión y/o intervención. Presión/temperatura sobrepasa las zonas normales.
Verde	Normal	Opcional. Presión/temperatura dentro de las zonas normales.
Azul	Obligatorio	Se requiere una acción obligatoria del operador. Indicación para introducir valores prefijados.
Bianco	Ninguno ⁽²⁾	Supervisión. Informaciones generales.

1. Sin embargo, es preferible usar el color blanco. 2. Ese color no tiene asignado ningún significado especial. 3. Salvo la de desconexión de emergencia. 4. Preferido.

1. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL

El proyecto, construcción, montaje, verificación y utilización de las instalaciones eléctricas, se ajustarán a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Los circuitos eléctricos de alimentación de los sistemas frigoríficos se instalarán de forma que la corriente se establezca o interrumpa independientemente de la alimentación de otras partes de la instalación, y, en especial, de la red de alumbrado, dispositivos de ventilación y sistemas de alarma.

La intensidad y reparto de los receptores para alumbrado normal, en los locales que contengan elementos de un equipo frigorífico, permitirán la libre circulación de las personas.

2. LOCALES HÚMEDOS, MOJADOS Y CON RIESGO DE EXPLOSIÓN O INCENDIO

A los efectos de lo dispuesto por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y en sus Instrucciones Técnicas Complementarias, se considerarán:

- Locales húmedos: Las cámaras y antecámaras frigoríficas.
- Locales mojados: Las fábricas de hielo en tanques de salmuera y sus cámaras y antecámaras frigoríficas, salas de condensadores (excepto los de aire y de agua, en elementos cerrados) y torres de refrigeración.
- Locales con riesgo de explosión o incendio: cámaras de atmósfera sobre oxigenada para maduración acelerada y locales con instalaciones que utilicen refrigerantes inflamables a que se refiere el número 4 de la Instrucción MI-IF 008.

3. PRESCRIPCIONES ESPECIALES

3.1. Ventiladores.

En el caso de ventilación forzada de la sala de máquinas, los electro ventiladores tendrán una línea de alimentación independiente del resto de la instalación.

Los ventiladores se accionarán por aparatos de conexión y corte de corriente situados en el interior y en el exterior de la sala de máquinas y en sitio accesible. Si la sala de máquinas no se encuentra al nivel de la calzada, se dispondrá un dispositivo suplementario de mando en la entrada al edificio e igualmente accesible.

3.2. Cámaras frigoríficas o con atmósfera artificial.

3.2.1. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura bajo cero o con atmósfera artificial.- En las cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura bajo cero o con atmósfera artificial, se dispondrán junto a la puerta, y por su parte interior, dos dispositivos de llamada (timbre, sirena o teléfono), uno de ellos

conectado a una fuente propia de energía (batería de acumuladores, etcétera), convenientemente alumbrados con un piloto y de forma que se impida la formación de hielo sobre aquél. Este piloto estará encendido siempre que estén cerradas las puertas y se conectará automáticamente a la red de alumbrado de emergencia, caso de faltar el fluido a la red general.

Cuando exista una salida de emergencia estará señalada con la indicación: "Salida de urgencia", disponiendo junto a ella una luz piloto que permanecerá encendido mientras estén cerradas las puertas y que, asimismo, se alimentará de la red de emergencia si faltara el fluido a la red general.

Los dispositivos de llamada, pilotos y las salidas de emergencia, cuando existan, deberán revisarse cuantas veces sea necesario para evitar que queden cubiertos por el hielo.

3.2.2. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura inferior a -5°C . - Además de lo indicado en el número anterior, en los almacenes acondicionados para funcionar a temperatura inferior a -5°C las puertas llevarán dispositivos de calentamiento, los cuales se pondrán en marcha siempre que funcione la cámara correspondiente por debajo de dicha temperatura, no existiendo interruptores que puedan impedirlo.

3.2.3. Cámaras acondicionadas para funcionar a temperatura inferior a -20°C (cámaras de congelación). - En estos locales se cumplirá, además de lo indicado anteriormente, lo que se señala para las instalaciones en locales de muy baja temperatura en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y en sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.3. Instalaciones frigoríficas que utilicen amoníaco como refrigerante.

En los locales en los que funcionen compresores u otras partes no estáticas de instalaciones frigoríficas, y que contengan amoníaco en cantidad tal que el peso del refrigerante por metro cúbico de volumen (resultado de dividir la carga del equipo por el volumen del local) sea igual o superior a 110 gr/m^3 , se cumplirán las prescripciones siguientes:

Se instalarán uno o varios dispositivos detectores de amoníaco, sensitivos a una concentración de 2 por cien, o pulsadores de paro de urgencia situados al exterior, cuando se encuentre personal en forma permanente.

Estos dispositivos accionarán:

a) Un interruptor general situado en el exterior de los locales que cortará la alimentación a todos los circuitos eléctricos de dicho local.

b) La puesta en servicio de la ventilación mecánica cuyos motores estarán previstos contra riesgo de explosión, o estarán situados en el exterior de la mezcla aire-amoníaco ha evacuar. La construcción de los ventiladores y los materiales empleados en los mismos, deberán reunir las condiciones adecuadas para no favorecer la emisión de chispas ni la propagación del fuego.

c) El corte de alumbrado normal y puesta en servicio del alumbrado de seguridad, protegido contra riesgo de explosión.

d) Una alarma acústica y luminosa.

4.7 RIESGOS ELÉCTRICOS

ALGUNAS NOCIONES BÁSICAS SOBRE EL RIESGO ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA PREVENIRLO

Es necesario tener en cuenta que a pesar de que el número de accidente eléctrico es bastante más bajo que en otros sectores sus consecuencias suelen ser mortales.

Los principales riesgos que conllevan las instalaciones eléctricas son:

- Electrocutión por contacto eléctrico
- Incendio o explosión

El contacto eléctrico puede ser de dos tipos:

- Directo: cuando las personas entran en contacto con partes activas en tensión.
- Indirecto: cuando el contacto se produce con masas puestas accidentalmente en tensión

MEDIDAS PREVENTIVAS PARA TRABAJOS EN BAJA TENSIÓN:

CUADROS ELÉCTRICOS

- Mantener siempre todos los cuadros eléctricos cerrados.
- Desconectar la tensión antes de abrir el cuadro eléctrico.

- Todas las líneas de entrada y salida a los cuadros eléctricos estarán perfectamente sujetas y aisladas.
- En los armarios y cuadros eléctricos deberá colocarse una señal donde se haga referencia al tipo de riesgo a que se está expuesto.

CABLES, CLAVIJAS, CONEXIONES, EMPALMES, ENCHUFES

- Garantizar el aislamiento eléctrico de todos los cables activos.
- Los empalmes y conexiones estarán siempre aislados, protegidos y bien fijados.
- Las clemas de conexión se reaprietaran para comprobar su fijación.
- Los cables de alimentación de los componentes de la instalación deben estar protegidos con material resistente, que no se deteriore por roces o torsiones.
- No utilizar cables defectuosos, clavijas de enchufe rotas, ni aparatos cuya carcasa presente defectos.
- Para desconectar una clavija de enchufe, se tirará siempre de ella, **nunca del cable de alimentación**.
- No se tirará de los cables eléctricos para mover o desplazar los aparatos o maquinaria eléctrica.
- Verificar que los aparatos estén perfectamente conectados.
- Evitar que se estropeen los conductores eléctricos, protegiéndolos contra:
 - quemaduras por estar cerca de una fuente de calor
 - los contactos con sustancias corrosivas
 - los cortes producidos por útiles afilados o máquinas en funcionamiento
 - pisadas de vehículos.
- Se revisará periódicamente el estado de los cables flexibles de alimentación y se asegurará que la instalación sea revisada por el servicio de mantenimiento.
- La conexión a máquinas se hará siempre mediante bornas de empalme, suficientes para el número de cables a conectar. Estas bornas irán siempre alojadas en cajas registro.
- Todas las cajas de registro, empleadas para conexión, empalmes o derivados, en funcionamiento estarán siempre tapadas.
- Todas las bases de enchufes estarán bien sujetas, limpias y no presentarán partes activas accesibles, cuando están conectadas.
- Todas las clavijas de conexión estarán bien sujetas a la manguera correspondiente, limpias y no presentarán partes activas accesibles, cuando están conectadas.

PUESTA A TIERRA

- La puesta a tierra se revisará al menos una vez al año para garantizar su continuidad.
- Todas las masas con posibilidad de ponerse en tensión por avería o defecto, estarán conectadas a tierra.
- Los cuadros metálicos que contengan equipos y mecanismos eléctricos estarán eficazmente conectados a tierra.
- Se utilizará siempre que se pueda herramientas con conexión a tierra, para evitar que la persona que la utilice sufra una descarga eléctrica en caso de fallo.
- Las máquinas o herramientas que carecen de sistema de puesta a tierra deben disponer de sistema de protección por doble aislamiento.
- En las máquinas y equipos eléctricos, dotados de conexión a tierra, ésta se garantizará siempre.
- En las máquinas y equipos eléctricos, con doble aislamiento, éste se conservará siempre.
- Las bases de enchufe de potencia, tendrá la toma de tierra incorporada.
- Todos los receptores portátiles protegidos con puesta a tierra, tendrán la clavija de enchufe con toma de tierra incorporada.

PROTECCIÓN DIFERENCIAL

- Todas las instalaciones eléctricas estarán equipadas con protección diferencial adecuada.
- La protección diferencial se deberá verificar periódicamente mediante el pulsador (mínimo una vez al mes) y se comprobará que actúa correctamente.

MANIPULACIÓN, MANTENIMIENTO, REPARACIÓN

- Cuando haya que manipular en una instalación eléctrica, hacerlo siempre con la instalación desconectada.
- Las operaciones de mantenimiento, manipulación y reparación las efectuarán solamente personal especializado.
- El personal que realiza trabajos en instalaciones empleará Equipos de Protección Individual y herramientas adecuadas.

OTRAS MEDIDAS PREVENTIVAS

- No habrá humedades importantes en la proximidad de las instalaciones eléctricas.
- El material eléctrico se depositará en lugares secos.
- No se mojarán los aparatos o instalaciones eléctricas.
- En ambientes húmedos, el especialista eléctrico asegurará, que las máquinas eléctricas y todos los elementos de la instalación cumplen las normas de seguridad.
- Los interruptores de la maquinaria deben estar situados de manera que se evite el riesgo de la puesta en marcha intempestiva, cuando no sean utilizadas.
- No dejar conectadas a la red aquellas herramientas que no estén en uso.
- No se alterará ni modificará la regulación de los dispositivos eléctricos.
- La tensión de las herramientas eléctricas portátiles no podrá exceder de 250 voltios con relación a tierra.
- Si se emplean pequeñas tensiones de seguridad, éstas serán igual o inferiores a 50V en los locales secos y a 24V en los húmedos.
- Si un aparato o máquina ha sufrido un golpe, o se ha visto afectado por la humedad o por productos químicos, no lo utilice y haga que lo revise un especialista.

LOCALES CON RIESGOS ESPECÍFICOS

- Cuando el emplazamiento pueda estar mojado, los equipos eléctricos, receptores fijos y tomas de corriente deben estar protegidos contra proyecciones de agua y las canalizaciones deben ser estancas.
- En emplazamientos donde se trabaje con materiales inflamables se deben extremar las medidas de seguridad, deben estar convenientemente señalizados y la instalación ha de ser antideflagrante.

CÓMO ACTUAR EN CASO DE ACCIDENTE

Para socorrer a una persona electrizada por la corriente:

- No debe tocarla, sino cortar inmediatamente la corriente.
- Si se tarda demasiado o resulta imposible cortar la corriente, trate de desenganchar a la persona electrizada por medio de un elemento aislante.
- En presencia de una persona electrizada por corriente en alta tensión, **NO SE APROXIME A ELLA**. Llame inmediatamente a un especialista eléctrico.

Tablas conductores, cables y formulas eléctricas

CONDUCTORES Y CABLES (REBT)*

Intensidades máximas admisibles en redes aéreas (ITC-BT-06)

CONDUCTORES AISLADOS (1). INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES EN RÉGIMEN PERMANENTE

En condiciones normales de instalación ⁽²⁾			Corrección por agrupación de varios cables ⁽⁴⁾	
Número de conductores por sección (mm ²)	Intensidad máxima (A)		Número de cables	Factor de corrección
	Posado sobre fachadas	Tendido con fiador de acero		
Cables tensados con neutro fiador de Almelec ⁽³⁾ :				
-1 x 25 Al / 54,6 Alm.....	110		1.....	1,00
-1 x 50 Al / 54,6 Alm.....	165		2.....	0,89
-3 x 25 Al / 54,6 Alm.....	100		3.....	0,80
-3 x 50 Al / 54,6 Alm.....	150		Más de 3.....	0,75
-3 x 95 Al / 54,6 Alm.....	230		Corrección por temperatura ambiente	
-3 x 150 Al / 80 Alm.....	305		Temperatura (°C)	Factor de corrección
Cables sin neutro fiador posados o tensados con fiador de acero ⁽³⁾ :				
-2 x 16 Al.....	73	81	20.....	1,18
-2 x 25 Al.....	101	109	25.....	1,14
-4 x 16 Al.....	67	72	30.....	1,10
-4 x 25 Al.....	90	97	35.....	1,05
-4 x 50 Al.....	133	144	40.....	1,00
-3 x 95 / 50 Al.....	207	223	45.....	0,95
-3 x 150 / 95 Al.....	277	301	50.....	0,90
-2 x 10 Cu.....	77	85	Corrección por instalación expuesta directamente al sol	
-4 x 10 Cu.....	65	72	En zonas con radiación solar muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que se aplicará un factor de corrección de 0,9 o inferior tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435.	
-4 x 16 Cu.....	86	95		

CONDUCTORES AISLADOS (1). INTENSIDADES MÁXIMAS DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES

Tipo de conductor	Sección del conductor (mm ²)	Duración del cortocircuito (s)								
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
		Intensidad máxima de cortocircuito (kA)								
Aluminio	16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
	25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,0	1,4	1,3
	50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
	95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
	150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1
Cobre	10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
	16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

CONDUCTORES DESNUDOS (5). INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES EN RÉGIMEN PERMANENTE

Tipo de conductor	Sección nominal del conductor (mm ²)								
	10	16	25	35	50	70	95	120	150
	Densidad de corriente (A/mm ²)								
Aluminio.....	—	6,00	5,00	4,55	4,00	3,55	3,20	2,90	2,70
Cobre.....	8,75	7,60	6,35	5,75	5,10	4,50	4,05	—	—

(*) Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e instrucciones técnicas complementarias (ITCs), aprobados por el R.D. 842/2002, de 2 de agosto (BOE nº 224, de 18-9). Para el cálculo de las intensidades máximas admisibles para cualquier tipo de cable o sistema de instalación no contemplado en las ITCs resumidas en estas páginas, deberán consultarse las normas de la serie UNE 20.435, o calcularse según la norma UNE 21.144. 1. Conductores aislados con polietileno reticulado (XLPE), en haz, a espiral visible; estos cables cumplirán las exigencias especificadas en la UNE 21.030. 2. Un solo cable, instalado al aire libre y a una temperatura ambiente de 40 °C. Para condiciones distintas de las indicadas, aplicar los factores de corrección que figuran en esta misma página. 3. Aleación de aluminio-magnesio-silicio. 4. Factores de corrección se aplican a una agrupación de varios cables en haz al aire, separados entre sí una distancia L tal que 1/4 D < L < D, en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical, siendo D el diámetro de los cables (a efectos de cálculo, D = 2,5 veces el diámetro del conductor de fase). Para otras separaciones o agrupaciones, consultar la norma UNE 21.144-2-2. 5. Los conductores desnudos serán resistentes a las acciones de la intemperie y su carga de rotura mínima a la tracción será de 410 daN; deberán satisfacer, además, las exigencias especificadas en las normas UNE 21.012 o UNE 21.018 según que los conductores sean de cobre o de aluminio, respectivamente. Se considerarán como conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6 / 1 kV. La utilización de conductores desnudos tendrá carácter especial debidamente justificado, y no estará permitida en las zonas de arbolado o con peligro de incendio.

CONDUCTORES Y CABLES (REBT)

Intensidades máximas admisibles en redes subterráneas (ITC-BT-07)

INSTALACIONES ENTERRADAS (1). INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES EN RÉGIMEN PERMANENTE

En una instalación tipo (2). Cables con conductores de aluminio o de cobre												
Sección nominal (mm ²)	Terna de cables unipolares (3)			Un cable tripolar o tetrapolar (4)			Terna de cables unipolares (3)			Un cable tripolar o tetrapolar (4)		
	Tipo de aislamiento (XLPE = polietileno reticulado; EPR = etileno propileno; PVC = polipropileno de vinilo)											
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
	Conductores de aluminio						Conductores de cobre					
Intensidad máxima (A)												
6	—	—	—	—	—	—	72	70	63	66	64	56
10	—	—	—	—	—	—	96	94	85	88	85	75
16	97	94	86	90	86	76	125	120	110	115	110	97
25	125	120	110	115	110	98	160	155	140	150	140	125
35	150	145	130	140	135	120	190	185	170	180	175	150
50	180	175	155	165	160	140	230	225	200	215	205	180
70	220	215	190	205	220	170	280	270	245	260	250	220
95	260	255	225	240	235	210	335	325	290	310	305	265
120	295	290	260	275	270	235	380	375	335	355	350	305
150	330	325	290	310	305	265	425	415	370	400	390	340
185	375	365	325	350	345	300	480	470	420	450	440	385
240	430	420	380	405	395	350	550	540	485	520	505	445
300	485	475	430	460	445	395	620	610	550	590	565	505
400	550	540	480	520	500	445	705	690	615	665	645	570
500	615	605	525	—	—	—	790	775	685	—	—	—
630	690	680	600	—	—	—	885	870	770	—	—	—

En una instalación tipo (2). Cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre				
Cables y secciones (mm ²)	3 x 50 Al + 16 Cu	3 x 95 Al + 30 Cu	3 x 150 Al + 50 Cu	3 x 240 Al + 80 Cu
Intensidad máxima (A)	160	235	305	395

Factor de corrección F _t para temperaturas del terreno distintas de 25 °C										
Temperatura del terreno (5) θt (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Temperatura de servicio θs: 90 °C	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
Temperatura de servicio θs: 70 °C	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	

Factor de corrección para resistividades del terreno distintas de 1 K · m / W										
Tipo de cable 0,80	Resistividad térmica del terreno (K · m / W)									
	0,85	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1,00	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71

Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares									Factor de corrección para diferentes profundidades		
Separación entre cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja								Profundidad de instalación	Factor	
	2	3	4	5	6	8	10	12			
d = 0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47	0,40 m	1,03	
d = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,50 m	1,02	
d = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53	0,60 m	1,01	
d = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57	0,70 m	1,00	
d = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60	0,80 m	0,99	
d = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62	0,90 m	0,98	
									1,00 m	0,97	
									1,20 m	0,95	

1. Las intensidades indicadas en esta página son las establecidas para cables directamente enterrados en zanja. Para los enterrados en zanja en el interior de tubos o similares, serán también de aplicación, pero con las modificaciones establecidas en el apartado 3.1.3 de la ITC-BT-07. 2. Se considera, a estos efectos, instalación tipo la formada por un solo cable tripolar o tetrapolar o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 K · m / W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25 °C. Para condiciones distintas de las indicadas, aplicar los factores de corrección que figuran en esta misma página. 3. Incluye el conductor neutro, si existe. Los mismos valores, pero multiplicados por 1,225, se aplicarán para el caso de dos cables unipolares. 4. Los mismos valores, pero multiplicados por 1,225, se aplicarán para el caso de un cable bipolar. 5. Para temperaturas distintas de las indicadas, se aplicará el factor de corrección: F = a (θs - θt) / (θs - 25).

CONDUCTORES Y CABLES (REBT)

Intensidades máximas admisibles en redes subterráneas (cont.)

INSTALACIONES AL AIRE (6). INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES EN RÉGIMEN PERMANENTE

En una instalación tipo(7). Cables con conductores de aluminio o de cobre

Sección nominal (mm²)	Tres cables unipolares (8)			Un cable trifásico			Tres cables unipolares (8)			Un cable trifásico					
	Tipo de aislamiento (XLPE = polietileno reticulado; EPR = etileno propileno; PVC = policloruro de vinilo)									Conductores de cobre: intensidad máxima (A)					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC			
6	—	—	—	—	—	—	46	45	38	44	43	36			
10	—	—	—	—	—	—	64	62	53	61	60	50			
16	67	65	55	64	63	51	86	83	71	82	80	65			
25	93	90	75	85	82	68	120	115	96	110	105	87			
35	115	110	90	105	100	82	145	140	115	135	130	105			
50	140	135	115	130	125	100	180	175	145	165	160	130			
70	180	175	145	165	155	130	230	225	185	210	200	165			
95	220	215	180	205	195	160	285	280	235	260	250	205			
120	260	255	215	235	225	185	335	325	275	300	290	240			
150	300	290	245	275	260	215	385	375	315	350	335	275			
185	350	345	285	315	300	245	450	440	365	400	385	315			
240	420	400	340	370	360	290	535	515	435	475	460	370			
300	480	465	390	425	405	335	615	595	500	545	520	425			
400	560	545	455	505	475	385	720	700	585	645	610	495			
500	645	625	520	—	—	—	825	800	665	—	—	—			
630	740	715	600	—	—	—	950	915	765	—	—	—			

En una instalación tipo (7). Cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre

Cables y secciones (mm²)	3 x 50 Al + 16 Cu	3 x 95 Al + 30 Cu	3 x 150 Al + 50 Cu	3 x 240 Al + 80 Cu
Intensidad máxima (A)	125	195	260	360

Factor de corrección F, para una temperatura ambiente distinta de 40 °C (9)

Temperatura ambiente (10) θa (°C) ...	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Temperatura de servicio θs: 90 °C	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84	0,77
Temperatura de servicio θs: 70 °C	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

Factor de corrección para agrupaciones de cables unipolares

Tipo instalación	Nº band.	Nº de circuitos trifásicos (8, 11)			
		1	2	3	
B. Bandejas perforadas (12)	3 contiguos	1	0,95	0,90	0,85
		2	0,95	0,85	0,80
		3	—	0,85	0,80
	3 en trébol	1	1,00	1,00	0,95
		2	0,95	0,95	0,90
		3	0,95	0,90	0,85
B. Verticales perforadas (13)	3 contiguos	1	0,95	0,85	—
		2	0,90	0,85	—
		1	1,00	0,90	0,90
	3 en trébol	2	1,00	0,90	0,85
		1	1,00	0,95	0,95
		2	0,95	0,90	0,90
Escalera, soporte, etc. (12)	3 contiguos	3	0,95	0,90	0,85
		2	0,95	0,90	0,85
		1	1,00	1,00	1,00
	3 en trébol	2	0,95	0,95	0,95
		3	0,95	0,95	0,90
		2	0,95	0,95	0,90

Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos

Tipo instalación	Band.	Cables	Nº band.	Número de circuitos trifásicos (8)					
				1	2	3	4	6	9
B. Bandejas perforadas (12)	Contiguos		1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
			2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
			3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
	Espaciados		1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	—
			2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	—
			3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	—
B. Verticales perforadas (13)	Contiguos		1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
			2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
			1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	—
	Espaciados		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	—
			1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
			2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
Escalera, soporte, etc. (12)	Contiguos		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
			2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
			1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—
	Espaciados		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	—
			3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	—
			2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	—

6. En galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables. 7. Se considera, a estos efectos, instalación tipo la formada por un solo cable tripolar o tetrapolar, o una terna de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal (sobre bandejas, fijados a una pared, etc.) que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura ambiente de 40 °C. 8. Incluye además el conductor neutro, si existe.

9. Cuando el tamaño de los canales o galerías por los que discurre la instalación no permita una eficaz renovación del aire, se estimará el aumento de temperatura que tal circunstancia producirá a los efectos de aplicar este factor de corrección. 10. Para temperaturas distintas de las indicadas, se aplicará el factor de corrección: $F = a (\theta_s - \theta_a) / (\theta_s - 40)$. 11. Para circuitos con varios cables en paralelo por fase, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito. 12. Valores indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm; para distancias más pequeñas, deberán reducirse. 13. Valores indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso; para distancias más pequeñas, deberán reducirse.

CONDUCTORES Y CABLES (REBT)

Intensidades máximas admisibles en redes subterráneas (cont.)

DENSIDADES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES (A/mm²)

Tipo de aislamiento	Conduct. de aluminio: duración del cortocircuito (s)										Conduct. de cobre: duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54	449	318	259	201	142	116	100	90	82		
PVC, secc. ≤ 300 mm²	237	168	137	106	75	61	53	47	43	364	257	210	163	115	94	81	73	66		
PVC, secc. > 300 mm²	211	150	122	94	67	54	47	42	39	322	228	186	144	102	83	72	64	59		

Intensidades máximas admisibles (A) al aire a 40 °C en instalaciones receptoras (ITC-BT-19)

Tipo de instalación		Número de conductores con carga, y naturaleza del aislamiento (P = PVC, X = XLPE o EPR)																
A.	Conductores aislados	En tubos empotrados en paredes aislantes	3 P	2 P		3 X	2 X											
A2.	Cables multiconductores		3 P	2 P		3 X	2 X											
B.	Conductores aislados	En tubos ⁽¹⁾ en montaje superficial ⁽²⁾				3 P	2 P					3 X	2 X					
B2.	Cables multiconductores					3 P	2 P					3 X	2 X					
C.	Cables multiconductores directamente s/la pared ⁽³⁾									3 P	2 P		3 X	2 X				
E.	Cables multiconductores al aire libre ⁽⁴⁾										3 P		2 P	3 X	2 X			
F.	Cables unipolares en contacto mutuo ⁽⁵⁾											3 P					3 X ⁽⁷⁾	
G.	Cables unipolares separados entre sí ⁽⁶⁾														3 P ⁽⁷⁾			3 X

Sección de los conductores de cobre (mm²)	1,5	11,5	13	13,5	15	16	—	18	21	24	—
	2,5	16	17,5	18,5	21	22	—	25	29	33	—
	4	21	23	24	27	30	—	34	38	45	—
	6	27	30	32	36	37	—	44	49	57	—
	10	37	40	44	50	52	—	60	68	76	—
	16	49	54	59	66	70	—	80	91	105	—
	25	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70			149	160	171	188	202	224	244	321
	95			180	194	207	230	245	271	296	391
	120			208	225	240	267	284	314	348	455
	150			236	260	278	310	338	363	404	525
	185			286	297	317	354	386	415	464	601
	240			315	350	374	419	455	490	552	711
	300			360	404	423	484	524	565	640	821

1. Incluyendo cañaleras y conductos de sección no circular. 2. O empotrados en obra. 3. O en bandeja no perforada. 4. O en bandeja perforada. En todo caso, la distancia a la pared no será inferior a 0,3 veces el diámetro del cable. 5. Distancia a la pared no inferior al diámetro del cable. 6. Una distancia no inferior al diámetro del cable. 7. A partir de 25 mm² de sección.

Diámetros exteriores mínimos (mm) de los tubos (ITC-BT-21)

Sección nominal de los conductores unipolares (mm²)	Tubos en canalizaciones superficiales					Tubos en canalizaciones empotradas					Tubos en canalizaciones enterradas				
	Número de conductores														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	<6	7	8	9	10
1,5	12	12	16	16	16	12	12	16	16	20	25	32	32	32	32
2,5	12	12	16	16	20	12	16	20	20	20	32	32	40	40	40
4	12	16	20	20	20	12	16	20	20	25	40	40	40	40	50
6	12	16	20	20	25	12	16	25	25	25	50	50	50	63	63
10	16	20	25	32	32	16	25	25	32	32	63	63	63	75	75
16	16	25	32	32	32	20	25	32	32	40	63	75	75	75	90
25	20	32	32	40	40	25	32	40	40	50	90	90	90	110	110
35	25	32	40	40	50	25	40	40	50	50	90	110	110	110	125
50	25	40	50	50	50	32	40	50	50	63	110	110	125	125	140
70	32	40	50	63	63	32	50	63	63	63	125	125	140	160	160
95	32	50	63	63	75	40	50	63	75	75	140	140	160	160	180
120	40	50	63	75	75	40	63	75	75	—	160	160	180	180	200
150	40	63	75	75	—	50	63	75	—	—	180	180	200	200	225
185	50	63	75	—	—	50	75	—	—	—	180	200	225	225	250
240	50	75	—	—	—	63	75	—	—	—	225	225	250	250	—

CONDUCTORES Y CABLES

Características de los conductores

Pesos y resistencias

Sección nominal (mm ²)	Conductores de cobre		Conduct. de aluminio		Sección nominal (mm ²)	Conductores de cobre		Conduct. de aluminio	
	Peso aprox. (kg/km)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)	Peso aprox. (kg/km)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)		Peso aprox. (kg/km)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)	Peso aprox. (kg/km)	Resistencia a 20 °C (Ω/km)
0,5	4,5	34,4	—	—	70	630	0,2620	189	0,4350
0,75	7,0	23,8	—	—	95	855	0,1890	257	0,3130
1	9,0	17,2	—	—	120	1.080	0,1500	324	0,2480
1,5	13,5	11,9	—	—	150	1.350	0,1220	405	0,2020
2,5	22,5	7,14	—	—	185	1.665	0,0972	496	0,1610
4	36,0	4,47	—	—	240	2.160	0,0740	648	0,1220
6	54,0	3,02	—	—	300	2.700	0,0590	810	0,0976
10	90,0	1,79	—	—	400	3.600	0,0461	1.080	0,0763
16	144,0	1,13	44	1,87	500	4.500	0,0366	1.350	0,0605
25	225,0	0,712	68	1,18	630	5.670	0,0283	1.701	0,0469
35	315,0	0,514	95	0,851	800	7.200	0,0231	2.160	0,0381
50	450,0	0,379	136	0,628	1.000	9.000	0,0183	2.700	0,0302

Otras características

Conductor	Densidad (kg/dm ³)	Resistividad (Ωm/mm ²) a 20 °C	Incremento de la resistencia con la temperatura (Ω / °C)
Cobre	8,89	0,017241	0,00393
Aluminio	2,5-2,7	0,0284	0,00393

Características de los aislantes secos

Eléctricas y térmicas

Tipo de aislante	Rigidez dieléctrica (kV/mm)				Temperatura (°C)		
	Corriente alterna	Por choque	Constante dieléctrica (60 Hz)	Factor de potencia (60 Hz)	De cortocircuito	De sobrecarga de emergencia	Máxima en servicio continuo
Polietileno reticulado	18	48	2,8	0,0080	250	130	90
Polietileno termoplástico	22	80	2,3	0,0004	150	95	75
Etileno-propileno (caucho)	16	52	2,8	0,0090	250	130	90
Butileno (caucho)	14	40	3,2	0,0150	240	105	85
Polioruro de vinilo (PVC)	18	64	5,0	0,0450	150	95	75
Papel impregnado con aceite	22	80	3,5	0,0080	200	110	80
Tejidos barnizados	12	44	6,0	0,0600	150	95	77

De comportamiento

Tipo de instalación	Propiedad de interés	Tipo de aislante				
		Polietil. reticulado	Polietil. termoplástico	Etileno-propileno	Butileno	Polioruro de vinilo
Intemperie	Resistencia al ozono	B	R	E	B	B
Expuesta a sobrecargas y cortocirc.	Resistencia a altas temperaturas	E	M	E	B	R
Ambientes húmedos	Resistencia al agua	B	E	B	B	B
Zonas muy frías	Resistencia al frío	B	B	B	B	M
Peligro de incendio	Incombustibilidad	M	M	R	R	B
Servicios móviles y semifijos	Flexibilidad	M	M	E	E	M
Alta tensión, en general	Resistencia a descargas parciales	M	M	E	R	E
Redes muy extensas en alta tensión	Factor de potencia	B	E	B	R	M

Clave: E, excelente; B, bueno; R, regular; M, malo.

FÓRMULAS ELÉCTRICAS

Relaciones entre intensidad (I), tensión (U), resistencia (R) y potencia (P) eléctricas

Concepto	Corriente continua	Corriente alterna monofásica	Corriente alterna trifásica	
Intensidad	$I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U}$	$I = \frac{U \cos \varphi}{R} = \frac{P}{U \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} U}$	
	—	$I_a = I \cos \varphi$	$I_a = I \cos \varphi$	
	—	$I_r = I \sin \varphi$	$I_r = I \sin \varphi$	
Tensión	$U = IR = \frac{P}{I}$	$U = \frac{IR}{\cos \varphi} = \frac{P}{I \cos \varphi}$	$U_L = \frac{P}{\sqrt{3} I \cos \varphi} = \frac{S}{\sqrt{3} I}$	
Resistencia	$R = \frac{U}{I}$ $R = \rho \frac{L}{s}$	$R = \frac{U}{I} \cos \varphi$ $X = \frac{U}{I} \sin \varphi$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$R = \frac{U_L}{\sqrt{3} I} \cos \varphi$ $X = \frac{U_L}{\sqrt{3} I} \sin \varphi$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ $Z = \frac{U_L}{\sqrt{3} I}$	
	P	$P = UI = I^2 R$	$P = UI \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} U_L I \cos \varphi$
Potencia	Q	—	$Q = UI \sin \varphi$	$Q = \sqrt{3} U_L I \sin \varphi = Ptg \varphi$
	S	—	$S = UI$	$S = \sqrt{3} U_L I = \sqrt{P^2 + Q^2}$
Designaciones:	I = intensidad (A) I _a = intensidad activa (A) I _r = intensidad reactiva (A) U _L = tensión entre fases (V) U = tensión simple (V)	L = longitud (m) P = potencia activa (W) Q = potencia reactiva (VAR) S = potencia aparente (VA) s = sección del conductor (mm ²)	ρ = resistividad (μΩ/m) R = resistencia (Ω) X = reactancia (Ω) φ = ángulo tensión-intensidad	

Cálculo de la sección de los conductores, las caídas de tensión y las pérdidas de potencia

Concepto	Sección	Caída de tensión	Pérdida de potencia
Corriente continua y alterna monofásica	Conocida la intensidad	$s = \frac{2I \cos \varphi}{\gamma \Delta U}$	$\Delta P = \frac{200I^2 P}{\gamma s U^2 \cos^2 \varphi}$
	Conocida la potencia	$s = \frac{2LP}{\gamma \Delta U U}$	
Corriente trifásica	Conocida la intensidad	$s = \frac{1,732I \cos \varphi}{\gamma \Delta U}$	$\Delta P = \frac{100I^2 P}{\gamma s U^2 \cos^2 \varphi}$
	Conocida la potencia	$s = \frac{LP}{\gamma \Delta U U}$	
Designaciones:	γ = conductibilidad (Cu, 56; Al, 35; Fe, 8,5). Δ U = caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea (V).	P = potencia activa que se transporta (W). Δ P = pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea (W). I = intensidad de la línea (A).	L = longitud sencilla de la línea (m). s = sección de los conductores (mm ²). U = tensión entre fases (para corriente trifásica) (V).

Otras fórmulas

Factor de potencia:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

Rendimiento:

$$\cos \eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia activa absorbida}}$$

Reactancia (Ω):

–Inductiva: $X_L = \omega L = 2 \pi f L$

–Capacitiva: $X_C = 1 / C \omega = 1 / 2 \pi f C$

Siendo:

L = inductancia (H)

C = capacidad (F)

ω = pulsación = 2 π f (f = frecuencia, en Hz)

5 HERRAMIENTA

La herramienta es la prolongación y ampliación de nuestros sentidos, forman parte de nuestras habilidades para efectuar operaciones y trabajos precisos. Con el tacto sabremos si el recalentamiento es alto o bajo, con un termómetro lo sabremos con precisión, con el oído apreciaremos ruidos, con un sonómetro mediremos los decibelios y así cualquier cosa que hagamos con la herramienta adecuada obtendremos unos resultados satisfactorios. La diferencia entre un “chapuzas” y un aspirante a profesional, esta en la habilidad de usar las herramientas adecuadas (y saber usarlas). **Mantener las herramientas en perfectas condiciones o no, dice mucho a favor o en contra del que las utiliza.**

Para explicar el uso correcto de todas las herramientas que se utilizan necesitaríamos un manual completo, por lo que aquí solo expondremos algunas de las herramientas, material de repuesto y elementos de protección de seguridad (EPIS), en un listado, para llevar un control de las mismas antes de salir del taller y al terminar cualquier trabajo con el propósito de evitar perdidas o no llevar la herramienta necesaria. En el capítulo independiente se explica el uso y normas de seguridad de la herramienta manual y Equipos de Protección Individual de Seguridad (EPIS), que se puede consultar en www.catain.es pestaña Guía Básica.

Los fabricantes tienen la obligación de suministrar los manuales de uso y seguridad de los equipos y sus certificados de homologación, los cuales se deben de tener en sitio accesible para su consulta y aprender su funcionamiento antes de usar cualquier equipo.

5.1 Herramienta General del frigorista

CONCEPTO	MARCA	CANT	OBSERVACIONES
Alicate Boca Redonda			
Alicate Corte			
Alicate Tenacilla			
Alicate Universal			
Alicate Boca Plana			
Alicate Mecánico Punta recta			
Alicate Tenacilla Usag			
Pela Cables			
Nivel de burbuja			
Nivel electrónico (laser)			
Marcador Laser			
Detector de metales			
Medidor de distancias Digital			
Flexo metro 3m.			
Flexo metro 5 m.			
Punteros 1			
Punteros 2			
Punteros 3			
Cinceles 1			
Cinceles 2			
Cinceles 3			
Llaves Inglesas 6"			
Llaves Inglesas 8"			
Llaves Inglesas 10"			
Llaves Inglesas 15"			

CONCEPTO	MARCA	CANT	OBSERVACIONES
Buriles 200			
Buriles 250			
Cortafríos pequeño			
Cortafríos mediano			
Cortafríos grande			
Maceta			
Cinta Métrica 10m.			
Cinta Métrica 20 m.			
Llaves Tubo 6-7			
Llaves Tubo 8-9			
Llaves Tubo 10-11			
Llaves Tubo 12-13			
Llaves Tubo 14-15			
Llaves Tubo 16-17			
Llaves Tubo 18-19			
Llaves Tubo 20-22			
Llaves Fijas 6-7			
Llaves Fijas 8-9			
Llaves Fijas 10-11			
Llaves Fijas 12-13			
Llaves Fijas 14-15			
Llaves Fijas 16-17			
Llaves Fijas 18-19			
Llaves Fijas 20-22			
Juego llaves ALLEN 11 piezas			
Juego Llaves Dinamométricas			
Juego de llaves de vaso			
Llaves Grifas (12-14")			
Llaves Grifas (18-24")			
Radial grande			
Radial pequeña			
Caladora			
Lijadora			
Juego de coronas			
Juego de brocas Acero rápido			
Juego de brocas vidria			
Maquina taladrar con percusión			
Maquina de Taladrar de mano			
Pasa muros			
Martillo de Bola			
Martillos B/Nailon			
Espátulas			
Arco Sierra			
Mordazas Gird 7"			
Mordazas Grid 10"			

CONCEPTO	MARCA	CANT	OBSERVACIONES
Mordaza de Presión			
Sierra madera			
Sierra de escayola			
Corta ingletes			
Destornillador de clemas			
Destornillador plano pequeño			
Destornillador plano mediano			
Destornillador plano grande			
Destornillador estrella pequeño			
Destornillador estrella mediano			
Destornillador estrella grande			
Juego destornilladores (relojero)			
Destornillador de puño plano			
Destornillador de puño estrella			
Busca-Polos			
Pinza comprobación Eléctrica			
Analizador de aislamientos			
Arrancador Compr. Herméticos			
Analizador secuencia de fases			
Sonómetro			
Tijera Electricista			
Navaja Electricista			
Tijera C/Chapa Izquierda			
Tijera C/Chapa Derecha			
Tijera C/Chapa Modelo Madrid			
Formón			
Remachadora de mano			
Calibre			
Juego llaves vaso			
Prolongador eléctrico			
Lima Plana			
Lima Media caña			
Limatón			
Portátil			
Linterna			
Polipasto			
Elevador			
Bomba trasvase de aceite			
Detector de Acidez de Aceite			
Detector de fugas electrónico			
Detector de fugas (lámpara)			

CONCEPTO	MARCA	CANT	OBSERVACIONES
Detector de fugas Fluorescente			
Detector de fugas de espuma			
Anemómetro			
Termómetro digital con laser			
Termómetro de bolsillo digital			
Termómetro de bolsillo de alcohol			
Bomba de vacío			
Bascula electrónica de carga			
Bomba de limpieza circuitos			
Equipos de soldadura Oxi-Butano.			
Juego Soldadura grande			
Equipo soldadura eléctrica			
Equipo recuperación Refrig.			
Equipo de inspección			
Cortatubo grande			
Cortatubo mediano			
Cortatubo pequeño			
Juego de abocardar			
Juego de ensanchar			
Enderezador de aletas (peine)			
Juego de muelles			
Juego de curvadoras			
Maquina de curvar 3/8"			
Maquina de curvar 1/2"			
Maquina de curva 5/8 "			
Maquina de curvar 3/4"			
Juego de latiguillos normales			
Juego de latiguillos R-410A			
Puente de manómetros normales			
Puente de manómetros con Vacío			
Puente de manómetros Digitales			
Puente manómetros Dig. +Vacío			
Manorreductores Oxígeno			
Manorreductores Acetileno			
Manorreductores Nitrógeno			
Manorreductores Butano/Propano			
Extractor poleas mediano			
Extractor poleas pequeño			
Extractor poleas grande			
Extractor invertido mediano			
Extractor de Obuses			
Juego de tarrajas			
Juego de sacabocados			
Juego de machones			
Carraca de Válvulas de servicio			
Soplador limpieza condensadores			
Envase R-134 a			
Envase R-404 A			

5.2 Relación de materiales de repuesto

CONCEPTO	MARCA	CANT	OBSERVACIONES
Filtro Deshidratador antiácido 1/4"			
Filtro Deshidratador antiácido 3/8"			
Filtro Deshidratador antiácido 1/2"			
Filtro Deshidratador antiácido 5/8"			
Filtro deshidratador 1/4" - capilar			
Válvula Expansión Termostática			
Válvula Expans. Termost. con igualador			
Orificio Válvula expansión			
Válvula solenoide completa 1/4"			
Válvula solenoide completa 3/8"			
Válvula solenoide completa 1/2"			
Válvula solenoide completa 5/8"			
Bobina repuesto Válvula solenoide			
Presostato Diferencial de aceite			
Presostato Baja presión			
Presostato Alta presión			
Presostato combinado Baja-Alta presión			
Presostatos miniatura (especificar)			
Manguito de presión 1/4" 500 mm			
Manguito de presión 1/4" 700 mm			
Tubo compensación Capilar con tuercas			
Juego de tuercas 1/4-3/8-5/8			
Acoplamientos 1/4 y 3/8 Gas - Sae			
Termostato mecánico superficie			
Termostato mecánico empotrar			
Termostato electrónico superficie			
Termostato electrónico empotrar 1 Sond.			
Termostato electrónico empotrar 2 Sond			
Termostato electrónico empotrar 3 Sond			
Sonda repuesto Termostato electrónico			
Reloj desescarche sin retardo ventilador			
Reloj desescarche con retardo ventilador			



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

5.13 NTP 481: Orden y limpieza de lugares de trabajo

5.13.1 Introducción

En cualquier actividad laboral, para conseguir un grado de seguridad aceptable, tiene especial importancia el asegurar y mantener el orden y la limpieza. Son numerosos los accidentes que se producen por golpes y caídas como consecuencia de un ambiente desordenado o sucio, suelos resbaladizos, materiales colocados fuera de su lugar y acumulación de material sobrante o de desperdicio. Ello puede constituir, a su vez, cuando se trata de productos combustibles o inflamables, un factor importante de riesgo de incendio que ponga en peligro los bienes patrimoniales de la empresa e incluso poner en peligro la vida de los ocupantes si los materiales dificultan y/u obstruyen las vías de evacuación.

El R.D. 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su Anexo II regula la obligatoriedad de mantener los locales de trabajos limpios y ordenados, con el siguiente tenor literal:

.-Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.

.-Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas. A tal fin, las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

.-Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros, realizándose a tal fin en los momentos, de la forma y con los medios más adecuados.

Esta NTP pretende establecer unas normas básicas de actuación en la empresa para facilitar no solo la aplicación de las exigencias legales, sino también su operatividad.

5.13.2 Alcance y desarrollo

Si bien el alcance de las normas que se implanten para garantizar el orden y la limpieza afecta a todas las dependencias de la empresa y los destinatarios de las mismas son todos los trabajadores de la misma con independencia de su categoría u ocupación, la implantación operativa y eficaz sólo se logrará si parte de un compromiso expreso de la Dirección en tal sentido, seguido de una difusión de tal compromiso asumido, de modo que todo trabajador sea conocedor de los objetivos que en esta materia se ha marcado la Dirección y, de la necesidad y obligatoriedad de participar y los medios con que participar para colaborar en la consecución de tales objetivos.

Lo anterior implica elaborar un plan de acción que defina de manera inequívoca los objetivos a conseguir y acciones para llevarlos a término y establezca los mecanismos de vigilancia y control necesarios para garantizar su cumplimiento.

Con el fin de gestionar correctamente lo relacionado con el orden y la limpieza es imprescindible facilitar la comunicación y la participación de los trabajadores para mejorar la forma de hacer las cosas, fomentar la creación de nuevos hábitos de trabajo, implantar rigor en lo establecido y responsabilizar individualmente a mandos intermedios y a trabajadores sobre el tema.

Actuaciones

Las actuaciones a realizar para la consecución de los objetivos de mantener una empresa "ordenada y limpia" se estructuran en distintas etapas: eliminar lo innecesario y clasificar lo útil; acondicionar los medios para guardar y localizar el material fácilmente; evitar ensuciar y limpiar enseguida; crear y consolidar hábitos de trabajo encaminados a favorecer el orden y la limpieza.

5.13.3 Eliminar lo innecesario y clasificar lo útil

El punto de arranque en el que soportar una correcta política empresarial encaminada a conseguir y mantener ordenados y limpios los espacios de trabajo debe partir de una estimación objetiva de todos los elementos que son necesarios para las operaciones de producción a realizar, lo que correlativamente va a permitir retirar del entorno de trabajo y en su caso eliminar todos aquellos elementos innecesarios.

Al principio, será difícil distinguir entre lo que es necesario y lo que no lo es y será más difícil todavía eliminar aquellos elementos que tradicionalmente han formado parte del "paisaje" del puesto de trabajo o de su entorno.

Debe establecerse una campaña inicial de selección y discriminación de los elementos en función de su utilidad para realizar el trabajo previsto, disponiendo de contenedores o espacios especiales para la recogida de lo innecesario.

Una vez realizada esta primera e importante criba, el paso siguiente es clasificar lo útil según su grado de necesidad. Dos parámetros importantes para determinar el grado de necesidad de los elementos útiles para el trabajo previsto son:

.-La **frecuencia** con que se necesita el elemento. Ello permitirá almacenar fuera del área de trabajo aquello que se utilice esporádicamente.

.-La **cantidad** de elemento necesaria para el trabajo. Ello permitirá retirar del entorno de trabajo y almacenar fuera del área de trabajo el exceso o sobrante de material.

Finalizada esta etapa, se habrá conseguido "lo más difícil", cual es romper con unos hábitos de trabajo incorrectos adquiridos y consolidados. El paso siguiente consistirá en adquirir nuevos hábitos que garanticen el control y eliminación de las causas que generan la acumulación de elementos innecesarios.

Llegados a este punto, se ha conseguido una organización importante del espacio de trabajo que redundará positivamente en el trabajo, pero aún no se ha logrado el objetivo; tan sólo se ha cubierto la primera, difícil e importante etapa.

5.13.4 Acondicionar los medios para guardar y localizar el material fácilmente

Una vez que se ha conseguido eliminar lo superfluo e innecesario, el paso siguiente es "ordenar lo útil" de manera que se consiga cumplir con el aforismo: "cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa". Debe establecerse claramente donde tiene que estar cada cosa de modo que todo trabajador que vaya a necesitarla sepa de manera indudable donde va a encontrarla y donde debe devolverla.

La falta de orden en el espacio de trabajo genera una serie de problemas que redundan en un menoscabo de la productividad (pérdidas de tiempo en búsquedas de elementos y en movimientos para localizarlos) y en un incremento de la inseguridad (golpes y contusiones con objetos depositados en cualquier parte, vías de evacuación obstruidas, elementos de protección ilocalizables,...).

Es pues importante, implantar un procedimiento de ordenación de los elementos útiles para el trabajo, para lo cual se deben considerar dos fases: decisión de las localizaciones más apropiadas e identificación de localizaciones.

5.13.5 Decisión de las localizaciones más apropiadas

Cada emplazamiento estará concebido en base a su funcionalidad, rapidez de localización y rapidez de devolución a su posición de procedencia.

Para una correcta elección de la localización más apropiada de los distintos elementos de trabajo, se tendrá en cuenta aspectos como la frecuencia y la secuencia de uso de los mismos, lo que evitará movimientos y/o desplazamientos innecesarios.

Así, a título orientativo, los principios a aplicar para encontrar las mejores localizaciones para plantillas, herramientas y útiles debe considerar:

.-Su frecuencia de uso, colocando cerca del lugar de uso los elementos más usados y, más alejados del lugar de uso, los de uso infrecuente u ocasional.

.-Almacenar juntos los elementos que se usan juntos y, en su caso, depositados en la secuencia con la que se usan.

Diseñar un mecanismo de almacenaje del tipo "soltar con vuelta a posición" para herramientas que se usan de modo repetitivo (ej.: en una cadena de montaje). Consiste en colocar las herramientas suspendidas de un resorte en posición al alcance de la mano. Al soltar la herramienta vuelve sin más a la posición de partida.

.-Los lugares de almacenamiento de herramientas deben ser mayores que éstas de modo que sea fácil y cómodo retirarlas y colocarlas.

.-Almacenar las herramientas de acuerdo con su función (almacenar juntas aquellas que sirven funciones similares) o producto (almacenar juntas aquellas que se usan en el mismo producto).

.-Utilizar soportes para el almacenamiento en los que se hayan dibujado los contornos de útiles y herramientas que faciliten su identificación y localización.

5.13.6 Identificación de localizaciones

Una vez que se han decidido las mejores localizaciones, se precisa tenerlas identificadas de forma que cada uno sepa donde están las cosas, que cosas hay y, en su caso, cuantas hay.

La identificación de las distintas localizaciones permitirá la delimitación de los espacios de trabajo de las vías de tránsito y de las áreas de almacenamiento. Especial atención requiere prever la ubicación de materiales y productos en curso de fabricación o manipulación.

La citada delimitación, siempre necesaria, es en algunos supuestos obligatoria. Así, el mencionado R.D. 486/1997, establece en su Anexo I, A).5; lo siguiente respecto a las vías de circulación:

.-Las vías de circulación de los lugares de trabajo, tanto las situadas en el exterior de los edificios y locales como en el interior de los mismos, incluidas las puertas, pasillos, escaleras, escalas fijas, rampas y muelles de carga, deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad para los peatones o vehículos que circulen por ellas y para el personal que trabaje en su proximidades.

.-Siempre que sea necesario para garantizar la seguridad de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente señalizado.

Para concretar cómo debe realizarse tal señalización, el R.D. 485/1997 establece en su Anexo VII. 3 lo siguiente:

.-Cuando sea necesario para la protección de los trabajadores, las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de un color bien visible, preferentemente blanco o amarillo, teniendo en cuenta el color del suelo. La delimitación, deberá respetar las necesarias distancias de seguridad entre vehículos y objetos próximos, y entre peatones y vehículos.

.-Las vías exteriores permanentes que se encuentren en los alrededores inmediatos de zonas edificadas deberán estar delimitadas cuando resulte necesario, salvo que dispongan de barreras o que el propio tipo de pavimento sirva como delimitación.

Asimismo, el citado Anexo VII del R.D. 485/1997 establece en su punto 2 los criterios de señalización de áreas peligrosas fundamentalmente para evitar o minimizar el riesgo de caídas, choques y golpes.

.-Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgos de caída de personas, choques o golpes podrá optarse, a igualdad de eficacia, por el panel que corresponda según lo dispuesto en el apartado anterior o por un color de seguridad, o bien podrán utilizarse ambos complementariamente.

.-La delimitación de aquellas zonas de los locales de trabajo a las que el trabajador tenga acceso con ocasión de éste, en las que se presenten riesgos de caída de personas, caída de objetos, choques o golpes, se realizará mediante un color de seguridad.

.-La señalización por color referida en los dos apartados anteriores se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deberán tener una inclinación aproximada de 45° con el siguiente modelo:



La señalización de superficies dedicadas a funciones específicas tales como almacenamientos intermedios, ubicación de equipos móviles y zonas de libre acceso a medios de extinción y vías de evacuación, no debería efectuarse con bandas amarillas y negras sino utilizando un código específico de señalización. A título de ejemplo, los almacenamientos intermedios podrían señalizarse contorneándolos perimetralmente con bandas iguales a las utilizadas para las vías de circulación y su zona interior con color o bandas identificativas de tal función; en tanto que las zonas de acceso a los medios de extinción deberían marcarse en el suelo contorneándolas perimetralmente con bandas rojas.

5.13.7 Evitar ensuciar y limpiar enseguida

La limpieza tiene como propósito clave el de mantener todo en condición óptima, de modo que cuando alguien necesite utilizar algo lo encuentre listo para su uso.

La limpieza no debe considerarse como una tarea ocasional que tradicionalmente se ejecuta en “verano” o “a final de año” o cuando se programa o se produce un “paro de proceso”. Por supuesto que determinadas fechas o situaciones de proceso pueden considerarse y habilitarse como idóneas para la ejecución de tareas especiales de limpieza o para aprovechar y realizar una “limpieza a fondo”; pero la limpieza no debe realizarse solo en esas ocasiones sino que debe estar profundamente enraizada en los hábitos diarios de trabajo e integrarse en las tareas diarias de mantenimiento, combinando los puntos de chequeo de limpieza y mantenimiento.

La planificación de la limpieza diaria debe formar parte de un procedimiento de actuación que los empleados deben conocer y aplicar.

El citado procedimiento debe estructurarse de manera que contenga:

.-Un objetivo claro: el de mantener los lugares de trabajo limpios y ordenados con el fin de conseguir un mejor aprovechamiento del espacio, una mejora en la eficacia y seguridad del trabajo y en general un entorno más cómodo y agradable.

.-Un alcance definido, que afectará a todas las unidades funcionales de la empresa.

.-Unos destinatarios que con carácter general serán todos los trabajadores de la empresa ya que debiera ser responsabilidad de cada trabajador el mantener limpio y ordenado su entorno de trabajo. El mando directo de cada área o unidad funcional será responsable de transmitir a sus trabajadores las normas de orden y limpieza que deben cumplir y fomentar hábitos de trabajo en tal sentido. Deberán asimismo realizar las inspecciones periódicas de orden y limpieza de sus áreas correspondientes. A título orientativo, en el cuadro 1 se presenta un cuestionario de chequeo para realizar una inspección de orden y limpieza.

.-Unos medios materiales necesarios y puestos a disposición de los trabajadores o ubicados en lugares estratégicos a fin de facilitar las tareas encomendadas. Esos medios materiales comprenden tanto materiales y productos a utilizar, como contenedores o recipientes donde depositar los desechos residuales y, en su caso, recipientes especiales para residuos que generen riesgos específicos: tóxicos, inflamables, etc...

.-Unos métodos de limpieza encaminados a garantizar que las operaciones de limpieza nunca generarán peligros ni para el operario que la realiza ni para terceros.

Se crearán normas de actuación específicas para realizar operaciones de limpieza sometidas a peligros concretos, (ej.: limpieza de máquinas, limpieza de derrames de productos peligrosos, operaciones de limpieza en espacios confinados, etc...) Complementariamente a la limpieza programada, cuando se genera una situación accidental, por ejemplo un derrame, hay que ser estricto e inflexible en su inmediata eliminación. Es un momento clave que pone en evidencia el compromiso asumido en este tema.

5.13.8 Crear y consolidar hábitos de trabajo encaminados a favorecer el orden y la limpieza

Las tres etapas hasta ahora descritas pueden considerarse como actividades, como algo que se hace. En contraste, el crear y consolidar hábitos de trabajo correctos dentro de una disciplina de trabajo como objetivo último a alcanzar no se puede considerar como una actividad sino como “un estado o condición que existe cuando se mantienen las tres etapas anteriores”.

Si tal disciplina de trabajo no se mantiene y los hábitos correctos de trabajo no se consolidan, las condiciones vuelven a los viejos e indeseables niveles de partida e incluso la realización de campañas ocasionales no alcanzarán los resultados previstos.

Para convertir en hábitos la organización, el orden y la limpieza e implantar una disciplina de trabajo es necesario:

.-el apoyo firme de una dirección visiblemente involucrada y explícitamente comprometida en la consecución de tales objetivos,

.-la asignación clara de las tareas a realizar y de los involucrados en la ejecución de las mismas. Se debe decidir quién es responsable de que actividades se deben realizar para mantener la organización, orden y limpieza,

.-integrar en las actividades regulares de trabajo las tareas de organización, orden y limpieza, de modo que las mismas no sean consideradas como tareas “extraordinarias” sino como “tareas ordinarias” integradas en el flujo de trabajo normal,

-responsabilizar a una persona, preferentemente el mando directo de cada unidad funcional, de la bondad de cumplimiento de los procedimientos establecidos sin admitir ni tolerar incumplimientos, ni tan siquiera excepcionalmente.

Tal tarea de verificación y control debe hacerse con una periodicidad establecida, como mínimo semanalmente y hacer uso de cuestionarios de chequeo elaborados para tal efecto. (Ver cuadro 1).

5.14 Manipulación de cargas

Atención a la columna

¡Ojo! Una mala postura puede ocasionar lesiones en la columna.

Únicamente con una correcta posición de tu columna podrás levantar adecuadamente una carga.

LOS TRABAJADORES TIENEN DERECHO A UNA PROTECCIÓN EFICAZ EN MATERIA DE SEGURIDAD y SALUD EN EL TRABAJO.

ARTICULO 14. Ley de prevención de riesgos laborales (Ley 31/1995 de 8 de noviembre)

La manipulación y el transporte de cargas constituyen un problema específico que puede provocar molestias o lesiones, sobre todo en la espalda, siendo un factor importante de sobrecarga muscular.

Por ello, en las operaciones de manipulación de cargas manuales, los trabajadores/as deben emplear una técnica de levantamiento adecuada a este tipo de esfuerzos. Las técnicas de levantamiento, tienen como principio básico mantener la espalda recta y hacer el esfuerzo con las piernas.



- 1.- Apoya los pies firmemente
- 2.- Separa los pies a una distancia aproximada uno de otro de 50 cntrs
- 3.- Dobra la cadera y las rodillas para coger la carga
- 4.- Mantén la espalda recta
- 5.- Nunca gires el cuerpo mientras sostienes una carga pesada

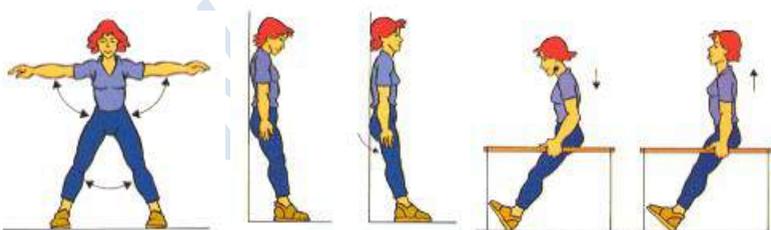


- 7.- No hay cosa que lesione más rápidamente una espalda que una carga excesiva
- 8.- Mantén la carga tan cerca del cuerpo como sea posible, pues aumenta mucho la capacidad de levantamiento
- 9.- Aprovecha el peso del cuerpo de manera efectiva para empujar los objetos y tirar de ellos
- 10.- No levantes una carga pesada por encima de la cintura en un solo movimiento
- 11.- Mantén los brazos pegados al cuerpo y lo más tensos posible

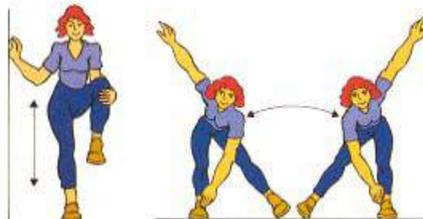


- 12.- Cuando las dimensiones de la carga lo aconsejen, no dudes en pedir ayuda a tu compañero

RECOMENDACIONES EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO MUSCULAR



- 1.- Salta arriba y abajo con los brazos y piernas abiertos
- 2.- Apoyado en la pared, contraiga los músculos abdominales y glúteos, e intente deslizar lentamente la espalda hacia abajo
- 3.- Apoye las manos, estire los brazos y con la espalda recta suba y baje el cuerpo



4.- Apóyese en la punta del pie, con la mano en la pared e intente flexionar la rodilla alternando las dos piernas

5.- Separe los pies, mire al frente y flexione la pierna derecha, hasta tocar el pie derecho con la mano izquierda. Después, hágalo a la inversa.

AUTOVALORACIÓN

1.- En tu jornada de trabajo levantas manualmente pesos de 0-5 Kg (), 6-15 Kg (), mas de 15 Kg ()

Durante: menos de 2 h (), 2-6 h (), mas de 6 h ()

2.- ¿Has tenido algún problema de columna? SI (), NO ()

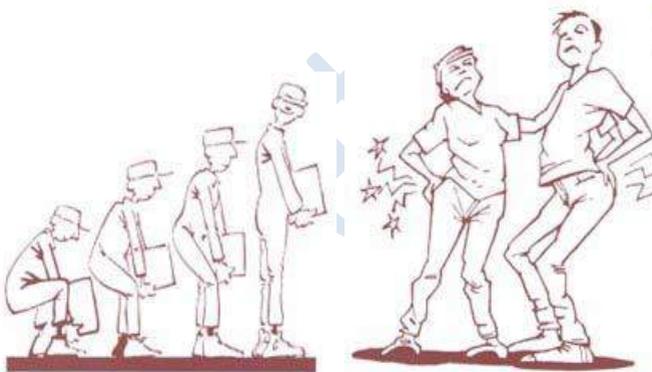
3.- ¿Aplicas las medidas aquí mencionadas para el cuidado de la columna en el manejo de las cargas? SI (), NO () .

4.- En caso negativo ¿Crees que podrás poner en práctica los consejos que aquí te mencionamos SI (), NO ()

5.- ¿Es posible para ti realizar todos los días los ejercicios para la espalda que aquí te sugerimos SI (), NO ()

5.15 DOLOR LUMBAR

Criterios para su prevención en el ámbito laboral



¿QUE ES LUMBALGIA?

La lumbalgia es el dolor que se produce en la región inferior de la espalda. Esta región inferior o lumbar se compone de 5 vértebras con sus discos, raíces nerviosas, músculos y ligamentos. Las vértebras de esta región son las más grandes y soportan un mayor peso.

SÍNTOMAS

AGUDOS

Dolor de comienzo brusco que aparece normalmente durante un esfuerzo pudiendo extenderse hacia las nalgas.

Empeora con los movimientos y con la tos mejorando con el reposo.

Existe cierta limitación de los movimientos de la columna y de la elevación de la pierna.

El episodio suele afectar a un solo lado (unilateral).

CRÓNICOS

Dolor constante o progresivo, bilateral o alterno.

Empeora por la noche y en reposo.

Rigidez lumbar matutina.

Limitación de los movimientos de la espalda y de la elevación de la pierna.

Atrofia muscular (en casos avanzados).

ACTIVIDADES LABORALES QUE PUEDEN PRODUCIR LUMBALGIA

Se puede dar una o varias de las situaciones siguientes:



- 1.- Trabajos que se realizan de forma repetitiva
- 2.- Levantamiento y manejo de pesos



- 3.- Realización de trabajos forzados con el tronco inclinado o en rotación y posturas mantenidas largo tiempo sentado o de pie.
- 4.- Exposición a vibraciones (Vehículos o maquinarias)
- 5.- Condiciones ambientales de trabajo adversas (Climáticas, psicológicas, organizacionales etc.)



PREVENCIÓN

Lo más importante es actuar ergonómicamente sobre el puesto de trabajo: evitando la manipulación directa de cargas, promoviendo la utilización de ayudas mecánicas; estableciendo un buen diseño de las tareas y actividades; informando y entrenando al trabajador para que evite las posturas o movimientos peligrosos. Todo ello contribuirá, sin duda, a una reducción del riesgo.

No flexionar la columna con las piernas rectas. Doblar las rodillas sosteniendo el peso junto al cuerpo.

Evitar la flexión de tronco hacia un lado o esfuerzos con una mano al intentar mover algún objeto.

No levantar objetos por encima de los hombros; si fuera preciso, utilizar un taburete.

Cuando tenga que estar de pie durante mucho tiempo utilizar un soporte para mantener un pie más elevado que el otro (alternativamente).

No usar zapatos de tacón alto

Una vez que se ha tenido un ataque de lumbago, es probable que se vuelva a repetir en el futuro

Cuando se haya superado el ataque agudo (disminución del dolor y el espasmo muscular) mediante la aplicación local de calor, es importante:

- Aprender una buena postura mecánica corporal.
- En casos de obesidad, intentar reducir el peso.



Iniciar, aconsejado por un especialista; un programa progresivo de ejercicios terapéuticos y rehabilitadores si es necesario.

Controlar el peso y hacer ejercicio regularmente

5.16 SÍNDROME DEL TÚNEL CARIPIANO

Relación con el puesto de trabajo

Encontramos relación laboral con una o más de las siguientes actividades:

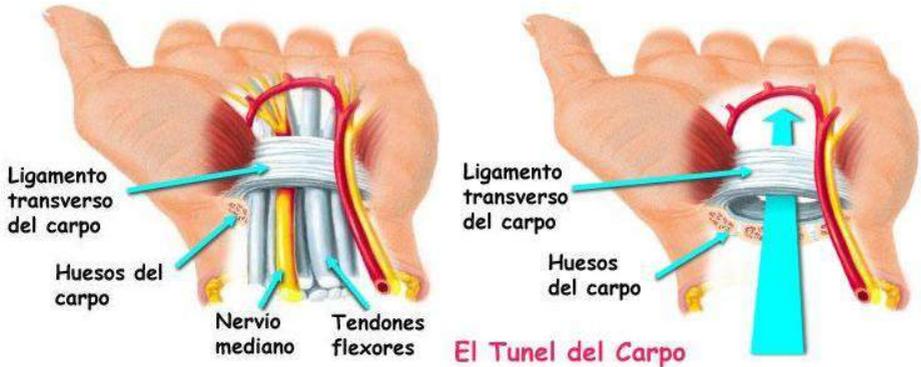


- 1.- Movimientos repetitivos de la mano y la muñeca
- 2.- Tareas habituales que requieren del empleo de gran fuerza con la mano afectada
- 3.- Tareas que precisen posiciones o movimientos forzados de la mano (hiperflexión o hiperextensión)
- 4.- Realización de movimiento de pinza con los dedos de forma repetitiva
- 5.- Uso regular y continuado de herramientas de mano vibrátiles
- 6.- Presión sobre la muñeca o sobre la palma de la mano de forma frecuente o prolongada

QUE ES EL SÍNDROME DEL TÚNEL CARIPIANO

El túnel carpiiano es un canal o espacio situado en la muñeca, por el cual pasan los tendones flexores de los dedos y el nervio mediano. Este espacio está limitado por el ligamento anular del carpo y por los huesos de la muñeca

Este síndrome se produce por la compresión del nervio mediano a su paso por el túnel del carpo, siendo sus causas muchas y variadas. En relación con el trabajo, una de las más frecuentes es la compresión del nervio por los tendones flexores de los dedos



Manifestaciones clínicas

Sensación penosa de entorpecimiento e hinchazón de las manos.
 Hormigueo que va haciéndose insoportable llegando incluso al dolor.
 Entumecimiento en la mano afectada



Hormigueo

Dolor



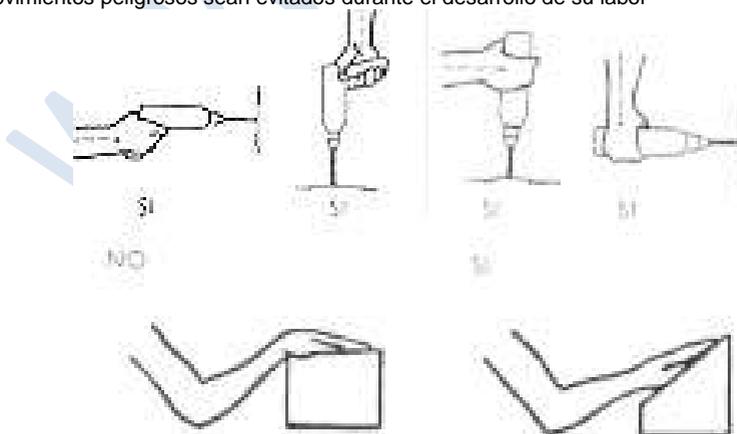
Sintomas del STC

Todas estas manifestaciones sólo suelen afectar a los dedos pulgar, índice, medio y parte del anular, haciendo que la persona afectada tenga que sacudir la mano, colocarla en declive o en elevación

Normalmente esta sintomatología aparece o aumenta durante la noche, o bien se presenta al despertar

PREVENCIÓN

Actuación sobre el individuo informándole y entrenándole para que aquellas posturas o movimientos peligrosos sean evitados durante el desarrollo de su labor



Buen diseño de las herramientas, .utensilios y del puesto de trabajo, para conseguir una buena adaptación al trabajador. De esta forma se obtiene la relajación de la mano y de la muñeca



Acortar la duración de los procesos que requieran movimientos repetitivos. Si estos fueran largos, intercalar periodos de descanso

Cuando aparezcan los primeros síntomas habrá que consultar con el médico, dado que la buena evolución del síndrome dependerá, en gran parte, de un diagnóstico precoz y de un tratamiento correcto

Aparte del tratamiento, es aconsejable una organización adecuada del trabajo, evitando la sobrecarga funcional. Para ello es imprescindible un diseño ergonómico del puesto de trabajo

5.4 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y USO DE LOS ANALIZADORES

Los analizadores se caracterizan por tener manómetros regulables, visor para ver el gas refrigerante, mandos rápidos, gancho de sujeción y ser de fácil manejo.

Precauciones

- Compruebe que en todos los acoplamientos no hay hilos de rosca dañados, suciedad, polvo, aceite o grasa.
- Si es necesario quite la suciedad y el polvo a los cristales de los manómetros con un trapo limpio y seco. No utilice detergentes o desinfectantes agresivos.
- Use guantes y gafas protectoras adecuadas.

5.4.1 Purgado de mangueras

1. Conecte la manguera amarilla a la Botella de refrigerante la cual estará cerrada.
2. Conecte la manguera de baja LOW (azul) al Sistema.
3. Abra la Botella.
4. Cuando las mangueras estén llenas de gas, proceda a purgar el aire de las mismas.

5.4.2 Lectura de las presiones de trabajo

1. Con todas las llaves cerradas.
2. Conecte las mangueras HIGH (roja) y LOW (azul) del Sistema al Analizador.
3. Abra el Sistema.
4. En los manómetros podremos leer las presiones de trabajo.

5.4.3 Vacío por toma de baja

1. Con todas las llaves cerradas.
2. Conecte la manguera amarilla a la Bomba de vacío.
3. Conecte la manguera LOW (azul) al Sistema.
4. Abra el mando de LOW lentamente.
5. Abra todas las llaves de las mangueras en caso de tenerlas.
6. Ponga en marcha la Bomba de vacío.

5.4.4 Vacío por toma de alta

1. Con todas las llaves cerradas.
2. Conecte la manguera amarilla a la Bomba de vacío.
3. Conecte la manguera HIGH (roja) al Sistema.
4. Abra el mando de HIGH.
5. Abra todas las llaves de las mangueras en caso de tenerlas.
6. Ponga en marcha la Bomba de vacío.

5.4.5 Carga por baja

1. Con todas las llaves cerradas.

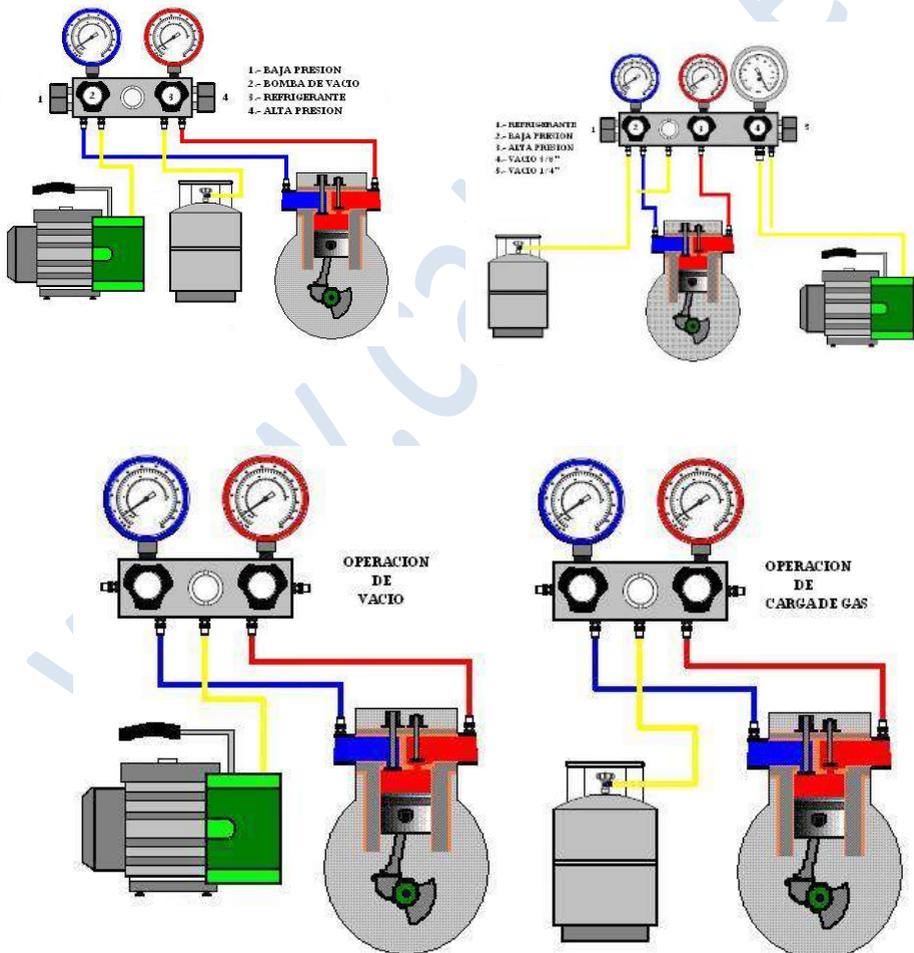
2. Conecte la manguera amarilla a la Botella.
3. Conecte la manguera LOW (azul) al Sistema.
4. Abra el mando de LOW.
5. Abra el mando de REF lentamente.

Para un vacío más rápido y efectivo, a ser posible hacer vacío por baja y alta al mismo tiempo, utilizando en la conexión a bomba de vacío una manguera de 3/8". Evitar distancias largas entre el sistema, los analizadores y la bomba de vacío (ver Procedimiento del vacío).

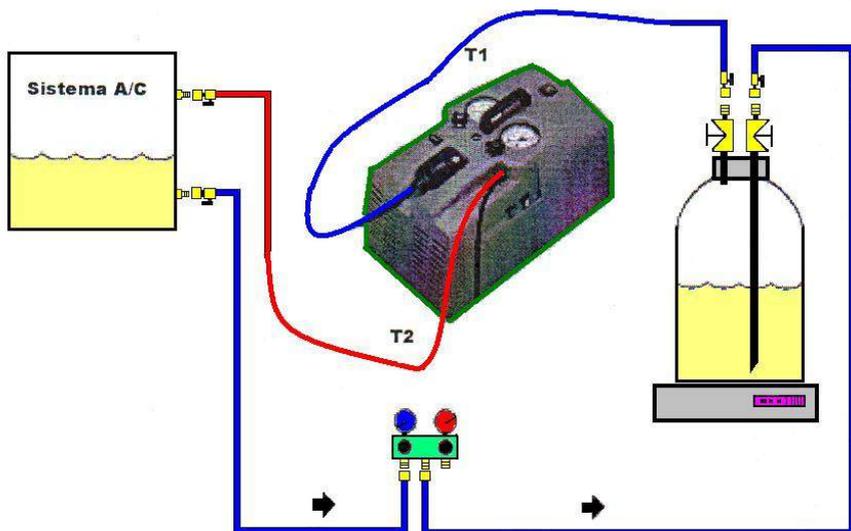
NOTA: según el fabricante, pueden cambiar las posiciones de las llaves de los analizadores con relación a la función que hacen. **Observar los colores para evitar graves lesiones.**

ROJO= Alta presión, **AZUL**= Baja presión, **AMARILLO 3/8"**= conexión a Bomba de Vacío **AMARILLO 1/4"**= Botella de refrigerante/Bomba de vacío.

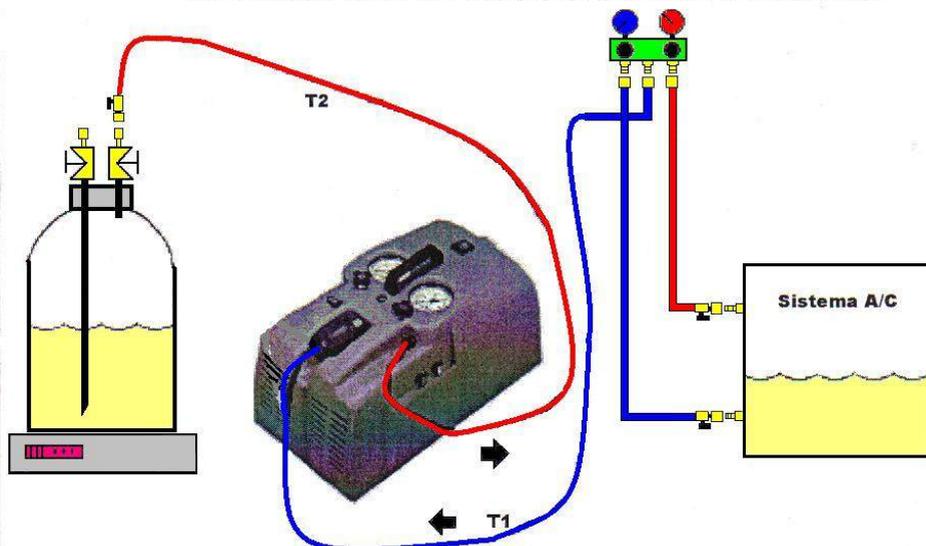
5.4.6 Esquemas de conexionado de los analizadores



5.5.1 Equipo recuperación y trasvase de refrigerantes

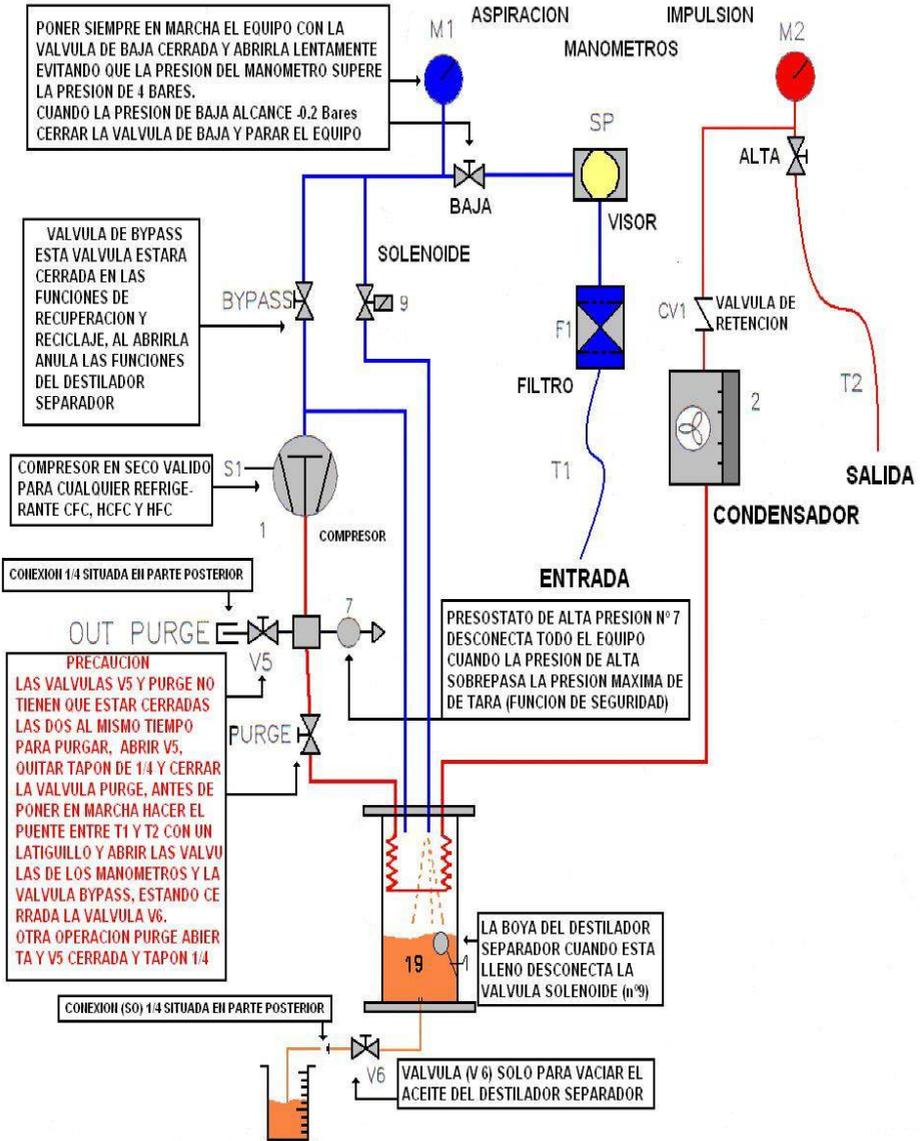


SISTEMA push-pull DE TRASVASE RAPIDO DEL REFRIGERANTE EN ESTADO LIQUIDO



SISTEMA DE RECUPERACION Y RECICLAJE

5.5.2 Conexiones equipo recuperación



5.6 EQUIPO DE RECUPERACIÓN Y TRASVASE DE REFRIGERANTES MANUAL DE INSTRUCCIONES

5.6.1 El modo seguro es el único modo.

Nota: Si no es Usted un técnico cualificado en refrigeración, no use este equipo.

1. El técnico debe de llevar siempre gafas de protección y guantes mientras trabaja en sistemas de refrigeración.
2. Asegúrese de que el espacio en cual está Usted trabajando esté lo suficientemente ventilado, especialmente si se sospecha de alguna fuga. El vapor de refrigerante es peligroso para su salud y puede causar la muerte.
3. Piense siempre antes de actuar. El exceso de confianza conlleva a menudo descuidos que pueden ser dañinos para su salud, o aún peor, pueden resultar en fatales consecuencias.
4. Lea las hojas de datos de seguridad (FDS) de los materiales con los que vaya a entrar en contacto. Lea las FDS de los gases y aceites refrigerantes, al final de esta guía.
5. Nunca utilice oxígeno para comprobar las fugas. Cualquier aceite en contacto con el oxígeno bajo presión formará una mezcla explosiva.
6. Los sistemas de refrigeración generalmente están alimentados y controlados eléctricamente. Asegúrese de desconectar el sistema del suministro eléctrico antes de repararlo.
7. Almacene siempre los envases de refrigerante en un lugar fresco y seco.
8. Abra siempre lentamente las válvulas de servicio y de los envases de refrigerante. Esto le ayudará a controlar rápidamente el caudal de los gases si existe algún peligro. Una vez seguros de que no existe peligro alguno, las válvulas pueden abrirse totalmente.
9. No mezcle refrigerantes distintos en un mismo sistema, envase o recipiente alguno. Cada tipo de refrigerante debe de tener su propio envase, filtros, etc.
10. Si entra humedad en el sistema de refrigeración, esta puede causar un daño considerable al mismo. Mantenga todo conectado, con el sistema de refrigeración minuciosamente limpio y seco.
11. El equipo debe de utilizarse en lugares con ventilación mecánica de al menos cuatro cambios de aire por hora, o el equipo debe de situarse al menos a 45 cm. del suelo. No utilice este equipo en las proximidades de gasolina o cualquier otro líquido inflamable derramado.

GASES REFRIGERANTES

5.6.2 Recuperación y almacenamiento.

La seguridad es lo primero. Lea toda la información sobre la seguridad en el manejo de refrigerantes incluyendo la hoja de datos de seguridad proporcionada al final de esta guía. Nunca utilice la unidad en un ambiente explosivo. Use gafas de seguridad y guantes protectores. La zona de trabajo debe estar bien ventilada. Esta unidad sólo debe de ser operada por técnicos cualificados.

***** MANIPULE CON CUIDADO LOS ENVASES DE REFRIGERANTE *****

CAUIDADO: Nunca utilice envases desechables de 15 kilos (el tipo de envase blanco no recargable en el cual se vende el refrigerante) para recuperar refrigerante.

Temperatura de la botella	16°C	21°C	38°C	54°C	66°C
Empezando con la botella llena al 80% en volumen.					
Espacio ocupado:	80%	81%	83%	90%	94%
Empezando con la botella Llena al 90% en volumen					
Espacio ocupado:	90%	92%	96%	100%	100%

Utilice solamente botellas aprobadas.

NOTA: Los envases están diseñados para diferentes presiones.

NUNCA exceda la presión de trabajo especificada para cada envase.

Los manuales de seguridad recomiendan que los envases a presión no se llenen por encima del 80% de su volumen en líquido. El 20% restante es lo que se conoce como espacio de seguridad para evitar la sobrepresión.

¡NUNCA TRANSPORTE UN ENVASE SOBRECARGADO!

El refrigerante se expande cuando se calienta y puede llegar a causar la explosión del envase si este está sobrecargado.

5.6.3 Importante información general

Antes de utilizar su unidad de recuperación y trasvase, lea lo siguiente

1. Aísle siempre las cantidades grandes de refrigerante y cierre las válvulas después de usarlas de forma tal que si se produjera una fuga en cualquier parte del sistema el refrigerante no se escape.
2. Los envases de almacenamiento algunas veces tienen válvulas que no asientan adecuadamente al fabricarlas. El usar tapones en estas válvulas evitará fugas de refrigerante.
3. Utilice la unidad siempre sobre una superficie plana y nivelada.
4. Su Equipo posee un presostato interno de corte. Si la presión dentro del sistema excediera 38'5 bares (550 PSI), el sistema se apagará automáticamente.

¡CUIDADO!

El presostato de 38'5 bares (550 PSI) no previene la sobrecarga de la botella. Si su sistema se detiene por alta presión y está conectado a su envase, puede que Usted haya sobrecargado la botella y creado una situación muy peligrosa. Tome inmediatamente las medidas necesarias para liberar el exceso de presión y/o sobrecarga de la botella.

5. **¡ATENCIÓN!** Nunca sobrecargue los envases. La sobrecarga puede ocasionar que los envases exploten.

6. Los envases y los filtros serán designados para un único refrigerante. Antes de utilizar un envase previamente usado con otro refrigerante, vacíelo completamente, hágale el vacío, purgue el envase utilizando nitrógeno seco y vuelva a hacerle el vacío.

7. Debe tenerse un cuidado especial al recuperar de un sistema quemado. Use dos filtros de alta capacidad de ácido en serie. Cuando acabe la recuperación de ese sistema enjuague su Equipo con una pequeña cantidad de aceite de refrigeración y de refrigerante limpio para purgar cualquier sustancia extraña que pueda quedar en la unidad.

8. Vacíe siempre el refrigerante de la máquina a un envase; vea el procedimiento de Auto Purga/ Auto Evacuación. El líquido refrigerante que quede en el condensador puede expandirse causando daños a los componentes.

5.6.4 Procedimiento normal de recuperación

1. Revise su Equipo minuciosamente para asegurarse que este en buenas condiciones para su uso.

2. Asegúrese que todas las conexiones sean correctas y estén apretadas

3. Abra la llave de la fase de líquido del envase de recuperación (abra siempre las válvulas lentamente para comprobar las mangueras y las conexiones en busca de fugas).

4. Asegúrese de que la válvula Recover/Purge (Recuperación/Purga) esté en la posición Recover (Recuperar).

5. Abra la válvula Output (salida) de la Equipo.

6. Abra la válvula de líquido de su analizador; al abrir la válvula de líquido se extraerá primeramente todo el líquido del sistema, reduciéndose en gran medida el tiempo de recuperación (una vez que el líquido ha sido extraído abra la válvula de vapor del analizador para terminar de evacuar el sistema).

7. Conecte su Equipo a la alimentación, 230V.

a. Ponga el interruptor principal en la posición ON. Usted debería escuchar el ventilador funcionando...

b. Pulse el interruptor del compresor. Este interruptor "momentáneo" arrancará el compresor; (puede ser necesario, bajo ciertas circunstancias, el pulsar este interruptor más de una vez para arrancar el compresor).

8. Lentamente abra la válvula input (entrada) de su Equipo.

a. Si el compresor empieza a dar golpes, lentamente cierre parcialmente la válvula de entrada (input) hasta que se detenga este golpeteo.

b. Si se cerró la válvula de entrada, debe de abrirse completamente de nuevo una vez que el líquido haya sido desalojado del sistema (la válvula de vapor del analizador debe abrirse también en este momento).

9. Continúe con la máquina en marcha hasta que se alcance el vacío requerido.

a. Cierre las llaves de líquido y vapor del analizador.

b. Cierre la válvula input (entrada) de su Equipo.

c. Apague la unidad y siga el procedimiento de Auto Purga de la página siguiente.

Purgue siempre su Equipo después de cada uso.

El no purgar el gas que queda en el Equipo puede ocasionar una degradación ácida de sus componentes internos y como consecuencia un fallo prematuro de la unidad.

CUIDADO:

Al bombear líquido, no permita que el Equipo funcione con la llave de entrada demasiado abierta, ocasionando golpes en el compresor. Hacer esto puede ocasionar que el compresor se cale.

5.6.5 Auto purga.

Procedimiento para purgar el resto de refrigerante

1. Cierre las válvulas del sistema que está reparando y que están conectadas a la válvula input (entrada) de su Equipo.

2. Cierre la válvula input (entrada) de su Equipo.

3. Apague el Equipo.

4. Ponga la válvula Recover/Purge (Recuperar/Purga) en la posición Purge.

5. Vuelva a arrancar el Equipo.

6. Continúe en marcha hasta que se obtenga el nivel de vacío requerido.

7. Cierre las llaves del envase y del Equipo.

8. Apague la Equipo.

9. Devuelva la válvula Recover/Purge a la posición Recover (recuperar).

10. Desconecte y guarde todas las mangueras.

11. Cambie el filtro de línea de su Equipo después de trabajos muy grandes o cuando se encuentre con excesiva contaminación.

Nota: Para cambiar del modo de Recuperación a Purga:

Cierre la válvula Input (entrada), apague la unidad (para prevenir el apagado por alta presión) cambie a la posición Purge (purgar) y vuelva a arrancar la unidad.

5.6.6 Información adicional

Para alcanzar el vacío final más profundo, utilice el método de enfriamiento del envase para disminuir la cabeza de presión en el envase de recuperación. Repítalo según sea necesario hasta alcanzar el nivel de vacío requerido. NOTA: Si no hay líquido en el envase de recuperación, no funcionará el método del enfriamiento del envase. En este caso utilice un envase vacío al cual se le ha efectuado el vacío profundo con una bomba para alcanzar el nivel de vacío requerido.

Para maximizar la velocidad de recuperación utilice la mínima longitud posible de unas mangueras de 3/8" de diámetro o más grandes. Se recomiendan mangueras no más largas de 1 metro. Retire siempre todos depósitos de obús de las mangueras y válvulas de Schrader innecesarios de las conexiones (utilizando un llave de obuses adecuada) para una máxima evacuación. Las juntas de goma deformadas, depósitos de obús de las mangueras y las válvulas de Schrader innecesarias o defectuosas pueden restringir el caudal hasta un 90%.

Si la presión del envase supera los 300 psi, utilice el método de enfriamiento del envase para reducir la presión. Para recuperar grandes cantidades de líquido, utilice el método de recuperación "PUSH/PULL".

ATENCIÓN: Cuando utilice el método "PUSH/PULL", debe utilizar una balanza para prevenir la sobrecarga del envase de recuperación. Una vez que el sifón "PUSH/PULL" ha comenzado, puede continuar y sobrellenar el envase de recuperación incluso estando el envase equipado con un flotador sensor de nivel. El sifón puede continuar incluso cuando la máquina se apaga. Usted debe de cerrar manualmente las llaves del envase y de la máquina para prevenir el sobrellenado del envase de recuperación.

MÉTODO PUSH/PULL

El método Push/pull sólo funciona en sistemas grandes donde haya líquido accesible. No utilice este método en sistemas con menos de 7 Kg pues podría no funcionar.

5.6.7 Purgado de los gases no condensables de un refrigerante identificado en un envase.

1. Deje reposar el envase sin disturbarlo durante 24 horas. (Esto permite al aire alcanzar la parte alta del envase).
2. Conecte un analizador al envase y tome la lectura de la presión del envase observando el manómetro
3. Determine la temperatura ambiente de la habitación.
4. Refiérase a un diagrama de presión/temperatura para refrigerantes. Localice la temperatura en el diagrama y compárelo con la presión correspondiente para el tipo de refrigerante del envase. Determine como se relaciona con la lectura del manómetro.
5. Si la lectura de la presión es más grande que la presión mostrada en el diagrama, muy despacio, para no causar turbulencias dentro del envase, abra la llave de vapor. Observe como desciende la presión en el manómetro. Para prevenir derrames de refrigerante añada de 0,3 a 0,35 bar (4-5 psi) a la presión mostrada en el diagrama. Cuando la lectura del manómetro corresponda a esta presión, cierre la llave de vapor.
6. Permita que el envase repose durante 10 minutos y compruebe la presión de nuevo.
7. Repita el proceso otra vez si es necesario.

5.6.8 Diagrama de flujo del refrigerante.

NOTA: Debe utilizarse siempre un filtro. El no utilizar un filtro invalidará su garantía.

El uso de un filtro reducirá en gran manera el riesgo de dañar su Equipo previniendo la entrada de objetos extraños en la unidad.

Debe dar una consideración especial al filtrado cuando Usted sepa que va a reparar una máquina que ha quemado el compresor. Recomendamos el uso de dos filtros secadores de tamaño 162, en línea, para utilizar en esos trabajos y sólo en esos.

5.6.9 Cuidado y mantenimiento de su equipo.

Debe utilizarse siempre un filtro y reemplazarlo con frecuencia. **La no utilización del filtro invalidará su garantía.** El uso del filtro reducirá en gran manera el riesgo de dañar su Equipo previniendo la entrada de materiales extraños en la unidad.

Debe de dar una consideración especial al filtrado cuando sepa que la máquina que está reparando ha quemado el compresor. Recomendamos utilizar dos filtros secadores de tamaño 162, en línea, para ser utilizados en ese trabajo y solo en ese. También recomendamos que se utilice un filtro limpio para cada trabajo. Cada filtro debe ser etiquetado y utilizado exclusivamente para un tipo de refrigerante nada más.

No utilice esta máquina en las proximidades de bidones derramados o abiertos de gasolina u otros líquidos inflamables.

Evite la utilización de cables de prolongación. Si debe de utilizar un cable de prolongación debería ser de un mínimo de 12AWG y no más largo de 5 mt. La no utilización de prolongaciones reducirá en gran medida el riesgo de fuego.

Purgue siempre la unidad de cualquier refrigerante restante después de terminar cada trabajo de reparación. El refrigerante restante en la máquina puede expandirse y causar daños a los componentes.

Si la máquina va a almacenarse o no se va a utilizar por un largo periodo de tiempo, recomendamos que se evacue cualquier resto de refrigerante y se purgue con nitrógeno seco.

Siempre que realice cualquier trabajo de mantenimiento en su Equipo, asegúrese de que está desconectada de la fuente de tensión antes de empezar.

5.6.10 Presostato de seguridad (con función de rearme manual).

Su equipo está equipado con un presostato interno de seguridad. Si la presión dentro del sistema excediese 38,5 bares, el sistema será desconectado automáticamente.

Si se activa el presostato de seguridad mientras se llena un envase, podría ser causado porque la botella se está sobrellenando.

¡ESTA ES UNA SITUACIÓN MUY PELIGROSA! Usted debe de tomar inmediatamente medidas para reducir la sobrepresión y/o sobrecarga del envase.

Si el presostato de seguridad desconecta la máquina...

Debería de tomar las siguientes precauciones si se activa el presostato de seguridad:

a. Sospecha de sobrecarga del envase de recuperación.

Conecte el envase de recuperación a otro envase con capacidad sobrante de tal modo que la presión se reduzca a un nivel seguro. Esta acción también reduciría la presión de la línea de salida de la Equipo. Proceda con normalidad después de rearmar el presostato de seguridad

b. Causa de la activación del presostato de seguridad desconocida.

Compruebe que el envase de recuperación no este sobrellenado.

Cierre las válvulas del sistema, de la botella y de la Equipo.

Desconecte la Equipo de las mangueras flexibles.

Desconecte la Equipo de la corriente.

Abra muy despacio las válvulas input (entrada) y output (salida).

Investigue la razón del fallo.

Una vez activado el presostato de seguridad tiene que ser rearmado manualmente

5.7 DETECTOR DE FUGAS MINI-LEAK

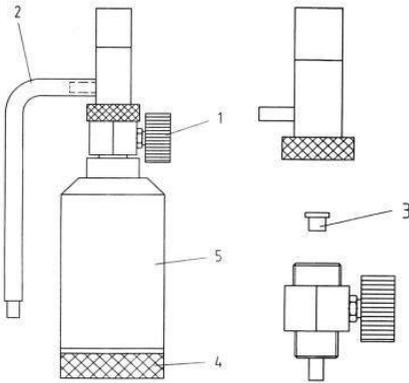
Especial instalaciones frigoríficas

Los detectores de fugas con carga de butano están siempre listos para el servicio inmediato, no precisando un precalentamiento que resulta largo y molesto. Por estar cargados con gas, funcionan siempre con llama constante y son insensibles a las corrientes de aire.

Localizan fácilmente las más pequeñas fugas de refrigerantes **halógenos** en instalaciones frigoríficas.

Los detectores permiten la localización de fugas inferiores a 4 gr. al mes.

La detección se efectúa por cambio de color de la llama al pasar ésta por la zona de fuga.



5.8 DETECTOR DE FUGAS TEK-MATE

El detector de fugas de refrigerante **TEK-MATE** incorpora un sensor electroquímico que consiste en un sustrato cerámico, cargado con un elemento reactivo, y mantenido a alta temperatura mediante un elemento calefactor incorporado.

Cuando un gas refrigerante entra en contacto con la superficie caliente, los átomos de cloro, flúor o bromo, se separan de la molécula y se ionizan. En consecuencia, una corriente eléctrica dentro del sustrato cerámico fluye hacia un electrodo colector ubicado en el centro.

La cuidadosa selección y aplicación de la cerámica permite que el sensor responda de forma similar al CFC (gases R11 y R12), HCFC (gases R22 y R123) y HFC (gas R134a), así como también a las mezclas substitutivas (gases R404A y R410A). De este modo, el operador no necesita determinar el refrigerante que está utilizando, ni tampoco debe acordarse de ajustar el conmutador selector. Además, al buscar un refrigerante HFC, el instrumento no tiene una respuesta exagerada a los trazos de vapor de cloro que con frecuencia están presentes.



6 CIRCUITO FRIGORÍFICO

6.1 La termodinámica

La termodinámica (del Griego $\theta\epsilon\rho\mu\text{-}$, "termo", que significa 'calor' y "dinámico", que significa 'fuerza') es una rama de la física que estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen de los sistemas físicos a un nivel macroscópico. Aproximadamente, calor significa 'energía en tránsito' y dinámica se refiere al 'movimiento', por lo que, en esencia, la termodinámica estudia la circulación de la energía y cómo la energía infunde movimiento. Históricamente, la termodinámica se desarrolló a partir de la necesidad de aumentar la eficiencia de las primeras máquinas de vapor. El punto de partida para la mayoría de consideraciones termodinámicas son las leyes de la termodinámica, que postulan que la energía puede ser intercambiada entre sistemas físicos en forma de calor o trabajo. También se postula la existencia de una magnitud llamada entropía, que puede ser definida para cualquier sistema. En la termodinámica se estudian y clasifican las interacciones entre diversos sistemas, lo que lleva a definir conceptos como sistema termodinámico y su contorno. Un sistema termodinámico se caracteriza por sus propiedades, relacionadas entre sí mediante las ecuaciones de estado. Éstas se pueden combinar para expresar la energía interna y los potenciales termodinámicos, útiles para determinar las condiciones de equilibrio entre sistemas y los procesos espontáneos. Con estas herramientas, la termodinámica describe cómo los sistemas responden a los cambios en su entorno. También conocido como principio de la conservación de la energía, establece que si se realiza trabajo sobre un sistema, la energía interna del sistema variará. La diferencia entre la energía interna del sistema y la cantidad de energía es denominada calor. Fue propuesto por Antoine Lavoisier. En otras palabras: La energía no se crea ni se destruye sólo se transforma. (Conservación de la energía).

6.1.2 Estados de la materia



La materia puede encontrarse en tres estados diferentes que son sólido, líquido y gas. Este estado viene determinado por la energía de las moléculas (temperatura), es decir, el agregar o quitar calor puede conducir a un cambio de estado físico de la materia.

Desde el punto de vista de los estados existentes en los circuitos frigoríficos, solo contemplaremos la evaporación y condensación.

6.1.3 Evaporación

Este proceso también se conoce con el nombre de ebullición. La principal diferencia entre el estado líquido y el estado gaseoso, estriba en que en estado gaseoso las moléculas de la sustancia están más separadas que en estado líquido. Esta separación se debe al vencimiento de los enlaces que mantenía unidas las moléculas, causado por un recibimiento de energía. Es decir, en estado gaseoso las moléculas tienen más energía que en estado líquido, y si estas moléculas pierden calor pueden volver de nuevo al estado líquido.

Resumiendo podemos afirmar que para producir la evaporación de un líquido hay que suministrarle calor, mientras que para condensar (licuar) un vapor hay que quitarle calor.

Cuando hierve un fluido, lo hace siempre a temperatura constante. Por ejemplo, todos sabemos que el agua (a nivel del mar) hierve a los 100°C.

Esta temperatura de ebullición se mantiene constante independientemente del calor que le apliquemos. El calor aplicado variará la velocidad de ebullición.

La única manera de variar la temperatura de ebullición de un líquido es variando la presión a la que está sometido.

Este efecto es el que se utilizará para extraer calor de un recinto con un equipo frigorífico, a diferencia que en lugar de agua se utilizará un fluido que hierve a una temperatura mucho más baja que la del agua (el R22 hierve a -40°C) y en consecuencia podrá absorber calor de materia a una temperatura muy inferior para poder evaporarse. Utilizaremos este fluido para enfriar el aire del recinto a refrigerar o climatizar, obligándolo a evaporarse mediante la absorción de calor del mismo aire.

En el evaporador es donde se sustrae el calor (generación de frío), por lo tanto el refrigerante, a su paso por el evaporador, ha de ser capaz de sustraer del entorno todo el calor posible y la mejor forma de hacerlo, es cambiar de estado. El cambio de estado más favorable es el proceso de evaporación.

Si disponemos un fluido en estado líquido (Refrigerante), es posible hacerlo evaporar mediante la aportación de calor; pero, dependiendo de la presión a la que está sometido, éste lo hará a una temperatura u otra.

Hay muchos factores influyentes en la temperatura del evaporador, es decir a que temperatura deberá evaporar el refrigerante. Obviamente, cuanto menos temperatura tenga el intercambiador; más rápidamente será enfriado el aire que pase a su alrededor, en contrapartida, si la temperatura es inferior a 0°C el agua que condensará el aire del recinto al ser enfriado a su paso por el evaporador, se congelará y provocará un bloqueo en el intercambiador lo cual podría provocar una posterior avería del equipo. Para evitarlo los evaporadores deben de tener una separación de aletas acorde con la función que han de desempeñar y en casos de baja temperatura disponer de sistemas de desescarche automáticos.

Visto esto podemos observar como la diferencia básica entre la evaporación del agua y la evaporación de los gases refrigerantes, es que el agua se evapora a una temperatura superior a la del cuerpo humano y por eso obtenemos la sensación de calor, mientras que los refrigerantes lo hacen a una temperatura inferior y por ese motivo obtenemos la sensación de frío.

6.1.4 Condensación

El proceso de condensación o licuación, es el encargado de la reutilización del refrigerante que ha sido ya evaporado. Este deberá volver a transformarlo al estado líquido para poder volver a evaporarlo de nuevo y reiniciar el ciclo sucesivamente.

Si tenemos un fluido en estado gaseoso, lo podemos condensar mediante la sustracción de calor (la inversa a la evaporación).

Al igual que en la evaporación, podemos variar la temperatura de condensación, variando la presión a la que el gas está sometido. Por lo tanto la función de la unidad condensadora, es elevar la presión del gas para conseguir aumentar la temperatura de condensación de tal forma que ésta sea superior a la temperatura del aire exterior (hay que tener en cuenta que en verano la temperatura exterior probablemente exceda los 35°C).

La temperatura de condensación que el equipo buscará será de unos 50°C que equivale a una presión de condensación de unos 18,5 kg/cm², con lo que el aire exterior a 35°C estará lo suficientemente frío para poder sustraer el calor al gas a través del intercambiador de calor exterior y condensarlo.

La presión de condensación variará dependiendo de la temperatura del aire exterior. Para poder aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso el equipo utiliza un compresor eléctrico.

Si aspiramos el gas procedente de la evaporación y lo comprimimos mediante un compresor, conseguiremos reducir el espacio que hay entre sus moléculas, pero estas conservarán aún una gran cantidad de energía interna (calor absorbido durante la evaporación + energía aportada por el trabajo de compresión) que no permitirá que acaben de enlazarse, y a consecuencia no permitirá que se convierta en líquido. Por este motivo es necesario extraer el calor de este gas a alta presión. La compresión del gas se realiza mediante el compresor, y la extracción de calor mediante el intercambiador térmico del exterior a través del condensador.

Una vez tenemos el refrigerante de nuevo en estado líquido, hemos de volver a reducir la presión, para poder volver a introducirlo en el evaporador (intercambiador interior). La reducción de presión se consigue mediante un dispositivo de restricción como puede ser una válvula de expansión, o el tubo capilar, que es un tubo muy fino y largo que solo permite el paso de una cantidad muy pequeña de refrigerante.

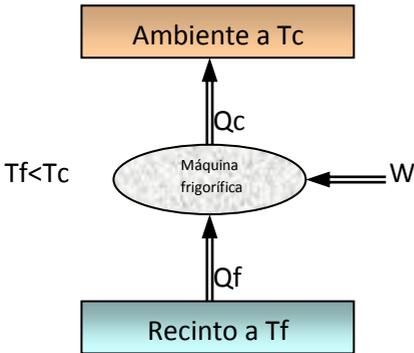
6.1.5 Ciclo de Carnot

El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico ideal reversible entre dos fuentes de temperatura, en el cual el rendimiento es máximo. Este ciclo fue estudiado por Sadi Carnot en su trabajo "Reflections sur la puissance motrice de feu et sur les machines propres developper cette puissance", de 1824. Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot. Trabaja absorbiendo una cantidad de calor Q₁ de la fuente de alta temperatura y cede un calor Q₂ a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. Como todos los procesos que tienen lugar en el ciclo ideal son reversibles, el ciclo puede invertirse. Entonces la máquina absorbe

calor de la fuente fría y cede calor a la fuente caliente, teniendo que suministrar trabajo a la máquina. Si el objetivo de esta máquina es extraer calor de la fuente fría se denomina máquina frigorífica, y si es aportar calor a la fuente caliente bomba de calor.

6.1.6 MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

INTRODUCCIÓN



- La refrigeración consiste en hacer que en una cámara o recinto la temperatura descienda por debajo de la del medio ambiente y se mantenga luego a esta baja temperatura. Como ninguna cámara o recinto es perfectamente adiabático, sino que absorbe calor del exterior, para mantener dicho recinto a esa baja temperatura, es preciso extraer calor del recinto continuo o al menos intermitentemente. Esto implica normalmente el transporte de calor de un recinto a baja temperatura al medio ambiente, a más temperatura.

-El transporte de calor se lleva a cabo por

intermedio de un fluido transportador de calor que denominaremos fluido refrigerante o simplemente refrigerante.

-Puesto que la tendencia natural es que el calor pase del foco caliente al foco frío; será preciso añadir trabajo al sistema desde fuera para invertir la tendencia y trasladar el calor desde el foco frío al caliente.

Foco caliente a T_c

-En un ciclo frigorífico se define:

$$\varepsilon = \frac{Q_f}{W} \quad \text{Como } W = Q_c - Q_f \quad \text{tendremos entonces que } \varepsilon = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f}$$

donde ε =eficiencia frigorífica.

Según los diversos textos se hablará de ε (eficiencia frigorífica), COP (coeficiente de operación) o COF (coeficiente de funcionamiento) siendo todos ellos términos equivalentes.

Se observa que $\varepsilon > 1$, lo cual es posible ya que no se trata de un rendimiento.

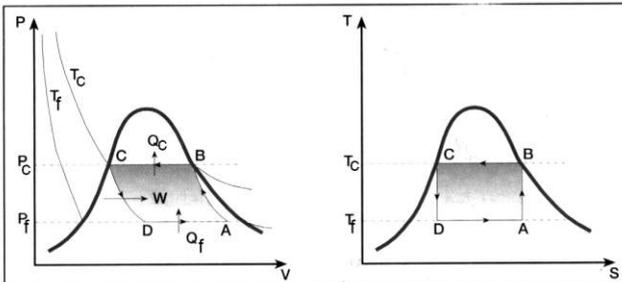
6.1.7 CICLO FRIGORÍFICO DE CARNOT

.- El principio de funcionamiento de los circuitos frigoríficos es el ciclo reversible de Carnot, pero ahora lo supondremos recorrido en sentido inverso al de antes; es decir, el contrario al de las agujas del reloj.

.- Una instalación frigorífica que funcionase de acuerdo con este ciclo constaría de los siguientes elementos básicos:

1. Compresor: Eleva la presión y la temperatura del fluido evaporado

2. Condensador: Foco caliente a T_c . Aporta Q_c al ambiente. El fluido pasa de estado de vapor a estado líquido



3. Turbina o elemento de expansión: El líquido disminuye la presión y la temperatura

4. Evaporador: Foco frío a Tf. Absorbe Qf del recinto a refrigerar. El fluido de trabajo pasa de estado líquido a estado de vapor (en el ciclo de Carnot no totalmente, en los ciclos reales si pasa todo el fluido a estado de vapor).

- Las cuatro etapas del ciclo son:

A=>B: Compresión adiabática de Pf a Pc (que además aumenta la temperatura de Tf a Tc). El compresor absorbe trabajo del exterior W que es absorbido por el fluido que estaba en estado gaseoso.

B=>C: Compresión isotérmica El fluido en estado de vapor se licúa, cediendo una cantidad de calor Qc al exterior. La temperatura del fluido permanece constante (Tc) durante este proceso de compresión isotérmica

C=>D: Expansión adiabática de Pc a Pf (que además disminuye la temperatura de Tc a Tf. En el expansor el líquido enfriado se expandiona adiabáticamente, disminuyendo su presión y su temperatura, con lo cual se vaporiza parcialmente.

D=>A: Expansión isotérmica El fluido llega al evaporador, donde se vaporiza casi en su totalidad a presión constante (Pf), absorbiendo una cantidad de calor Qf del recinto que se desea enfriar. Esta cuarta etapa es una expansión isotérmica de fluido a la temperatura Tf.

- Con el mismo razonamiento que en el ciclo de Carnot motor

$$\epsilon_c = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} = \frac{T_f}{T_c - T_f}$$

- Del mismo modo que una máquina térmica proporcionaría un trabajo máximo cuando funcionase siguiendo un ciclo de Carnot, en la operación llevada a cabo en un refrigerador se requeriría un mínimo de trabajo si dicho proceso se verificase siguiendo un ciclo de Carnot inverso.

Cualquier otra máquina (no reversible) que opere entre las mismas temperaturas poseerá una eficiencia menor, a causa de las irreversibilidades.

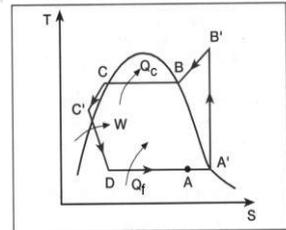
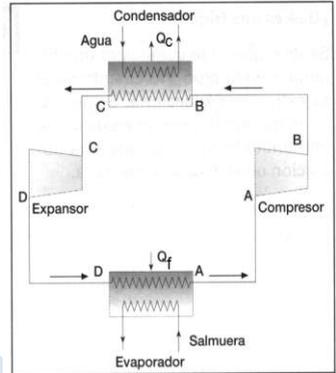
6.1.8 MÁQUINAS FRIGORÍFICAS DE COMPRESIÓN MECÁNICA

Los ciclos de refrigeración que se verifican en la práctica se diferencian del de Carnot en tres aspectos fundamentales:

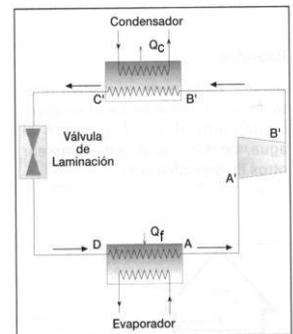
1.-La compresión se suele verificar en la región de sobrecalentamiento (A'B'), ya que resulta prácticamente imposible que la evaporación finalice en el punto A del ciclo de Carnot. Hay que tener en cuenta, además, que la presencia de líquido en el compresor originaría problemas de corrosión.

2.-El líquido condensado se somete a un Subenfriamiento (CC') antes de sufrir la correspondiente expansión.

3.-Por otra parte, el expansor podría ser una turbina; pero el trabajo obtenido resulta mucho menor que el necesario para el compresor. Por este motivo, se opta por eliminar la turbina y sustituirla por un elemento de simple expansión, como puede ser una válvula de estrangulamiento o una válvula de laminación, basadas en la disminución de presión que experimenta un fluido al pasar por un estrechamiento; de esta forma se consigue un ahorro significativo, tanto en inversión de equipo como en su mantenimiento.



Ciclo de refrigeración por compresión en un diagrama T-S.



Esquema de una máquina frigorífica de compresión mecánica.



Símbolo de una válvula de estrangulamiento o de laminación.

- La eficiencia de esta máquina frigorífica es:

$$\varepsilon = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{Q_c - Q_f} \quad , \text{ que siempre será menor que la eficiencia de Carnot al ser una máquina irreversible.}$$

6.1.9 BOMBA DE CALOR

- Las máquinas frigoríficas estudiadas hasta ahora tenían como objetivo extraer la máxima cantidad posible de calor Q_f del foco frío, con objeto de mantenerlo a una temperatura T_f inferior a la T_c del medio ambiente, sin importar en absoluto el calor cedido al foco caliente. Sin embargo, existe la posibilidad de utilizar este mismo dispositivo con finalidad de ceder la máxima cantidad posible de calor Q_c , a un sistema que actúa como foco caliente, a la temperatura T_c , absorbiendo calor del ambiente que se encuentra a una temperatura inferior T_f . En este caso, el dispositivo en cuestión recibe el nombre de bomba de calor o termo bomba.

- El funcionamiento de una bomba de calor es completamente análogo al de una máquina frigorífica.

- Como en la bomba de calor lo que interesa es que la cantidad de calor Q_c , cedido al foco caliente sea máxima, se define la eficiencia, coeficiente de funcionamiento o coeficiente de operación como:

$$\varepsilon' = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_c - Q_f} \quad \text{Nota: Comparando las eficiencias de la bomba de calor y de la}$$

máquina frigorífica se observa que $\varepsilon' = 1 + \varepsilon$

Bomba de calor reversible (equipos de aire acondicionado con bomba de calor)

a) Cuando se desea calentar en invierno un recinto determinado -es decir, que el sistema funcione como una bomba de calor-, el intercambiador situado en el interior del recinto deberá actuar como condensador.

b) En verano dicho intercambiador funcionará como evaporador, y la instalación se comportará como una máquina frigorífica.

De esta manera, se consigue acondicionar térmicamente un local, dotándolo de confort adecuado que permita el desenvolvimiento de la actividad diaria con el máximo bienestar.

APLICACIONES

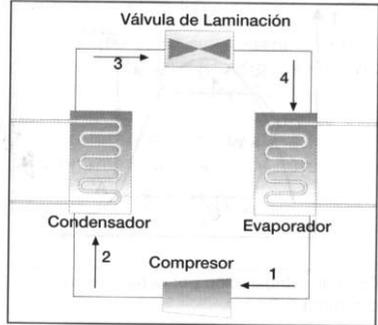
- Los ciclos de refrigeración se usan para producir frío, o dicho de otro modo, **extraer calor** (bajas temperaturas). Una aplicación inmediata de todos conocida es la conservación de los alimentos, ya sean carnes, vegetales o pescados. Y fue precisamente ésta la primera aplicación que se dio al frío. Una aplicación más reciente pero ligada con la anterior es la congelación.

Además de la industria alimentaria, la producción de frío se aplica en todo tipo de industrias metalúrgicas, mecánicas, químicas, con usos muy variados, tales como el montaje en frío de elementos mecánicos y la licuefacción de gases.

Hay que destacar también otros usos más recientes, como el acondicionamiento del aire para confort humano, la criocirugía, la conservación de medicamentos y plasma sanguíneo en medicina, etc.

- La bomba de calor se uso inicialmente para la calefacción, aunque debido a la posibilidad de invertir su funcionamiento, como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad se utilizan cómo calefacción en invierno y como sistema de refrigeración en verano (aire acondicionado reversible).

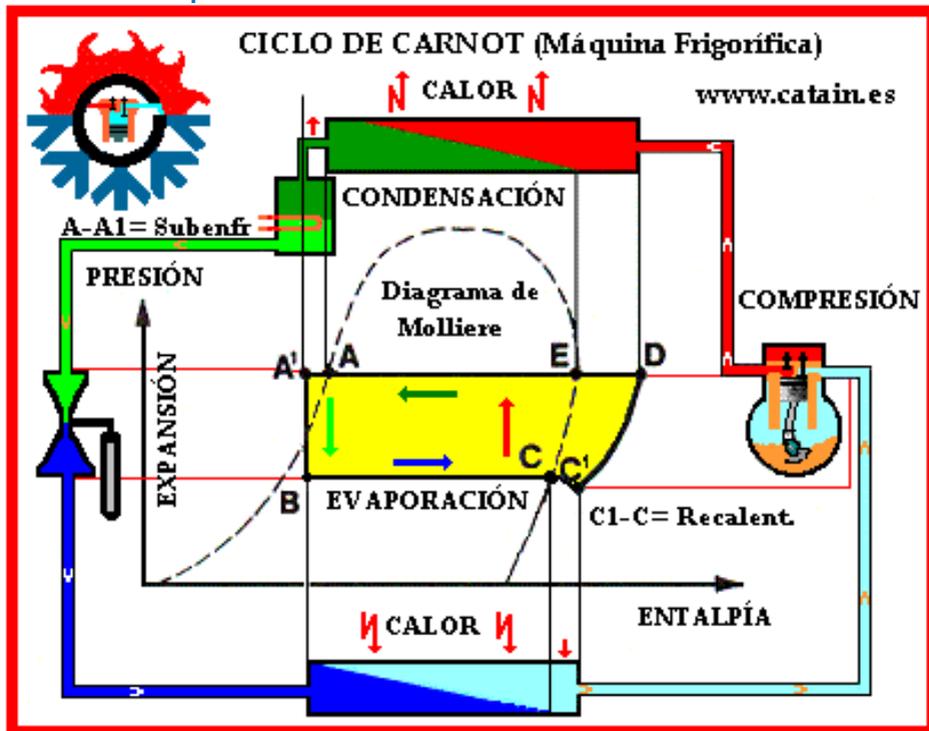
Además, en instalaciones, que necesiten a la vez aportaciones de calor y refrigeración, la bomba de calor reversible está especialmente implicada (por ejemplo una situación favorable para la



Esquema del funcionamiento de una bomba de calor.

utilización de bombas de calor es la combinación en locales con piscina climatizada y sala de patinaje sobre hielo. El agua de la piscina se calienta debido al aporte de calor que recibe del condensador, que a su vez produce hielo para la pista de patinaje).

6.2 Ciclo de compresión



En la figura anterior está representado el ciclo frigorífico con la situación de los componentes básicos con relación al diagrama de presión entalpía.

6.2 COMPONENTES DEL CICLO

6.2.1 COMPRESIÓN

6.2.1.1 Unidades Condensadoras

Son conjuntos formados por el compresor, condensador y recipiente de líquido montados en una misma bancada, cuando en la misma bancada se instalan varios compresores unidos por colectores entre sí, se les denomina Centrales Frigoríficas, estas pueden ser con condensador incorporado o a distancia.



Foto: unidad condensadora por aire (izquierda) y unidad condensadora por agua con condensador multitubular (derecha)



6.2.1.2 Compresor

Su funcionamiento es parecido al de una bomba de circulación; por un lado aspira el gas refrigerante y por el otro lo impulsa, aumentando su presión y temperatura. A su vez, claro está, posibilita la circulación del fluido a lo largo del circuito, venciendo las diferentes pérdidas de carga de la instalación.

La energía que absorbe el compresor de la red eléctrica se la cede al gas, impulsándolo, comprimiéndolo y aumentando su temperatura.

Su trabajo principal consiste en:

1. Aspirar los vapores de Refrigerante producidos en el Evaporador.
2. Comprimir estos vapores para ayudar a su condensación.

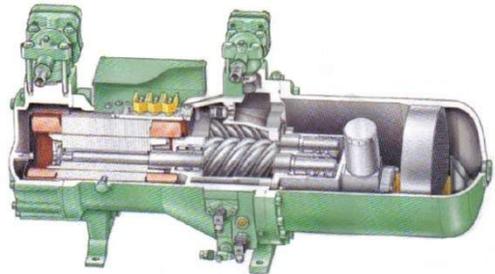
Clasificación:

Según su Hermeticidad:

- Herméticos
- Semi-herméticos
- Abiertos

Según su principio de funcionamiento:

- Alternativos
- Rotativos
- Centrífgos
- Scroll o espiral
- De tornillo



Compresor de Tornillo

Si el compresor aspira vapor más rápidamente que el que pueda producirse en el evaporador, la presión tiende a descender, y con esto la temperatura del evaporador.

Si por el contrario, el compresor aspira menos refrigerante que el que introducimos en el evaporador, la presión dentro de este, tenderá a subir.

El refrigerante sale del evaporador ligeramente recalentado, y entra en el compresor donde es comprimido.

A causa de esta compresión elevamos el refrigerante de presión y de temperatura.

El refrigerante a la salida del compresor se encuentra con el calor latente de vaporización robado en el evaporador más el calor de compresión.



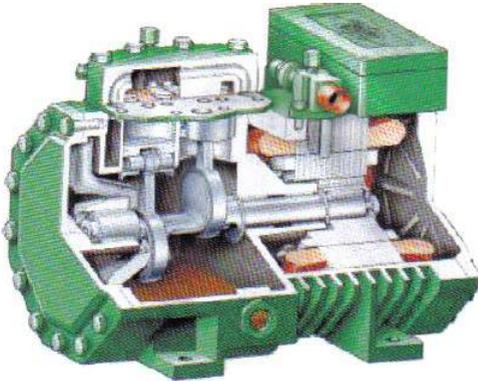
6.2.1.3 Compresores de tipo abierto

Los primeros modelos de compresores de refrigeración fueron de este tipo.

Con los pistones y cilindros sellados en el interior de un Cáster y un cigüeñal extendiéndose a través del cuerpo hacia afuera para ser accionado por alguna fuerza externa. Tiene un sello en torno del cigüeñal que evita la pérdida de refrigerante y aceite del compresor.

Este compresor ha sido reemplazado por el moto-compresor de tipo semihermético y hermético, y su uso continúa disminuyendo a excepción de aplicaciones específicas que requieran potencia medianas y centrales frigoríficas (tienen la ventaja, que ante una posible avería de motor eléctrico quemado, este no contamina el circuito frigorífico).

6.2.1.4 Moto-compresor semihermético



El compresor es accionado por un motor eléctrico montado directamente en el cigüeñal del compresor, con todas sus partes, tanto del motor como del compresor, herméticamente selladas en el interior de una cubierta común.

Se eliminan los trastornos del sello, los motores pueden calcularse específicamente para la carga que han de accionar, y el diseño resultante es compacto, económico, eficiente y básicamente no requiere mantenimiento. Las cabezas cubiertas del estator, placas del fondo y cubiertas de Carter son desmontables permitiendo el acceso para sencillas reparaciones en el caso de que se deteriore el compresor.

6.2.1.5 Moto-compresor hermético

Este fue desarrollado en un esfuerzo para lograr una disminución de tamaño y costo y es ampliamente utilizado en equipo unitario de escasa potencia.

Como en el caso del moto-compresor semihermético, el motor eléctrico se encuentra montado directamente en el cigüeñal del compresor, pero el cuerpo es una carcasa metálica sellada con soldadura. En este tipo de compresores no pueden llevarse a cabo reparaciones interiores puesto que la única manera de abrirlos es cortar la carcasa del compresor.

6.2.1.6 Funcionamiento Básico (compresores alternativos)

Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de succión se reduce la presión en el cilindro. Y cuando la presión del cilindro es menor que el de la línea de succión del compresor la diferencia de presión motiva la apertura de las válvulas de succión y fuerza al vapor refrigerante a que fluya al interior del cilindro.

Cuando el pistón alcanza el fin de su carrera de succión e inicia la subida (carrera de compresión), se crea una presión en el cilindro forzando el cierre de la válvula de succión. La presión en el cilindro continúa elevándose a medida que el cilindro se desplaza hacia arriba comprimiendo el vapor atrapado en el cilindro. Una vez que la presión en el cilindro es mayor a la presión existente en la línea de descarga del compresor, las válvulas de descarga se abren y el gas comprimido fluye hacia la tubería de descarga y al condensador.

Cuando el pistón inicia su carrera hacia abajo la reducción de la presión permite que se cierren la válvula de descarga, dada la elevada presión del condensador y del conducto de descarga, y se repite el ciclo.

Durante cada revolución del cigüeñal se produce una carrera de succión y otra de compresión de cada pistón. De modo que en los moto-compresores de 1750 rpm tienen lugar a 1750 ciclos completos de succión y compresión en cada cilindro durante cada minuto. En los compresores de 3500 rpm se tiene 3500 ciclos completos en cada minuto.

6.2.1.7 Válvulas en el compresor

La mayoría de las válvulas del compresor reciprocante son del tipo de lengüeta y deben posicionarse adecuadamente para evitar fugas.

El mas pequeño fragmento de materia extraña o corrosión bajo la válvula producirá fugas y deberá tenerse el máximo cuidado para proteger el compresor contra contaminación.



6.2.1.8 Desplazamiento del compresor

El Desplazamiento de un compresor reciprocante es el volumen desplazado por los pistones. La medida de desplazamiento depende del fabricante, por ejemplo: Copeland lo publica en metros cúbicos por hora y pies cúbicos por hora pero algunos fabricantes lo publican en pulgadas cúbicas por revolución o en pies cúbicos por minuto.

Fórmula para la cilindrada del compresor y rendimiento en Frig/hr.= $V = \frac{3.14 \cdot dd^2 \cdot s \cdot n \cdot a}{4}$

s.n.60°.a

V= Volumen/hora (m^3 /hora)

d= Diámetro del cilindro en mm

s= Carrera del pistón en mm

n= Revolución por minuto del compresor

a= Números de cilindros

Frig/hora.= V. frigorías prácticas por m^3

6.2.1.9 Volumen de espacio libre

La eficiencia de un compresor depende de su diseño. Si las válvulas están bien posicionadas, el factor más importante es el volumen del espacio libre (espacio muerto).

Una vez completada la carrera de compresión todavía queda cierto espacio libre el cual es esencial para que el pistón no golpee contra el plato de válvulas.

Existe además otro espacio en los orificios de la válvula de descarga puesto que estos se encuentran en la parte superior del plato.

Este espacio residual que no es desalojado por el pistón al fin de su carrera, se denomina volumen de espacio libre. Que permanece lleno con gas comprimido y caliente al final de la carrera de compresión. Cuando el pistón inicia el descenso en la carrera de succión, se expande el gas residual de elevada presión y se reduce su presión. En el cilindro no puede penetrar vapor de la línea de succión hasta que la presión en el se reduzca a su valor menor que el de la línea de succión. La primera parte de la carrera de succión se pierde bajo un punto de vista de capacidad, ya que a medida que se aumenta la relación de compresión, un mayor porcentaje de la carrera de succión es ocupada por el gas residual.

6.2.1.10 Lubricación:

Siempre debe de mantenerse un adecuado suministro de aceite en el cárter, para asegurar una continua lubricación. En algunos compresores la lubricación se efectúa por medio de una bomba de aceite de desplazamiento positivo.

6.2.1.11 Enfriamiento del compresor:

Los compresores enfriados por aire requieren un flujo adecuado de aire sobre el cuerpo del compresor para evitar su recalentamiento. El flujo de aire procedente del ventilador debe de ser descargado directamente sobre el moto-compresor.

Los compresores enfriados por agua están equipados con una camisa por la que circula el agua o están envueltos con un serpentín de cobre. El agua debe de fluir a través del circuito de enfriamiento cuando el compresor está en operación. Los moto-compresores enfriados por refrigerante se diseñan de modo que el gas de succión fluya en torno y a través del motor para su enfriamiento. A temperatura de evaporación por debajo de -18°C o 0°F es necesario un enfriamiento adicional mediante flujo de aire puesto que la densidad decreciente del gas refrigerante reduce su propiedad de enfriamiento.

6.2.1.12 Capacidad del compresor:

Los datos de capacidad los facilita el fabricante de cada modelo de compresor para los refrigerantes con los que puede ser utilizado. Estos datos pueden ofrecerse en forma de curvas o tablas, e indica la capacidad en W. / hora, a diversas temperaturas de succión y de descarga.

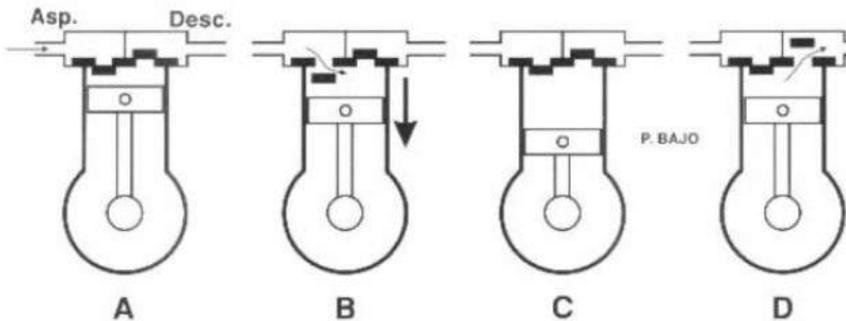
6.2.1.13 Compresores de dos etapas

Se han desarrollado los compresores de dos etapas para aumentar la eficiencia cuando las temperaturas de evaporación se encuentran en la gama de -35°C a -62°C .

Estos compresores se dividen internamente en baja o alta. Los motores de tres cilindros tienen dos cilindros en la primera etapa y uno en la segunda, mientras que los modelos de seis cilindros tienen cuatro en la primera y dos en la segunda.

6.2.1.14 Alternativos

Fases de funcionamiento:



6.2.1.15 Rotativos

Este tipo de compresores encuentra aplicación en el campo de los compresores pequeños.

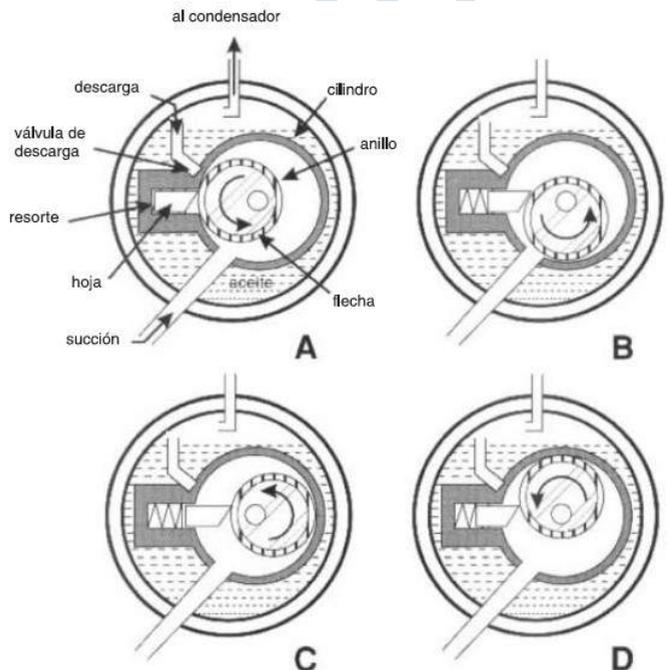
Los compresores rotativos de uso común responden a dos diseños generales.

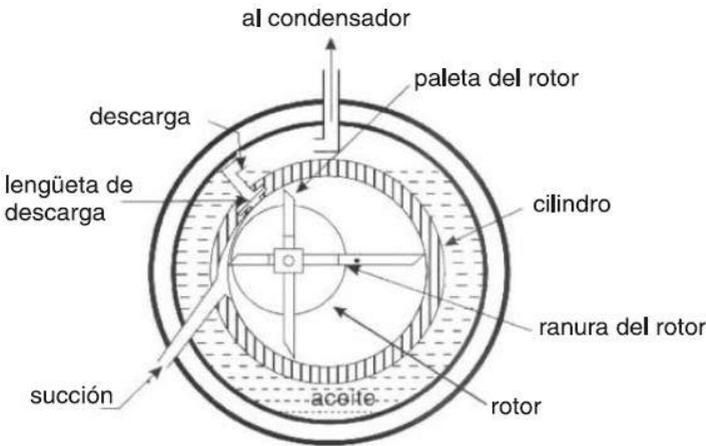
Uno de ellos emplea un rodillo cilíndrico de acero, que gira sobre una flecha excéntrica, montada concéntricamente en un rodillo.

Debido a la excentricidad de la flecha, el anillo cilíndrico es excéntrico con el cilindro y toca la pared de éste en el punto de claro mínimo. Al girar la flecha, el rodillo se desliza alrededor de la pared del cilindro, en contacto con la pared y en el mismo sentido de la rotación de la flecha. Una hoja empujada por un resorte, montada en una ranura de la pared del cilindro, hace contacto fuertemente con el rodillo en todo momento. La hoja se mueve hacia dentro y hacia fuera de la ranura del cilindro, siguiendo al rodillo, conforme gira éste alrededor de la pared del cilindro.

La forma de comprimir el vapor de refrigerante se ilustra en las figuras anteriores.

Otro diseño del compresor rotativo es el que utiliza una serie de paletas u hojas rotatorias que se instalan a distancias iguales alrededor de la periferia de un rotor ranurado.





La flecha del rotor está montada excéntricamente en un cilindro de acero, de manera que el rotor toca casi la pared del cilindro en un lado, estando separados ambos solamente por una película de aceite en este punto.

En el punto opuesto a éste, el claro entre el rotor y la pared del cilindro, es máximo. Las paletas se mueven hacia dentro y hacia fuera, en forma radial, en

las ranuras del rotor, al seguir el contorno de la pared del cilindro por la acción de la fuerza centrífuga desarrollada por el rotor al girar. Pudiendo también utilizarse resortes para este efecto.

El vapor de succión arrastrado al cilindro a través de lumbreras de succión en la pared del mismo, queda atrapado entre dos paletas adyacentes. El vapor es comprimido al girar las paletas del punto de máximo claro del rotor

6.2.1.16 Centrífugos

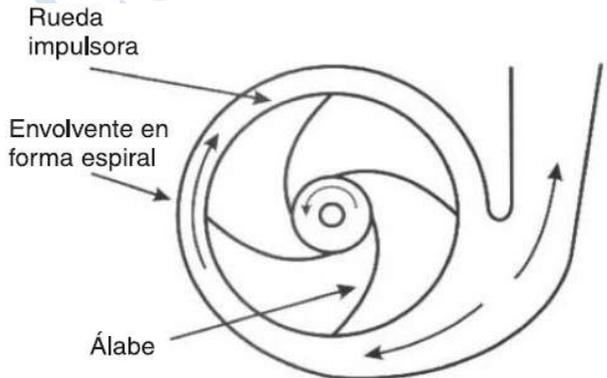
El compresor centrífugo consiste esencialmente, en una o varias ruedas impulsoras, montadas sobre una flecha (eje) de acero y encerradas en una cubierta de hierro fundido.

El número de impulsores (turbinas) empleados depende principalmente de la magnitud de la presión que queremos desarrollar durante el proceso de compresión.

Los compresores de un sólo impulsor se llaman "de una sola etapa", los de dos impulsores "de dos etapas", etc.

Las ruedas impulsoras rotativas son esencialmente las únicas partes móviles del compresor centrífugo y por lo tanto son la fuente de toda la energía impartida al vapor durante el proceso de compresión.

La acción del impulsor es tal, que tanto la columna estática como la velocidad del vapor, aumenta por la energía que se imparte el mismo. La fuerza centrífuga aplicada al vapor confinado entre los álabes del impulsor y que gira con los mismos, a causa la auto compresión del vapor en forma similar a la que se presenta con la fuerza de la gravedad que hace que las capas superiores de una columna de gas compriman a las inferiores.



Los compresores centrífugos por tanto son esencialmente máquinas de alta velocidad. Las velocidades rotatorias comunes varían entre 3.000 y 8.000 rpm. usándose velocidades más altas en algunos casos.

6.2.1.17 Scroll o espiral

Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas, como podemos ver en la figura.

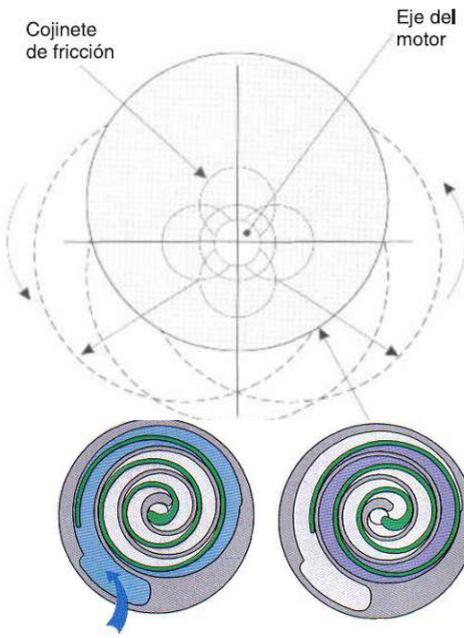
Las espirales se disponen cara contra cara. Siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga. La inferior es la espiral motriz.

Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies.

El centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motor están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil.



En la figura siguiente se muestra el giro del eje motor que hace que la espiral describa una órbita alrededor del centro del eje y no una rotación.



EI

movimiento orbital permite a los espirales crear bolsas de gas, y, como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.

Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas.

Al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de gas.

Durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente.

La finalización del segundo giro produce la máxima compresión.

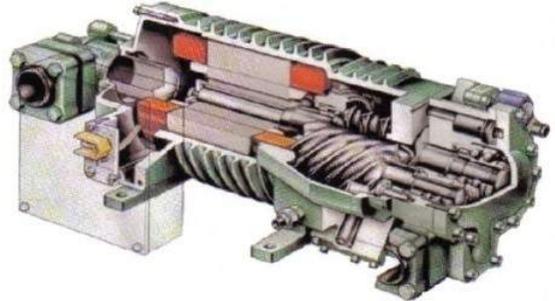
Durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta descargada.

Finalmente al acabar el giro, el volumen del gas en las bolsas se reduce a cero, "exprimiendo" al gas remanente fuera de las caracolas.

Mirando el ciclo completo destacamos las tres fases: A) aspiración, B) compresión C) descarga, y vemos que las tres se producen simultáneamente sin ningún tipo de secuencia.

6.2.1.18 De tornillo

En vez de un impulsor, el compresor de tornillo utiliza dos tornillos para producir la compresión del gas refrigerante.



El par de tornillos se halla montado en el interior de una carcasa con tolerancias de fabricación muy ajustadas.

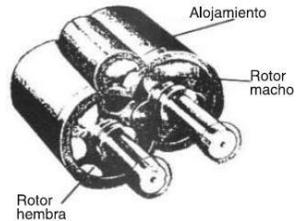
Mirando desde la parte final de los rotores, el que se encuentra a la derecha es el rotor macho o conductor y está accionado por el motor. En cada giro el perfil del rotor macho ó conductor engrana y conduce el rotor hembra ó conducido, situado a la izquierda produciendo en las dos piezas movimientos opuestos.

El funcionamiento del compresor de tornillo es de desplazamiento positivo.

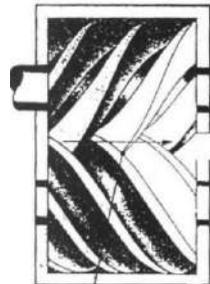
Su ciclo comienza cuando el gas a la presión de aspiración entra a través de la galería de aspiración que se encuentra situada en la parte inferior de la carcasa.

Al entrar el gas llena los espacios o bolsas formadas por los perfiles de los rotores.

Girando la sección del compresor 90°, podemos apreciar que cuando la bolsa de gas supera la galería de aspiración, la carcasa sella esta bolsa. Continuando la rotación de los tornillos, los perfiles del macho y la hembra se van ensamblando.



Continuando la rotación, el punto de contacto de los perfiles se desliza hacia la galería de descarga, conduciendo el gas contenido en las bolsas, hacia esa galería. Al mismo tiempo, se va produciendo una reducción progresiva del volumen de éstas bolsas comprimiendo el gas.



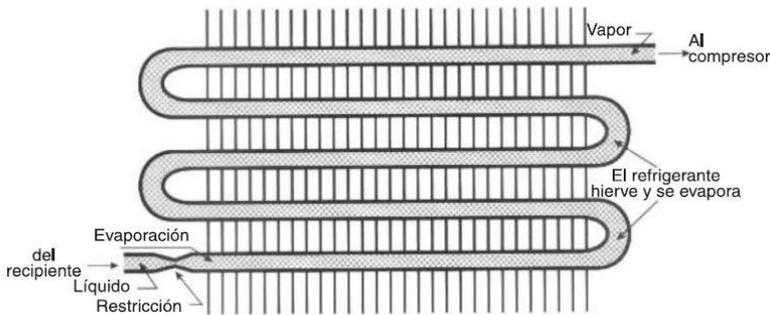
Finalmente, cuando el gas comprimido entra en contacto con la galería de descarga, es impulsado. Y, como en la rotación del compresor continua, el volumen de la bolsa de refrigerante es reducido a cero, "expulsando" el gas remanente en estas cavidades. Es muy importante resaltar que el gas entra y sale del compresor a través de galerías, por lo que no se utiliza ningún tipo de válvulas. Los compresores con este tipo de diseño se denominan compresores sin válvulas.

6.3 EVAPORACIÓN

6.3.1 Evaporador

Como todo el mundo sabe, para evaporar un líquido (pasar del estado líquido al gaseoso) hace falta suministrarle una cantidad de calor. Desde el puchero de la cocina hasta las calderas industriales, se necesita una fuente de calor que nos permita efectuar esta transformación.

Toda persona ha experimentado frío después de sudar, esto es debido al calor que absorbe el sudor del cuerpo para evaporarse y pasar a la atmósfera; es el sistema que utilizan los seres humanos para evitar que la temperatura del cuerpo suba en exceso. Los estanques que poseen algunos edificios en su azotea tienen esta misma función; el agua se evapora absorbiendo calor del edificio. Quién no se ha preguntado alguna vez el por qué de ese invento, puesto a pleno sol, pueda mantener el agua fresca. En el caso del botijo, la razón es la misma, la arcilla del botijo es porosa y deja filtrarse pequeñas cantidades de agua que al evaporarse absorben calor, enfriando su



contenido.

Todos los líquidos actúan de esta misma manera, si bien lógicamente para aplicaciones específicas se usan unos líquidos determinados. En refrigeración, comúnmente, los compuestos halogenados.

El evaporador es uno de los componentes principales de toda instalación frigorífica, porque en él es donde verdaderamente producimos el frío, absorbiendo calor del ambiente que lo rodea, para evaporarse el líquido refrigerante que circula por su interior.

Consisten en unos recipientes cerrados de paredes metálicas formados generalmente por tubos agrupados en uno o más serpentines.

6.3.2 Clasificación

Según el sistema de expansión:

Evaporadores secos

Evaporadores semi-inundados

Evaporadores inundados

Según su construcción:

Tubo liso

Tubo y aletas de Placas

Según el sistema de enfriamiento:

Aire forzado

Convección natural

Contacto directo

El refrigerante que le llega al evaporador en estado líquido, pasa a estado vapor. Este cambio de estado produce un enfriamiento en el fluido que se pone en contacto con él.

El evaporador en los equipos domésticos se compone de un tubo que suele llevar unas aletas al exterior, por lo que su textura se asemeja al radiador de un coche. Por un extremo se alimenta a través de una válvula de un fluido refrigerante, contenido en una botella a presión.

Por el exterior del tubo circula aire, movido por la acción del ventilador. El fluido refrigerante juega el papel del sudor y se supone que está a una temperatura de +3°C, mientras que el aire en la entrada del evaporador tiene un nivel térmico de 25°C.

Al estar más caliente el aire que el refrigerante, pasa calor desde el primero al segundo, por lo que el aire se enfría cediendo su energía al refrigerante.

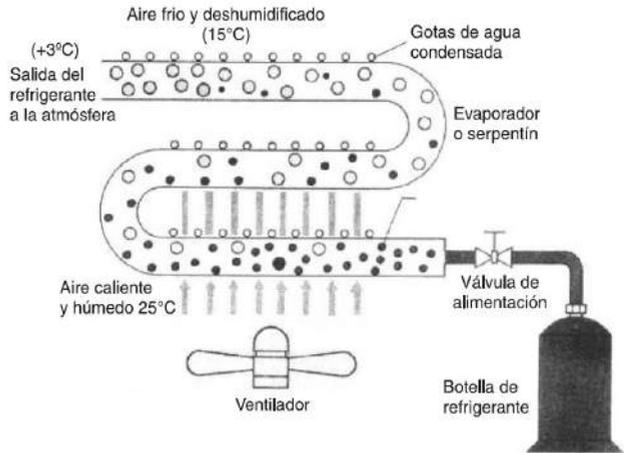


Este, en lugar de calentarse, hierve, transformándose en vapor.

A la salida del evaporador el aire está más frío que a la entrada, y el refrigerante se encuentra totalmente vaporizado.

El enfriamiento del aire es tan intenso que además abandona sobre la superficie del evaporador una parte del vapor de agua; de aquí que el aire salga no solo más frío, sino también menos húmedo que a la entrada. Hay que recalcar que el refrigerante a la salida del evaporador lleva toda la energía que le ha robado al aire.

Se observa en la figura siguiente, que el evaporador es quien realiza esa función de descarga transfiriendo la carga térmica desde el aire de retorno al refrigerante.



Fórmula para la superficie del evaporador: S= F: K (T₁-T₂)

S= Superficie del evaporador (m²)

F= Frigorías horarias a eliminar de la cámara

K= Coeficiente de transmisión del evaporador

T₁= Temperatura interior de la cámara

T₂= Temperatura evaporación del refrigerante

6.3.3 EVAPORADORES FRIMETAL CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los evaporadores fabricados por FRIMETAL están concebidos para satisfacer todas las necesidades que exige el mercado actual de la refrigeración.

Para ello contamos con una amplia gama de modelos que incluye evaporadores de tipo cúbico (series FR, EC y GR), de plafón y doble descarga de aire (series PL, PI y TT), murales para túneles de oreo o congelación (serie MR), evaporadores con motores centrífugos (serie FC), pequeños modelos para muebles frigoríficos (serie MV), modelos de baja velocidad de aire (serie FBV), estáticos (serie SN) y modelos para amoníaco (series GNH y TNH).

Dentro de las series cúbicas y de plafón existen modelos comerciales con ventiladores monofásicos para pequeñas y medianas instalaciones y modelos industriales con ventiladores trifásicos y elevada potencia frigorífica para grandes cámaras o túneles.

Los modelos de plafón pueden fabricarse en versión normal N o silenciosa S con motores de menor velocidad y nivel sonoro para aquellos casos como salas de trabajo o aplicaciones de climatización que así lo requieran o para evitar proyecciones al exterior de gotas de agua arrastradas de la batería y procedentes de la condensación del aire.

Se fabrican con distintas posibilidades de separación de aletas desde 2,8 hasta 12mm en función de la aplicación para cada temperatura de cámara.

Las baterías intercambiadoras están fabricadas con tubo de cobre y aletas de aluminio corrugadas de alta eficiencia con lo que se consigue en todos los casos un elevado rendimiento frigorífico.

Las carrocerías están construidas con chapa de aluminio en unos casos y galvanizada en otros, lacadas con resina de poliéster en color blanco RAL-9002 con buena terminación, gran rigidez estructural y elevada resistencia a la corrosión.

Todos los evaporadores cumplen con los requerimientos que les son aplicables de las Directivas Europeas de Máquinas 98/37/CE, de Baja Tensión 73/23/CEE y de Equipos a Presión 97/23/CE.

CÁMARA	SEPARACIÓN DE ALETAS	APLICACIÓN
+10°C	De 2,8 a 4,2mm	Género fresco delicado, salas de trabajo
0/+2°C	De 3,3 a 6mm	Conservación género fresco
-18/-25°C	De 6 a 9mm	Conservación productos congelados
-40°C	De 9 a 12mm	Túneles de congelación rápida

OPCIONES

DESESCARCHES

Eléctrico

Mediante resistencias blindadas de acero inoxidable repartidas por el interior de la batería y por debajo de la bandeja interior de goteo. Con conexiones estancas vulcanizadas y conectadas a una caja de conexiones con protección IP-55.

La gama GR se ofrece con dos posibilidades de desescarche con diferente número de resistencias y potencia calorífica: desescarche normal E1 y desescarche reducido E0.

También se ofrecen resistencias circulares para su colocación alrededor de los ventiladores.

Por agua (gamas FR y GR)

Unas "duchas" rectangulares de aluminio se encargan de repartir el agua del desescarche por la parte superior de la batería, descongelando toda la superficie aleteada. El agua se recoge en la bandeja de desagüe. Incorporan una bandeja recoge gotas en la parte trasera para reconducir al desagüe el agua salpicada al exterior por detrás de la batería.

Gases calientes

Los modelos adaptados para este tipo de desescarche incorporan:

- Una toma en forma de "T" antes del distribuidor de líquido para la entrada de los gases calientes a la batería

- Un serpentín por debajo de la bandeja interior de desagüe para su desescarche

Inversión de ciclo

Los modelos adaptados para este tipo de desescarche incorporan:

- Batería con distribuidor de líquido y dos colectores, para permitir el funcionamiento reversible de la unidad como evaporador (fase producción frío) o condensador (ciclo invertido para desescarche).

- Un serpentín por debajo de la bandeja interior de desagüe para su desescarche.

Nota: En los desescarches por gases calientes y por inversión de ciclo se pueden realizar adaptaciones particulares a las necesidades de cada cliente (consultar nuestro Departamento Técnico)

VENTILADORES

Todos los ventiladores trifásicos de las gamas FR (industrial), GR, GNH, TT, TNH, PI, MR son de dos velocidades según conexión Ø/Y.

De fábrica salen conectados a alta velocidad (Ø). En la caja de conexiones de cada ventilador se puede hacer fácilmente el cambio a baja velocidad (Y). Esta posibilidad permite reducir el caudal de aire (por ejemplo en casos en los que se produzcan proyecciones de gotas de agua condensadas en la batería al exterior) y el nivel sonoro cuando las condiciones lo requieran. Para obtener los caudales de aire y las capacidades de los evaporadores a baja velocidad, multiplicar los datos que se dan en los catálogos (conexión Ø) por 0,77 para el caudal de aire y por 0,87 para las capacidades.

- Para cada gama se ofrecen ventiladores de diferentes características de los estándar como pueden ser de 60Hz, monofásicos o trifásicos, de tipo tubular, con mayor o menor velocidad etc., (consultar Departamento Técnico de FRIMETAL para mayor información).

- También hay posibilidad en algunas de las gamas de solicitar embocaduras para mejorar la proyección del aire o para acoplar conductos textiles.

TRATAMIENTOS ANTICORROSIÓN

Para los tubos:

- Tubos de cobre cincado o estañado

- Tubos de acero inoxidable

Para las aletas:

- Aletas de aluminio pre lacadas

- Aletas de cobre

- Aletas de acero inoxidable

Para la batería:

- Batería tratada con resina poliuretano

- Batería con tratamiento especial BLYGOLD

OTRAS OPCIONES

- Circuitos para agua, agua glicolada u otras sales o refrigerantes líquidos.

- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco, tanto en sistema de bombeo como de expansión directa. Hay gamas de evaporadores específicas para amoniaco como son los GNH y TNH, pero cualquier modelo de evaporador se puede adaptar a su funcionamiento con amoniaco fabricando su batería con tubo de acero inoxidable (consultar Departamento Técnico de FRIMETAL para casos concretos)
- Bandeja de desagüe aislada con amaflex.
- Se puede fabricar cada evaporador con características constructivas, dimensionales o de capacidad diferentes de las de los modelos estándar y adaptadas a las necesidades particulares de nuestros clientes.

6.3.4 CALCULO DE LA CAPACIDAD FRIGORÍFICA

Nomenclatura utilizada

Tc.- Temperatura del aire en la cámara a la entrada del evaporador °C

Te.-Temperatura de evaporación °C

$\Delta t1$.- Salto térmico (Tc – Te)

HR.- Humedad relativa de la cámara

Qev.- Capacidad del evaporador en las condiciones dadas

Qn.- Capacidad Nominal del evaporador

En los catálogos se especifica siempre la Capacidad Nominal y las Capacidades de Aplicación más habituales en cada caso.

Capacidad Nominal (Tc= 0°C $\Delta t1=8K$)

Es la capacidad con refrigerante R-404A (o amoniaco bombeado en los modelos GNH y TNH) según la norma ENV 328 condición 2 incrementada en un 25% correspondiente a unas condiciones de humedad de la cámara normales (80-90%).

Capacidad de Aplicación

Es la capacidad del evaporador para distintas temperaturas de cámara correspondientes a las aplicaciones más habituales de cada serie en función de la separación de aletas.

Para condiciones diferentes de las de aplicación, utilizar el método general explicado a continuación.

6.3.5 SELECCIÓN DE UN EVAPORADOR

El salto térmico $\Delta t1$

El salto térmico $\Delta t1=Tc-Te$, es la diferencia entre la temperatura del aire en la cámara a la entrada del evaporador Tc y la temperatura de evaporación Te y hay que determinarlo previamente a la selección del evaporador. Cuanto menor sea el salto térmico seleccionado, el evaporador obtenido será de mayor tamaño.

El salto térmico depende de varios factores como la temperatura de la cámara, el tipo de género a enfriar, la humedad relativa, etc.

En general, cuanto menor sea la temperatura de la cámara, menor deberá ser el salto térmico seleccionado. Por otra parte, a mayor salto térmico le corresponde menor humedad relativa HR en la cámara y la relación entre ambos parámetros evoluciona aproximadamente según el diagrama GR1.

Los factores Fc y Fr

Una vez fijado el salto térmico $\Delta t1$, y sabiendo la temperatura de la cámara Tc, se tiene también la temperatura de evaporación Te, según la relación explicada anteriormente.

Con estos datos, entrando en el diagrama GR2 se tiene el factor de corrección Fc.

Conociendo el refrigerante a utilizar, se obtiene el factor Fr según el cuadro siguiente.

FACTOR DEL REFRIGERANTE - REFRIGERANT FACTOR		
R -404 A = 1	R-22 = 0,95	R-134a = 0,90

Cálculo de la Capacidad Nominal Qn

Si la capacidad frigorífica del evaporador en las condiciones dadas de trabajo es Qev, la capacidad Nominal del evaporador Qn será la siguiente:

Entrando en la tabla de datos del evaporador de la gama elegida, se selecciona el modelo que tenga la Capacidad Nominal que más se aproxime por arriba a Qn.

$$Q_n = \frac{Q_{ev}}{F_c \times F_r}$$

En el sitio Web www.frimetal.es hay disponible un programa de descarga libre que permite la selección rápida de un evaporador de cualquier gama de las fabricadas por FRIMETAL, a partir de los datos y condiciones de trabajo.

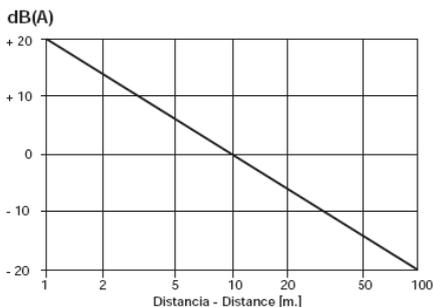
NIVEL SONORO

En las tablas de datos de algunos modelos de evaporadores se indica la presión sonora dB(A) en un recinto sin reflexiones, a una distancia de 10m y con un ángulo de 30º sobre el plano definido por el ventilador.

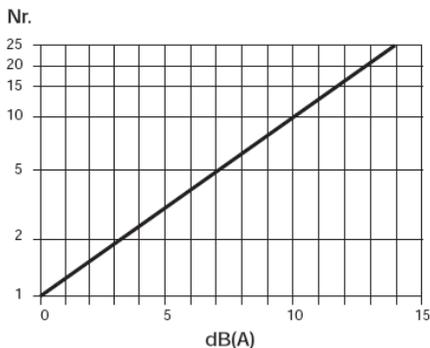
Para otras distancias, el nivel sonoro se calcula aplicando a los datos del catálogo la corrección del gráfico GR3.

Si hay varias unidades evaporadoras, con el gráfico GR4 se calcula el incremento del nivel sonoro total en función de su número.

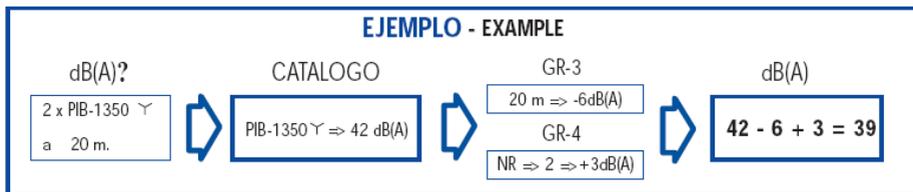
GR-3



GR-4



EJEMPLO - EXAMPLE



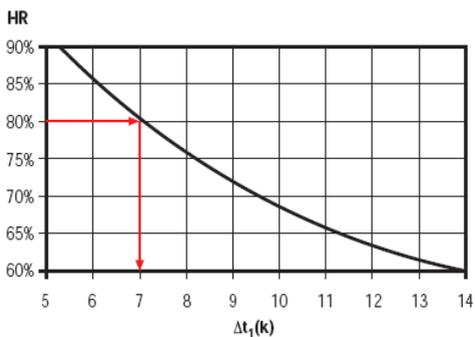
Como en la práctica las condiciones de montaje y operativas son diferentes de las de laboratorio, los datos de nivel sonoro deben ser utilizados solamente para fines comparativos.

PROYECCIÓN DE AIRE

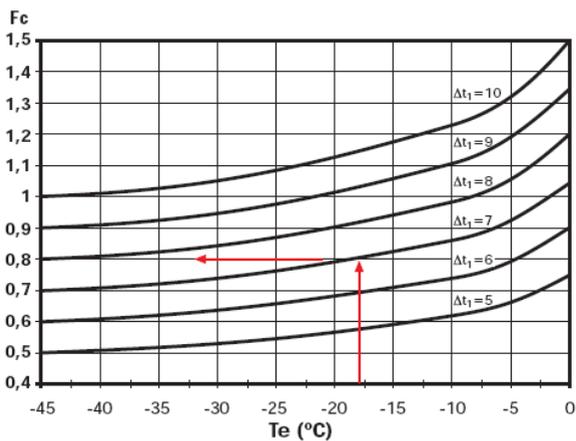
En algunos catálogos se especifica la proyección del aire. Este dato es la distancia o flecha aproximada a la que llega el aire que sale proyectado de los ventiladores hasta llegar a una velocidad residual de 0,25m/s, suficiente para la renovación del aire en esa zona.

Para que en la práctica se cumplan los datos de proyección, es necesario que las condiciones de la cámara en lo que se refiere a la colocación del género, la distribución de los pasillos, la forma del techo etc. reúnan las condiciones necesarias para permitir una adecuada circulación del aire.

GR-1



GR-2



EJEMPLO DE SELECCION FR - SELECTION EXAMPLE FR

GR-1

GR-2

Qev = 32.000 W
Tc = -11°C
HR = 80%
R-404A

Δt1 = 7 K

Tc = -11°C
Δt1 = 7 K
Te = -18 K

Fc = 0,8

$$Q_n = \frac{Q_{ev}}{F_c \times Fr} = \frac{32.000 \text{ W}}{0,8 \times 1} = 40.000 \text{ W}$$

FRM - 2430
FRB - 2160

6.3.6 APLICACIONES AERO EVAPORADORES CÚBICOS**Serie FRA**

Géneros frescos o delicados por encima de +5° C y salas de trabajo.

Serie FRM

Conservación de géneros frescos a 0/+2° C o de congelados hasta -18° C.

Serie FRB

Conservación de congelados a baja temperatura hasta -30° C.

Serie FRL

Cámaras de muy baja temperatura y túneles de congelación hasta -40° C.

✓ Batería de elevada eficiencia frigorífica con tubo de cobre estriado interiormente y aletas de aluminio corrugadas, entregada con circuito cerrado y presión remanente de aire seco y válvula de obús. Módulos independientes para cada ventilador.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores de rotor externo, protección IP-54, protección térmica (termo contacto), monofásicos 230V de Ø300 y Ø400 mm (gamas comerciales) y trifásicos 400V dos velocidades de Ø500 y Ø630 mm (gamas industriales).

**OPCIONES**

- Desescarches: eléctrico, por agua, gases calientes e inversión de ciclo.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Embocaduras de proyección de aire o para conductos.
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Resistencias circulares para los ventiladores.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco.

Serie FRM comercial		Rendimientos con R-404A					Paso Aletas 4,2 mm					[MODELO ...]	
Modelo FRM		110	145	170	240	260	320	455	510	580	860	1140	
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=0°C	W	1.440	2.430	3.100	3.960	4.860	6.200	7.430	9.140	11.550	17.330	21.920
	Dt1=10K TC=+10°C	W	2.160	3.650	4.650	5.940	7.290	9.300	11.150	13.710	17.330	26.000	32.880
	Dt1=7K TC=-18°C	W	1.110	1.870	2.390	3.050	3.740	4.770	5.720	7.040	8.890	13.340	16.880
Superficie	m ²	4,6	9,3	13,9	13,9	18,5	27,8	28,7	31,5	47,2	70,8	86,0	
Volumen Interior	dm ³	1,0	2,1	3,1	2,9	3,9	5,8	5,9	6,5	9,8	14,4	17,4	
Caudal Aire	m ³ /h	1.500	1.430	1.370	2.920	2.860	2.740	4.380	5.580	5.380	8.070	10.440	
Proyección Aire	m	12	12	11	14	14	13	14	14	14	15	16	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	1,2	1,9	2,5	3,2	3,9	5,0	5,9	7,3	9,2	13,9	17,5	

Serie FRA comercial		Rendimientos con R-404A					Paso Aletas 2,8 mm					[MODELO ...]	
Modelo FRA		150	200	250	375	420	520	730	830	890	1150	1420	
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=0°C	W	1.810	2.890	3.480	4.860	5.780	6.960	8.840	10.890	13.340	20.000	25.200
	Dt1=10K TC=+10°C	W	2.720	4.340	5.220	7.290	8.670	10.440	13.260	16.340	20.010	30.000	37.800
Superficie	m ²	6,8	13,6	20,4	20,4	27,2	40,7	42,0	46,1	69,1	103,7	125,9	
Volumen Interior	dm ³	1,0	2,1	3,1	2,9	3,9	5,8	5,9	6,5	9,8	14,4	17,4	
Caudal Aire	m ³ /h	1.470	1.380	1.310	2.840	2.760	2.620	4.230	5.400	5.180	7.770	10.000	
Proyección Aire	m	12	11	11	14	13	13	14	14	14	15	16	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	1,4	2,3	2,8	3,9	4,6	5,6	7,1	8,7	10,7	16,0	20,2	

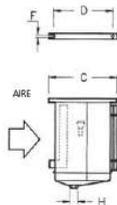
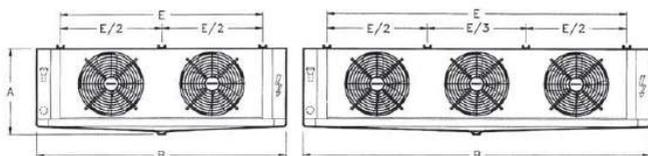
Datos comunes

		n° x Ø	1 x 300	1 x 300	1 x 300	2 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	2 x 400	3 x 400	4 x 400
Ventiladores 230/ V/1/50 Hz	A	0,38	0,38	0,38	0,76	0,76	0,76	1,14	1,50	1,50	2,25	3,0	
	W	80	80	80	160	160	160	240	320	320	480	640	
Desescarche 400 V/3	Batería	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	
	Bandeja	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Dimensiones en mm	W	1.100	1.650	1.650	3.300	3.300	3.300	5.100	4.200	5.600	8.400	10.200	
	A	415	415	415	415	415	415	415	550	550	550	550	
	B	860	860	860	1.410	1.410	1.410	2.010	1.710	1.710	2.410	2.860	
	C	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	
	D	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
	E	580	580	580	1.130	1.130	1.130	1.730	1.430	1.430	2.130	2.580	
Peso Neto	FRM	Kg	19	21	23	34	36	39	52	46	54	79	98
	FRA	Kg	20	22	25	36	38	43	55	49	59	86	107
Conexiones FRM y FRA	E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8
	S	16	16	16	22	22	22	22	28	28	35	35	

NOTAS:

- "E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica.
- "GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente.
- "A" puesta al final del modelo significa desescarche agua.

GAMA - RANGE - GAMME - REHE	F Ø mm	H
COMERCIAL/COMMERCIAL/COMMERCIALE/HANDELS	13	g 1"
INDUSTRIAL/INDUSTRIAL/INDUSTRIELLE/INDUSTRIE	21	Ø 1-1/2"



Serie FRM industrial		Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 4,2 mm				[MODELO ...]
Modelo FRM		850	950	1290	1780	2430	2590	3500	4490	4800
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=+0°C W	15.620	18.110	28.350	33.340	42.530	51.450	57.230	77.180	85.840
	Dt1=10K TC=+10°C W	23.430	27.170	42.530	50.010	63.800	77.180	85.850	115.770	128.760
	Dt1=7K TC=-18°C W	12.030	13.940	21.830	25.670	32.750	39.620	44.070	59.430	66.100
Superficie	m ²	65	87	111	148	167	180	240	270	360
Volumen Interior	dm ³	13	18	22	29	32	35	46	51	68
Caudal Aire	m ³ /h	6.700	6.360	12.400	12.000	18.600	23.400	22.000	35.100	33.000
Proyección Aire	m	17	16	19	18	21	32	31	33	32
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	12,5	14,5	22,7	26,7	34,0	41,2	45,8	61,7	68,7

Características

Ventiladores 400 V 3 50 Hz	n° x Ø	1 x 500	1 x 500	2 x 500	2 x 500	3 x 500	2 x 630	2 x 630	3 x 630	3 x 630
	A	1,35	1,35	2,7	2,7	4,05	6,2	6,2	9,3	9,3
	W	780	780	1.560	1.560	2.340	3.700	3.700	5.550	5.550
Desescarche 400 V/3	Batería	4	6	4	6	4	6	8	6	8
	Bandeja	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dimensiones en mm	W	6.000	8.000	10.200	13.600	15.300	16.000	20.000	24.000	30.000
	A	785	785	785	785	785	1.025	1.025	1.025	1.025
	B	1.420	1.420	2.120	2.120	2.970	2.420	2.420	3.420	3.420
	C	660	660	660	660	660	660	660	660	660
	D	600	600	600	600	600	600	600	600	600
	E	1.040	1.040	1.740	1.740	2.590	2.040	2.040	3.040	3.040
	E/2			870	870	870	1.020	1.020	1.020	1.020
E/3					850			1.000	1.000	
Peso Neto	Kg	82	97	135	158	193	205	236	312	358
Conexiones	E (mm)	16	16	16	22	22	28	28	28	28
	S (mm)	35	35	42	54	54	66	66	66	66

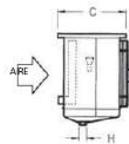
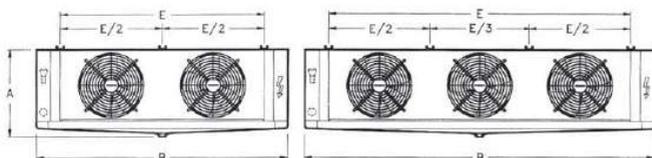
NOTAS:

"E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica.

"GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente.

"A" puesta al final del modelo significa desescarche agua.

GAMA - RANGE - GAMME - REIHE	F Ø mm	H
COMMERCIAL/COMMERCIAL/COMMERCIALE/HANDELS	13	G 1"
INDUSTRIAL/INDUSTRIAL/INDUSTRIELLE/INDUSTRIE	31	Ø 1-1/2"



Serie FRB comercial			Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 7 mm			[MODELO ...]
Modelo FRB			100	160	200	270	330	405	505	790
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=+0°C	W	2.280	3.680	4.590	5.700	7.280	8.930	13.390	16.800
	Dt1=7K TC=-18°C	W	1.760	2.830	3.530	4.390	5.610	6.880	10.310	12.940
	Dt1=6K TC=-25°C	W	1.440	2.320	2.890	3.590	4.590	5.630	8.440	10.580
	Dt1=5K TC=-40°C	W	1.160	1.880	2.340	2.910	3.710	4.550	6.830	8.570
Superficie	m ²		7,6	11,4	15,1	17,5	21,7	28,9	43,3	52,6
Volumen Interior	dm ³		2,5	3,5	4,7	5,3	6,6	8,8	13,0	15,7
Caudal Aire	m ³ /h		1.380	2.840	2.760	4.350	5.600	5.480	8.220	10.640
Proyección Aire	m		11	14	13	14	14	14	16	16
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW		1,8	2,9	3,7	4,6	5,8	7,1	10,7	13,4

Serie FRL comercial			Rendimientos con R-404A			Paso Aletas 9 mm			[MODELO ...]	
Modelo FRL			90	155	175	215	315	380	495	630
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=+0°C	W	2.100	3.310	4.190	5.070	6.500	7.980	11.970	15.170
	Dt1=7K TC=-18°C	W	1.620	2.550	3.230	3.900	5.010	6.140	9.220	11.680
	Dt1=6K TC=-25°C	W	1.320	2.090	2.640	3.190	4.100	5.030	7.540	9.560
	Dt1=5K TC=-40°C	W	1.070	1.690	2.140	2.590	3.320	4.070	6.100	7.740
Superficie	m ²		6,1	9,1	12,1	14,1	17,4	23,1	34,7	42,2
Volumen Interior	dm ³		2,5	3,5	4,7	5,3	6,6	8,8	13,0	15,7
Caudal Aire	m ³ /h		1.420	2.900	2.840	4.440	5.720	5.600	8.400	10.920
Proyección Aire	m		12	14	14	14	14	14	16	16
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW		1,7	2,6	3,3	4,1	5,2	6,4	9,6	12,1

Datos comunes

	n° x Ø	1 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	2 x 400	3 x 400	4 x 400
Ventiladores 230 V/1/50 Hz	A	0,38	0,76	0,76	1,14	1,5	1,5	2,25	3,0
	W	80	160	160	240	320	320	480	640
Desescarche 400 V/3	Batería	2	2	2	2	2	3	3	3
	Bandeja	1	1	1	1	1	1	1	1
Dimensiones en mm	W	1.650	3.300	3.300	5.100	4.200	5.600	8.400	10.200
	A	415	415	415	415	550	550	550	550
	B	860	1.410	1.410	2.010	1.710	1.710	2.410	2.860
	C	440	440	440	440	440	440	440	440
	D	400	400	400	400	400	400	400	400
	E	580	1.130	1.130	1.730	1.430	1.430	2.130	2.580
Peso Neto	E/2								1.290
	FRB Kg	22	35	36	50	45	51	74	92
Conexiones	FRL Kg	21	34	35	49	44	49	72	89
	E	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8
	S (mm)	16	22	22	22	28	28	35	35

NOTAS:

"E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica.

"GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente.

"A" puesta al final del modelo significa desescarche agua.

Serie FRB industrial			Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 7 mm				[MODELO ...]
Modelo FRB			560	650	1050	1450	1730	2160	2650	3450	3900
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=+0°C	W	13.650	15.880	24.680	29.140	37.010	43.840	51.190	65.760	76.780
	Dt1=7K TC=-18°C	W	10.510	12.230	19.000	22.440	28.500	33.760	39.420	50.640	59.120
	Dt1=6K TC=-25°C	W	8.600	10.000	15.550	18.360	23.320	27.620	32.250	41.430	48.370
	Dt1=5K TC=-40°C	W	6.960	8.100	12.590	14.860	18.880	22.360	26.110	33.540	39.160
Superficie	m ²		41	55	70	93	104	113	150	169	225
Volumen Interior	dm ³		13	18	22	29	32	35	46	51	68
Caudal Aire	m ³ /h		7.050	6.850	13.400	13.000	20.100	26.000	24.600	39.000	36.900
Proyección Aire	m		18	17	20	19	22	33	32	34	33
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW		10,9	12,7	19,7	23,3	29,6	35,1	41,0	52,6	61,4

Serie FRL industrial			Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 9 mm				[MODELO ...]
Modelo FRL			540	600	865	1160	1590	1795	2340	2960	3850
Capacidad Nominal	Dt1=8K TC=+0°C	W	12.340	14.700	22.580	26.780	33.860	39.900	47.510	59.850	71.270
	Dt1=7K TC=-18°C	W	9.500	11.320	17.390	20.620	26.070	30.720	36.580	46.080	54.880
	Dt1=6K TC=-25°C	W	7.770	9.260	14.230	16.870	21.330	25.140	29.930	37.710	44.900
	Dt1=5K TC=-40°C	W	6.290	7.500	11.520	13.660	17.270	20.350	24.230	30.520	36.350
Superficie	m ²		33	44	56	74	84	90	120	135	180
Volumen Interior	dm ³		13	18	22	29	32	35	46	51	68
Caudal Aire	m ³ /h		7.200	7.050	13.800	13.400	20.700	27.000	25.800	40.500	38.700
Proyección Aire	m		19	18	21	20	23	34	33	35	34
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW		9,9	11,8	18,1	21,4	27,1	31,9	38	47,9	57

Datos comunes

Ventiladores 400 V/3/50 Hz		n° x Ø	1 x 500	1 x 500	2 x 500	2 x 500	3 x 500	2 x 630	2 x 630	3 x 630	3 x 630	
A			1,35	1,35	2,7	2,7	4,05	6,2	6,2	9,3	9,3	
	W		780	780	1.560	1.560	2.340	3.700	3.700	5.550	5.550	
Batería			4	6	4	6	4	6	8	6	8	
	Bandeja		2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Dimensiones en mm	W		6.000	8.000	10.200	13.600	15.300	16.000	20.000	24.000	30.000	
	A		785	785	785	785	785	1.025	1.025	1.025	1.025	
	B		1.420	1.420	2.120	2.120	2.970	2.420	2.420	3.420	3.420	
	C		660	660	660	660	660	660	660	660	660	
	D		600	600	600	600	600	600	600	600	600	
	E		1.040	1.040	1.740	1.740	2.590	2.040	2.040	3.040	3.040	
	E/2				870	870	870	1.020	1.020	1.020	1.020	
	E/3						850			1.000	1.000	
	Peso Neto	FRB	Kg	78	88	128	148	182	193	220	294	333
		FRL	Kg	75	84	123	142	175	185	210	283	318
Conexiones	E (mm)		16	16	22	22	22	28	28	28	28	
	S (mm)		35	35	42	54	54	66	66	66	66	

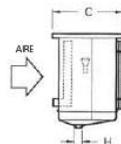
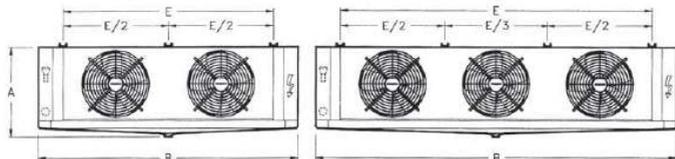
NOTAS:

"E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica.

"GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente.

"A" puesta al final del modelo significa desescarche agua.

GAMA - RANGE - GAMME - REINE	F Ø mm	H
COMERCIAL/COMMERCIAL/COMMERCIALE/HANDELS	13	6 1"
INDUSTRIAL/INDUSTRIAL/INDUSTRIELLE/INDUSTRIEL	21	6 1/2"



6.3.7 APLICACIONES AERO EVAPORADORES INDUSTRIALES

Series GRM / GRB

Cámaras de conservación género fresco a 0 / +2° C.
 Cámaras de conservación congelados hasta -20° C.

Series GRL / GRX

Cámaras de baja temperatura a -20 / -30° C.
 Túneles de congelación rápida hasta -40° C.

✓ Batería de elevada eficiencia frigorífica, entregada con circuito cerrado y presión remanente de aire seco y válvula de obús. Módulos independientes para cada ventilador.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores de rotor externo, protección IP-54 y protector térmico (termo contacto) incorporado. Trifásicos 400V / 50Hz dos velocidades y Ø630 mm.

OPCIONES

- Desescarches: eléctrico, por agua, gases calientes e inversión de ciclo.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Resistencias circulares para los ventiladores.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco. (Ver GNH)



6.3.8 APLICACIONES AERO EVAPORADORES CÚBICOS COMERCIALES

Serie ECM

Cámaras de conservación género fresco a 0/+2°C.
 Cámaras de conservación de congelados hasta -20°C.

Serie ECB

Cámaras de baja temperatura hasta -25°C.

✓ Batería en tubo de cobre de 1/2" estriado interiormente y aletas corrugadas de aluminio de alta eficiencia. Circuito cerrado y presión remanente de aire seco en el interior para comprobación de estanqueidad. Con válvula de obús para conexión de manómetro. Los modelos ECM-115 y

ECM-130 son de circuito único sin distribuidor de líquido.

✓ Carrocería en chapa lacada con resina poliéster de elevada Resistencia a la corrosión y gran rigidez estructural. Amplios laterales desmontables que facilitan el acceso al interior para instalación y mantenimiento.

✓ Ventiladores helicoidales monofásicos de 300 mm Ø a 230V 50/60Hz de bajo consumo. Conectados en fábrica a una caja de conexiones IP-55.

OPCIONES

- Desescarche eléctrico mediante resistencias de acero inoxidable conectadas a una caja de conexiones IP-55.
- Aletas de cobre o de aluminio pre tratadas
- Batería tratada con resina poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Tubos de cobre cincado
- Circuitos para agua glicolada
- Resistencias circulares para los ventiladores



Nota: ver características técnicas de estos evaporadores en capitulo independiente, catalogo o pagina www.frimetal.es

6.3.9 APLICACIONES AERO EVAPORADORES DE PLAFÓN

Serie PLA Género fresco delicado por encima de +5°C

Salas de trabajo, despiece, envasado, etc.

Serie PLM Cámaras de conservación de género fresco a 0/+2°C

Cámaras de conservación de congelados hasta -20°C

✓ Versión normal **N** con motores de 4 polos y silenciosa **S** con ventiladores de 6 polos para aplicaciones que requieren bajo nivel sonoro o bajo caudal de aire.

✓ Batería en tubo de cobre de 3/8" estriado interiormente y aletas corrugadas de alta eficiencia. Circuito cerrado con aire seco a presión en el interior para comprobación de la estanqueidad y con válvula de obús para conexión de manómetro. Cada ventilador va separado con plenum independiente.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores de rotor externo, monofásicos 230V/50 Hz de Ø300 y Ø400 mm. Con protección IP-54 y protector térmico incorporado (termo contacto).

OPCIONES

- Desescarches: eléctrico o gases calientes.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco.
- Ventiladores a 60 Hz



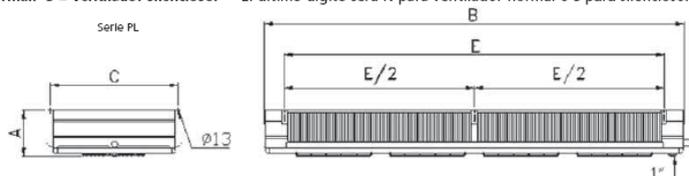
SERIE PLA-N		Rendimientos con R-404A			Paso Aletas 2,8 mm					[MODELO ...]	
Modelo PLA-N		26	30	57	70	97	112	140	160	210	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 10K T_c=+10^{\circ}C$	W	4.340	5.270	8.670	10.550	16.100	20.040	24.390	30.060	38.030	
Caudal Aire	m ³ /h	1.380	1.310	2.760	2.620	3.990	5.180	8.100	7.770	10.000	
Ventiladores 230 V 1 50 Hz 1.300 r.p.m.	n°xØ	mm	1 x 300	1 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	3 x 400	3 x 400	4 x 400
	A	0,38	0,38	0,76	0,76	1,14	1,5	2,25	2,25	3,0	
	W	80	80	160	160	240	320	480	480	640	
Nivel sonoro 10 m	dB(A)	37	37	40	40	42	45	47	47	48	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	2,3	2,8	4,6	5,6	8,6	10,7	13,0	16,0	20,3	
Capac. Nominal con agua glicolada 30% Etylenglycol Tc= 0°C Tw1= -10°C Tw2= -6°C	W	2.890	3.400	5.780	6.800	10.250	12.900	16.300	19.350	25.600	
Caudal de agua	m ³ /h	0,69	0,81	1,38	1,63	2,45	3,08	3,90	4,62	6,12	

SERIE PLA-S		Rendimientos con R-404A			Paso Aletas 2,8 mm					[MODELO ...]	
Modelo PLA-S		26	30	57	70	97	112	140	160	210	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 10K T_c=+10^{\circ}C$	W	3.080	3.540	6.150	7.100	10.880	15.230	19.350	22.850	28.260	
Caudal Aire	m ³ /h	840	780	1.680	1.560	2.400	3.580	5.750	5.360	6.700	
Ventiladores 230 V 1 50 Hz 900 r.p.m.	n°xØ	mm	1 x 300	1 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	3 x 400	3 x 400	4 x 400
	A	0,22	0,22	0,44	0,44	0,66	0,9	1,35	1,35	1,8	
	W	50	50	100	100	150	200	300	300	400	
Nivel sonoro 10 m sin reflexión	dB(A)	34	34	37	37	39	40	42	42	43	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	1,64	1,9	3,3	3,8	5,8	8,12	10,32	12,18	15,07	
Capac. Nominal con agua glicolada 30% Etylenglycol Tc= 0°C Tw1= -10°C Tw2= -6°C	W	2.000	2.250	4.000	4.500	6.800	9.750	12.650	14.625	18.700	
Caudal de agua	m ³ /h	0,48	0,54	0,96	1,08	1,63	2,33	3,02	3,50	4,47	

Datos comunes

Superficie	m ²	13,6	20,4	27,2	40,7	62,9	69,1	69,1	103,7	125,9	
Volumen Interior	dm ³	2,1	3,1	3,9	5,8	8,8	9,8	9,6	14,4	17,4	
Conexiones	Entrada	mm	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	7/8"	7/8"
	Salida	mm	16	22	22	22	28	28	28	42	42
Dimensiones	A	250	250	250	250	250	310	310	310	310	
	B	840	840	1.390	1.390	1.990	1.690	2.390	2.390	2.840	
	C	770	770	770	770	770	870	870	870	870	
	E	590	590	1.140	1.140	1.740	1.440	2.140	2.140	2.590	
	E2	590	590	1.140	1.140	1.740	1.440	2.140	2.140	1.295	
Peso Neto	Kg	25	28	43	49	71	74	93	107	130	

NOTAS: "E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica. "GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente. N = Ventilador normal. S = Ventilador silencioso. * El último dígito será N para ventilador normal o S para silencioso. Ejemplo PLA-70-S



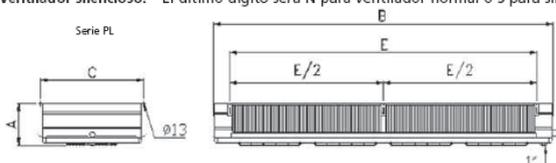
SERIE PLM-N		Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 4,2 mm				[MODELO ...]	
Modelo PLM-N		17	20	38	44	60	72	86	95	120	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 8K T_c= 0^{\circ}C$	W	2.430	3.100	4.850	6.200	9.460	11.650	13.580	17.460	22.090	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 7K T_c= -18^{\circ}C$	W	1.870	2.390	3.730	4.770	7.280	8.970	10.460	13.440	17.010	
Caudal Aire	m ³ /h	1.430	1.370	2.860	2.740	4.160	5.380	8.380	8.070	10.420	
Ventiladores 230 V 1 50 Hz 1.300 r.p.m.	n°xØ	mm	1 x 300	1 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	3 x 400	3 x 400	4 x 400
	A	0,38	0,38	0,76	0,76	1,14	1,5	2,25	2,25	3,0	
	W	80	80	160	160	240	320	480	480	640	
Nivel sonoro 10 m sin reflexión	dB(A)	37	37	40	40	42	45	47	47	48	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	1,9	2,5	3,9	5,0	7,6	9,3	10,9	14,0	17,67	
Capac. Nominal con agua glicolada 30% Etylenglycol $T_c= 0^{\circ}C T_w1= -10^{\circ}C T_w2= -6^{\circ}C$	W	2.410	3.000	4.820	6.000	9.050	11.260	13.520	16.890	21.900	
Caudal de agua	m ³ /h	0,58	0,72	1,15	1,43	2,16	2,69	3,23	4,04	5,24	

SERIE PLM-S		Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 4,2 mm				[MODELO ...]	
Modelo PLM-S		17	20	38	44	60	72	86	95	120	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 8K T_c= 0^{\circ}C$	W	1.780	2.160	3.550	4.330	6.630	9.140	11.050	13.710	17.150	
Capac. Nominal $\Delta t_1= 7K T_c= -18^{\circ}C$	W	1.370	1.660	2.730	3.330	5.110	7.040	8.510	10.560	13.210	
Caudal Aire	m ³ /h	890	830	1780	1660	2540	3800	6060	5700	7210	
Ventiladores 230 V 1 50 Hz 900 r.p.m.	n°xØ	mm	1 x 300	1 x 300	2 x 300	2 x 300	3 x 300	2 x 400	3 x 400	3 x 400	4 x 400
	A	0,22	0,22	0,44	0,44	0,66	0,9	1,35	1,35	1,8	
	W	50	50	100	100	150	200	300	300	400	
Nivel sonoro 10 m sin reflexión	dB(A)	34	34	37	37	39	40	42	42	43	
Capacidad ENV 328 Punto 2	kW	1,42	1,73	2,8	3,5	5,3	7,31	8,84	10,97	13,72	
Capac. Nominal con agua glicolada 30% Etylenglycol $T_c= 0^{\circ}C T_w1= -10^{\circ}C T_w2= -6^{\circ}C$	W	1.730	2.050	3.460	4.100	6.250	8.760	10.780	13.140	17.000	
Caudal de agua	m ³ /h	0,41	0,49	0,83	0,98	1,49	2,09	2,58	3,14	4,06	

Datos comunes

Superficie	m ²	9,3	13,9	18,5	27,8	43,0	47,2	47,2	70,8	86,0
Volumen Interior	dm ³	2,1	3,1	3,9	5,8	8,8	9,8	9,6	14,4	17,4
Desescarche Eléctrico	Total	n°	2	4	2	4	4	4	4	4
	Potencia	W	1.100	2.200	2.200	4.400	6.800	5.600	8.400	8.400
Conexiones	Entrada	mm	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	5/8"	7/8"
	Salida	mm	16	22	22	22	28	28	28	42
Dimensiones	A	mm	250	250	250	250	250	310	310	310
	B	mm	840	840	1.390	1.390	1.990	1.690	2.390	2.390
	C	mm	770	770	770	770	770	870	870	870
	E	mm	590	590	1.140	1.140	1.740	1.440	2.140	2.140
	E2	mm	590	590	1.140	1.140	1.740	1.440	2.140	2.140
Peso Neto	Kg	24	26	41	46	67	69	88	100	122

NOTAS: "E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica. "GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente. N = Ventilador normal. S = Ventilador silencioso. * El último dígito será N para ventilador normal o S para silencioso. Ejemplo PLM-44-S.



6.3.10 APLICACIONES AERO EVAPORADORES DOBLE FLUJO DE AIRE

Serie PIM

Conservación de géneros frescos a 0/+2° C o de congelados hasta -18° C.

Serie PIB

Conservación de congelados a baja temperatura hasta -30° C.

Serie PIL

Cámaras de muy baja temperatura y túneles de congelación hasta -40° C.

✓ Batería en tubo de cobre de 1/2" estriado interiormente y aletas corrugadas de alta eficiencia. Se entregan con el circuito cerrado con aire a presión en el interior para comprobación de la estanqueidad y con válvula de obús para conexión de manómetro. Cada ventilador va separado con plenum independiente.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores con motor de rotor externo, trifásicos 400V/ 50Hz, dos velocidades y diámetro de 500 mm.

Conexión Ø: Alta velocidad 1.300 r.p.m. (Conexión estándar)

Conexión Y: Baja velocidad 900 r.p.m.

Con protección IP-54 y protector térmico (Termo contacto).



OPCIONES

- Desescarches: eléctrico o gases calientes.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Resistencias circulares para los ventiladores.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco.

SERIE PIM				Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 4,2 mm				[MODELO ...]
Modelo PIM				900	1300	1700	1900	2400	2850	3100		
Capac.	$\Delta t_1=8K$	W	Δ	13.150	16.230	26.300	32.450	39.450	48.680	60.000		
Nominal	$T_c=0^\circ C$	W	λ	11.450	13.710	22.900	27.430	34.350	41.140	50.150		
Capac.	$\Delta t_1=7K$	W	Δ	10.130	12.500	20.250	24.990	30.380	37.480	46.200		
Nominal	$T_c=-18^\circ C$	W	λ	8.820	10.560	17.630	21.120	26.450	31.680	38.620		
Caudal		m^3/h	Δ	7.000	6.700	14.000	13.400	21.000	20.100	25.400		
Aire		m^3/h	λ	5.700	5.300	11.400	10.600	17.100	15.900	19.800		
Superficie		m^2		47,7	71,5	95,4	143,1	143,1	214,7	252,5		

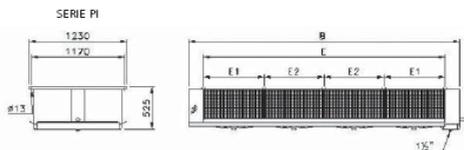
SERIE PIB				Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 7 mm				[MODELO ...]
Modelo PIB				550	750	1000	1350	1550	2150	2600		
Capac.	$\Delta t_1=8K$	W	Δ	10.450	13.660	20.900	27.330	31.350	40.990	50.700		
Nominal	$T_c=0^\circ C$	W	λ	9.350	11.940	18.700	23.880	28.050	35.810	43.700		
Capac.	$\Delta t_1=6K$	W	Δ	6.580	8.610	13.170	17.220	19.750	25.820	31.940		
Nominal	$T_c=-25^\circ C$	W	λ	5.890	7.520	11.780	15.040	17.670	22.560	27.530		
Caudal		m^3/h	Δ	7.350	7.100	14.700	14.200	22.050	21.300	27.200		
Aire		m^3/h	λ	6.150	5.800	12.300	11.600	18.450	17.400	21.800		
Superficie		m^2		29,7	44,6	59,5	89,3	89,3	133,9	157,5		

SERIE PIL				Rendimientos con R-404A				Paso Aletas 9 mm				[MODELO ...]
Modelo PIL				400	650	850	1150	1500	1950	2450		
Capac.	$\Delta t_1=8K$	W	Δ	9.250	12.350	18.500	24.700	27.750	37.050	45.950		
Nominal	$T_c=0^\circ C$	W	λ	8.350	10.940	16.700	21.880	25.050	32.810	40.100		
Capac.	$\Delta t_1=5K$	W	Δ	4.720	6.300	9.440	12.860	14.150	18.900	23.450		
Nominal	$T_c=-40^\circ C$	W	λ	4.260	5.580	8.520	11.160	12.780	16.730	20.450		
Caudal		m^3/h	Δ	7.450	7.250	14.900	14.500	22.350	21.750	28.000		
Aire		m^3/h	λ	6.350	6.050	12.700	12.100	19.050	18.150	22.600		
Superficie		m^2		23,8	35,6	47,5	71,3	71,3	107,0	125,9		

Datos comunes

Ventiladores	$n^\circ \times \emptyset$ mm	1x500	1x500	2x500	2x500	3x500	3x500	4x500
Nivel Sonoro	dB(A) Δ	45	45	48	48	50	50	51
10 m sin reflexión	dB(A) λ	39	39	42	42	44	44	45
Desescarche	n°	6	8	6	8	6	8	8
	W	5.100	6.800	10.200	13.600	15.300	20.400	24.000
Volumen Interior	dm^3	9,2	13,8	17,7	26,6	26,2	39,3	46,0
Conexiones	E/S	16/28	16/35	16/42	22/42	28/54	28/54	28/54
	B	1.250	1.250	2.100	2.100	2.950	2.950	3.400
	E	880	880	1.730	1.730	2.580	2.580	3.030
	E1	-	-	865	865	865	865	765
	E2	-	-	-	-	850	850	750
Peso Neto	PIM Kg	72	84	124	146	176	209	250
	PIB Kg	69	79	118	137	167	196	234
	PIL Kg	67	77	115	132	162	187	225

NOTAS: "E" puesta al final del modelo significa descongelación eléctrica. "GC" puesta al final del modelo significa desescarche gas caliente. N=Ventilador normal (Δ). S= Ventilador silencioso (λ). El último dígito será N para ventilador normal o S para silencioso. Ejemplo PIB-1350-S. Ventiladores: Δ = N = 1.300 r.p.m. 780 W. 1,35 A. λ = S = 900 r.p.m. 550 W. 0,94 A.



6.3.11 APLICACIONES AERO EVAPORADORES DE PLAFÓN INDUSTRIALES

Aeroevaporadores de doble descarga diseñados para túneles de enfriamiento rápido de frutas, verduras, etc. o para túneles de congelación donde sea necesaria una elevada presión de aire y una perfecta distribución del mismo a través del género colocado en los palets.

Serie TTM / TTB - Temperaturas medias.

Serie TTL - Temperaturas bajas.

Serie TTX - Temperaturas muy bajas

✓ Batería de elevada eficiencia frigorífica, entregada con circuito cerrado y presión remanente de aire seco y válvula de obús. Módulos independientes para cada ventilador.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores helicoidales

funcionando a 400V/3 50Hz. Protección IP-54 y protector térmico (termo contacto) (Ø630 mm); protección IP-55 (Ø710 mm).



OPCIONES

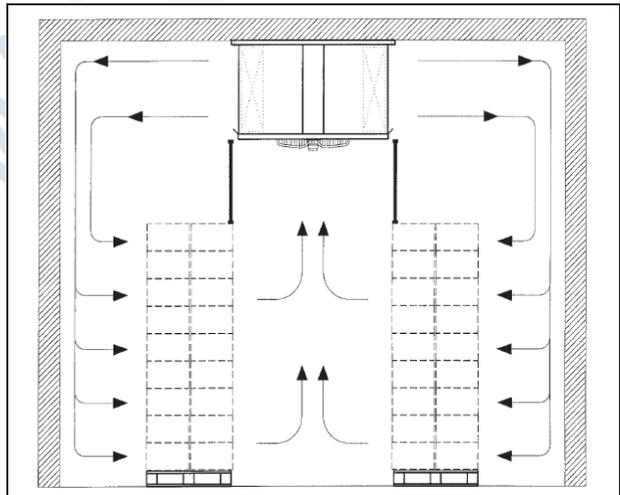
- Desescarches: eléctrico, por agua, gases calientes e inversión de ciclo.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Resistencias circulares para los ventiladores.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco. (Ver TNH)

Se pueden fabricar evaporadores con características especiales ajustadas a las medidas del túnel.

INSTALACIÓN

En el dibujo adjunto se expone la disposición más habitual de este tipo de túneles en los que el evaporador o los evaporadores se colocan en el centro del techo ocupando toda la longitud del túnel.

Los palets con el género a enfriar se colocan longitudinalmente a ambos lados, con un espacio en el centro para la aspiración del aire por los ventiladores. Para obligar a que todo el aire haga un circuito cerrado y pase a través de los palets, se tapa mediante cortinas u otro sistema el espacio que queda entre la parte superior de los palets y el evaporador. Por la misma razón, es necesario cerrar en lo posible los extremos del túnel.



Nota: ver características técnicas de estos evaporadores en capítulo independiente, catalogo o pagina www.frimetal.es

6.3.12 APLICACIONES AERO EVAPORADORES MURALES

Aeroevaporadores diseñados para cámaras industriales y especialmente para túneles de congelación que requieran una buena distribución del aire con un aprovechamiento máximo del espacio.

Serie MRB - Temperaturas medias.

Serie MRL - Temperaturas bajas.

Serie MRX - Temperaturas muy bajas

✓ Batería de elevada eficiencia frigorífica, entregada con circuito cerrado y presión remanente de aire seco y válvula de obús. Módulos independientes para cada ventilador.

✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.

✓ Ventiladores helicoidales funcionando a 400V/3 50Hz. Protección IP-54 y protector térmico (otmo contacto) (Ø630 mm); protección IP-55 (Ø710 mm).



OPCIONES

- Desescarches: eléctrico, por agua y gases calientes.
- Tratamientos anticorrosión: tubos cincados, tubos de acero inoxidable, aletas pre tratadas, aletas de cobre o acero inoxidable, batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal).
- Bandeja desagüe aislada con armaflex.
- Resistencias circulares para los ventiladores.
- Circuitos para agua u otros líquidos.
- Tubos de acero inoxidable para refrigerante amoniaco.

Se pueden fabricar evaporadores con características especiales ajustadas a las medidas del túnel.

Los evaporadores MR están diseñados para cámaras industriales y especialmente para túneles de congelación que requieran una buena distribución del aire con un aprovechamiento máximo del espacio. Se fabrican en tres series para medias (MRB), bajas (MRL) y muy bajas (MRX) temperaturas.

Van anclados al suelo mediante patas, llevando la batería evaporadora colocada en vertical en la parte inferior y los ventiladores en la parte superior también en vertical.

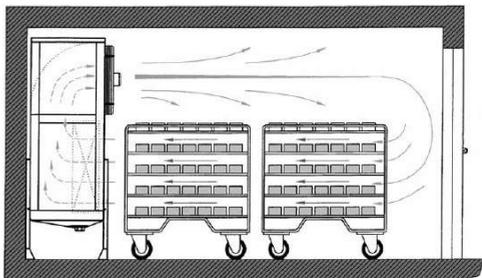
De esta forma, el aire entra y sale por el mismo lado, proporcionando esta disposición las siguientes ventajas:

- El aparato puede colocarse junto a la pared lo que conlleva un importante ahorro de espacio.
- Al ser la aspiración del aire horizontal y por la parte delantera, la circulación y renovación del mismo se realiza en condiciones óptimas.
- En las aplicaciones para túneles de congelación rápida en las que el género se introduce en carros con estantes de varios pisos (por ejemplo en congelaciones de pastelería, panadería, mariscos, pescado, etc.), se asegura que el aire llegue por igual a todos los rincones de los carros, lográndose que todo el producto se enfríe de manera uniforme.

Las ventajas de ir anclado al suelo son:

- Cómoda instalación en la cámara, especialmente en las unidades grandes, ya que no es necesario elevar el aparato hasta el techo.
- Fácil acceso por tapas laterales para las operaciones de instalación y mantenimiento.
- Fácil extracción frontal de los ventiladores para su reparación o reposición.

Podemos realizar además aparatos murales de características constructivas, dimensionales o de capacidades diferentes de las de los modelos del presente catálogo y adaptadas a sus necesidades particulares.



Nota: ver características técnicas de estos evaporadores en capítulo independiente, catálogo o pagina www.frimetal.es

6.3.13 CARACTERÍSTICAS AÉREO EVAPORADORES MINI-VAP

- ✓ De mínimas dimensiones especialmente en su altura por estar destinados con prioridad a muebles frigoríficos comerciales o pequeñas cámaras frigoríficas de muy poca altura.
- ✓ Utilizables en medias y bajas temperaturas para conservación de géneros frescos o congelados.
- ✓ Batería evaporadora construida en tubo de cobre estriado interiormente y aletas de aluminio corrugadas con separación de 6,6/3,3 mm (MVP y MVG) y 7 mm (MVB).
- ✓ En chapa de aluminio de elevada resistencia a la corrosión. Lleva bandeja de desagüe desmontable en la parte inferior y bandeja intermedia bajo la batería para facilitar el desagüe y posibilitar la colocación de resistencias para desescarche. Con soportes de acero galvanizado para su anclaje al techo.
- ✓ De tipo helicoidal con motores eléctricos de alto rendimiento, bajo consumo, muy silenciosos, de 150 mm Ø (MVP) y 230 mm Ø (MVG y MVB), monofásicos a 230V 50/60 Hz, y conectados a cajas de conexión estancas, según norma IP-55.

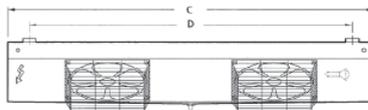
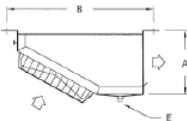
OPCIONES

- Desescarche eléctrico o gas caliente
- Tubos de cobre cincados
- Tubos de acero inoxidable
- Aletas de aluminio bicromatadas Alodine 1200 S
- Batería tratada con resina poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)



Serie MV Rendimientos con R-404A Paso Aletas 3,3/6,6 mm Paso Aletas 3,3/6,6 mm Paso Aletas 7 mm [MODELO ...]

Modelo		Paso Aletas 3,3/6,6 mm				Paso Aletas 3,3/6,6 mm				Paso Aletas 7 mm							
		MVP 21	MVP 42	MVP 64	MVP 85	MVG 25	MVG 40	MVG 80	MVG 120	MVB 35	MVB 55	MVB 75	MVB 115	MVB 125	MVB 160	MVB 190	
Capac. Nom.	$\Delta t_1=8K \quad T_c=0^\circ C$	W	400	800	1.200	1.600	680	990	1.980	2.960	990	1.230	2.000	2.510	3.230	4.030	5.000
Capac. Nom.	$\Delta t_1=7K \quad T_c=-18^\circ C$	W	310	620	920	1.230	520	760	1.520	2.280	730	910	1.470	1.840	2.380	2.970	3.680
Capac. Nom.	$\Delta t_1=6K \quad T_c=-25^\circ C$	W									625	775	1.260	1.580	2.035	2.540	3.150
Superficie	m ²		2,2	4,3	6,5	8,6	2,5	4,1	8,3	12,4	3,4	5,1	7,2	10,9	11,9	14,5	21,7
Volum. Int.	dm ³		0,5	0,9	1,3	1,7	0,6	0,9	1,7	2,5	1,2	1,8	2,3	3,5	3,7	4,4	6,6
Aire Caudal	m ³ /h		175	350	525	700	430	570	1.140	1.710	600	560	1.200	1.120	1.875	2.400	2.240
ENV 328 con. 2	kW		0,32	0,64	0,96	1,28	0,54	0,79	1,58	2,37	0,79	0,98	1,60	2,01	2,58	3,22	4,00
Ventiladores	Ø mm		1 x 150	2 x 150	3 x 150	4 x 150	1 x 230	1 x 230	2 x 230	3 x 230	1 x 230	1 x 230	2 x 230	2 x 230	3 x 230	4 x 230	4 x 230
230 V 1 50/60 Hz	A		0,19	0,38	0,57	0,76	0,35	0,35	0,70	1,05	0,35	0,35	0,70	0,70	1,05	1,4	1,4
1.350 rpm.	W		30	60	90	120	35	35	70	105	35	35	70	70	105	140	140
Desescarche	Nº		1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	2	2	3
	W		300	500	750	1.000	400	500	1.000	1.500	760	1.140	1.700	2.550	2.800	3.400	5.100
Conex.	Entrada	Ø"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
	Salida	Ø"	1/2"	1/2"	1/2"	5/8"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	22	22	22
Dimens.	A	mm	125	125	125	125	190	190	190	190	265	265	265	265	265	265	265
	B	mm	440	440	440	440	440	440	440	440	490	490	490	490	490	490	490
	C	mm	350	600	850	1.100	400	600	1.100	1.600	640	640	1.090	1.090	1.640	1.940	1.940
	D	mm	220	470	720	2 x 485	270	470	970	2 x 735	440	440	890	890	1.440	2 x 870	2 x 870
	E Desagüe	mm			1/2"				1/2"					1"			
Peso Neto	Kg		4	7	10	13	5,5	7	12	17	11	13	18	21	26	32	37



6.3.14 CARACTERÍSTICAS AÉREO EVAPORADORES CON BAJA VELOCIDAD DE AIRE

- ✓ Especialmente recomendados para instalaciones donde se precisa una conservación de géneros delicados, como flores, quesos, carnes, frutas, vegetales, pastelería, retardo de masas, embutidos, etc. Son también ideales para la climatización en salas de despiece y envasado incluso en laboratorios por su funcionamiento silencioso.
- ✓ Batería evaporadora construida en tubo de cobre estriado interiormente y aletas de aluminio corrugado separadas 4,2 mm, que proporciona un alto rendimiento térmico.
- ✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.
- ✓ Ventiladores helicoidales monofásicos, 230V 50Hz de Ø230 y Ø300 mm. Con protección IP-54 y protector térmico incorporado (Termo-contacto).

OPCIONES

- Desescarche eléctrico o gas caliente
- Circuitos para agua glicolada
- Aletas pre tratadas
- Aletas de cobre
- Batería tratada con resina poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)
- Tubos cincados o de acero inoxidable
- Ventiladores a 60Hz



6.3.15 CARACTERÍSTICAS EVAPORADORES CÚBICOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS

- ✓ Aeroevaporadores centrífugos para cámaras frigoríficas o salas de trabajo con temperaturas positivas.
- ✓ Batería en tubo de cobre de 1/2" estriado interiormente y aletas corrugadas de alta eficiencia. Se entregan con el circuito cerrado con aire a presión en el interior para comprobación de la estanqueidad y con válvula de obús para conexión de manómetro. Cada ventilador va separado con plenum independiente.
- ✓ Carcasa exterior en chapa de aluminio y galvanizada lacada en resina poliéster blanco RAL-9002.
- ✓ Paneles fácilmente desmontables que permiten el acceso al interior para operaciones de limpieza y mantenimiento.
- ✓ Bandeja intermedia e inferior cubriendo toda la base del aeroevaporador para una óptima recogida y evacuación del agua condensada.
- ✓ Ventiladores centrífugos de tracción directa con motor cerrado trifásicos 230/400V 50Hz, protección IP-54 y con elevada presión disponible para la posibilidad de conexión de conductos de aire de gran longitud.

OPCIONES

- Desescarche eléctrico o gas caliente
- Circuitos para agua glicolada
- Aletas pre tratadas o de cobre
- Batería tratada con resina poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)
- Tubos de cobre cincados
- Tubos de acero inoxidable para NH3 ú otros refrigerantes
- Bandeja de desagüe aislada con armaflex



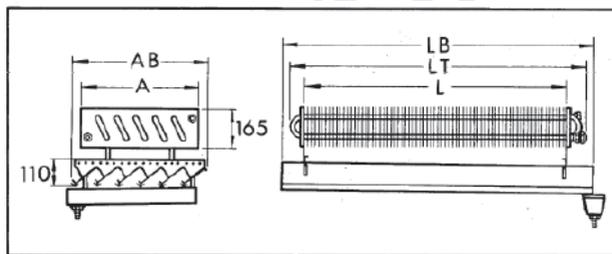
Nota: ver características técnicas de estos evaporadores en capítulo independiente, catálogo o página www.frimetal.es

6.3.16 CARACTERÍSTICAS EVAPORADORES ESTÁTICOS

- ✓ Evaporadores de convección o gravedad destinados a cámaras frigoríficas entre 0 y -10° C para la conservación de géneros frescos o delicados, con temperatura y grado higrométrico constante.
- ✓ Batería construida con tubo de cobre dispuesto al tresbolillo y aletas de aluminio corrugadas separadas a 12 mm. de gran eficacia
- ✓ Circuito único de los modelos SN-1 al SN-8 y doble circuito frigorífico en los restantes dos modelos SN-9 y SN-10, con inyección múltiple a través de distribuidor.
- ✓ Incorporan bandeja de goteo, construida con perfiles especiales de PVC de sección especial de doble canal inferior que evita goteos y condensaciones sobre los géneros almacenados en la cámara y amplio cangilón de recogida del agua en los desescarches.

OPCIONES

- Desescarche eléctrico o por gases calientes
- Batería lacada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)
- Circuitos para agua glicolada
- Aletas pre tratadas
- Tubos cincados
- Tubos de acero inoxidable para NH3 ú otros refrigerantes.
- Bandeja desagüe en aluminio o acero inoxidable



Serie SN

Rendimientos con R-404A

Paso Aletas 12 mm

Modelo	SN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Capacidad Nominal	$\Delta t_{12} = 12\text{ K} - T_c = +2^\circ\text{C}$	W	680	950	1.370	1.790	2.310	2.940	3.680	4.310	5.150	5.880
	$\Delta t_{12} = 8\text{ K} - T_c = 0^\circ\text{C}$	W	455	630	910	1.190	1.540	1.960	2.450	2.870	3.430	3.920
Superficie	m ²	6,5	9,0	13,5	17,2	23,0	29,5	37,0	43	51,5	59,0	
Volumen Interior	dm ³	1,4	1,9	2,8	3,5	4,6	5,8	7,3	8,4	10,1	11,5	
Descongelación Eléctrica	W	800	1.200	1.200	1.400	2.800	3.200	3.200	3.600	5.400	6.000	
Conexiones	Entrada	Ø "	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	
	Salida	Ø "	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	22 mm	22 mm
Dimensiones en mm	A	326	326	490	490	655	655	820	820	985	985	
	L	800	1.100	1.100	1.400	1400	1.800	1.800	2.100	2.100	2.400	
	Lt	920	1.220	1.220	1.520	1520	1.920	1.920	2.220	2.220	2.520	
	Ab	380	380	560	560	740	740	920	920	1.100	1.100	
	Lb	1.000	1.300	1.300	1.600	1.600	2.000	2.000	2.300	2.300	2.600	
Peso Neto	Kg	9	12	18	22	30	36	42	48	54	60	

6.4 CONDENSACIÓN

6.4.1 Condensador

Su misión consiste en condensar o licuar (convertir en líquido) el gas que le llega procedente del compresor.

También las últimas vueltas del condensador, el líquido ya condensado se subenfria.

El gas que entra en el condensador a alta presión y alta temperatura, procedente del compresor, llega a este con el calor tomado en el evaporador, más el calor debido a la compresión. Mediante una CORRIENTE DE AIRE O DE AGUA (Medio condensante), se le quita este calor total y lo convertimos en líquido (LO CONDENSAMOS) de ahí el nombre de este aparato.

La transformación del vapor en líquido (condensación), se hace dentro del Condensador en tres tiempos:

- 1°.- Se enfría el vapor recalentado por el compresor. Por ejemplo de 55°C a 45°C (calor sensible).
- 2°.- Se condensa el líquido (calor latente).
- 3°.- Se subenfria el líquido condensado (calor sensible).

Como podemos ver en la figura adjunta, el condensador de los equipos domésticos es muy parecido al evaporador. En realidad tienen un papel inverso.

A continuación veremos la clasificación de los condensadores, pero los más utilizados en refrigeración comercial son los **CONDENSADORES DE AIRE FORZADO**.

6.4.2 Clasificación

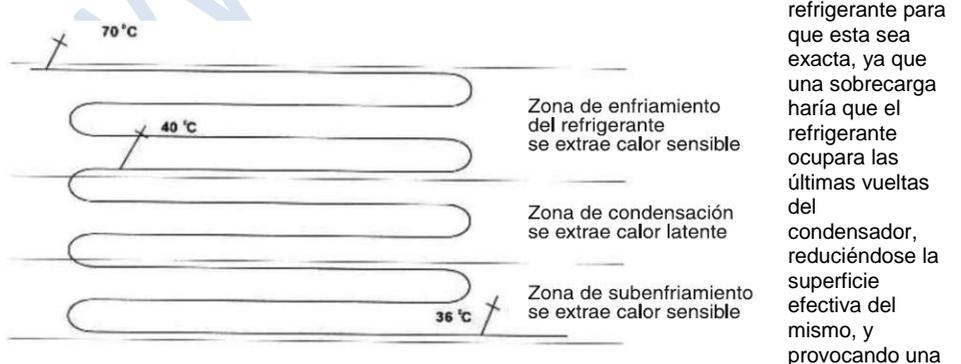
Según el medio condensante

- Aire:
 - Tiro natural
 - Tiro Forzado
- Agua:
 - De contracorriente
 - Multitubulares
 - Placas
- Aire-Agua:
 - Evaporativos

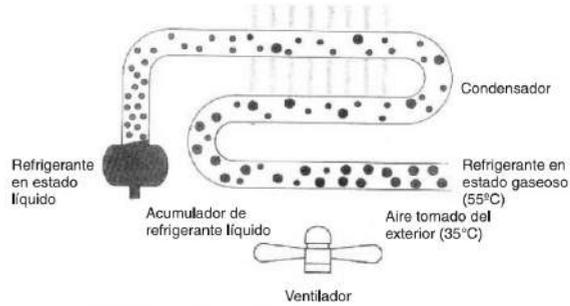
6.4.3 Zonas definidas del Condensador

Dentro del condensador, el refrigerante sufre tres cambios respecto a su temperatura. En primer lugar debe bajar de la temperatura de descarga a la de condensación, después mantiene constante la temperatura mientras está cambiando de estado y al final el líquido refrigerante se subenfria.

Es importantísimo en las instalaciones pequeñas que no tienen recipientes, cuidar la carga de



mala condensación y un exceso de presión en el lado de alta.



refrigerante para que esta sea exacta, ya que una sobrecarga haría que el refrigerante ocupara las últimas vueltas del condensador, reduciéndose la superficie efectiva del mismo, y provocando una

6.4.4 CONDENSADORES FRIMETAL

6.4.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

FRIMETAL dispone de una amplia gama de condensadores de todos los tamaños y modalidades que abarca todas las necesidades del mercado actual de la refrigeración.

Se fabrican con ventiladores axiales trifásicos y carrocería de forma cúbica clásica (serie CB), con ventiladores axiales trifásicos y baterías en forma de "V" (serie VC), con ventiladores axiales monofásicos (serie CPN), con ventiladores centrífugos (serie KC) y pequeños modelos para unidades herméticas (serie NCF).

Dentro de cada gama hay una gran variedad de modelos que abarcan todo el rango de potencias necesario para poder elegir el modelo más adecuado a cada necesidad concreta.

Los modelos axiales con ventiladores trifásicos, series CB y VC, así como los centrífugos KC se fabrican en versión normal N y versión silenciosa S con ventiladores de menor velocidad y nivel sonoro para aplicaciones en zonas residenciales donde sea necesario un bajo nivel sonoro.

En el caso de los CB y VC, al incorporar ventiladores de dos velocidades según conexión Δ/Y , hay en total 4 posibilidades de caudal de aire y nivel sonoro para adaptarse a los requerimientos acústicos más exigentes.

Las baterías están construidas con una eficaz combinación tubo de cobre y aletas de aluminio corrugadas especialmente diseñada para condensación que proporciona un elevado coeficiente de intercambio térmico.

Las gamas industriales CB, VC y KC llevan un sistema de batería flotante, que evita que los tubos de cobre entren en contacto con las chapas soporte de los extremos, asegurando una larga vida al condensador en ausencia de fugas.

Las carrocerías están construidas en acero galvanizado y lacado con resina poliéster en blanco RAL-9002 de gran rigidez y resistencia a la corrosión.

Todos los condensadores cumplen con los requerimientos que les son aplicables de las Directivas Europeas de Máquinas 98/37/CE, de Baja Tensión 73/23/CEE y de Equipos a Presión 97/23/CE.

OPCIONES

- Posibilidad de colocación en vertical u horizontal
- Embalaje completo de madera y cartón
- Ventiladores conectados a caja exterior
- Multicircuitos para servicio a varios compresores
- Circuitos para agua o aceite
- Tubos de cobre cincados
- Tubos de acero inoxidable
- Aletas de cobre
- Batería tratada con resina poliuretano
- Batería tratada con BLYGOLD
- Insonorización acústica interior mediante planchas de espuma de poliéster

6.4.6 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

Nomenclatura utilizada

Q_n Capacidad Nominal del condensador

Q_f Capacidad frigorífica de la instalación

T_{ev} Temperatura de evaporación °C

T_c Temperatura de condensación °C

T_{am} Temperatura del aire en el ambiente °C

Δt Salto térmico (T_c-T_{am})

F_c Factor calor de compresión

F_r Factor del refrigerante

F_a Factor de altitud

Capacidades de Aplicación para dos tipos de ambientes climatológicos.

Capacidad Nominal (T_c = 40°C Δt = 15 K)

Es la capacidad del condensador según las condiciones de la norma ENV 327 con un Δt = 15 K.

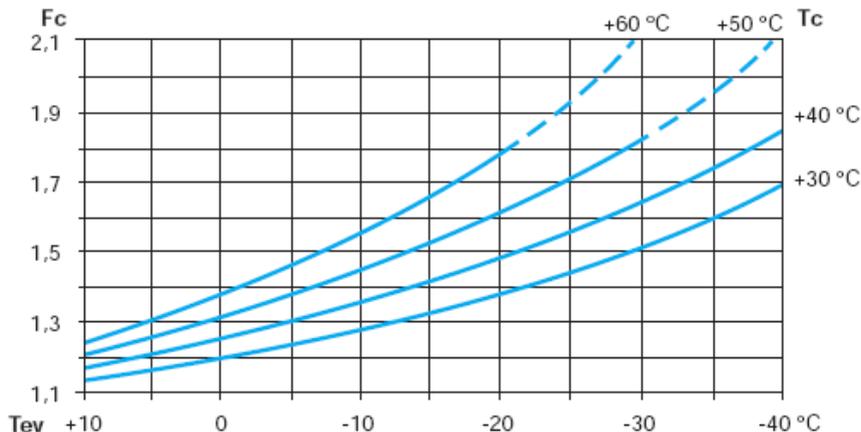
Capacidad de Aplicación

Es la capacidad del condensador para condiciones ambientales estándar. En los catálogos se da la capacidad de aplicación para zonas frías o templadas (Δt = 10K) y para zonas cálidas (Δt = 7K).

Para otras condiciones ambientales o si se parte de la capacidad frigorífica y se quiere seleccionar un condensador, seguir lo explicado a continuación.

6.4.7 SELECCIÓN DE UN CONDENSADOR

A partir de las temperaturas de evaporación T_{ev} y de condensación T_c , entrando en el gráfico siguiente se calcula el Factor del calor de compresión F_c .



Sabiendo el refrigerante utilizado y la altitud del lugar donde irá ubicado el condensador, se obtienen los factores F_r y F_a según los cuadros siguientes:

Altitud - Altitude m.	0	400	800	1200	1600	2000	2400
F_a	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,20

Refrigerante - Refrigerant	R-404A	R-22	R-134a
F_r	1	1,04	1,07

El salto térmico $\Delta t_1 = T_c - T_{am}$ debe calcularse teniendo en cuenta las máximas temperaturas ambientales del periodo estival al determinar el valor de T_{am} .

Dada la limitación de las temperaturas de condensación de los refrigerantes actuales como el R-404A o el R-507 debido a su elevada presión, es necesario utilizar saltos térmicos bajos para seleccionar un condensador que no se quede corto en el periodo estival.

Se aconseja utilizar entre 7 y 10K de salto para ambientes que varíen de muy cálidos a templados respectivamente.

Con los datos anteriores y sabiendo la capacidad frigorífica Q_f de la instalación, se calcula la Capacidad Nominal del condensador Q_n mediante la siguiente fórmula:

$$Q_n = Q_f \times \frac{15}{\Delta t} \times F_c \times F_r \times F_a$$

Entrando en la tabla de datos del condensador de la gama elegida, se selecciona el modelo que tenga la Capacidad Nominal que más se aproxime por arriba a Qn.

En el sitio Web www.frimetal.es hay disponible un programa de descarga libre que permite la selección rápida de un condensador de cualquier gama de las fabricadas por FRIMETAL, a partir de los datos y condiciones de trabajo.

EJEMPLO SELECCION CONDENSADOR - CONDENSER SELECTION EXAMPLE

1. Factores de corrección Correction factors

CONDICIONES DE TRABAJO WORKING CONDITIONS

Qf = 80 kW
Tev = -20°C
Tc = +45°C
∅t = 8 K
Refrigerante - Refrigerant: R-404A
Altitud - Altitude = 800 m.



Tev, Tc → Fc = 1,55
R-404A → Fr = 1
800 m → Fa = 1,06

2. Capacidad Nominal Nominal Capacity

$$Q_n = Q_f \times \frac{15}{\Delta t} \times F_c \times F_r \times F_a = 80 \times \frac{15}{8} \times 1,55 \times 1 \times 1,06 = 246 \text{ kW}$$

3. Selección de catálogo Catalogue selection

GAMA - RANGE		CB	
MODELO MODEL	Qn kW	db(A) 10 m	
CBN-247∅	247	58	
CBN-309Y	256	52	
CBS-243∅	243	43	
CBS-301Y	246	38	

GAMA - RANGE		VC	
MODELO MODEL	Qn kW	db(A) 10 m	
VCN-258∅	258	57	
VCN-308Y	252	51	
VCS-244∅	244	43	
VCS-325Y	269	38	

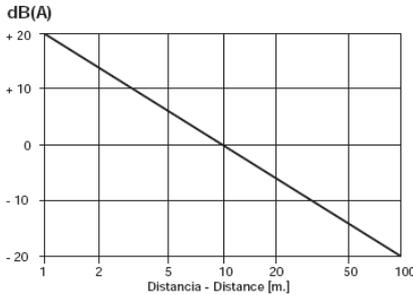
NIVEL SONORO

En las tablas de datos de los condensadores se indica la presión sonora dB(A) en un recinto sin reflexiones, a una distancia de 10m y con un ángulo de 30º sobre el plano definido por el ventilador. Para otras distancias, el nivel sonoro se calcula aplicando a los datos del catálogo la corrección del gráfico GR1.

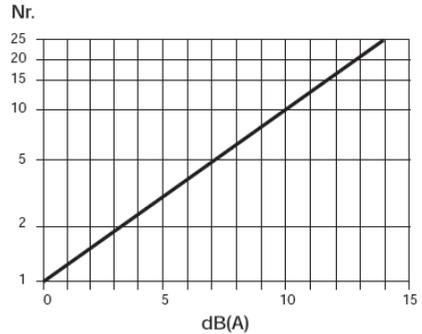
Si hay varias unidades condensadoras, con el gráfico GR2 se calcula el incremento del nivel sonoro total en función de su número.

Como en la práctica las condiciones de montaje y operativas son diferentes de las de laboratorio, los datos de nivel sonoro deben ser utilizados solamente para fines comparativos.

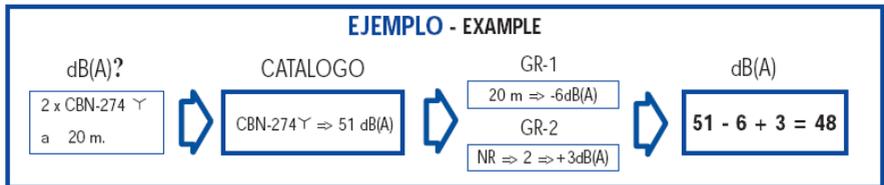
GR-1



GR-2



EJEMPLO - EXAMPLE



6.4.8 CARACTERÍSTICAS CONDENSADORES VENTILADORES HELICOIDALES CBN/CBS

✓ Condensadores por aire con ventiladores axiales de Ø500, Ø630 y Ø800 mm.
 Serie CBN (normales) Conexión Δ : 1.300 rpm (900 rpm modelos Ø800) Conexión Υ : 1.000 rpm (680 rpm modelos Ø800)
 Serie CBS (silenciosos) Conexión Δ : 680 rpm (450 rpm modelos Ø800) Conexión Υ : 550 rpm (350 rpm modelos Ø800)

✓ Batería construida mediante una combinación de tubo de cobre y aleta de aluminio que proporciona un optimizado coeficiente de intercambio térmico. La separación de aletas es de 2,1 mm.

✓ Sistema de batería flotante, que evita que los tubos entren en contacto con las chapas soporte, asegurando una larga vida en ausencia de fugas. Secciones separadas e independientes para cada ventilador.

✓ Carrocería en acero galvanizado y lacado con resina poliéster en blanco RAL-9002 de elevada resistencia a la corrosión.

✓ Ventiladores helicoidales con motor de rotor externo, trifásicos 400V 50Hz y dos velocidades. Con protección IP-54 y protector térmico (Termo contacto).

OPCIONES

- Patas para anclaje al suelo en posición horizontal
- Embalaje completo de madera y cartón.
- Ventiladores conectados a caja exterior
- Multicircuitos para servicio a varios compresores
- Circuitos para agua o aceite (ver serie AL)
- Tubos de cobre cincados o de acero inoxidable
- Aletas de cobre o pre tratadas
- Batería tratada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)

Nota: ver características técnicas de estos condensadores en capítulo independiente, catalogo o pagina www.frimetal.es



6.4.9 CARACTERÍSTICAS CONDENSADORES SERIE VCN/VCS

✓ Condensadores por aire con ventiladores axiales de Ø800 mm. y baterías en forma de “V”.

Serie VCN (normales)

Conexión Y: 900 rpm

Conexión Δ: 680 rpm

Serie VCS (silenciosos)

Conexión Y: 450 rpm

Conexión Δ: 350 rpm

✓ Batería construida mediante una combinación de tubo de cobre y aleta de aluminio que proporciona un optimizado coeficiente de intercambio térmico. La separación de aletas es de 2,1 mm.

✓ Sistema de batería flotante, que evita que los tubos entren en contacto con las chapas soporte, asegurando una larga vida en ausencia de fugas. Secciones separadas e independientes para cada ventilador.

✓ Carrocería en acero galvanizado y lacado con resina poliéster en blanco RAL-9002 de elevada resistencia a la corrosión.

✓ Ventiladores helicoidales con motor de rotor externo, trifásicos 400V 50Hz y dos velocidades. Con protección IP-54 y protector térmico (Termo contacto).

OPCIONES

- Ventiladores conectados a caja exterior
- Multicircuitos para servicio a varios compresores
- Circuitos para agua o aceite (ver serie VL)
- Tubos de cobre cincados o de acero inoxidable
- Aletas de cobre o pre tratadas
- Batería tratada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetel)



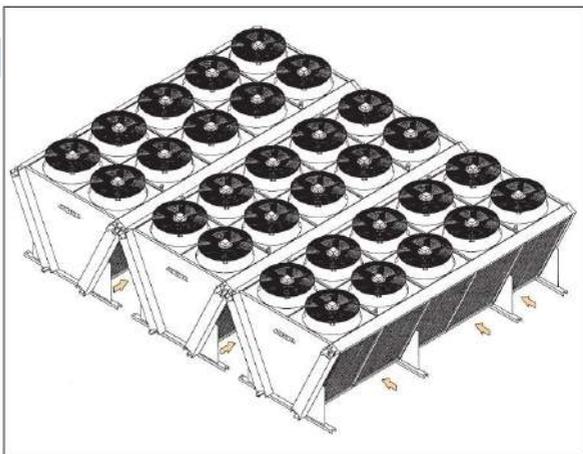
INSTALACIÓN

La forma constructiva de estos condensadores consiste en dos baterías gemelas colocadas en “V”, con los ventiladores en la parte superior expulsando el aire hacia arriba.

Con esta disposición se logra un máximo aprovechamiento de la superficie de instalación, reduciéndose una media del 35% respecto de la ocupada por otros tipos de condensadores.

La colocación de las baterías maximiza la superficie aleteada, consiguiéndose mayor capacidad con menor número de ventiladores. Así se obtiene una considerable reducción del nivel sonoro con relación a los condensadores convencionales.

La disposición en “V” permite colocar varias unidades en batería, aspirándose el aire por los huecos de la parte inferior.



Nota: ver características técnicas de estos condensadores en capítulo independiente, catalogo o pagina www.frimetal.es

6.4.10 CARACTERÍSTICAS CONDENSADORES HELICOIDALES CPN

- ✓ Condensadores por aire con ventiladores axiales monofásicos de Ø300 y Ø400 mm.
- ✓ Batería construida mediante una combinación de tubo de cobre y aleta de aluminio especialmente diseñada para condensación que proporciona un optimizado coeficiente de intercambio térmico. La separación de aletas es de 2,1 mm.
- ✓ Carcasa en acero galvanizado y lacado con resina poliéster en blanco RAL- 9002 de elevada resistencia a la corrosión. Con soportes de acero cincado para su anclaje al suelo.
- ✓ Ventiladores helicoidales monofásicos a 230V 50Hz de rotor externo con protección IP-54 y protector térmico incorporado. Por su condición de monofásico permite la fácil regulación de velocidad para el control de la condensación.

OPCIONES

- Tubos de cobre cincados
- Tubos de acero inoxidable
- Aletas de aluminio pre tratadas
- Aletas de cobre
- Batería tratada con resina de poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)
- Ventiladores 230V/1/60Hz.

Todos los modelos se pueden suministrar en versión doble con dos filas de ventiladores, entregados en una sola pieza y con un solo colector de entrada y salida.



SERIE CPN

R-404A

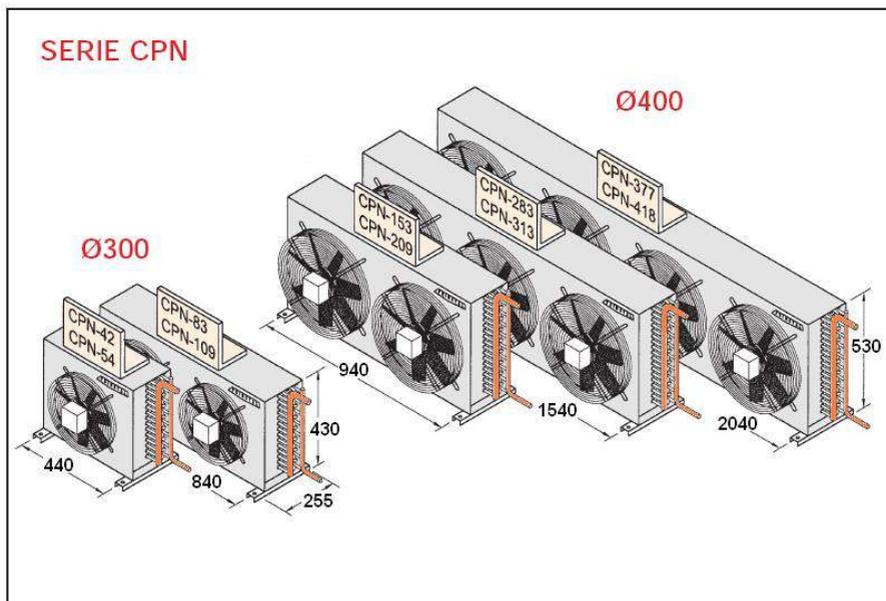
MODELO MODEL		CPN 42	CPN 54	CPN 83	CPN 109	CPN 153	CPN 209	CPN 283	CPN 313	CPN 377	CPN 418	
Capacidad nominal / Nominal capacity	Ø 15K (1)	W	4160	5440	8320	10880	15330	20890	28290	31335	37720	41780
Capacidades de aplicación	Ø 10K (2)	W	2770	3630	5550	7250	10220	13930	18860	20890	25150	27850
Application capacities	Ø 7K (3)	W	1940	2540	3880	5080	7150	9750	13200	14620	17600	19500
Caudal de aire / Air flow	m ³ /h		1360	1235	2720	2470	5420	5030	7800	7545	10400	10060
Nivel sonoro / Sound level	dB(A)		37	37	40	40	45	45	47	47	48	48
Ventiladores / Fans	230V/1/50 Hz 1350 r.p.m	n x Ø	1x300	1x300	2x300	2x300	2x400	2x400	3x400	3x400	4x400	4x400
Consumo / Consumption		A	0,38	0,38	0,76	0,76	1,5	1,5	2,25	2,25	3,0	3,0
Potencia absorbida / Power input		W	80	80	160	160	320	320	480	480	640	640
Superficie / Surface		m ²	6,6	13,3	13,2	26,3	20,5	41,0	46,0	61,4	61,3	81,7
Volumen interno / Circuit volume		dm ³	1,0	2,1	1,9	3,7	2,8	5,7	6,2	8,2	8,1	10,8
Conexiones	l (mm)		3/8"	22	22	22	22	22	28	28	28	28
Connections	O (mm)		3/8"	16	16	16	16	16	22	22	22	22
Peso neto / Net weight		Kg	12	15	21	26	29	36	47	53	61	69

I: Entrada - Inlet • O: Salida - Outlet • Δt: Salto termico - Temperature difference • dB(A): Nivel sonoro a 10m sin reflexion - Sound level at 10m echo free

(1) Capacidad nominal a efectos comparativos - Nominal capacity for comparison purposes

(2) Aplicación para zonas frías - Application for cool environments

(3) Aplicación para zonas cálidas - Application for hot environments



CARACTERÍSTICAS CONDENSADORES PARA HERMÉTICOS NCF

- ✓ Condensadores por aire de alto rendimiento para compresores herméticos. Están contruidos con tubo de cobre al tresbolillo y aletas de aluminio conformadas con geometría especial y paso de 4 mm.
- ✓ Están dotados en su versión normal, de coraza de acero galvanizado con embocadura para el ventilador normalizado de 203, 254, 305 y 356 mm de diámetro de hélice y para ser utilizados con todos los compresores herméticos del mercado desde 1/6 a 3 CV.
- ✓ Los moto ventiladores y su caudal de aire, son los recomendados para el efectivo rendimiento y capacidad indicada en la tabla de datos.
- ✓ Se suministran en cajas de 10 unidades a excepción de los modelos dobles para 2 ventiladores, que se hace en cajas de 5 unidades.
- ✓ Pueden suministrarse sobre demanda en otras dos versiones más sencillas sin coraza ni embocadura de ventilador, con solo un techo en la parte superior, denominados NCF-T o solamente la batería condensadora, denominados NCF-S.
- ✓ Consúltenos para otros tipos especiales diferentes a los especificados, bien por separación de aletas, distinto dimensionado, etc., para ser destinados a fabricaciones especiales en series importantes a fin de efectuarles el correspondiente estudio.



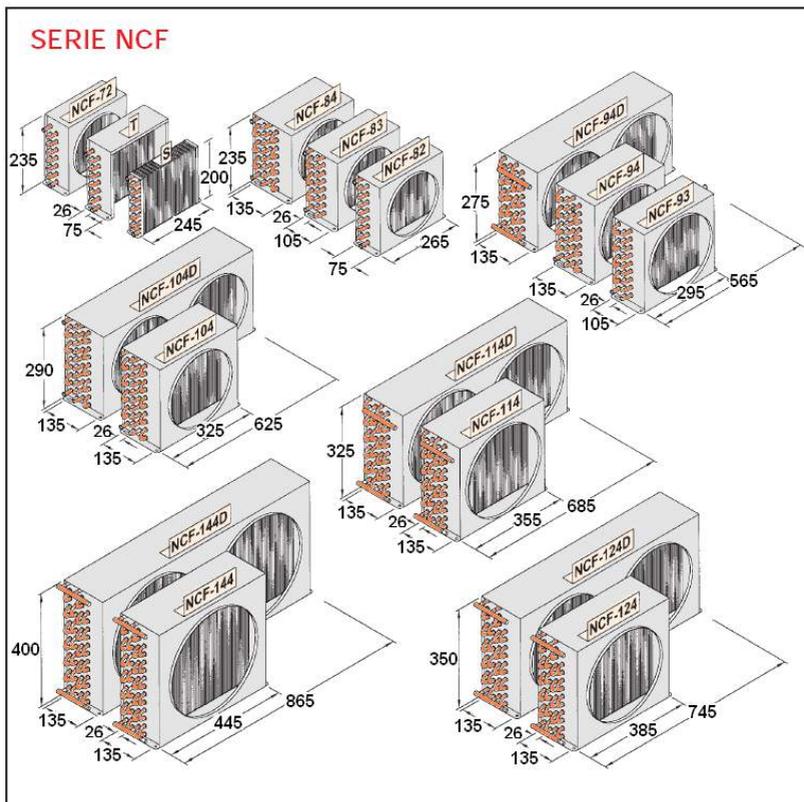
R-404A

SERIE NCF

MODELO MODEL	NCF 72	NCF 82	NCF 83	NCF 84	NCF 93	NCF 94	NCF 104	NCF 114	NCF 124	NCF 144	NCF 94-D	NCF 104-D	NCF 114-D	NCF 124-D	NCF 144-D
Capacidad Nominal Nominal capacity Δt 15 K	W 770	945	1340	1670	1695	2130	2615	3180	3810	5145	4265	5225	6365	7620	10390
Nº de tubos / Nr. of tubes	n 7x2	8x2	8x3	8x4	9x3	9x4	10x4	11x4	12x4	14x4	9x4	10x4	11x4	12x4	14x4
Superficie / Surface	m ² 1,13	1,44	2,16	2,88	2,74	3,65	4,50	5,45	6,48	8,82	7,30	9,00	10,90	13,00	17,64
Ventiladores Fans	Ømm W 5	203 5	203 5	203 5	254 10	254 10	254 10	305 16	305 16	356 35	2x254 2x10	2x254 2x10	2x305 2x16	2x305 2x16	2x356 2x35
Caudal de aire / Air flow	m ³ /h 650	650	620	590	900	850	850	1400	1400	1900	1700	1700	2800	2800	3800
Compresor Compressor	(1) M-A B	1/6 1/5	1/5 1/4	1/4 3/8	1/3 3/8	1/3 1/2	3/8 3/4	1/2 1	3/4 1-1/4	1 1-1/2	1 1-1/4	1-1/4 --	2 2-1/2	2-1/2 --	3 --
Peso neto / Net weight	Kg 1,3	1,5	2,0	2,5	2,5	3,2	3,9	4,7	5,4	7,2	6,0	7,3	8,8	10,2	13,5

(1) - M-A = Media y alta presión - Medium and high back pressure. Tev = -10°C.
B = Baja presión - Low back pressure. Tev = -25°C

Δt = Salto térmico - Temperature difference.
Tev = Temperatura de evaporación - Evaporation temperature.



6.4.11 CARACTERÍSTICAS CONDENSADORES CENTRÍFUGOS KCN/KCS

✓ Condensadores por aire con ventiladores centrífugos para instalación en la sala de compresores y con posibilidad de conexión de conductos para llevar la salida del aire al exterior.

✓ Se fabrican en dos series según la velocidad del ventilador incorporado: KCN (Normales) y KCS (Silenciosos).

✓ Batería construida mediante una combinación de tubo de cobre y aleta de aluminio que proporciona un optimizado coeficiente de intercambio térmico. La separación de aletas es de 2,1 mm.

✓ Sistema de batería flotante, que evita que los tubos entren en contacto con las chapas soporte, asegurando una larga vida en ausencia de fugas. Secciones separadas e independientes para cada ventilador.

✓ Carrocería en chapa galvanizada con diseño de gran robustez y resistencia y amplios paneles laterales desmontables.

✓ Los ventiladores centrífugos 9/9 y 10/10 son de tracción directa y monofásicos 230V 50Hz. Los centrífugos 12/12 son de tracción directa y trifásica 230/400V 50Hz.

✓ Los condensadores con ventiladores 18/18 llevan colocado el motor en una bancada independiente del centrifugo. La tracción se realiza por medio de poleas y correas con motores trifásicos 230/400V 50Hz.



OPCIONES

- Insonorización acústica interior
- Patas para su anclaje al suelo en posición horizontal
- Mueble inferior para alojamiento del compresor
- Ventiladores conectados a caja exterior
- Tubos de cobre cincados o de acero inoxidable
- Aletas de cobre o de aluminio pre tratadas
- Batería tratada con resina poliuretano (consultar oficina técnica de Frimetal)
- Multicircuitos para servicio a varios compresores
- Circuitos para agua o aceite

Nota: ver características técnicas de estos condensadores en capítulo independiente, catalogo o pagina www.frimetal.es

6.4.3 SELECCIÓN SIMPLIFICADA DEL CONDENSADOR

Para la selección del condensador necesario se puede proceder de la siguiente forma: multiplicar el rendimiento frigorífico del compresor (a la tª de evaporación y de condensación de diseño consideradas) por el factor correspondiente de la tabla adjunta. Recomendamos seleccionar en base a condiciones de tª de evaporación y condensación extremas (desfavorables) donde aún se requiera funcionamiento efectivo.

Tabla de factor de corrección para el cálculo del condensador

Ejemplos:

Aplicación Aire Acondicionado Sala despiece

Sea temperatura ambiente de diseño supuesta de 32 °C y, admitiendo una

temperatura de condensación máxima de 54 °C: para compresor hermético modelo TAG4546T (R-404A) seleccionamos potencia a +7,2/+54 °C = 11.300 W.

Multiplicar la potencia anterior por el factor 1,26 = 14.240 W.

Aplicación refrigeración

Sea temperatura ambiente de diseño supuesto de 32 °C y admitiendo una temperatura de condensación máxima de 44 °C; para compresor semi-hermético (R-404A) modelo D4-16Y seleccionamos potencia a -5/ + 45 °C = 11.010 W. Multiplicar la potencia anterior por el factor 1,33 = 14.645 W. (nota: haber seleccionado a 0/ + 45º y factor 1,28 es actuar con mayor seguridad en arranques y más altas tª interiores de cámara).

Aplicación Congelados

Sea temperatura ambiente de diseño supuesta de 32 °C y admitiendo una temperatura de condensación máxima de 44 °C; para compresor 4CC-6.2Y (R-404 A) seleccionamos una potencia a una temperatura de -25/ + 45 °C = 9.290 W.

Multiplicar la potencia anterior por el factor 1,54 = 14.310 W. (Nota: Haber seleccionado a -20/ + 45 °C y factor 1,48 es actuar con mayor seguridad en arranques y más altas tª interiores de cámara).

Nota 1: Para otras aplicaciones aplicar criterios de selección semejantes o consultar.

Nota 2: Aplicar factores de sobredimensionado por envejecimiento, suciedad y similares.

Nota 3: Los anteriores criterios son orientativos y siempre modificables y más válidos los aconsejados por el diseñador/proyectista de cada caso en concreto.

Factor de corrección para cálculo del Condensador							
Rendimiento Compresor X Factor = Capacidad del Condensador							
COMPRESORES HERMETICOS Y SEMI-HERMETICOS							
Temperatura evaporación	Temperatura condensación °C						
	30	35	40	45	50	55	60
-40	1,64	1,69	1,76	1,86	2,03	*	*
-35	1,56	1,61	1,66	1,73	1,83	*	*
-30	1,48	1,53	1,57	1,62	1,69	*	*
-25	1,42	1,46	1,50	1,54	1,60	1,68	*
-20	1,37	1,40	1,44	1,48	1,53	1,60	*
-15	1,32	1,35	1,38	1,43	1,48	1,53	1,58
-10	1,28	1,31	1,34	1,37	1,42	1,46	1,52
-5	1,23	1,26	1,29	1,33	1,37	1,41	1,45
0	1,20	1,22	1,25	1,28	1,32	1,36	1,39
5	1,16	1,19	1,21	1,24	1,28	1,31	1,34
10	1,13	1,15	1,18	1,21	1,23	1,26	1,29

6.4.4 TORRES DE RECUPERACIÓN DE AGUA, INDUMEC SL

DESCRIPCIÓN. Estas torres para enfriamiento de agua, están diseñadas para instalaciones de acondicionamiento de aire e industriales. El funcionamiento de las mismas, está basado en el principio de contracorriente, que proporciona los mejores rendimientos en la transmisión del calor.

VENTILADORES. Equipadas con ventiladores centrífugos FLOWMASTER, de fabricación propia, con doble anchura, doble oído de aspiración y construídos en acero galvanizado o alufort (aluzinc). Los rodetes galvanizados en caliente, equilibrados estática y dinámicamente a su velocidad de régimen, son de tipo Sirocco, es decir, con álabes curvados hacia el sentido de giro, que producen un nivel sonoro total más bajo que los ventiladores de hélice. Las tomas de aire, en los citados ventiladores están protegidas por marcos de tela metálica galvanizada. El accionamiento se efectúa por motores eléctricos, con protección IP-55 y transmisión mediante poleas y correas trapezoidales protegidas.

SISTEMA DE ROCIADO. Consta de uno o varios colectores en tubo de acero galvanizado por inmersión en caliente, de donde parte una red de tubos secundarios de P.V.C., sobre los que se montan los pulverizadores, siendo estos del tipo centrífugo, con autodrenaje y están construídos en Polipropileno. Su número está determinado conforme al caudal de agua a circular y convenientemente espaciados.

SEPARADORES DE GOTAS. Construídos en acero galvanizado o alufort (aluzinc) y proyectados con una mínima caída de presión estática para el aire descargado. Se ha conseguido un diseño con ángulos óptimos para evitar el arrastre de agua en la descarga del aire saturado. Son fácilmente desmontables para inspección.

LÍNEA DE PURGA. Las torres están dotadas de una línea de purga para impedir el aumento de impurezas debidas a la evaporación del agua. También se instala una válvula para controlar la cantidad de agua, que con este objeto, descarga el rebosadero.

RELLENO. Compuesto por placas onduladas de aluminio. Es del tipo de película pura, con una distribución muy homogénea del agua pulverizada sobre las superficies de intercambio térmico. La débil pérdida de carga ofrecida al paso del aire, sin choques, y la gran capacidad del relleno proporcionan, para una determinada potencia de transferencia térmica, un pequeño volumen de torre.

BANCADA, ESTRUCTURA INTERIOR Y PINTURA. Construidas con perfiles en forma de U y L, son de chapa plegada y posteriormente galvanizadas por inmersión en caliente. El acabado exterior de las torres, queda protegido por una capa de imprimación y otra de pintura especialmente preparada para ambientes húmedos.

UNIÓN DE DEPÓSITO. Se efectúa mediante gruesas tiras de perfil esponjoso de distintos anchos y por tornillería necesaria, debidamente tratada, consiguiendo una perfecta estanqueidad. En esta zona van situadas: La salida de agua; los filtros de chapa perforada (totalmente galvanizada en caliente) con sus elementos complementarios de anticavitación; drenaje; rebosadero con accesorios de acoplamiento a la línea de purga; válvula de flotador para llenado y reposición de agua y una puerta de acceso para extracción y limpieza del filtro anticavitación, revisión de la válvula de flotador, regulación del nivel de agua o altura de flotación y limpieza del interior de la torre.

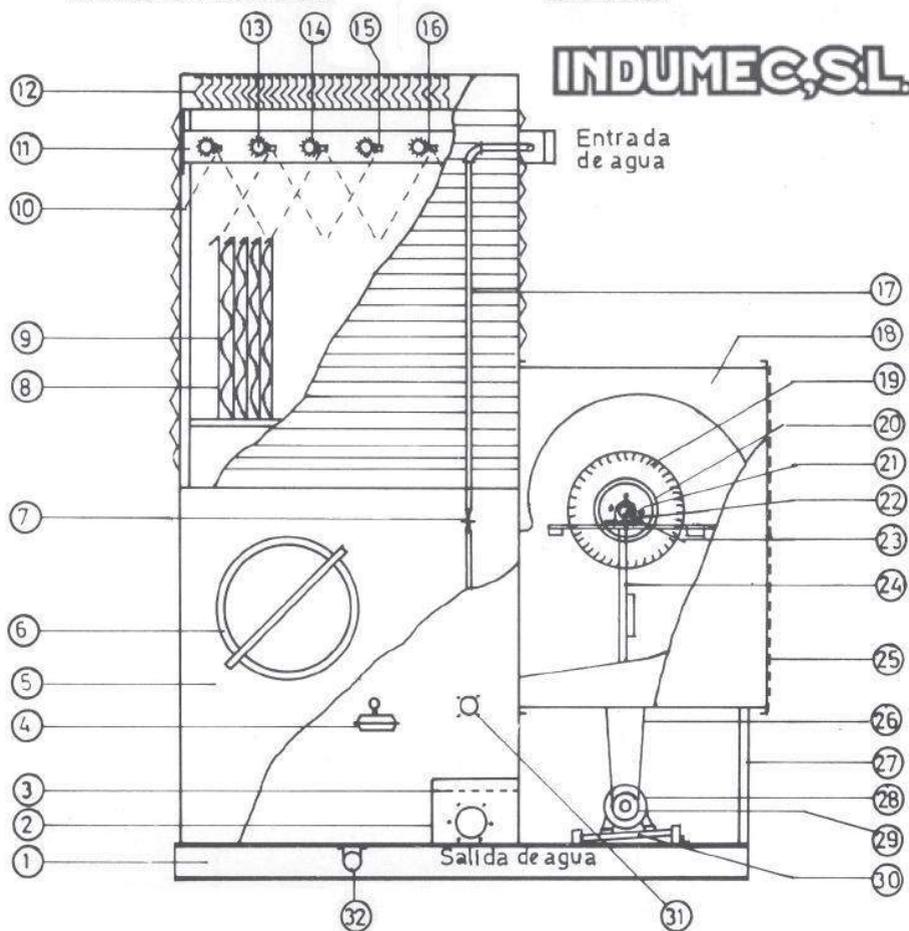
MONTAJE. Los fondos de los depósitos están armados con varios perfiles de apoyo y taladros para anclar en la bancada del lugar elegido para su instalación.

Para apoyo de la torre basta con una superficie horizontal bien nivelada y con alojamientos para pernos de anclaje. Las torres deben situarse en un espacio con libre acceso para entrada de aire en los ventiladores y también para la descarga del aire saturado. Cuando por necesidades de obra, la entrada o salida del aire requiera ser conducido, les rogamos nos consulten.

TORRES DE ENFRIAMIENTO - CARACTERÍSTICAS

- 1.- BANCADA
- 2.- TECHO ANTICAVITACIÓN
- 3.- FILTRO
- 4.- FLOTADOR
- 5.- CUERPO DE TORRE
- 6.- TAPA REGISTRO
- 7.- VÁLVULA DE PURGA
- 8.- BANDA SEPARADORA
- 9.- RELLENO
- 10.- BASTIDOR
- 11.- COLECTOR
- 12.- SEPARADOR DE GOTAS
- 13.- TUBO DE RIEGO
- 14.- MANGUITO TUBO DE RIEGO
- 15.- PULVERIZADOR
- 16.- MANGUITO PULVERIZADOR

- 17.- TUBO DE PURGA
- 18.- VENTILADOR
- 19.- RODETE
- 20.- POLEA VENTILADOR
- 21.- BUJE
- 22.- RODAMIENTO
- 23.- EJE
- 24.- SOPORTE RODAMIENTO
- 25.- MALLA PROTECTORA
- 26.- CORREA
- 27.- SOPORTE VENTILADOR
- 28.- MOTOR
- 29.- POLEA MOTOR
- 30.- BANCADA MOTOR
- 31.- REBOSADERO
- 32.- DRENAJE



6.5 Tubo Capilar (Expansión)

El tubo capilar es una tubería de líquido de pequeño diámetro que une el condensador en un extremo con el filtro deshidratador y el otro extremo con el evaporador. Una parte de su longitud va soldada a la tubería de aspiración y forman así, con su reducido coste, un intercambiador de calor.

Por su reducido diámetro se produce en la extremidad del tubo capilar una caída de presión, necesaria para la evaporación.

Al circular el fluido por un tubo de tan poca sección, la fricción produce una pérdida de carga y por lo tanto una reducción de presión. A la salida del capilar se produce una expansión (aumento de volumen) brusco y se evapora parte del líquido absorbiendo calor del propio fluido, con lo cual la temperatura del



mismo disminuye enfriándose.

El uso de tubos capilares en las instalaciones tiene las siguientes ventajas:

1. Gran sencillez. Si su aplicación es correcta funcionará indefinidamente, ya que este dispositivo inyector no tiene partes móviles.
2. El tubo capilar es de menor costo que una válvula de expansión.
3. En el grupo no es necesario colocar depósito de líquido por lo cual se abarata.
4. La carga de gas refrigerante es menor.
5. En las paradas se equilibran las presiones, por lo cual al ponerse en marcha el motor no tiene dificultad.

En instalaciones con fluctuación de carga interna del evaporador y evaporadores con distribuidores de líquido, se instalarán válvulas de expansión con el objeto de regular la carga de gas en el evaporador (ver válvulas de expansión).

Consideración sobre los tubos capilares

Todos los sistemas de enfriamiento por compresión (aire acondicionado o refrigeración requieren un reductor de presión o de control de flujo o dosificación de la sustancia de trabajo (o refrigerante) del lado de alta al lado de baja presión.

El Tubo Capilar como elemento dosificador del flujo de refrigerante es muy popular, para los equipos compactos de aire acondicionado y refrigeración especialmente en equipos pequeños, por encima de 5 caballos de potencia, se aumenta la carga de refrigerante y la capacidad del compresor, haciendo más difícil las aplicaciones con tubos capilares, y por lo tanto se recomienda que las aplicaciones sean menores de 5 CV, en refrigeración doméstica, aire acondicionado, congeladores, deshumidificadores, etc. tipo compacto o partido. En evaporadores de tiro forzado o con distribuidor de líquido con carga variante de refrigerante, se instalarán válvulas de Expansión.

6.5.1 Ajuste de la carga en sistemas con capilar

Su operación se basa en la cantidad de flujo de refrigerante (masa) en estado líquido que pasa con facilidad a través de un tubo de diámetro pequeño, en cambio cuando está en estado de vapor su restricción al pasar por el tubo es mayor, Conecta la salida del refrigerante del condensador a la entrada del evaporador. En algunos casos se suelda en forma paralela a la tubería de succión del compresor el tubo capilar, formando un intercambiador de calor, con el objeto de mejorar el funcionamiento y eficiencia del ciclo, aumentando el Subenfriamiento del líquido.

Como las presiones de descarga y de succión del compresor (presión de condensación y presión de evaporación, dependen de la temperatura ambiente y de la carga térmica del refrigerador (o enfriador) respectivamente), en las aplicaciones con tubo capilar, estas variaciones de presiones no son muy grandes, ya que estos equipos relativamente pequeños se encuentran ubicados en lugares de temperatura controlada, con variaciones de temperatura no muy grandes, por lo que las aplicaciones con tubo capilar son ideales.

Las variaciones de carga no son grandes, por lo que en estos sistemas no se requieren recipientes de líquido (calderin), y consecuentemente la carga de refrigerante es mucho menor, casi todos los sistemas de aire acondicionado, refrigeración domestica, etc., son con tubo capilar, y se producen millones cada año (mas otros millones de años anteriores), el ahorro de refrigerante por este concepto es monumental. Un gran porcentaje de estos sistemas no se carga con la cantidad correcta de refrigerante, esto conduce a una ineficiencia de operación de los sistemas, y a daños a los compresores. Por ejemplo, un sistema que tiene una deficiencia de refrigerante de un 10 %, resulta en un 20 % de disminución de eficiencia. Un equipo de 36000.0 Btu/h, requiere aproximadamente 2.7 Kg. de refrigerante R-22, y tendría un EER de 9.0, si se carga con 1/ 4 Kg.,

menos tendría un EER de 7.5, equivalente a una reducción de capacidad del 15 % (se necesitaría que el equipo funcionara un 15 % más de tiempo a un costo mayor, para lograr el enfriamiento requerido). En sistemas con tubo capilar la carga de refrigerante es crítica, ya que si la carga es baja, el evaporador no se llena y como ya se indicó, no entregará su capacidad especificada, menor confort, y trabajará ineficientemente, el retorno escaso de refrigerante al compresor, a mayor temperatura, causará un enfriamiento del motor inadecuado, deteriorándolo y finalmente su quemadura, también ocasionando altas temperaturas de descarga dañando el plato de válvulas.

Una deficiencia pequeña de carga de refrigerante, causará una gran pérdida de capacidad y eficiencia en el sistema, y daños al compresor.

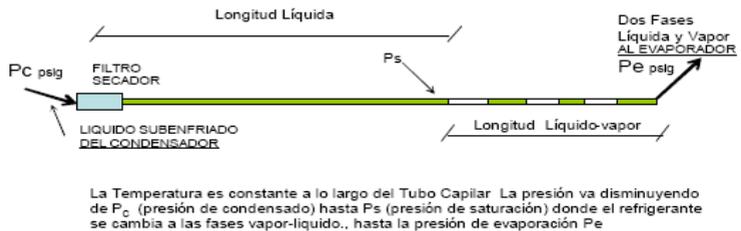
Por otro lado la sobrecarga de refrigerante ocasiona altas presiones de descarga, y por lo tanto alto consumo eléctrico, también causará retorno de refrigerante líquido al compresor, con la consecuente dilución de aceite y por lo tanto la falla de lubricación y rotura mecánica.

Por lo anterior se concluye la importancia de la carga precisa de refrigerante en los sistemas con tubo capilar.

Una ventaja de los sistemas de tubo capilar es que cuando el compresor para, el refrigerante, continua su flujo al evaporador, por lo que las presiones del lado de alta y de baja se igualan en corto tiempo, permitiendo el uso de motores y sus componentes de bajo par de arranque

El tubo capilar es de un diámetro pequeño, y por lo tanto susceptible a taparse con cualquier material extraño, y es por lo tanto necesario la utilización de un filtro secador en su entrada. El requerimiento rígido de la cantidad de carga de refrigerante, así como su limpieza, hacen de estos sistemas el fabricarlos en forma compacta, y que salgan de fábrica sellados.

Las principales variables que afectan el funcionamiento del tubo capilar son: Sus Dimensiones largo, y su diámetro. Sus Presiones, de entrada o de condensación, y de salida o de evaporación, y el Subenfriamiento del Líquido a su entrada del tubo.



Dibujo de un Tubo Capilar

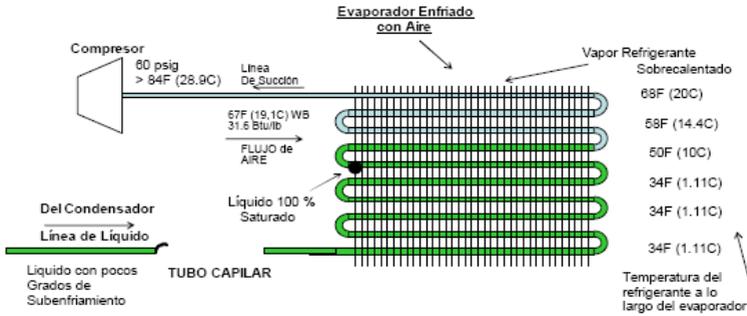
Como ya se mencionó el control del flujo de refrigerante en el tubo capilar viene del principio físico de que el líquido y el vapor tienen diferencia a fluir. El líquido tiene menos resistencia que el vapor. A medida que el refrigerante entra al tubo capilar a una presión de condensado P_c , esta presión se va reduciendo a temperatura constante T_c , hasta que llega a la presión de saturación P_s a esta temperatura, en ese lugar el refrigerante se evapora y continua por el resto de la longitud del tubo, bajando aún más su presión, en la condición de dos fases Líquida-Vapor. El punto donde se inicia la evaporación se denomina punto de ebullición o de burbujeo.

Cuando la temperatura ambiente aumenta, entonces aumenta la presión de descarga, el Subenfriamiento decrece, por lo tanto la restricción del tubo se aumenta, contrarrestando el efecto del aumento de presión, o sea el tubo capilar se ajusta asimismo.

Para seleccionar un tubo capilar, existen tablas de selección que nos proporciona el diámetro y longitud de un tubo capilar, basándose en la capacidad requerida, tipo de refrigerante, aplicación (temperaturas). Después, de todas maneras es necesario hacer las pruebas (prueba y error), al tubo seleccionado hasta ajustarlo a las condiciones deseadas.

Teóricamente existen una gran cantidad de combinaciones Longitud-Diámetro que nos proporcionan el flujo de refrigerante y presiones requeridas, pero existen limitaciones prácticas: Por ejemplo un diámetro pequeño será más propenso a taparse con materia extraña, además de mantener su tolerancia en su diámetro en la fabricación del tubo. Un diámetro grande implica longitudes muy grandes e imprácticas, con altos costos. Un tubo capilar corto y de gran diámetro, puede crear problemas de operación, cualquier fluctuación, puede tender a pasar refrigerante líquido al compresor.

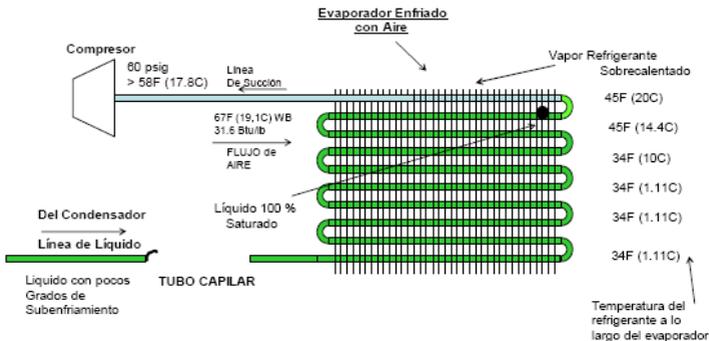
Hemos mencionado la importancia de la carga de refrigerante en los sistemas con tubo capilar, como se afecta la eficiencia, capacidad, y funcionamiento. El método recomendable para la determinación de la carga de refrigerante, es el del sobrecalentamiento a la entrada al compresor, que indirectamente nos controla también el Subenfriamiento en el condensador. Recordando que el sobrecalentamiento es el calor sensible (que se puede medir) que se añade a un líquido refrigerante que causa que su temperatura se eleve. Los dos diagramas a continuación explican el método:



*El Sobrecalentamiento es excesivo: $84.0 - 34.0 = 50 \text{ }^\circ\text{F}$ ($27.8 \text{ }^\circ\text{C}$)
 El evaporador se está usando incompleto, prácticamente solo la mitad.
 Le falta carga de refrigerante*

SISTEMA CON DEFICIENCIA DE REFRIGERANTE

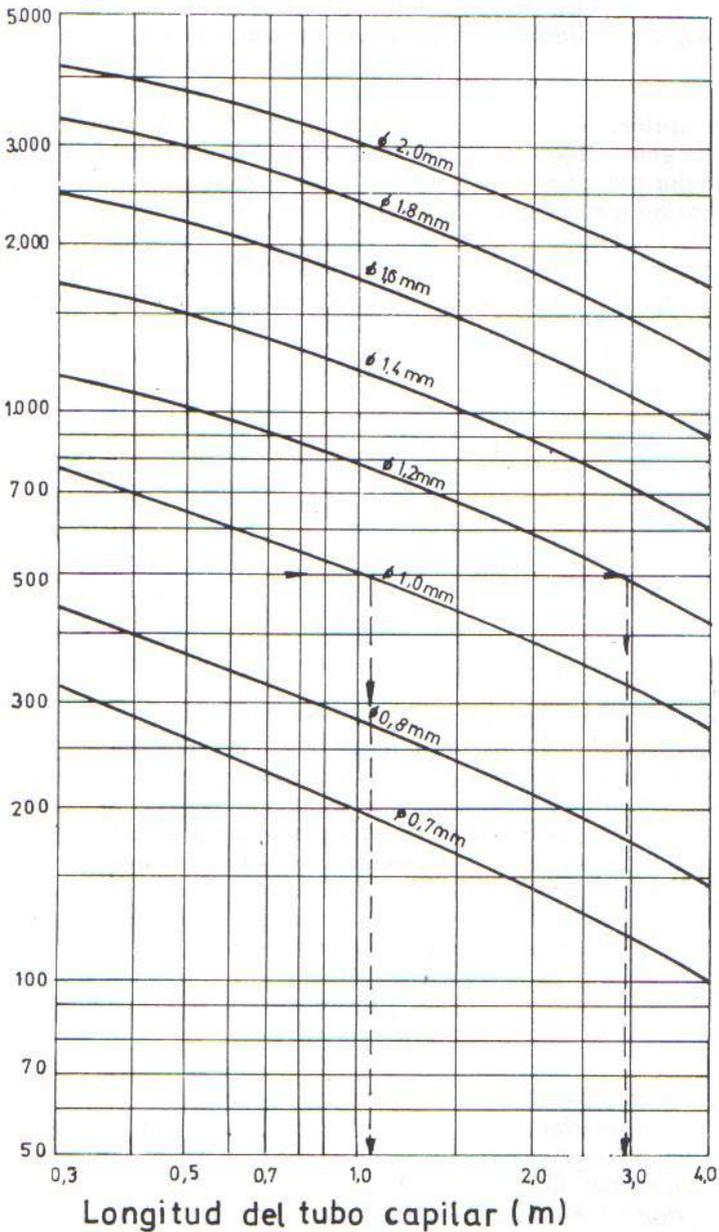
La forma entonces para determinar la carga de refrigerante en sistemas con tubo capilar, es mediante la medición del sobrecalentamiento a la entrada del compresor, si el sobrecalentamiento es alto la carga de refrigerante esta baja (y también el Subenfriamiento del líquido refrigerante a la salida del condensador, antes del tubo capilar, está bajo), la capacidad y eficiencia del sistema estarán bajos, Será necesario añadir refrigerante, el Subenfriamiento en el condensador se aumentará, y el sobrecalentamiento a la entrada al compresor disminuirá. Como lo indican las dos figuras anteriores. También el punto de ebullición en el tubo capilar se moverá a la derecha (en la figura respectiva) y el flujo de refrigerante en el sistema se aumentará, mejorando la capacidad y eficiencia del sistema. Es importante en el evaporador tomar en cuenta la humedad ambiental, por eso es necesario medir la temperatura de bulbo húmedo del aire (BH), ya que esta humedad al condensarse en el evaporador es calor latente de condensación que se tiene que añadir a la carga térmica, sino se considera se tendrá un error en la determinación de la carga de refrigerante.



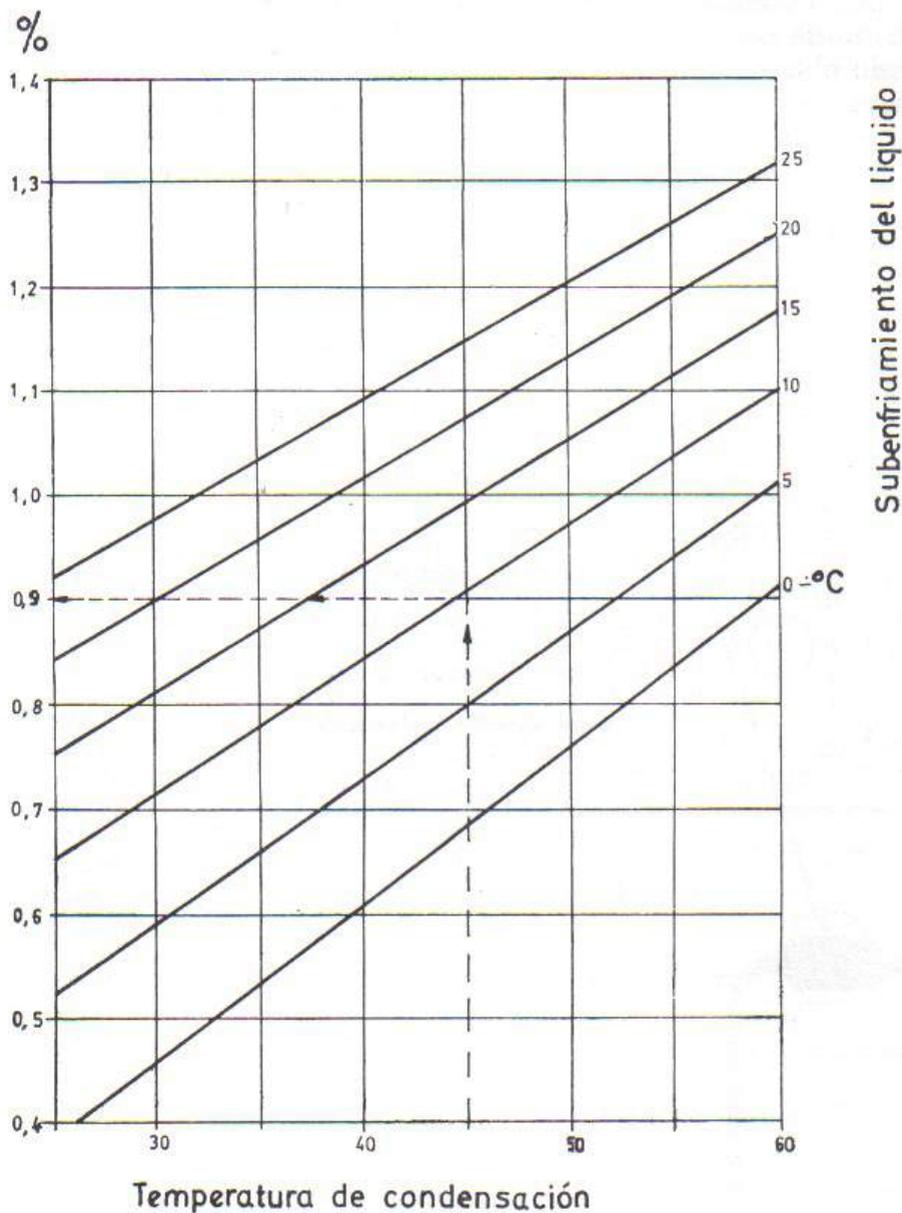
*El Sobrecalentamiento está bien: $58.0 - 34.0 = 24 \text{ }^\circ\text{F}$ ($13.3 \text{ }^\circ\text{C}$)
 El evaporador se está usando completo.
 La carga de refrigerante es correcta*

SISTEMA CON CARGA CORRECTA DE REFRIGERANTE

Frig/h



Curva para el cálculo del tubo capilar.



Curva del factor de corrección para determinar la longitud final del tubo capilar.

Las tablas de selección de tubos capilares son para tener una referencia de los diámetros y longitudes de los capilares a seleccionar, los fabricantes de compresores suministran programas informáticos y tablas para la selección adecuada del capilar a instalar con sus compresores en función a la potencia frigorífica, temperatura de evaporación, temperatura de condensación, Subenfriamiento y tipo de gas utilizado.

En la primera columna aparecen las capacidades en frigorías/hora (frigorías/0.86 = Watios) y en la parte inferior, las longitudes en metros de tubo necesario en principio. Cada curva pertenece a un determinado diámetro de tubo en milímetros. La coincidencia entre los dos puntos (frigorías/hora y diámetro del tubo) señalan la longitud prevista en un principio, que debe de sujetarse al factor de corrección que facilita la curva de la siguiente figura, de acuerdo con la temperatura de condensación (escala inferior) y el Subenfriamiento del líquido (escala de la derecha).

Ejemplo: Supongamos un sistema cuya capacidad es de 500 frigorías/hora (581 Watios) con una temperatura de condensación de 45 °C y un Subenfriamiento de 10 °C. Empleando tubo de 1 mm de diámetro encontramos que la longitud del capilar será de 1,1 metros, correspondiendo un factor de corrección de 0,9 por lo que la longitud final será de 1,10 X 0,9 = 1 metro.

Con tubo de 1,2 mm de diámetro, la longitud original sería de 2,8 mm para convertirse, después de aplicar el factor de corrección en 2,8 X 0,9 = 2,1 metros.

A continuación reproducimos la pantalla de resultados del programa de Danfoss "DanCap", utilizando los mismos datos del ejemplo (el programa se puede descargar en www.danfoss.com).

Danfoss Capillary Tube Selector

DanCap™ Version 1.0 Database 1.0

Input Data

- Refrigerant: R404A
- Heat load of the system: 581 W
- Evaporating temperature: -10 °C
- Condensing temperature: 45 °C
- Return gas temperature: 10 °C

Capillary Tube Recommendation

Flow Rate: 30.3 l/min (N₂ at delta p 10 nbar)

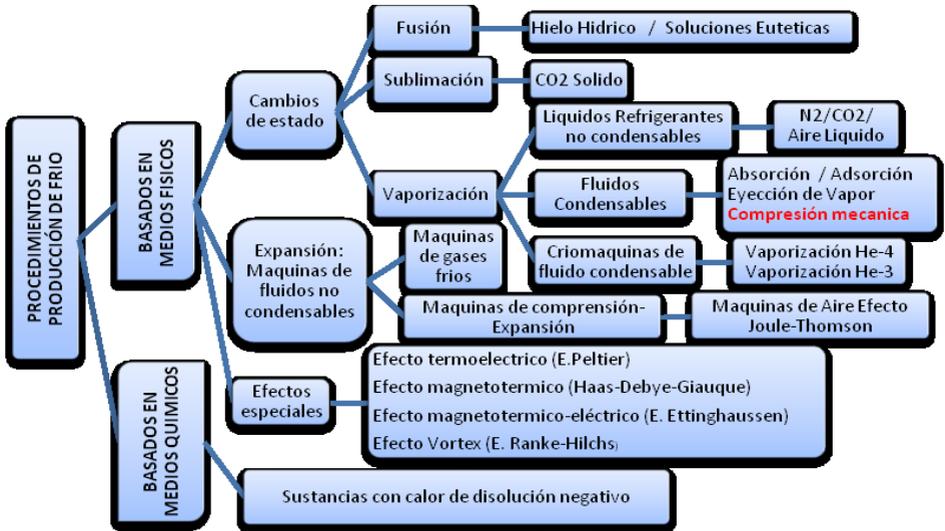
Length	Inner Diameter
0.27 m	0.80 mm
0.48 m	0.90 mm
0.82 m	1.00 mm
1.44 m	1.12 mm
2.03 m	1.20 mm
2.49 m	1.25 mm
4.39 m	1.40 mm
6.20 m	1.50 mm
8.56 m	1.60 mm

Optimal selection is highlighted in green.

Homepage: compressors.danfoss.com

Help Print Settings

6.6.- Procedimientos de producción de frío



En el cuadro adjunto pueden observarse clasificados, los más importantes procedimientos de producción de frío. Aun que la finalidad de la guía Básica es principalmente el conocimiento del sistema de compresión mecánica y sus componentes, vamos a considerar de forma breve algunas de las demás a fin de obtener una visión global de todas ellas.

6.6.1.- Métodos basados en medios químicos.

Se basan en la Ley de Raoult de las disoluciones de sustancias con calor de disolución negativo.

Podemos considerar la disolución de un cuerpo sólido como un paso del estado sólido a líquidos, en el que el trabajo de disgregación molecular de lugar a un consumo de energía, tanto mayor cuanto mayores sean las fuerzas de cohesión entre las moléculas del sólido.

Una vez separadas las moléculas es preciso que se difunda entre las moléculas del disolvente lo que consume también energía. Vemos pues que el calor necesario para efectuar una disolución es la suma de dos sumandos distintos: uno el que corresponde a la disgregación del soluto, o “calor de disolución” y el otro el correspondiente al transporte de las moléculas de soluto en el interior del disolvente o “calor de dilución”.

Algunas veces al disolver ciertas sustancias, es fácil observar un desprendimiento de calor lo que aparentemente parece contradecir lo anteriormente descrito. Esto se debe a que existe una reacción exotérmica entre el soluto y el disolvente y la cantidad de energía desprendida enmascara la energía empleada en la disolución propiamente dicha.

Si se eligen adecuadamente las sustancias que van a ser objeto de disolución entre ellas, pueden conseguirse descensos importantes de temperatura que pueden aprovecharse para el enfriamiento de pequeñas cantidades de producto. Estas mezclas reciben el nombre de “mezclas frigoríficas” o “mezclas crioscópicas” y las temperaturas que se pueden conseguir con ellas dependen de la temperatura inicial a la que se

encuentren los productos a mezclar y del punto eutéctico de la mezcla. Así, por ejemplo, si mezclamos hielo picado con cloruro sódico en la proporción de dos partes de hielo con una de sal, la mezcla resultante bajará a -20° C. Si cambiamos la proporción de los componentes, la temperatura más baja que podríamos conseguir sería -21°C, 2°C pues ésta es la temperatura eutéctica de la mezcla.

Cuando se mezcla hielo picado con ácidos tales como el sulfúrico, el colhídrico o el nítrico, no se produce el fenómeno de limitación señalado anteriormente pero en cambio se producen una serie de reacciones exotérmicas, que limitan igualmente la temperatura final alcanzable.

En la tabla adjunta se relacionan algunas de estas mezclas y las temperaturas que pueden conseguirse con ellas.

MEZCLAS REFRIGERANTES

COMPONENTES	PARTES EN PESO	DESCENSO DE TEMPERATURA	
		de °C	Hasta °C
Agua Nitrato Amónico	1 1	+10	-15.5
Agua Nitrato Amónico Carbonato sódico	1 1 1	+10	-22
Ácido nítrico diluido Nitrato sódico	2	+10	-20
Ácido sulfúrico diluido Sulfato sódico	4 5	+10	-20
Ácido nítrico diluido Fosfato sódico	4 9	+10	-25
Ácido nítrico diluido Nitrato amónico Sulfato sódico	4 5 6	+10	-40
Hielo Ácido clorhídrico diluido N/10	8 5	0	-32
Hielo Ácido sulfúrico diluido N/10	3 2	0	-30
Hielo Ácido nítrico diluido N/10	7 4	0	-35
Hielo Cloruro sódico	2 1	0	-20
Hielo Cloruro sódico Nitrato amónico	12 5 5	0	-32
Hielo Cloruro cálcico	4 5	0	-40
Hielo Cloruro cálcico cristalizado	2 3	0	-45
Hielo Potasa	3 4	0	-46

6.6.2.- Métodos basados en medios físicos

A los procedimientos físicos de producción de frío se les puede subdividir en tres grandes grupos.

6.6.3.-Sistemas basados en cambios de estado.

Se utilizan básicamente los calores latentes de:

6.6.3.1.- Fusión.

Se basa en la propiedad que tienen los cuerpos de absorber calor para pasar del estado sólido al líquido. Cada unidad de masa absorbe, para poder efectuar este proceso, una cantidad de calor constante e igual a su calor latente de fusión.

Se eligen sustancias o mezclas de sustancias que posean una baja temperatura de fusión. Normalmente se utiliza el hielo o bien las denominadas soluciones eutélicas.

Si se prepara una solución cuya composición coincida con su punto eutéctico y se la congela se obtiene lo que se denomina hielo criohidrático o eutéctico. Su temperatura permanece constante a partir de ese momento hasta que se haya fundido de nuevo toda la sal o hielo. Evidentemente se eligen soluciones cuyo punto de congelación sea el adecuado a la temperatura que se desea conseguir. Suele usarse en vehículos de distribución, en el interior de lo que se conoce como placas eutélicas.

En la tabla adjunta se facilitan algunas soluciones eutélicas normalmente utilizadas, con expresión de su punto de congelación y su calor latente de fusión.

SOLUCIONES EUTÉCTICAS

(Temperaturas mínimas)

SAL UTILIZADA	CONCENTRAC (% en peso)	TEMPERATURA DE CONGELACIÓN	CALOR DE FUSIÓN Kcal/Kg.
Cloruro amónico	18.7	-15.8	-73.8
Cloruro cálcico	29.9	-55.0	50.8
Cloruro magnésico	20.6	-33.6	-
Cloruro potásico	19.7	-11.1	71.9
Cloruro sódico	22.4	-21.2	56.4
Carbonato potásico	35.5	-37.1	-
Hidróxido potásico	31.5	-65.0	-
Nitrato sódico	36.9	-18.5	57.5
Sulfato de magnesio	19.0	-3.9	58.2
Sulfato de Zinc	27.2	-6.5	50.9

6.6.3.2.- Sublimación.

Es conocido que un líquido hierve a aquella temperatura a la que su tensión de vapor iguala a la presión que sobre él se ejerce. Así, por ejemplo, el agua hierve a 100°C a 760 mm. Hg. De presión por ser ésta su tensión de vapor a esa temperatura. A menos presión hierve a menos temperatura y a mayor presión a mayor temperatura.

A una presión de 4,6 mm de Hg. El agua hierve a 0°C y una presión de 3,83 mm de Hg. Hierve a -2°C.

Si tomamos agua pura y la ponemos a temperatura de -2°C se pondrá en estado sólido o sea en forma de hielo. Si ponemos un trozo de hielo en un recinto hipobárico a presión 4 mm de Hg. o menor, el hielo pasara directamente del estado sólido al estado de vapor sin pasar por el estado líquido.

Este fenómeno se denomina sublimación y se realiza con una gran absorción de calor. La cantidad de calor necesaria para que una unidad de masa de un cuerpo pase

directamente del estado sólido al de vapor se denomina calor latente de sublimación y viene a ser aproximadamente equivalente al calor latente de fusión mas el calor latente de vaporización a la temperatura a la cual se realiza la sublimación.

La sublimación se produce de forma espontánea en las condiciones ambientales normales, en ciertos productos, entre los que se encuentra el anhídrido carbónico sólido, conocido normalmente como nieve carbónica o hielo seco. A presión atmosférica, se sublima produciendo una temperatura de $-78,5^{\circ}\text{C}$. El calor de sublimación es de 139 Kcal/Kg. Y el calor total, una vez que el gas alcanza la temperatura ambiente es de 152 Kcal/Kg.

6.6.3.3.- Vaporización.

Bajo este apartado se englosan todos aquellos métodos basados en el cambio de estado de un líquido a vapor al suministrarle una cierta cantidad de calor. Dentro de este método podemos distinguir tres casos:

6.6.3.3.1.- a) Sin recuperación del gas producido.

En este procedimiento un líquido con muy bajo punto de ebullición a presión atmosférica, es vaporizado de modo tal que permita aprovechar su calor latente de vaporización y posteriormente el gas producido es eliminado a la atmósfera.

Evidentemente debe de tratarse de gases que no sean tóxicos, cuya presencia en la atmósfera sea normal y en cantidades lo suficientemente importantes como para que no se vean modificadas por las cantidades emitidas.

Suele utilizarse el nitrógeno líquido y el CO_2 líquido. Se usa sobre todo para la congelación y en transportes frigoríficos, aun que también se han utilizado en otras actividades muy diferentes (pilotajes en zonas con agua, cirugía, etc.)

6.6.3.3.2.- b) Con recuperación del gas producido.

En este caso el gas producido es recuperado de algún modo, para ser reutilizado, tras sufrir una serie de procesos físicos adecuados.

Normalmente estos procesos para la reutilización del gas requieren una aportación de energía externa al sistema. El fluido produce al vaporizarse una temperatura determinada en función de la presión a la cual se vaporiza.

Según el sistema utilizado para la recuperación de los gases producidos, podemos distinguir:

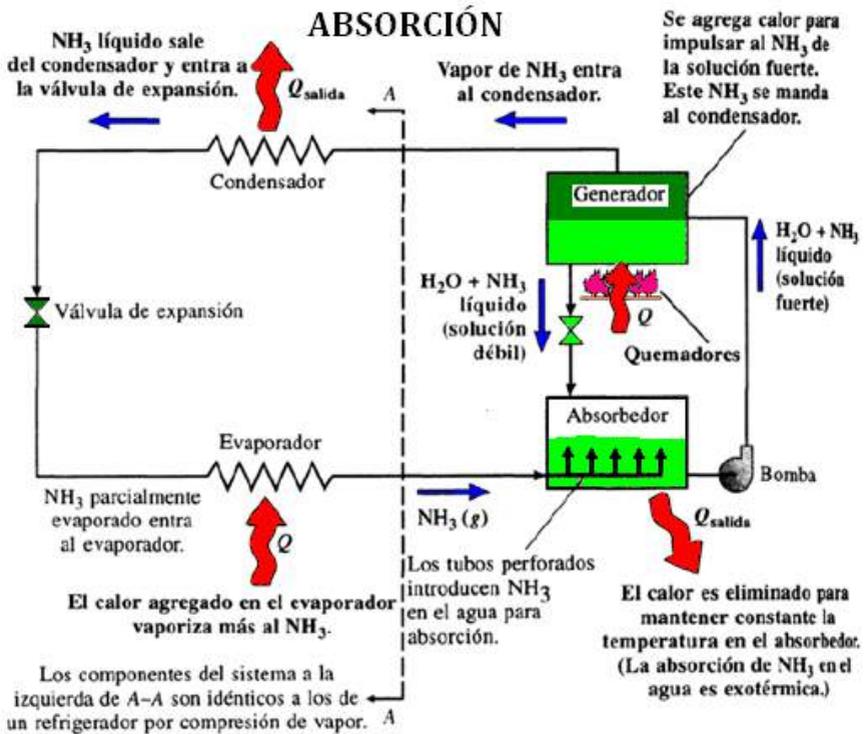
6.6.3.3.3.- b.1 Instalaciones de absorción.

En este sistema el gas se recupera por medio de un absorbente líquido. En la figura se muestra un esquema de una instalación de este tipo, de simple etapa.

De hecho la primera máquina de refrigeración, patentada en 1834 por J. Perkins, consistía en una máquina de absorción que utilizaba éter.

La idea básica de la refrigeración por absorción consiste en sustituir la compresión mecánica del vapor por una absorción de éste en una disolución.

Una de las ventajas de éste método es que el coste energético es mucho menor. Para liberar el vapor de la disolución comprimida debe suministrarse calor. Esto hace posible el que, por ejemplo, se utilice la energía solar como energía primaria (se consigue ENFRIAR a partir del CALOR del Sol). En cambio, el rendimiento es inferior al conseguido mediante el método de compresión.



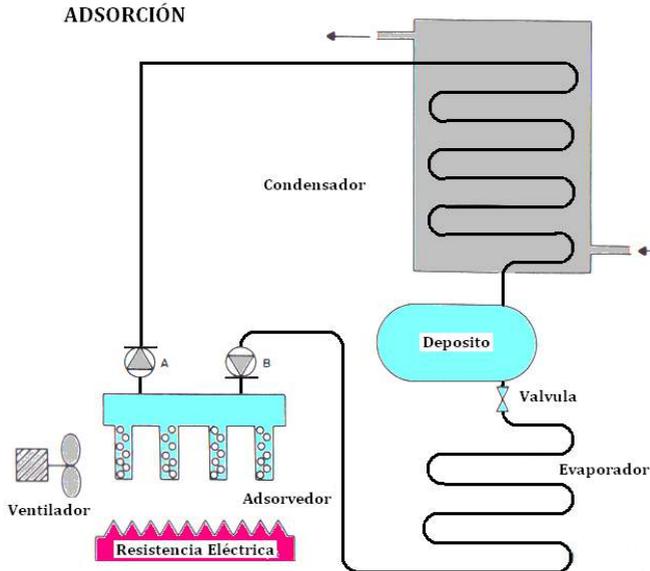
Desde el punto de vista práctico, el conjunto formado por el evaporador, el condensador y la válvula de expansión se mantiene igual que en la máquina de compresión. La única diferencia está en la sustitución del compresor por un sistema absorbedor-generador, cuyos componentes básicos se muestran en la figura. En el generador, que suele ser una columna de destilación, existe una mezcla líquida formada por un líquido absorbente y un vapor refrigerante disuelto en él. Preferiblemente dichos fluidos deben tener temperaturas de ebullición diferentes. Como mezclas de trabajo refrigerante-absorbente se suele utilizar comercialmente amoníaco-agua o bromuro de litio-agua. La primera mezcla se utiliza para temperaturas de evaporaciones inferiores a $0\text{ }^\circ\text{C}$, y la segunda para temperaturas superiores. En este segundo caso la instalación cambia ligeramente de diseño.

Cuando se suministra calor en el generador se producen vapores de ambos fluidos (destilación). Dichos vapores son adecuadamente separados. Así el vapor refrigerante, a alta presión y temperatura, pasa al condensador donde se enfría y pasa a estado líquido. Mediante una válvula se disminuye su presión, y pasa al evaporador donde se vaporiza y extrae calor del medio a refrigerar. El vapor pasa al absorbedor, donde es absorbido por una gran cantidad de líquido absorbente existente en el mismo, que procede del generador mediante una válvula que disminuye su presión. Este aporte de vapor hace que la mezcla líquido-vapor se caliente, y debe ser refrigerada mediante una corriente de agua fría. La mezcla enfriada es enviada de nuevo al generador mediante una bomba, donde vuelve a ser destilada.

6.6.3.3.4.- b.2. Instalaciones de adsorción.

La adsorción es la propiedad de ciertas sustancias de retener en su masa porosa gases y vapores de los que las rodean. La retención es básicamente superficial.

El esquema de una instalación de este tipo es el que se muestra en la figura siguiente:



La instalación funciona de forma intermitente en ciclos alternativos de calentamiento-enfriamiento del siguiente modo:

Ciclo de calentamiento.

En un recipiente denominado adsorbedor, existe gel de sílice totalmente saturada de vapores de S^{O_2} . Al poner en marcha la resistencia eléctrica, la gel de sílice se calienta y se desprenden los vapores de S^{O_2} que a través de la tubería van hacia el condensador.

Una válvula de retención B, impide que los vapores puedan volver al evaporador.

Los vapores llegan al condensador y allí son enfriados mediante una corriente de agua, condensados y enviados a un depósito de líquido. Esta operación continúa hasta eliminar por completo al S^{O_2} de la gel de sílice.

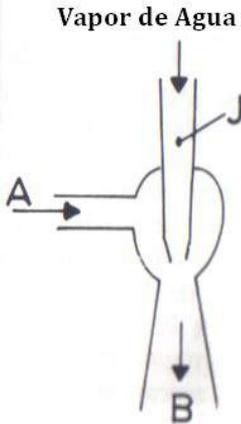
Ciclo de enfriamiento.

Una vez limpia el gel de sílice, se desconecta la resistencia eléctrica y se pone en marcha el ventilador, la corriente de aire enfría el gel de sílice, hasta temperatura ambiente.

La gel de sílice comienza entonces a adsorber vapores S^{O_2} procedentes del evaporador, debido a lo cual se crea en este una baja presión, con lo que el S^{O_2} contenido en el comienza a hervir, tomando vapor del recinto que lo rodea y enfriándolo. La cantidad de líquido que pasa a vapor es respuesta mediante una válvula a partir del depósito de líquido. Este proceso continua hasta que la gel de sílice se satura de S^{O_2}

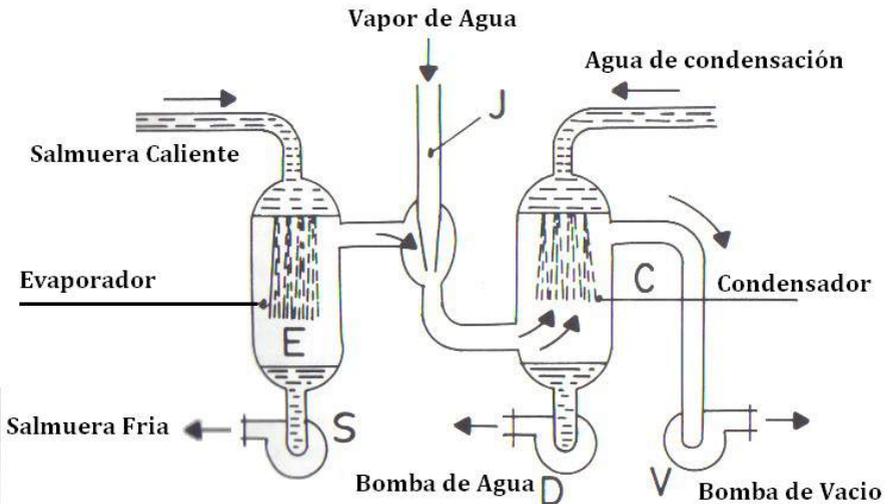
y cesa de producirse el efecto frigorífico. A partir de este momento comienza de nuevo el ciclo de calentamiento.

6.6.3.3.5.- b.3. Instalaciones de eyección de vapor.



Si producimos vapor de agua a gran velocidad por una tubería J crearemos en A una depresión. La depresión en A será alrededor de 1/10 de la presión en B. Así, si nosotros mandamos el vapor de aire libre (presión en B 1,033 Kg/cm²) en A tendremos una presión absoluta de 0,1 Kg/cm². Si hacemos vacío en B la proporción queda más o menos igual. Por tanto podemos conseguir muy bajas presiones en A.

Velocidad utilizada: 1.200 metros/seg.



Esta máquina comprende esencialmente un evaporador E al cual llega por su parte superior la salmuera caliente que viene de los aparatos de utilización.

Esta salmuera cae en forma de lluvia lo que facilita la evaporación de una parte de su agua constitutiva, evaporación que enfría el resto de la salmuera. En el evaporador hay un vacío muy grande, gracias al vapor de agua a gran velocidad que se hace pasar por el eyector J. Este vapor y el agua de evaporación llegan al condensador donde hay una presión lo más baja posible, mantenida por una bomba de vacío V.

Una bomba D extrae el agua recalentada. La salmuera enfriada se envía a los aparatos de utilización por medio de una bomba de salmuera S.

Estas maquinas se emplean sobre todo para grandes potencias, pero necesitaban una gran cantidad de agua fría de condensación y de vapor (vapor de escape) utilizable de 1 a 6 bar. (1 bar= 1,02 Kg/cm2).

6.6.3.3.6.- b.4. Instalación de compresión mecánica.

Es el sistema normalmente más utilizado y es objeto de un análisis mas detallado en esta Guía Básica, (Capitulo 6.- Circuito frigorífico).

Los vapores son aspirados y comprimidos por una bomba aspirante-impelente (compresor) y enviadas posteriormente a un condensador donde son licuadas y enviadas a un depósito.

6.6.3.3.7.- Vaporización de crio-fluidos.

Mediante compresión y enfriamiento se ha llegado a licuar el aire y otros gases que durante mucho tiempo se consideraron no licuables.

En el caso del He-3 y del He-4, si una vez licuados se les deja expandir en recintos con vacíos del orden, 0,12mm de Hg se llega a conseguir temperaturas de hasta 0,4º K no utilizables comercialmente, pero muy interesantes a efectos de investigación y laboratorio.

6.6.4.- Sistemas basados en la expansión de fluidos gaseosos no condensables.

Estos sistemas se basan en la expansión de fluidos gaseosos no condensables.

En efecto si expandimos de forma adiabática un gas que previamente ha sido comprimido y enfriado, este produce un trabajo exterior a costa de desprender energía de su propia masa, lo que provoca su enfriamiento.

Durante esta transformación se cumple:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}$$

De donde podemos deducir la temperatura final:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}$$

Que es función de la temperatura inicial, de la relación de expansión y del exponente.

$$K = \frac{Cp}{Cv}$$

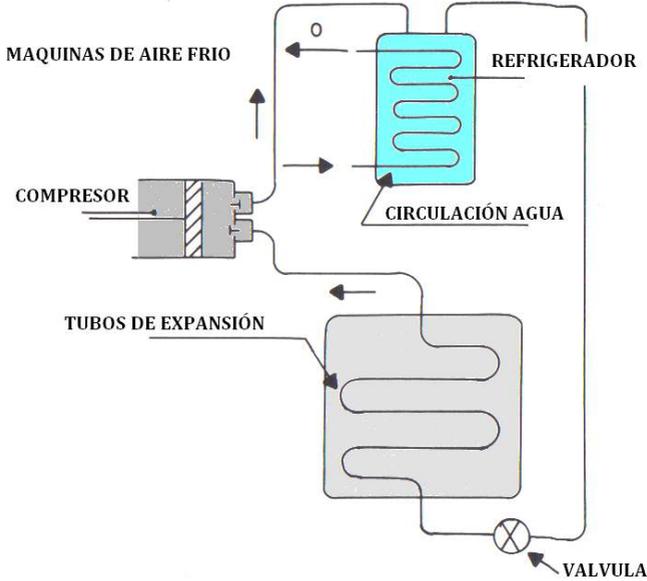
A 0º el valor de K es K= 1,66 para los gases monoatómicos y de K= 1,40 para los diatómicos.

Fundamentalmente hay dos tipos de maquinas basados en este principio aun que a nivel experimental han sido muy numerosos los prototipos realizados, algunos de los cuales han llegado a tener cierta importancia. Estas han sido relacionadas en el cuadro de clasificación adjunto.

6.6.4.1.- Maquinas de aire frío.

En las maquinas de aire se utiliza la propiedad que tienen los gases comprimidos, de producir una disminución importante de temperatura, cuando se les expande tras haberlos enfriado. Existe una cierta analogía mecánica entre estas instalaciones y las que utilizan fluidos frigoríferos. Se componen esencialmente de un compresor para comprimir el aire, que se calienta al mismo tiempo, de un enfriador por circulación o por pulverización de agua y de evaporador situado en el local a refrigerar. El esquema general es muy parecido al de las instalaciones de compresión y evaporación que estudiaremos detalladamente más adelante. En el circuito se insertan varios órganos de secado y purga. En las instalaciones de compresión se utiliza el calor latente de

vaporización, que es bastante importante. En el caso de las maquinas de aire, se utiliza el calor específico del aire, que es pequeño (0,3 Kcal/m³) Debido a esto es necesario hacer circular grandes masas de aire y utilizar maquinas enormes. Además es necesario tomar ciertas precauciones de secado para evitar la obstrucción de las conducciones por el hielo.



Por el contrario tiene la ventaja de que el aire es gratuito.

6.6.4.2.- Efecto Joule-Thompson.

Es el efecto producido cuando se deja expandir un gas a través de una pared porosa.

Supongamos que un gas en unas condiciones P_1, V_1, T_1 se deja expandir a través de una pared porosa hasta nuevas condiciones P_2, V_2, T_2 .

Efecto Joule-Thompson

En este caso se cumple la ecuación:

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 + 427 C_v (T_2 - T_1) = 0$$

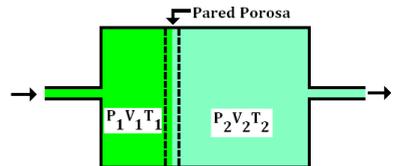
En la que C_v es el calor específico del gas a volumen constante.

Según las condiciones en que se realice la operación pueden darse tres casos:

- $P_1 V_1 = P_2 V_2$ En este caso se cumple Boyle-Mariotte $T_1 = T_2$ y el efecto refrigerante es nulo.

- $P_1 V_1 > P_2 V_2$ en este caso $T_1 > T_2$ y se produce un enfriamiento.

- $P_1 V_1 < P_2 V_2$ de donde resulta $T_1 < T_2$ y resulta un calentamiento.



6.6.5.- Sistemas basados en efectos especiales.

Se englosan bajo este epígrafe una serie de métodos cuyos principios de funcionamiento son distintos de las enunciadas y diferentes igualmente entre s. Generalmente son sistemas de escasa importancia técnica y comercial. En algunos casos son solo tentativas no totalmente desarrolladas.

6.6.5.1.- Efecto Peltier.

Se denomina también efecto termoelectrico. Al hacer pasar una corriente eléctrica a través de una soldadura de dos metales distintos esta se enfría o calienta según el sentido en el que pasa la corriente.

Actualmente ya no se emplean soldaduras de metales, sino un complejo de varios materiales, entre ellos los semiconductores de los tipos P y N.

En síntesis, estas instalaciones están compuestas de la forma indicada en la figura.

El funcionamiento es el siguiente:

Cuando la corriente circula como se indica en la figura se enfrían las soldaduras de la parte superior y se calientan las de la parte inferior, si se invierte el sentido de la corriente sucede lo contrario.

Los semiconductores P y N tienen respectivamente déficit y exceso de electrones. En su fabricación su utilizan normalmente elementos de gran peso atómico (Teluro de Bismuto y Teluro de Plomo). Las soldaduras deben tener escasa resistencia al paso de la corriente.

Normalmente se utilizan varios módulos conectados en serie.

6.6.5.2.- Efecto magnetotermico (Haas-Debye-Guiaque).

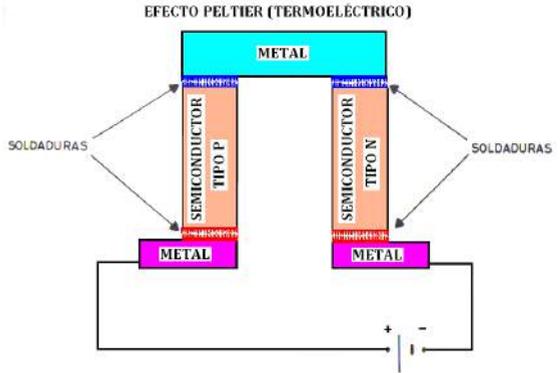
Consiste básicamente en producir frío mediante la desimantación de una sal paramagnética. Mediante este método se consiguieron en laboratorio temperaturas muy próximas al cero absoluto.

El método seguido por Haas se muestra en la figura adjunta.

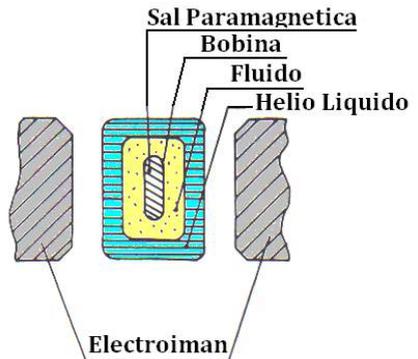
El procedimiento operativo es el siguiente: se sitúa una sal paramagnética (compuesto capaz de ser atraído por un imán) entre los polos de un electroimán, rodeado de un fluido que asegure el contacto térmico y de helio líquido.

Se elimina, seguidamente el fluido térmico mediante bombeo y se hace vacío en el lugar que ocupaba.

Al retirar el electroimán, la sal paramagnética se desimana bruscamente y su temperatura desciende hasta los 0,003º K e incluso temperaturas menores.

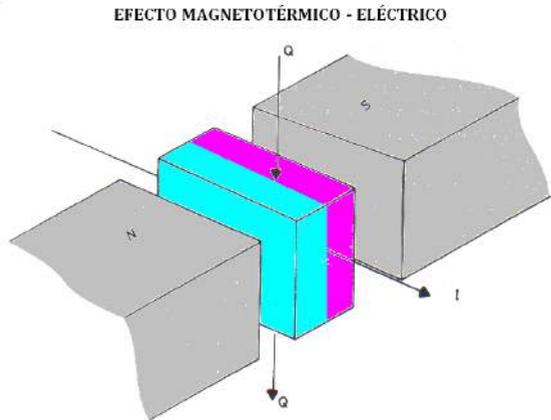


EFECTO MAGNETOTERMICO

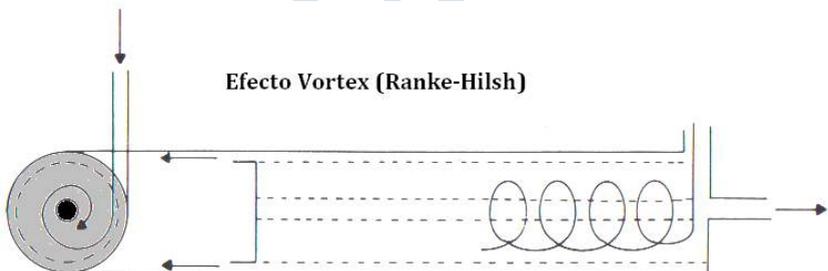


6.6.5.3.- Efecto magnetotérmico-eléctrico (E. Ettinghausen).

Supongamos un conductor recorrido por una corriente eléctrica continua de intensidad I . Situemos un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente y que se sitúe a ambos lados del conductor tal como se aprecia en la figura. Se aprecia inmediatamente que se produce en el conductor un gradiente de las temperaturas en dirección perpendicular a la de los campos, de modo que una de las caras del conductor se enfría y la otra se calienta. Mientras la primera absorbe calor, la opuesta lo desprende.



6.6.5.4.- Efecto Vortex (Ranke-Hilsh)



Al introducir el aire comprimido en el interior de un cilindro, de forma tangencial y a velocidad sónica, se crea en el interior de la cámara un movimiento circular ciclónico. Este movimiento origina una depresión en la zona cercana al eje del cilindro y como consecuencia una expansión del aire en esa zona, con el consiguiente enfriamiento del mismo.

Por el contrario en la periferia se produce una sobrepresión del aire y consecuentemente un calentamiento de este.

El aprovechamiento frigorífico se realiza extrayendo el aire cercano al eje central y conduciéndolo al recinto a refrigerar. Igualmente puede conseguirse aire caliente. El rendimiento es muy bajo.

7 COMPRESORES

Manual de aplicación de compresores herméticos Danfoss



7.1 Contenido

No hay ninguna norma general para designar el tamaño de los compresores herméticos. Anteriormente, se indicaban los tamaños de compresor en HP (CV), pero esta unidad de medida no representaba una definición clara de las características de refrigeración. Por esto, Danfoss ha utilizado y desarrollado continuamente desde los años 60 el sistema que se describe a continuación.

El compresor está marcado de acuerdo con las normas que se ilustran en la tabla que sigue. Las abreviaturas están explicadas en las secciones respectivas.

Ejemplo:

T L E S 4 F K	
Diseño básico (P, T, N, F, S)	<p><u>Campo de aplicación</u></p> <p>A = LBP / (MBP) R 12 AT = LBP (versión tropical) R 12 B = LBP / MBP / HBP R 12</p> <p>BM = LBP (240 V) R 22 C = LBP R 502 / (R 22) CL = LBP R 404A / R 507 CM = LBP R 22 / R 502 CN = LBP R 290 D = HBP R 22 DL = HBP R 404A / R 507 F = LBP R 134a FT = LBP (versión tropical) R 134a G = LBP / MBP / HBP R 134a GH = Bombas de calor R 134a GHH = Bombas de calor (optimizadas) R 134a H = Bombas de calor R 12 HH = Bombas de calor (optimizadas) R 12 K = LBP / (MBP) R 600a KT = (versión tropical) R 600a</p> <p>L = LST / HST K = Tubo capilar (LST) X = Válvula de expansión (HST)</p>
L, R, C = protección interior de motor T, F = protección exterior de motor LV = velocidad variable	
E = optimización energética Y = alta optimización energética	
S = aspiración semidirecta	
Volumen desplazado en cm ³	

La primera letra (P, T, N, F o S) indica la serie de fabricación del compresor, mientras que la segunda letra indica la ubicación de la protección de motor. El volumen de desplazamiento nominal se indica mediante un número, que por razones prácticas, es un valor aproximado al real. Entre los indicadores de serie de compresor y volumen de desplazamiento está expresado el tipo de optimización del compresor. Aquí aparecen las letras E (optimización energética), S (aspiración semidirecta) o Y (alta optimización energética), apareciendo las letras E y S a veces juntas. Si no hay ninguna letra de este tipo, se trata de una ejecución estándar del compresor.

7.2 Identificación/marcado del compresor

La letra que sigue la marca de volumen nominal desplazado indica el refrigerante que deberá ser utilizado, así como el campo de aplicación del compresor. LBP (Low Back Pressure) indica el rango de bajas temperaturas de evaporación, MBP (Medium Back Pressure) el rango de medias temperaturas de evaporación, y HBP (High Back Pressure) el rango de altas temperaturas de evaporación.

La "T" adicional indica que es un compresor ideado para condiciones climatológicas tropicales.

La letra final del marcado del compresor proporciona información sobre el par de arranque. Si el compresor está ejecutado para LST y HST (ver más abajo) como estándar, no aparece ninguna letra en este lugar. "K" indica un bajo par de arranque (tubo capilar, LST = Low Starting Torque) y "X" alto par de arranque (válvula de expansión, HST = High Starting Torque).

Los compresores Danfoss están equipados con motores monofásicos de c.a. (con la excepción del compresor de tipo BD para 12 V y 24 V c.c., y el compresor de tipo TLV que está accionado por un motor de 230 V c.c. con automatismo electrónico). Los motores de c.a. se suministran con los sistemas siguientes:

RSIR (Resistant Start Induction Run): Motor de inducción de arranque por resistencias

RSCR (Resistant Start Capacitor Run): Motor de inducción de arranque por resistencias y condensador de marcha

CSIR (Capacitor Start Induction Run): Motor de inducción con condensador de arranque

CSR (Capacitor Start Run): Motor de inducción con condensador de arranque y condensador de marcha

Los compresores con motores de sistemas RSIR y RSCR tienen un bajo par de arranque (LST) y se utilizan en aparatos de refrigeración con tubos capilares, en los que la igualación de presión tiene lugar antes de cada arranque.

El sistema RSIR incorpora un termistor PTC o un relé y un devanado bifilar (relé de intensidad) como equipamiento de arranque. La creciente aplicación de termistores PTC ha resultado en una considerable reducción del número de dispositivos de arranque. En cualquier caso, la PTC debe mantenerse un periodo desactivada de unos 5 minutos para permitir su enfriamiento antes de que pueda volver a arrancar.

El sistema RSCR, que consta de un termistor PTC y un condensador de marcha, es principalmente utilizado en compresores con optimización energética.

Los compresores con motores del tipo CSIR y CSR tienen un alto par de arranque (HST) y pueden ser utilizados en aparatos de refrigeración con tubos capilares, así como en sistemas con funcionamiento por válvula de expansión (sin igualación de presión). El sistema CSIR está compuesto por el relé de arranque y el condensador de arranque especificados para cada tipo de compresor en particular. Los sistemas CRS requieren un relé de tensión, un condensador de arranque y un condensador de marcha.

A excepción de los de menor tamaño, los compresores de tipo TL, FR, NL y SC equipados con un motor del tipo RSIR (Bajo par de arranque) para ser utilizados con refrigerante R 134a, pueden ser transformados al motor del tipo CSIR (Alto par de arranque), reemplazando el equipamiento eléctrico externo. Los compresores de tipo TF, FF y NF incorporan un arranque de devanado bifilar, un relé y protección exterior de motor. Por lo tanto no es posible cambiar entre RSIR y CSIR. Los tipos de compresores de las series TL, FR, NL y SC están equipados con un protector incorporado en el motor.

7.3 Tipos de motor

Aplicaciones

A continuación se ilustran algunos ejemplos de los campos de aplicación para compresores de tipo F, FT, G y K.

7.3.1 Compresores “F”

Ejemplos: TL4F, NL7F, SC15F

La letra F indica que los compresores están ideados para funcionar con refrigerante R 134a a bajas temperaturas de evaporación (LBP).

Los campos típicos de aplicación son aparatos frigoríficos, arcones congeladores, mostradores frigoríficos de vitrina y otras aplicaciones similares.

Esto indica que el campo de aplicación es el de LBP (MBP) y que el rango de temperatura de evaporación es desde -35°C hasta -10°C aproximadamente. Para asegurar un funcionamiento de compresor libre de fallos, no deben ocurrir fluctuaciones de tensión que excedan +/- 10% de la tensión nominal.

Los compresores F en tamaños destinados a aparatos frigoríficos domésticos están también disponibles en diseños con bajo consumo energético (E, ES, Y). Sin embargo, esto significa que los motores no podrán arrancar con una tensión de línea de menos del 90% de la tensión nominal.

Por consiguiente, los compresores F son la solución preferida en países industrializados con un suministro de energía eléctrica estable de 220-240 V 50 Hz (115 V 60 Hz) y con un interés especial en un bajo consumo energético.

Una tensión de 240 V 50 Hz refuerza el par de motor, en comparación con una tensión de 220 V 50 Hz, y esto hace que los compresores de tipo F sean capaces de resistir cargas más elevadas si están conectados a una alimentación de 240 V.

Por el contrario, los compresores F de 220 V no son adecuados para funcionar bajo una alimentación de 60 Hz, como 220 V 60 Hz y 230 V 60 Hz. Los compresores F designados para una tensión nominal de 115 V 60 Hz también pueden normalmente funcionar con 110 V 50 Hz

Y 100 V 50 Hz, puesto que un paso de 60 Hz a 50 Hz refuerza el par de motor.

7.3.2 Compresores “FT”

Ejemplos: TLS3FT; NL7FT

Los compresores de tipo FT son particularmente adecuados para países con un suministro inestable de energía eléctrica, y especialmente, con bajadas de tensión extremas. Estos compresores de tipo F han sido especialmente diseñados para condiciones climatológicas de los trópicos y son particularmente idóneos para ser utilizados bajo condiciones de funcionamiento más críticas

(p.ej., altas temperaturas ambientales, grandes oscilaciones de tensión en la red de suministro eléctrico). Como en el caso de los de tipo F, los compresores FT están dimensionados para campos de aplicación con bajas temperaturas de evaporación (LBP).

7.3.3 Compresores “G”

Ejemplos: TL4G, FR7.5G, SC12G

La letra G significa que el motor es de potencia nominal más alta que el compresor de tipo F y, por consiguiente, podrá ser utilizado a temperaturas de evaporación más altas que el compresor de tipo F.

Los compresores G pueden ser caracterizados como compresores R 134a HBP, esto significa que son idóneos para funcionar en condiciones expuestas a altas temperaturas de evaporación, es decir, deshumidificadores de aire, enfriadores de líquido y diversas aplicaciones de refrigeración comerciales. Los compresores G pueden ser utilizados en altas, medias y bajas temperaturas de evaporación, y por lo tanto, pueden considerarse universales. Un motor dimensionado de esta manera supone también una ventaja en caso de inestabilidad de suministro eléctrico. También son muy tolerantes con las fugas de refrigerante del circuito de refrigeración. Por consiguiente, los compresores G son un excelente suplemento al diseño de los de tipo F.

Los modelos G son el sistema LBP/MBP correcto para países con suministro eléctrico inestable, redes débiles y extremas bajadas de tensión con respecto a la tensión de línea.

Los modelos G de la serie TL y FR son altamente idóneos para el tipo de funcionamiento para R 134a LBP en frigoríficos y congeladores domésticos en países con tensiones nominales de 220 V 60 Hz y 230 V 60 Hz.

7.3.4 Compresores “CL / DL”

Ejemplos: TL4CL, SC10CL, FR6DL, SC15DL

Los compresores CL/DL están diseñados para sistemas de refrigeración que funcionan con R404 A o R 507.

Los compresores con las letras de designación final CL son idóneos para aplicaciones en unidades de refrigeración y congelación comercial, o en aplicaciones similares con bajas temperaturas de evaporación (LBP).

Los compresores con la designación final DL están diseñados para altas temperaturas de evaporación (HBP). Son utilizados en aparatos de refrigeración como p.ej., enfriadores de líquido, distribuidores automáticos, bombas de calor, mostradores frigoríficos de vitrina, deshumidificadores de aire y aplicaciones similares.

Los compresores se enfrían por ventilador (velocidad mínima del aire mín. 3,0 m/s).

7.3.5 Compresores "K"

Ejemplos: FR15K, NL10K, TLS4K

La designación de todos los compresores que funcionan con refrigerante R 600a (Isobutano) incluyen la letra K en la última posición.

Estos compresores están diseñados para bajas temperaturas de evaporación (LBP), es decir, para aplicaciones en frigoríficos, mostradores frigoríficos de vitrina, y aparatos similares. Como en el caso de los compresores F, los compresores K están equipados con un motor diseñado para funcionar en países con un suministro de energía eléctrica estable.

Algunos de los compresores más pequeños de tipo TLS-K, TLES-K, TLY-K y PLE-K se pueden utilizar para temperaturas medias de evaporación (MBP).

El R 600a (C4 H10) es un refrigerante inflamable y ha sido clasificado como A3 de acuerdo con la norma ANSI/ASHRAE 34. En consecuencia habrá que observar ciertas normas de seguridad.

Un procedimiento de prueba específico (TS 95006) fue aceptado como suplemento a la norma europea EN 60335-2-24 (similar a la norma IEC 335-2-24) para aplicaciones de refrigeración domésticas. Esta norma describe las exigencias de las pruebas a efectuar cuando se utilizan hidrocarburos. Los compresores Danfoss con Isobutano (R 600a) están sólo permitidos para ser utilizados en unidades diseñadas para R600a de acuerdo con TS 95006 o una posterior reglamentación. Esto significa que los compresores no pueden ser utilizados en unidades que no hayan sido diseñadas y aprobadas para R 600a desde el principio.

7.4 Motores – par máximo del motor

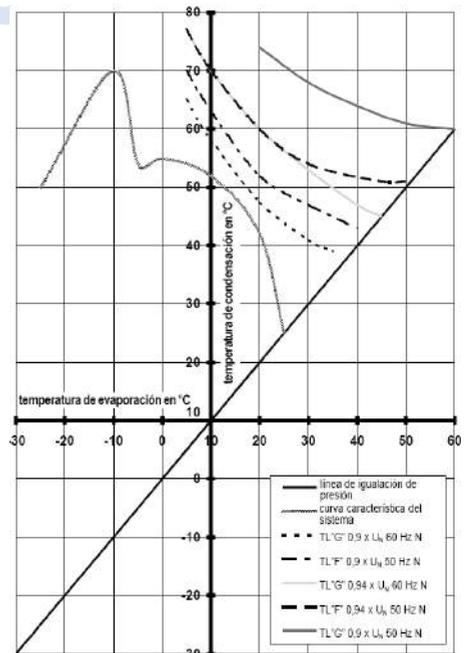
La característica y designación de un motor está relacionada con el rendimiento del motor con una carga correspondiente a la mitad del par máximo. El concepto "par máximo o par de desenganche" expresa la carga máxima que el motor es capaz de resistir sin pararse. Cuando hay que hacer una prueba de un compresor en la práctica, el par máximo de motor debe ser lo suficiente alto para que el motor resista condiciones de trabajo extremas.

La carga máxima de trabajo del compresor se ilustra por medio de "curvas de par máximo", de esta manera se demuestran gráficamente las condiciones de funcionamiento que el compresor es capaz de resistir.

Estas curvas se determinan manteniendo una presión de aspiración constante (temperatura de evaporación) y seguidamente dejar trabajar el compresor con una contrapresión creciente bajo una tensión constante. Si la carga llega a ser demasiado alta, bajará el número de revoluciones, mientras que el consumo de corriente aumentará significativamente, y finalmente el compresor llegará a pararse.

La figura ilustra los límites de carga para compresores de tipo TL-,F" y TL-,G" con distintas tensiones bajas y la misma temperatura de motor. También se muestran en el diagrama, los valores

Características de sistema y de par máximo de motor (Compresores TL "G" y TL "F")



para TL-,G" a 60 Hz

El diagrama también muestra un ejemplo típico de las fluctuaciones de carga a las que un compresor está sujeto desde el momento de puesta en marcha hasta que ha alcanzado el régimen de funcionamiento estacionario en un circuito de refrigerante por expansión con tubo capilar.

La curva de presión, determinado por las condiciones de arranque y la composición del sistema, se llama "característica del sistema." En este ejemplo, las condiciones de arranque están determinadas por la aparición de la igualación de presión y temperatura en el sistema de refrigeración a 43°C.

Para que un compresor sea capaz de resistir la secuencia de carga ilustrada, es necesario que la curva de par máximo a un voltaje específico no interseccione la curva de característica del sistema.

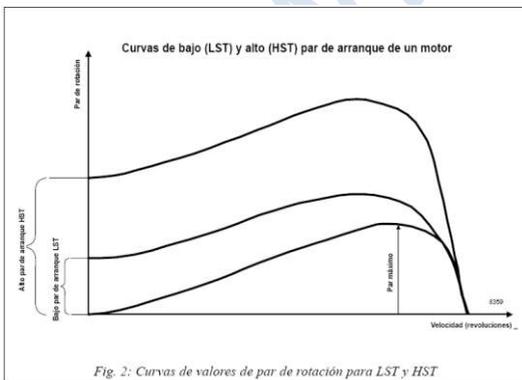
Por la figura 1 se puede ver que la curva de par máximo de un compresor de tipo TL-,G" a 60 Hz es más o menos la misma que para un compresor de tipo TL-,F" a 50 Hz. En el ejemplo ilustrado se tendría que considerar la inclusión de un compresor de tipo G, en caso de que las aplicaciones de refrigeración diseñadas para 230 V 50 Hz vayan a ser conectadas a una red de alimentación de 220 V o 230 V 60 Hz. Además, se mejoran las propiedades de tensión mínima con la misma frecuencia utilizando el motor más potente del compresor de tipo G. Por esta razón, los compresores de tipo G son una excelente solución en campos de aplicación con bajadas de tensión, mientras que los de tipo F son utilizados en aplicaciones de refrigeración y congelación domésticas ideadas para países con un suministro eléctrico más estable.

Para altas temperaturas de evaporación (HBP) se requiere un par de motor más alto que para bajas temperaturas de evaporación (LBP). Los compresores de tipo G son apropiados para este campo de aplicaciones, lo cual convierte a estos compresores en universales para R 134a.

Los compresores con optimización energética se caracterizan por un mínimo de pérdidas mecánicas y eléctricas, y con una alta eficiencia volumétrica. Para conseguir un alto rendimiento del motor, hay que tener en cuenta los siguientes factores al dimensionar el compresor: condiciones de aplicación bien definidas, mínimas caídas de tensión y una curva característica del sistema conforme a estas condiciones. Esto significa que es necesario un cuidadoso dimensionamiento de los componentes del sistema (superficie del condensador, volumen del condensador y tubos capilares).

Desde este punto de vista, los compresores tipo F son una mejor solución en términos de consumo energético que los de tipo G, y están ideados para aplicaciones de refrigeración domésticas. En estos casos, para un funcionamiento sin problemas es necesario un suministro de energía eléctrica estable (el 90% de tensión de la red, como mínimo) y un dimensionamiento correcto del sistema

7.5 Características de arranque LST / HST



El par máximo de motor limita las posibilidades de carga de trabajo y de arranque del motor. Sin embargo, se requiere un par de arranque de valor apropiado para poner el motor en marcha.

La figura ilustra las curvas de par de rotación para los motores de tipo LST y HST. LST y HST son siglas que significan Low Starting Torque (bajo par de arranque) y High Starting Torque (alto par de arranque) respectivamente. En el eje de las ordenadas se indica el par de rotación, mientras que en el de las abscisas se indica la velocidad del motor. Como puede verse, el bajo par de

arranque es característico de los motores denominados LST y el alto par de arranque es característico de los motores HST. Los motores de los compresores con alto par de arranque están siempre equipados con condensador de arranque.

Los motores monofásicos de los compresores se arrancan conectando un circuito auxiliar que consiste en una bobina de arranque y un dispositivo de arranque. El dispositivo de arranque puede ser bien un relé de intensidad (o un relé de tensión), o bien un semiconductor denominado

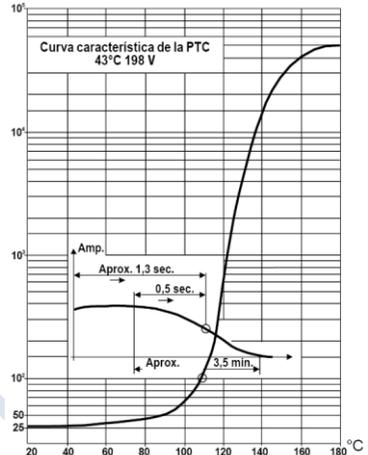
PTC (Coeficiente de temperatura positivo) (Positive Temperature Coefficient).

7.6 Compresores con bajo par de arranque LST

Los compresores de tipo LST sólo pueden ser utilizados en sistemas de refrigeración en los que antes de cada arranque se produce una igualación entre la presión de evaporación y la de condensación, con la condición previa de que se realice una expansión a través del tubo del capilar. Una característica del sistema eléctrico que Danfoss aplica a los compresores LST es la incorporación de una PTC de tipo 103N..., así como una protección de motor incorporada.

La PTC en un semiconductor con un coeficiente de temperatura positivo, esto significa que no ofrece resistencia al paso de corriente cuando la unidad está fría. Cuando ésta se pone en marcha, la corriente que pasa a través del PTC hace que se caliente rápidamente, creando una resistencia tan elevada en su circuito de manera que el paso de la corriente se queda en un valor muy bajo pero lo suficientemente alto como para mantener caliente la PTC.

Fig. 3: Curva de trabajo y correlación intensidad/tiempo de la PTC



En el ciclo de trabajo de la PTC ilustrado, la resistencia está expresada en ohmios (En el ciclo de trabajo de la PTC ilustrado, la resistencia está expresada en ohmios la propiedad de permitir sólo un tiempo de arranque limitado en la bobina de arranque. Si el arranque falla, la bobina de arranque no sufre sobrecarga. Por el contrario, un relé de intensidad es capaz de realizar repetidas conexiones y desconexiones a intervalos de tiempo muy cortos que podrían llevar a una sobrecarga de los contactos del relé y de la bobina de arranque. En todo caso, la PTC requiere un cierto tiempo de enfriamiento antes de efectuar un nuevo arranque. Para ilustrar el principio de operación del PTC, la figura incluye también un diagrama de correlación corriente/tiempo. Cuánto más tiempo disponga la PTC para enfriarse, mejor preparado estará para el siguiente arranque, lo cual significa que la bobina de arranque tendrá una duración más larga.

Condiciones previas para la utilización del sistema PTC:

- Hay que asegurar mediante el termostato que el tiempo de parada permita la igualación de presión en el sistema.
- Según el tamaño del compresor, el periodo de parada deber ser de 3 a 5 minutos como mínimo (p.ej., los tiempos mínimos para el TL son de 3 minutos, y para el SC de 5 minutos).

El sistema con PTC ofrece una serie de ventajas:

- Mejor protección de la bobina de arranque
- La PTC no se ve afectada frente a subidas o bajadas de tensión
- Libre de interferencias de radio y de televisión
- No tiene desgaste
- Idéntico sistema de dispositivo de arranque PTC para muchos compresores de distintos tamaños.

En la ilustración que sigue se ve el diagrama eléctrico, en versión con PTC y en versión con relé de arranque, para el sistema de motores RSIR con bajo par de arranque (LST).

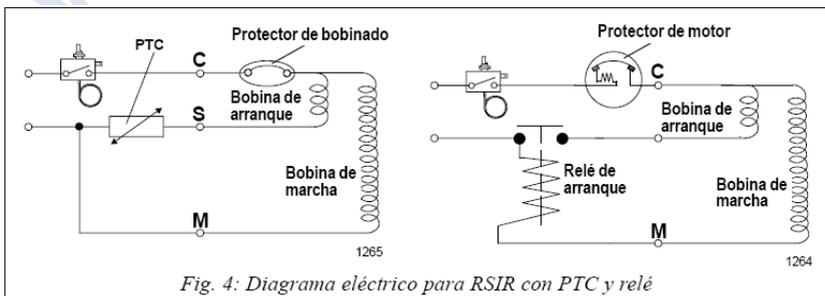


Fig. 4: Diagrama eléctrico para RSIR con PTC y relé

El motor está normalmente protegido por su protección interior incorporada. Los tipos TF, NF y FF, mencionados anteriormente, incorporan un protector externo de motor.

En muchos compresores, cambiando simplemente el dispositivo de arranque, se pueden convertir compresores con bajo par de arranque LST en compresores con alto par de arranque HST o viceversa.

7.7 Compresores con alto par de arranque HST

Al arrancar un compresor con una diferencia de presión en el sistema, el motor requiere un alto par de arranque; es aquí donde se hace necesario un dispositivo de alto par de arranque (HST).

Los sistemas de refrigeración con válvula de expansión deben estar equipados siempre con compresores de HST, ya que el compresor arranca siempre con una diferencia de presión considerable.

Algunos aparatos de refrigeración con tubo capilar tienen periodos de parada tan cortos, que no hay tiempo para una igualación de presión completa entre el lado de alta presión y el lado de aspiración, antes del siguiente arranque. En este caso debe utilizarse un compresor con alto par de arranque HST.

Debido a que el dispositivo de alto par de arranque HST incorpora siempre un condensador de arranque, la corriente de arranque del compresor de alto par HST es más baja que la corriente de un compresor de bajo par LST equivalente. Esta circunstancia se utiliza de vez en cuando en relación con un suministro de energía eléctrica débil, de esta manera se puede reducir la caída de tensión en el momento de arranque. El sistema de arranque de alto par HST también puede ser utilizado en circuitos de refrigeración con igualación de presión para los que se había planeado un dispositivo de arranque de bajo par LST.

Todos los compresores FR, una gran parte de los TL y NL, así como muchos de los de tipo SC

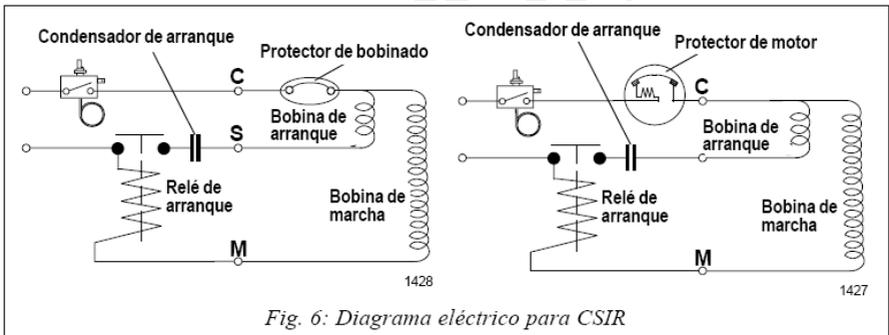


Fig. 6: Diagrama eléctrico para CSIR

incorporan motores que pueden ser equipados con dispositivos de arranque de bajo par LST o de alto par HST, según las necesidades o demandas del cliente. Esto proporciona ciertas ventajas respecto a existencias en almacén y mantenimiento por el cliente (en comparación con los preceptos convencionales que prescriben la incorporación de motores de bajo par LST o de alto par HST en los compresores).

Existen compresores SC de alto par de arranque que sólo se suministran con dispositivo de arranque HST. A continuación se ilustra el diagrama eléctrico para el sistema de motores CSIR con alto par de arranque (HST).

7.8 Condiciones para una larga vida útil

Para lograr un funcionamiento sin problemas y una vida útil larga en el compresor hermético, deben cumplirse las siguientes condiciones:

1. El par de arranque debe ser suficiente para permitir el arranque del motor con las condiciones de presión reinantes en el sistema.
2. El par máximo del motor debe ser suficiente para permitir que el motor resista las condiciones de carga en el momento de arrancar y durante la marcha.
3. Durante el funcionamiento del sistema de refrigeración, la temperatura del compresor nunca debe ascender a niveles que puedan dañar sus componentes. Por consiguiente, las temperaturas de condensación y de compresión deben mantenerse lo más bajas posible.

4. Un dimensionamiento correcto del sistema de refrigeración en cuestión, y una correcta evaluación de las condiciones de funcionamiento del compresor bajo cargas máximas.
5. Limpieza suficiente y mínima humedad residual en el sistema.

7.9 Sobrecarga de motor

La puesta en marcha del motor está condicionada por el par de arranque y/o por el par máximo del motor. Si el par de arranque o el par máximo son insuficientes, el compresor o no puede arrancar o el arranque será obstaculizado y retrasado a causa de la activación del protector interno del motor. Los intentos de arranque repetidos someten el motor a sobrecarga, lo cual tarde o temprano se traducirá en fallos. Los problemas de este tipo pueden ser evitados utilizando la combinación correcta de compresor/motor. Danfoss ofrece la mejor solución para la mayoría de las aplicaciones. Todo es cuestión de seleccionar el compresor adecuado para condiciones de trabajo extremas.

7.10 Sobrecarga térmica

Para asegurar una larga vida útil de compresor deben evitarse las condiciones de funcionamiento que conducen a una descomposición térmica de los materiales utilizados en el compresor. Los materiales involucrados son el refrigerante, el aceite y los materiales para el aislamiento del motor. El aislamiento del motor esta formado por el esmalte para el bobinado de cobre, el aislamiento de la ranura del núcleo del estator, cinta aislante y cables de alimentación.

Ya en 1960, Danfoss introdujo materiales de aislamiento totalmente sintéticos en todos sus compresores, y desde entonces se ha mejorado continuamente el esmalte para el aislamiento del hilo conductor y el propio sistema aislante. El resultado es una mejora constante de la protección contra la sobrecarga de motor.

Los refrigerantes R 12 y R 502, como todos los gases CFC, al ser dañinos para el medioambiente, fueron prohibidos. Estos refrigerantes eran utilizados junto con aceites minerales, de forma que, a altas temperaturas de funcionamiento podía ocurrir la llamada reacción Spauschus entre el aceite y el refrigerante, produciéndose la coquización de la válvula, sobre todo cuando había un bajo un alto nivel de humedad residual.

Los refrigerantes R 134a, R 404A o R 507 utilizados hoy día requieren aceites perfeccionados.

Sólo se utilizan con aceites POE de calidad especial (polioléster).

En la práctica actual ya no existe ningún peligro de coquización de la válvula cuando se utilizan estos refrigerantes y este tipo de aceite POE.

Las condiciones impuestas ahora sobre las temperaturas de condensación y del motor sirven para proteger el motor y así aumentar su vida útil.

Para la aplicación de los compresores Danfoss en dispositivos de refrigeración doméstica y comercial con los refrigerantes que están disponibles actualmente, recomendamos el cumplimiento de las reglas que siguen.

7.11 Temperatura de la bobina

La temperatura de la bobina no debe nunca sobrepasar los 125°C durante funcionamiento continuo.

Para periodos limitados de tiempo, p.ej., durante el arranque del compresor o en caso de picos cortos de carga, la temperatura no debería sobrepasar los 135°C.

Para refrigeración comercial con R 134a se aplican los mismos valores que en la refrigeración doméstica. Sin embargo, se recomienda el enfriamiento del compresor por medio de ventilador.

7.12 Temperatura de condensación

Cuando se utilizan los refrigerantes R 600a o R 134a la temperatura de condensación durante el funcionamiento continuo no debe sobrepasar los 60°C. Durante picos cortos de carga la temperatura no debe exceder los 70°C.

En refrigeración comercial donde se utilizan los refrigerantes R 404A y R 507 el límite de temperatura de condensación está en los 48°C, durante funcionamiento continuo, y los 58°C en caso de picos de carga.

Todos los compresores de tipo CL y DL están enfriados por ventilador.

7.13 Refrigerantes

De acuerdo con el Protocolo de Montreal, la utilización de refrigerantes CFC (clorofluorocarbonos) ha sido interrumpida. Esta prohibición incluye refrigerantes como el R 12 y el R 502.

En un futuro próximo, los refrigerantes HCFC (hidroclorofluorocarbonos) no podrán ser utilizados en Europa. Para respetar el plazo de abandono de los refrigerantes HCFC, se han desarrollado varios refrigerantes alternativos para sustituir a los que se van prohibiendo. Todos las nuevas unidades de

refrigeración deben funcionar con los refrigerantes restantes, es decir, los PFC (perfluorocarbonos), HFC (hidrofluorcarbonos), hidrocarburos y refrigerantes inorgánicos.

Con el refrigerante R 134a - HFC, se ha encontrado un sustituto a largo plazo para el refrigerante R 12 que deteriora la capa de ozono. El R 134a tiene aproximadamente las mismas propiedades termodinámicas que el R 12, lo que simplifica la reconversión de instalaciones frigoríficas existentes.

Danfoss puede ofrecer una amplia gama de compresores diseñados para unidades de refrigeración que trabajan con R 134a.

En Alemania, los refrigerantes altamente inflamables a base de hidrocarburos, como el R 600a – Isobutano, han encontrado un amplio campo de aplicación en aplicaciones domésticas. El tiempo dirá si la utilización de hidrocarburos se extenderá. En los Estados Unidos, no se espera ningún desarrollo similar.

Hasta hace muy poco tiempo, el refrigerante R 502 – CFC era utilizado en aplicaciones de refrigeración comercial. Hay algunas mezclas de HFC que a la larga sustituirán el R 502. Entre estas mezclas se encuentran el R 404A y el R 507. Además estos refrigerantes R 404a y R 507 también se pueden utilizar en aplicaciones comerciales, en lugar del refrigerante R 22 – CFC.

Los compresores CL y DL están diseñados para funcionar en sistemas de refrigeración que trabajan con R 404A y R 507.

Información sobre compresores Danfoss

Se puede encontrar más información sobre los compresores y unidades condensadoras Danfoss en la literatura especializada y en las hojas de especificaciones técnicas sobre la materia.

Además, ofrecemos un programa de ayuda rápida en CD-ROM que nuestros clientes encontrarán de gran utilidad a la hora de seleccionar los compresores que mejor convengan a sus exigencias.

También se puede encontrar información adicional sobre Danfoss en la dirección de Internet: www.danfoss.com

7.14 CONSIDERACIONES SOBRE LOS COMPRESORES SEMIHERMÉTICOS

En la instalación, conexión y puesta en marcha de los compresores, se tienen que observar unas normas básicas y procedimientos necesarios para evitar situaciones de riesgo innecesarias.

Los fabricantes suministran toda la información técnica de límites de funcionamiento, despiece, medidas y aplicación adecuada relativa a sus equipos, que se tiene que consultar antes de manipular ningún equipo.

A continuación se reproduce un extracto de la información suministrada por Copeland, en su boletín de Compresores DISCUS, con el fin de tener una información generalizada que nos puede servir de orientación.

Se recomienda consultar el manual completo en la página Web del fabricante.

Importante

La instalación, puesta en marcha y reparación de los compresores COPELAND debe ser realizada únicamente por personal cualificado y autorizado.

El principal propósito del presente manual es el de asesorar al instalador y proporcionar a éste la información técnica necesaria para la correcta aplicación de nuestros compresores de la serie Discus.

En el software de selección "select" y en la documentación técnica publicada que se encuentra en nuestra Web, www.ecopeland.com hallará información adicional.

7.14.1 Información General de Seguridad

Los compresores Copeland adaptados para aplicaciones de refrigeración o aire acondicionado sólo deben utilizarse con los refrigerantes y aceites aprobados para los mismos.

No está permitido realizar ninguna prueba a un compresor si éste no se encuentra formando parte de un sistema frigorífico o dicho sistema no hubiese sido cargado previamente con alguno de sus refrigerantes aprobados.

Es de vital importancia que, previamente al arranque del compresor, se asegure que la válvula de servicio de descarga del mismo se encuentra completamente abierta. El caso omiso a esta recomendación podría provocar severos daños en el compresor como consecuencia de la aparición

de altas presiones en el interior de sus culatas (motivadas por el cierre de la citada válvula). Del mismo modo se deberá prestar una atención especial para que el compresor no comprima bajo ninguna circunstancia aire en lugar de refrigerante, al objeto de evitar los posibles daños provocados por el denominado "efecto Diesel". Bajo la influencia de dicho efecto existe el riesgo de explosión de la mezcla constituida por el aire aspirado y el aceite, debido a las altas temperaturas generadas durante la compresión de la misma.

Por otro lado, y durante el funcionamiento normal del compresor, se deberá de evitar todo contacto de la piel con aquellas zonas del mismo cuya temperatura pudiera dar lugar a daños por quemaduras graves.

Las máximas presiones de trabajo indicadas en la placa de características del compresor se deberán de respetar obligatoriamente no debiendo ser superadas bajo ninguna circunstancia.

El compresor siempre formará parte de un sistema que se encuentra bajo la influencia de la presión y por lo tanto sujeto a las normas de seguridad correspondientes.

7.14.2 Enfriamiento externo del compresor

Dependiendo de las condiciones de trabajo algunos compresores necesitan un ventilador adicional. Información adicional más específica sobre los requerimientos de aplicación de compresores se encuentra disponible en el software de selección.

7.14.3 Demand cooling

El término DEMAND COOLING, como su nombre indica, pretende expresar el concepto de "inyección de líquido refrigerante bajo demanda". Si se desea realizar una instalación de baja temperatura con R22, los siguientes compresores pueden ser equipados con el correspondiente kit DEMAND COOLING

D2DL* - 400 D4DF * - 1000

D2DB* - 500 D4DL* - 1500

D3DA* - 500 D4DT* - 2200

D3DC* - 750 D6DL* - 2700

D3DS* - 1000 D6DT* - 3000

* El quinto dígito de la denominación del modelo debe ser ≥ 3 para D4D y D6D, y ≥ 4 para D3D.

En los folletos C6.4.1, C6.4.2 y C6.4.3., puede encontrarse información más detallada sobre este sistema.

Recordatorio: No esta permitido el uso de R22 en Europa para nuevas instalaciones de refrigeración.

7.14.4 Aceites lubricantes

Los siguientes aceites lubricantes de refrigeración se encuentran actualmente aprobados por Copeland:

Aceites Ester para R 134a, R407C y R404A / R507

ICI Emkarate RL 32 CF (carga original, utilizado también para recargas y ajustes)

Mobil EAL Arctic 22 CC (usado para ajustar y recargar)

En el caso de que se desee utilizar el aceite ICI Emkarate RL 32S se deberá tener en cuenta que solo se podrá emplear una cantidad limitada de éste para ajustar la carga original de aceite del compresor.

Todos los compresores que incorporan aceite ester se encuentran marcados con una "X" en su nomenclatura. Estos compresores también pueden trabajar con R22.

Aceites minerales utilizados con R 22

R. Fuchs **Fuchs Reniso KM 32**

Sun Oil Co. **Suniso 3 GS**

Texaco **Capella WF 32**

Shell **Shell 22-12**

Los refrigerantes sin cloro sólo se deben utilizar con aceites polioléster, también conocidos tradicionalmente como aceites éster.

El aceite éster es muy higroscópico y sensible a la humedad. La proporción de dicha humedad en el aceite es determinante en la estabilidad química del mismo. Por esta razón, es esencial montar un filtro secador en la instalación que reduzca el nivel de humedad en la misma por debajo de 50 ppm (medida después de 48 horas de funcionamiento). En general los aceites éster requieren de un manejo más cuidadoso con una mínima exposición al ambiente.

7.14.5 Bomba de aceite

El funcionamiento de las bombas de aceite que se usan en los compresores Discus es independiente de su sentido de giro. Están diseñadas de modo que se puede acoplar en las mismas indistintamente los controles de seguridad de aceite SENTRONIC, OPS1 o un presostato diferencial de aceite.

7.14.6 Presostato diferencial de aceite

El presostato diferencial de aceite interrumpe la alimentación eléctrica del compresor cuando la diferencia de presión entre la salida de la bomba de aceite y el cárter es demasiado baja. Si la presión diferencial de aceite cae por debajo del valor mínimo aceptable, es imperativo que el presostato detenga el compresor después de un retardo de 120 segundos. El presostato tiene que ser rearmado manualmente una vez se haya eliminado el problema que provocó el disparo del mismo.

¡El control de la presión diferencial de aceite con un presostato de seguridad aprobado, es una condición necesaria para la aplicación de la garantía del compresor!

Las especificaciones para los presostatos diferenciales de aceite son las siguientes:

Presión de corte: 0.63 ± 0.14 bar

Presión de arranque: 0.9 ± 0.1 bar

Retardo: 120 ± 15 sec.

7.14.7 Circulación del aceite

El retorno de aceite, que llega a la válvula de servicio mezclado con el gas de aspiración, es en primer lugar filtrado y separado del citado gas en el compartimento del motor del compresor como fase previa a su llegada al interior del cárter del mismo. Para alcanzar su destino final el aceite deberá aún atravesar una válvula de retención de seguridad que se encuentra en la partición entre ambas zonas interiores (compartimento y cárter).

La función de esta válvula es la de prevenir que el aceite pueda retroceder, y por tanto salir del cárter, en el caso de que la presión existente en éste fuera muy superior a la que se encontrase en el compartimento del motor (situación característica durante el arranque). La citada válvula siempre realizará su función y por tanto permanecerá cerrada a menos que la presión a ambos lados de la misma se iguale. Durante el arranque y funcionamiento normal esta igualación se encuentra asegurada como consecuencia de la puesta en escena de una segunda válvula de retención que conecta el cárter del compresor con la zona de aspiración interna del mismo. Esta segunda válvula dispone de un taladro de diámetro muy pequeño en la placa de su base que provoca que la presión de dicho cárter disminuya muy lentamente (efecto venturi), especialmente durante el arranque del compresor, con lo que se asegura así que la cantidad de espuma en el aceite sea mínima.

7.14.8 Nivel de aceite

Todos los compresores se entregan con una cantidad suficiente de aceite en el cárter del mismo para su funcionamiento normal. El nivel de aceite debe comprobarse tras hacer funcionar el compresor hasta su régimen nominal y luego comparando la lectura de la mirilla con el diagrama correspondiente. El nivel puede comprobarse también una vez el compresor haya parado (a los 10 segundos de dicha parada). Para compresores D4D...D8D se puede admitir un nivel de aceite superior cuando se emplean reguladores de nivel, ya que es de esperar que el separador de aceite reduzca la circulación excesiva de éste a través de la instalación.

7.14.9 Presión de aceite

La presión de aceite a la salida de la bomba podrá ser considerada normal cuando se encuentre comprendida entre 1,05 y 4,2 bar por encima de la presión del cárter. La presión neta de aceite puede obtenerse conectando un manómetro a la bomba de aceite y otro al cárter del compresor (empleando un accesorio en T en el lugar de los tapones 3 o 5 en el cárter del compresor) o a su válvula de servicio de aspiración. En caso de anomalías de funcionamiento (p.ej. un bloqueo del filtro interno de aspiración del compresor), se deberá de tener en cuenta que la presión medida en la válvula de servicio del compresor podrá diferir mucho del valor real existente en el cárter del mismo.

7.14.10 Arranque

El compresor únicamente deberá ponerse en marcha una vez se haya equipado éste con los accesorios adecuados, según las indicaciones de nuestra documentación técnica y considerando la aplicación prevista.

Todas las juntas deben lubricarse antes de su montaje con la excepción de las juntas Wolverine.

También deben lubricarse los anillos tóricos.

¡Un compresor nunca debe hacerse funcionar más allá de su rango de aplicación aprobado! Comprobar esto consultando la hoja de datos técnicos del mismo.

Para evitar daños en el motor, el compresor nunca debe arrancarse, ni deben realizarse pruebas de meguer en alta tensión cuando se ha procedido a hacer vacío en el interior del mismo.

Para asegurar una larga vida al compresor, es importante seguir las siguientes indicaciones:

7.14.11 Prueba de fugas

Las válvulas de servicio del compresor deben permanecer cerradas durante las pruebas de presión para evitar así que entre aire y humedad al interior del mismo. La presión empleada (nitrógeno seco) no deberá exceder los 20,5 bar, siempre y cuando la máxima presión de cualquier otro componente del circuito no sea inferior, en cuyo caso dicha presión mas baja, se deberá corresponder con esta a aplicar durante la realización de la prueba.

7.14.12 Vacío (Deshidratación)

Para realizar esta operación de una manera adecuada, en primer lugar se deberá hacer vacío en la instalación hasta 0,3 mbar manteniendo las válvulas del compresor completamente cerradas. A continuación y una vez finalizada esta operación, se procederá a hacer vacío al compresor.

La carga de aire seco del compresor se encuentra a una presión de 1 a 2,5 bar para garantizar la perfecta estanqueidad del mismo. No abrir nunca el compresor cuando éste se encuentre bajo presión y prestar una especial atención cuando se extraigan los tapones para conectar un manómetro o ajustar la carga de aceite, pues podría suceder que estos salieran despedidos y se produjeran salpicaduras de aceite.

7.14.13 Carga de refrigerante

La carga de refrigerante líquido debe hacerse a través de algún accesorio en la válvula de servicio del recipiente o en la línea de líquido. Durante esta operación se recomienda el uso de un filtro-secador en la tubería de carga.

7.14.14 Limpieza del circuito

Durante la instalación del sistema todas las soldaduras deberían realizarse en un ambiente de gas inerte

(Oxígeno libre de nitrógeno a baja presión) para prevenir la formación de óxido en el interior de los tubos y en los adaptadores. Todos los componentes y materiales utilizados deberán ser aptos para su aplicación en los sistemas de refrigeración.

Es necesario que todas las impurezas (suciedad, escamas de soldadura, fundente, escorias, limaduras, etc.) que pudieran encontrarse en el interior del circuito frigorífico, se eliminen de éste previamente a la puesta en marcha del compresor. Ello evitará la aparición de posibles averías en el futuro. Muchas de estas impurezas son tan pequeñas que pueden incluso pasar a través del filtro que se encuentra en el lado de aspiración interno del compresor, o bien producir la obstrucción del mismo ocasionando elevadas caídas de presión. Por este motivo recomendamos el uso de un filtro externo, adecuadamente dimensionado en la línea de aspiración, (con una caída mínima de presión) en todas aquellas instalaciones que deban realizarse in situ o en aquellos otros casos en los que no pueda garantizarse una limpieza exhaustiva en las mismas.

7.14.15 Conexiones eléctricas

Todas las cajas de conexiones de los compresores contienen esquemas eléctricos de los mismos. Antes de conectar el compresor asegurarse de que el voltaje de alimentación, las fases y la frecuencia coinciden con los valores dados en la placa de características. Las pletinas deben conectarse de acuerdo con el método de arranque empleado.

7.14.16 Arranque directo

Todos los compresores pueden arrancarse de forma directa.

7.14.17 Arranque estrella-triángulo (Y) - Código de motor E

Este tipo de arranque únicamente es viable si el voltaje de red y el voltaje nominal del motor en conexión triángulo son idénticos. Para realizar este tipo de arranque se deberán eliminar las pletinas de la placa de bornes e instalar un sistema de arranque descargado que garantice el mismo.

7.14.18 Arranque Part-Winding (devanado partido) (YY/Y) - Código de motor A

Estos motores se componen de dos devanados independientes que funcionan en paralelo (2/3 + 1/3) cada uno de los cuales se encuentra conectado interiormente en estrella. Para realizar el

correspondiente arranque PW los dos devanados se conectarán a la alimentación eléctrica secuencialmente mediante sendos contactores y con una demora de tiempo de aproximadamente 1 segundo \pm 0,1. El primer devanado que debe conectarse siempre se corresponderá con el devanado 2/3 (bornes 1-2-3) al objeto de reducir la carga en la línea y limitar por tanto la intensidad durante el arranque.

7.14.19 Es imperativo que ambos devanados se conecten en la misma secuencia de fases. El arranque Part Winding sólo puede garantizarse con el montaje de un equipo de arranque descargado.

Para la realización de un arranque directo se deberá de realizar la conexión acorde a las indicaciones dadas en el correspondiente esquema eléctrico de la caja de conexiones y empleando las pletinas que se incluyen en la misma.

7.14.20 Nuevo motor part winding para los compresores de 8 cilindros - Código de motor B

Desde Enero de 1994, los compresores semiherméticos de 8 cilindros incorporan un nuevo motor part winding.

Principalmente y con respecto a la versión anterior de este tipo de motor (código A), el nuevo modelo se caracteriza por poseer un mayor par de arranque, tanto para el caso de que dicho arranque se haga de forma directa como en modo part winding. Además, a fin de mejorar sus características, se ha subdividido todo el devanado del motor de tal modo que 3/5 partes de toda la corriente fluyan a través de los terminales 1-2-3 y 2/5 partes a través de los terminales 7-8-9.

A pesar del aumento considerable del par de arranque, la intensidad de rotor bloqueado (devanado completo) y la intensidad máxima de trabajo no han sido alteradas.

La alimentación de este tipo de motor eléctrico a través de los terminales 1-2-3 (sin puentes), y por tanto la realización efectiva de un arranque part winding, supone que la intensidad de arranque alcance tan solo un valor de un **68%** con respecto al valor total de la intensidad que se obtendría en un arranque directo. Tras la conexión del primer devanado, y con una demora de 1 +- 0.1 segundos, se deberá alimentar el segundo devanado a través de los terminales 7-8-9. Si el arranque se realizase empleando inicialmente el segundo devanado (terminales 7-8-9 sin puentes) en lugar del primero, la corriente de arranque en este caso podría reducirse hasta un 54%.

La distribución de la corriente total a través de ambos devanados es independiente de la carga:

Devanado en los terminales 1-2-3 60%

Devanado en los terminales 7-8-9 40%

Atención:

A fin de no poner en peligro el motor, la conexión del primer y el segundo devanado a las fases L1, L2 y L3 debe ser idéntica. Los terminales del primer y segundo devanado deben de conectarse en la misma secuencia de fases.

7.14.21 Protección del motor

Todos los compresores trifásicos con una "W" en la designación del código de su motor están provistos de un sistema de protección por termistores. La relación existente entre la temperatura y la resistencia del termistor es la propiedad utilizada para medir la temperatura de los devanados.

Los compresores Discus D2D y D3D utilizan tres termistores conectados en serie y embebidos en el interior del devanado del motor. Los motores de los compresores D4D, D6D y D8D vienen equipados con dos cadenas de tres termistores cada una. En todos los casos la conexión final de la cadena de sensores se lleva a unas bornas en la caja de terminales y de allí al módulo electrónico incorporado en la misma (INT 69 para D2D y D3D, INT69 TM para D4-D8). El módulo electrónico procesa la resistencia de los termistores y en función del valor que adopta la misma actúa sobre la maniobra de control del compresor. El módulo INT69 TM tiene un retardo incorporado de 5 minutos. El voltaje nominal del módulo es de 200 - 240 V / 1 ~ /40-60 Hz. Hay disponibles bajo demanda módulos para otros voltajes.

El voltaje máximo de prueba para los termistores es de 3V.

La resistencia de la(s) cadena(s) de termistores en un compresor parado y que se encuentre a temperatura ambiente debe ser de < 750 ohms.

7.14.22 Arranque Descargado

Cuando se arranque de forma directa un compresor, conectando el motor de éste a la red a través de un único Contactor, la intensidad durante dicho arranque resultará ser varias veces superior a su intensidad nominal a régimen (sin tener en consideración los fenómenos transitorios). En el caso

de motores de gran potencia dicha corriente de arranque puede llegar a ser incluso tan grande que ello provoque distorsiones en el voltaje de la línea eléctrica de la instalación. En aquellos compresores en los que deba limitarse la intensidad durante el arranque se emplearán sistemas que disminuyan la carga y que garanticen el mismo incluso cuando el voltaje sea de un 85 % del valor que figura en la placa de características.

7.14.23 Compresores D2D y D3D

El sistema de arranque descargado consiste básicamente en la instalación de un bypass en el compresor que conecta el lado de descarga y el lado de aspiración en el mismo. Para ello se empleará una válvula solenoide y un conjunto de bridas, adaptadores y tuberías. Cuando se para el compresor la válvula solenoide abre el citado bypass y mantiene el mismo abierto durante toda la fase de arranque. De esta manera, durante la citada fase, el gas refrigerante es cortocircuitado en el compresor sin que se produzca un incremento significativo de la presión y la carga del motor es disminuida. Una vez finalizado el procedimiento de arranque, por ejemplo cuando tenga lugar:

- la conexión del segundo devanado de un motor part-winding o
- la transición del Contactor de configuración en estrella al de triángulo o el cortocircuitado de las resistencias de arranque de la válvula solenoide cerrará la línea de bypass.

Se debe instalar una válvula de retención en la línea de descarga del compresor, para evitar que gas de la línea de alta de la instalación retroceda al lado de baja a través del bypass de arranque.

7.14.24 Resistencia de Cáster

El aceite que se encuentra en el cárter de un compresor puede absorber una cantidad mayor o menor de refrigerante dependiendo de la presión y temperatura existente en dicho cárter. Se puede dar el caso de que esta cantidad de refrigerante absorbido sea tan grande, especialmente cuando el compresor se encuentra fuera de servicio, que ello incluso provoque variaciones significativas en el nivel de aceite que se aprecia en el visor.

Si en estas condiciones se arrancase el compresor, con la consiguiente disminución de la presión en el cárter, se favorecería la formación de una densa espuma en la mezcla refrigerante y aceite que inevitablemente deterioraría la capacidad lubricante de este último. Esta espuma incluso podría ser arrastrada hacia el interior de los pistones provocando la aparición de fenómenos de golpe de líquido y/o aumento de la cantidad de aceite arrastrada al circuito de refrigeración. El riesgo de disolución del refrigerante en el aceite aumenta si:

- a) El compresor se encuentra a una temperatura más baja que el resto de componentes frigoríficos del sistema. Cuando la instalación no se encuentra operativa podría ocurrir que el gas refrigerante condensase en la zona más fría del circuito –por ejemplo, en el compresor
- b) No se ha instalado un presostato de control de parada por baja y por tanto el lado de baja presión está sometido a relativamente altas presiones durante dicha parada.

El hecho de que el contenido de refrigerante en el aceite sea más bajo a altas temperaturas y bajas presiones es la razón que justifica la instalación de resistencias eléctricas en el cárter del compresor.

La función de la resistencia de cárter es la de mantener la temperatura del aceite durante la parada del compresor por encima de la del punto más frío del sistema. Estas resistencias han sido dimensionadas al objeto de hacer imposible un sobrecalentamiento del aceite, siempre y cuando estas se utilicen correctamente durante su funcionamiento. Sin embargo, y a muy bajas temperaturas ambiente, podría ocurrir que la potencia aportada por ellas no fuera suficiente para evitar la absorción de refrigerante, haciendo necesario en ese caso el empleo de otros sistemas alternativos de prevención como por ejemplo la parada por baja. La resistencia de cárter puede contribuir a prevenir los efectos de golpe de líquido como consecuencia del espumado del aceite durante el arranque del compresor. Sin embargo, los problemas por el mismo motivo relativos a la incorrecta instalación de la línea de aspiración o por otras causas no pueden ser evitados por la citada resistencia.

La resistencia se instalará en un alojamiento especial o en una vaina en el interior del cárter del compresor al objeto de hacer posible su sustitución sin necesidad de abrir el circuito frigorífico. El espacio entre la resistencia y la vaina debería ser rellenado con una pasta conductora para mejorar la transferencia de calor.

7.14.25 Bomba de Aceite

Todos los compresores Discus llevan incorporado en su bomba de aceite el sensor del sistema de control electrónico de la presión de aceite OPS1 para facilitar la incorporación posterior del mismo.

Del mismo modo la bomba admite la posibilidad de utilizar el sistema SENTRONIC o conectar un presostato diferencial de aceite mecánico aprobado como por ejemplo ALCO FD 113 ZU

7.14.26 Control de Presión Diferencial de Aceite OPS1

La principal función del sistema de control electrónico OPS1 es la de supervisar la presión diferencial de aceite en los compresores alternativos de refrigeración y aire acondicionado. El OPS1 consiste de dos elementos, un sensor de presión y un interruptor de control electrónico, lo que hace del mismo un sistema simple y fácil de instalar. El sensor se suministra ya montado en los compresores y tan sólo es necesario adaptar el interruptor de control a dicho sensor para hacer el sistema operativo. Igualmente, es un sistema ecológico, ya que los riesgos de fuga de refrigerante se encuentran minimizados al no requerir de las conexiones de tubos capilares típicas de los sistemas mecánicos tradicionales.

El sensor de presión diferencial se enrosca directamente en la carcasa de la bomba de aceite del compresor, donde existen interiormente una serie de canales que conectarán los puertos de entrada y descarga de la misma con el citado sensor. El interruptor de control electrónico se puede instalar o sustituir en caso de avería sin necesidad de abrir el circuito de refrigeración.

Descripción del funcionamiento:

Para proceder a activar el control de presión diferencial OPS1 deberá de alimentarse eléctricamente éste tal y como se describe en el esquema eléctrico de la pagina 57 (a través del contacto auxiliar del Contactor del compresor K1). Dicho estado activo se pondrá de manifiesto de forma inmediata si se enciende un LED de color rojo en el interruptor de control. Este led será igualmente una indicación de que la actual presión diferencial en el compresor es insuficiente. Transcurrido un breve tiempo, y una vez la presión diferencial alcance el valor de consigna preestablecido en el controlador, el citado led se apagará. El contacto de salida siempre permanece cerrado si dicho valor de consigna se alcanza o sobrepasa, abriendo sólo en el caso de que la presión diferencial de aceite fuera inferior al citado valor durante un tiempo superior a los 120 sg. El desbloqueo mecánico de este contacto y la reactivación del control solo son posibles oprimiendo el botón de rearme incorporado en el interruptor electrónico. Los periodos de tiempo, inferiores al retardo, durante los cuales la presión de aceite es insuficiente son también reconocidos y registrados por el microprocesador del controlador, provocando la actuación de éste si la suma de todos esos periodos sobrepasa el valor preestablecido de 120 segundos (integración)

Sólo personal cualificado debe conectar la unidad. Todas las normativas vigentes relativas a la conexión eléctrica y a los equipos de refrigeración serán contempladas y por ningún motivo se deberán sobrepasar los límites de voltaje de alimentación dados. El interruptor electrónico no necesita mantenimiento.

7.14.27 Nuevo sistema de seguridad de la presión de aceite SENTRONIC+TM

Todos los compresores Discus están provistos de una bomba de aceite compatible con el sistema de seguridad de presión de aceite - SENTRONIC. Este sistema, que puede ser solicitado opcionalmente, consta de los siguientes elementos:

Operación

El funcionamiento del control se basa en la medida de la presión diferencial, entre la salida de la bomba y el cárter, y la conversión de dicha medida en una señal electrónica. Si la presión neta de aceite (presión diferencial medida) de un compresor en funcionamiento cae a $0,55 \pm 0,1$ bar, éste se detendrá inmediatamente una vez concluya la temporización de 120 ± 15 segundos establecida en el control. Por otro lado, aquellos periodos de tiempo, inferiores a la temporización, durante los cuales la presión neta de aceite se encuentre por debajo de $0,9 \pm 0,1$ bar, serán igualmente registrados por el módulo de control que actuará parando el compresor cuando la suma de dichos periodos totalice aproximadamente 2 minutos. El reloj interno del modulo se resetea cuando éste contabiliza un total de 4 minutos continuos de presión adecuada. En caso de interrupción del suministro eléctrico, el módulo SENTRONIC mantiene la información almacenada durante 1 minuto.

El empleo de un sistema de control apropiado de la presión diferencial de aceite es una condición obligatoria para la aplicación de la garantía.

7.14.28 Conexión eléctrica

La alimentación eléctrica del modulo se realiza a través de los terminales señalados por las etiquetas "240V" o "120V" y "2". El neutro debe conectarse siempre al terminal "2".

El circuito de maniobra se conectará en serie a los terminales "L" y "M". El terminal "A" puede servir para activar una alarma externa. También se encuentra disponible una conexión a tierra.

La alimentación interna para el funcionamiento del módulo proviene de un transformador que está conectado a los terminales "2" y "120" o "240", según el voltaje aplicado.

7.14.29 Prueba de funcionamiento

El módulo SENTRONIC puede probarse como se indica a continuación:

1. Desconectar la alimentación eléctrica
2. Extraer la conexión del sensor.
3. Conectar la alimentación.
4. Después de 2 minutos \pm 15 segundos (retardo de tiempo) el contacto entre "L" y "M" debería estar abierto y el contacto entre "L" y "A" cerrado (test de parada).
5. Mientras se mantiene desconectada la alimentación, cortocircuitar las conexiones del sensor en el módulo.

Volver a activar el módulo poniendo en funcionamiento éste empleando el botón de rearme. Ahora el módulo no debería actuar sobre el contacto después de que hubiera transcurrido el tiempo permitido.

El sensor puede comprobarse con un óhmetro. Desconectar el cable y medir la resistencia del sensor en sus conexiones. El óhmetro debe indicar infinito cuando el compresor está parado y 0 ohm cuando está funcionando con suficiente presión de aceite. La presión de aceite puede comprobarse midiendo la presión diferencial entre la válvula de obús de la bomba y el cárter del compresor. Esta presión es aproximadamente la misma que la medida por el sensor SENTRONIC.

El nuevo sistema Sentronic+TM de Copeland se caracteriza por incluir nuevos LED de diagnóstico para facilitar la evaluación de la condiciones de la presión de aceite. El sistema también se caracteriza por incluir mejoras en varios componentes para reducir la frecuencia de las distorsiones provocadas por la sensibilidad electromagnética. Estas mejoras también eliminan la necesidad de emplear cables apantallados y permite la ampliación de los cables del sensor hasta 6 metros. El nuevo sistema Sentronic ofrece las mismas garantías y fiabilidad en el control de la presión diferencial de aceite que el anterior modelo Sentronic™, aunque, hay algunas pocas y novedosas características que merece la pena resaltar:

- I. El módulo Sentronic+ incorpora una nueva tapa de plástico que permitirá distinguir éste del anterior modelo
- II. Posee un nuevo módulo y sensor que incluye un cable estándar de 60 cm. Una extensión opcional de 3 m se encuentra disponible.
- III. Incorpora nuevos terminales para la conexión del cable desnudo sin necesidad de utilizar ningún tipo de terminal.
- IV. El botón de rearme se debe presionar y soltar para activar el control. Mientras que mantengamos presionado el botón, el control de presión de aceite será anulado y el compresor podrá funcionar durante ese breve periodo de tiempo sin una presión de aceite adecuada. Se recomienda que el botón de rearme no se mantenga completamente presionado durante más de 2 segundos durante el procedimiento de rearme.
- V. Puesto que el sistema de control es anulado cuando se presiona el botón de rearme del Sentronic+, esta función no debe utilizarse para "ayudar" al compresor a eliminar líquido refrigerante durante el arranque. Esta operación debe realizarse utilizando un sistema de control ON/OFF
- VI. El nuevo cable del módulo Sentronic+ no es compatible con el sensor utilizado anteriormente ("viejo diseño"). El empleo de un nuevo módulo con el sensor de diseño antiguo requiere también la adaptación del cable usado con anterioridad. (Ver el siguiente apartado) .
- VII. Los cables del módulo antiguo no se conectarán apropiadamente a los nuevos sensores. Copeland recomienda actualizar el sistema completo si resulta necesario sustituir el sensor del antiguo modelo Sentronic™

7.14.30 Módulos y Sensores Intercambiables de Sentronic™ & Sentronic

El nuevo control de presión de aceite Sentronic+™ utiliza tanto un nuevo módulo como un nuevo sensor. Estos elementos pueden ser compatibles con los componentes de la generación anterior si se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

Para utilizar un nuevo módulo Sentronic+ con el sensor del viejo Sentronic™, se deberá mantener el cable original e antiguo de dicho sensor.

De igual modo, para utilizar un módulo antiguo del Sentronic con un sensor nuevo del modelo Sentronic+ , se debe utilizar el nuevo cable adaptado para dicho sensor.

Se encuentra disponible un módulo Sentronic de la generación anterior que es completamente compatible con el nuevo sensor Sentronic+ . Este se suministra con el nuevo cable (Sentronic+) de color gris al objeto de favorecer su identificación.

7.14.30 Presostato Diferencial de Aceite

La principal función del presostato diferencial de aceite en un compresor es la de interrumpir el funcionamiento de éste cuando la diferencia entre la presión de salida de la bomba y el cárter es muy baja. El presostato debe ajustarse adecuadamente y ser precintable. Si la presión diferencial de aceite cae por debajo del mínimo aceptable, es imperativo que el presostato detenga el compresor después de un retardo de 120-sec. Una vez eliminada la causa que provocó el disparo del presostato este deberá ser rearmado manualmente.

El control adecuado de la presión de aceite con un presostato aprobado es una condición obligatoria para la aplicación de la garantía.

Las especificaciones para los presostatos diferenciales de aceite son las siguientes:

Presión de corte: 0.63 ± 0.14 bar

Presión de arranque: 0.90 ± 0.1 bar

Retardo: 120 ± 15 sec.

7.15 Causas de Avería en Compresores

Una de las primeras responsabilidades del instalador es la prevención de averías. De otro modo existe el riesgo de perder la garantía del fabricante.

7.15.1 Problemas de lubricación

Todos los compresores se entregan con una carga inicial de aceite

A continuación se listan algunos de los problemas más comunes relacionados con la lubricación:

a) Bomba de aceite inactiva debido a una alta frecuencia de arranques y paradas.

El número de ciclos de marcha/paño debe quedar limitado a 10 - 12 por hora debido a que el aceite es arrastrado mayormente al circuito frigorífico durante el arranque del compresor. Si tras dicho arranque el tiempo de funcionamiento del compresor no es lo suficientemente largo como para garantizar que el aceite retorne a aquel, el resultado podría ser un daño permanente por falta de lubricación.

b) Cálculo incorrecto de las tuberías.

Debe recordarse que hasta cierto punto todo el circuito frigorífico siempre se encontrará permanentemente recubierto por una fina película de aceite. Por otro lado, deberíamos igualmente de tener en cuenta que la viscosidad del aceite y por tanto su movilidad esta influenciada por la temperatura. Considerando ambas situaciones en un caso extremo, no es descartable la aparición de un problema de falta de engrase en el compresor como consecuencia de un exceso en la cantidad de aceite retenido en la instalación.

c) Baja velocidad del gas.

La velocidad del gas en el circuito varía según la temperatura y la carga (control de capacidad). En condiciones de carga parcial, la velocidad del gas puede ser insuficiente para que el aceite retorne al compresor.

d) Diseño del trazado de tuberías inadecuado para el retorno de aceite.

e) Tuberías instaladas inadecuadamente.

f) Fugas.

Con el tiempo, los problemas de lubricación acarrearán averías importantes en las principales piezas móviles del compresor. Un presostato diferencial de aceite estándar es una solución eficaz si el problema de falta de lubricación persiste de forma continua durante un cierto tiempo. En caso contrario, la mejor protección es el sistema SENTRONIC que registra cualquier variación de la presión de aceite que pudiera presentarse, independientemente del tiempo de duración de la anomalía.

El típico síntoma de avería de un compresor con lubricación inadecuada se caracteriza por presentar daños en el cojinete que se encuentra más alejado en el circuito de la bomba de aceite, mientras que al mismo tiempo el cojinete que se encuentra más cercano en el mismo circuito no presenta ningún defecto. Este cojinete recibe la suficiente cantidad de aceite procedente de la bomba que garantiza la lubricación adecuada del mismo.

7.15.2 Dilución del aceite

Durante la parada del compresor siempre encontraremos presente en el aceite una cierta concentración de refrigerante. Esta dependerá de la temperatura y de la presión en el cárter de dicho compresor.

Ejemplo: A una presión del cárter de 8,03 bar correspondiente a una temperatura de saturación de 22°C para el R22, el cárter contendría una mezcla de 35% de R22 y 65% de aceite. La rápida caída de presión que se produce durante el arranque de un compresor va a provocar que el refrigerante disuelto se evapore dentro del aceite, lo que conduce a la formación de una gran cantidad de espuma en el seno del mismo. Este hecho puede apreciarse claramente a través del visor de aceite del compresor. Si esta mezcla de aceite diluido y espuma son aspirados por la bomba de aceite, podrá ocurrir que ésta no desarrolle la suficiente presión y caudal y, si este ciclo se repite con la suficiente frecuencia, provocar daños en los cojinetes del compresor.

Para evitar este tipo de averías se recomienda instalar una resistencia de cárter y/o un sistema de parada por baja presión.

7.15.3 Migración del refrigerante

Si el compresor se encuentra parado durante un largo periodo de tiempo, puede darse el caso de que el refrigerante condense en su cárter, especialmente si éste se encuentra a una temperatura inferior a la del evaporador. Una resistencia de cárter y/o un ciclo de parada por baja presión ofrecen una buena protección frente a este problema.

7.15.4 Recalentamiento inadecuado de la aspiración

El recalentamiento de los gases de aspiración del compresor no debe ser inferior a los 10 K.

Un recalentamiento bajo provocará daños en el plato de válvulas, pistón, pared del cilindro y bielas. Una válvula de expansión defectuosa o mal ajustada, un montaje incorrecto del bulbo o tuberías muy cortas pueden ser los desencadenantes más comunes de este tipo de anomalía. Si la línea de aspiración es muy corta se recomienda la instalación de un intercambiador de calor o de un separador en la aspiración.

7.15.5 Formación de ácido

El ácido se forma en presencia de humedad, oxígeno, sales minerales, óxidos de metal, y/o altas temperaturas de descarga. Las reacciones químicas, como por ejemplo la que tiene lugar entre los ácidos y el aceite, se aceleran en presencia de altas temperaturas. La formación de ácido trae consigo daños en las piezas móviles y en casos extremos puede provocar el quemado del motor.

Pueden usarse diferentes métodos para comprobar la existencia de ácido en el interior del compresor. Si éste es finalmente detectado, se recomienda realizar el cambio completo de aceite del compresor (incluyendo aquel que se encuentre en el separador). También debe montarse un filtro de aspiración antiácido y comprobar el estado del filtro secador de la línea de líquido.

7.15.6 Enfriamiento inadecuado del compresor

En ciertos modelos de compresor deben montarse ventiladores de culata. Si el ventilador no enfría suficientemente, ello puede dar lugar a la aparición de altas temperaturas de descarga.

La única solución es montar un ventilador apropiado.

7.15.7 Altas temperaturas de descarga

El límite es 120°C medidos en la línea de descarga a pocos centímetros de la válvula de servicio.

Son síntomas de altas temperaturas de descarga la desconexión por el presostato de alta presión (condensador sucio), la carbonización del aceite y la presencia de aceite negro (ácidos). El resultado final es una lubricación inadecuada.

El condensador debe limpiarse regularmente.

La temperatura de evaporación no debe descender por debajo del límite de aplicación del compresor.

7.15.8 Motor quemado debido a sub-dimensionado de contactores

Si el tamaño de los contactores es insuficiente, los contactos pueden soldarse. El resultado puede ser que el motor se queme completamente en las tres fases a pesar de existir un protector de temperatura del bobinado.

La información sobre el tamaño de los contactores puede obtenerse en las correspondientes hojas de datos. Si se cambia el punto de aplicación de un compresor, deberá comprobarse también el tamaño de los contactores empleados.

7.15.9 Motor quemado debido a protectores puenteados o desconectados

Si grandes porciones de los devanados están quemadas, deberá asumirse que el protector o no estaba conectado o estaba puenteado.

Tablas comparativas de compresores

Tablas comparativas orientativas a partir de datos disponibles en el mercado, en ningún caso puede constituir efecto contractual alguno.

Verificar los datos técnicos del compresor a sustituir, observando que cumple con todos los requisitos necesarios y su funcionamiento esta dentro de los límites permitidos por el fabricante.

Nota: rendimientos de compresores Danfos, al final de las tablas, resto de compresores en capítulo independiente en www.catain.es pestaña guía Básica.

COMPRESORES HERMÉTICOS DESDE 1/12 CV A 1 3/4 CV

Tabla Comparativa de Compresores - R22

Campo de Trabajo de -0 A -35°C										
HP	AREA	Des cm ³	L'UNITE	Des cm ³	ASPERA	Des cm ³	ACC cm ³	Des	DANFOSS	Des cm ³
1/4	E1116CE	5,3								
3/8	E2125CE	9							SC10C	10,3
1/2	E2134CE	12							SC12C	12,9
3/4	E2140CE	14,2							SC18CM	17,7
1 1/4	CJ2179CE	23,6								
Campo de Trabajo de -15 A +5°C										
1/4	NB6165CE	6							FR6D	6,24
3/8	NE6210CE	9								
1/2	NE6213CE	12							SC12D	12,9
3/4	CT6217CE	14,5							SC15D	15,3
1 3/4	CJ6240CE	34,6								

Tabla Comparativa de Compresores - R404A

Campo de Trabajo 0 A -35°C										
1/2	NE2134CK Low	12,12	CAE2424Z		NE2134GK Low	12,12	MP12FB	12		
Campo de Trabajo de -15 A +5°C										
1/4+	NB6165CK	6,06	AEZ4430Z	5,7	NB6165GK	6,06	ML60TB	5,67	FR6DL	6,24
3/8	NE6210CK	8,9	AEZ4440Z	7,55	NE6210GK	8,78	ML80TB	7,57		
1/2	NE6213CK	12	CAE4450Z	9,4	NE9213GK	12	MP12TB	12	SC10DL	10,3
3/4	CT6217CK	14,5	CAE9470Z	13,3	T6217GK	14,5	MP14TB	14	SC12DL	12,9
			CAJ9480Z	15,2						
1 1/4	CJ6228CK	23,6	CAJ9513Z	24,2	NJ9232GK	26,2				
1 3/4	CJ6240CK	34,6	CAJ4519Z	35	NJ9238GK	32,7	MS34TB	34,42		
1 1/2	DJ6230CK	27,5	CAJ4517Z	26			MS26TB	25,95		

Tabla Comparativa de Compresores Rotativos

HITACHI	Potencia Frigorífica	HITACHI	Potencia Frigorífica	MITSUBISHI	Potencia Frigorífica	LG	Potencia Frigorífica	UNITE HERMETIQUE	Potencia Frigorífica	CARRIER DAEWOO	Potencia Frigorífica
	W		W		W		W		W		W
R410A											
ASG088CV	2			RN092 VHSMT	2,23	GA086P	2			TAF0922C3A	2,16
ASG108CV	2,5	ASG102CV	2,42	RN099 VHSMT	2,4	GK094P	2,2				
ASG108CV	2,5			RN104 VHSMT	2,5	GK102P	2,4				
ASL135SV	3,25	ASG125CV	2,75	RN125 VHSMT	3	GK141P	3,3			TAF1132C3A	2,7
ASL135SV	3,25			RN135 VHSMT	3,3	GK151P	3,6				
ASL155SV	3,7	ASL145SV	3,5			GJ160P	3,8				
ASL155SV	3,7			RN145 VHSMT	3,6					TCF1502C4H	3,6
ASL180SV	4,35			RN165 VHSMT	4,1	GK176P	4,2				
ASH218SV	5,2			RN220 VHSMT	5,48	GJ122P	5,3			TCF1902C4H	4,62
ASH264SV	6,31			NN23VAAMT	5,8	GP250P	6,5				
ASH280SV	6,9			NN27VAAMT	6,7	GP280P	6,9				
ATH325CV	7,8			NN29VAAMT	7,4	GP290P	7,2				
R407C											
CG433EB1	2,3			RE 135 VHSMT	2,2	NK134P	2,3			EAF090121A	2,1
CG433EB1	2,3	CG533Q	2,5	RE 145 VHSMT	2,4	NK147P	2,6	RK5512C	2,4		
CG633GB1	2,8			RE 165 VHSMT	2,75	NK164P	2,8	RK5513C	2,66		
CH733H	3,2			RE 174 VHSMT	2,9	NK185P	3,1	RK5515C	3,24	EBF135121N	3,25
CSL211CV	3,5	CSL232CV	3,85	RE 207 VHSMT	3,5	NJ208P	3,6	RK5518C	3,7		
CH833U	4,1	CH933RC2	4,32	RE 231 VHSMT	3,9	NJ236P	4,1			ECF1802A	4,18
CHY33MC4	5,25	CHZ33LC4	4,87	PE 31 VPENT	5,24	NJ325P	5,7			ECF215221A	4,9
CHW33T	6,15			PE 36 VPENT	6,1	NP362P	6,4				
CHV33Y	7,15			PE 39 VPENT	6,6	NP407P	6,9				
CTHU33W	8,2										
R22											
SD122CV	2			RH 135 VHAT	2,3			RK5480E	1,9		
SD122CV	2	SD134CV	2,2			QK125P	2,1	RK5490E	2,2	EAF080111A	1,93
SD156CV	2,65	SD145CV	2,5			QK156P	2,6			EAF090111A	2,2
SD156CV	2,65			RH 145 VHAT	2,45	QK164P	2,7	RK5510E	2,5	EBF095111A	2,3
SD156CV	2,65	SG633GW	2,75	RH 165 VHAT	2,8	QK173P	2,9	RK5512E	2,8	EBF110111A	2,65
SL193SV	3,25	SG733RA	2,99	RH 174 VHAT	2,9	QK191P	3,2				
SL193SV	3,25					QJ208P	3,5	RK5513E	3	EBF120111A	2,96
SL222CV	3,74	SL211CV	3,5	RH 207 VHAT	3,6	QJ222P	3,8	RK5515E	3,6	EBF135111A	3,3
SL253SV	4,3	SL242SV	4,1	RH 231 VHAT	4	QJ236P	4,0	RK5518E	4,2	ECF150111A	3,6
SL253SV	4,3			RH 247 VHAT	4,2	QJ264P	4,5			ECF170111A	4,1
SHY33M	5,16	SHZ33L	4,82	PH31VNET	5,37	QJ292P	5,0			ECF180211A	4,36
SHW33TU	6			NH36VLDT	5,9	QP306P	6,6			ECF210211A	5,1
SHV33YU	7,1			NH38VMDT	6,4	QP325K	7,1			EDF250211A	5,92
SHV33YU	7,1			NH41VNDT	7,2	QP348K	7,6				
THU33WC	8,35			NH47VNDT	8,4	QP390K	8,4			EDF292211A	6,9

Tabla Comparativa de Compresores Herméticos R407C

CV	Bristol (Pistón)	Tecumseh (Pistón)	Aspera (Pistón)	Copeland (Scroll)	Maneurop (Scroll)
		AJ5515 C			
1,25	H73B17QABH		MTZ 18-5*		
1,50	H73B19QABK	AJ5518 C	MTZ 18-5*	ZR 18K4E-PFJ	
1,50	H73B20QABK	AJ5519 C			
1,50	H73B20QDBE				
1,50	H73B22QABH	FH5522 C	MTZ 22-5	ZR 22K3E-PFJ	
1,75	H73B22QDBE		MTZ 22-4	ZR 22K3E-TFD	
2,00	H73B24QABK	FH5524 C			
2,00	H73B24QDBE	TFH5524 C			
2,25	H73B28QABK	FH5528 C	MTZ 28-5	ZR 28K3E-PFJ	
2,25	H73B28QDBE		MTZ 28-4	ZR 28K3E-TFD	
2,25	H73B30QABK	FH5532 C			
2,50	H73B30QDBE				
2,50	H73B32QABK		MTZ 32-5		
2,50	H73B32QDBE		MTZ 32-4		
2,75	H73B35QABK				
2,75	H73B35QDBE			ZR-34K3E-PFJ	
3,00	H73A383ABK	FH5538 C	MTZ 36-5	ZR-34-K3E- TFD	
3,00	H73A383DBE	TFH5538 C	MTZ 36-4		
3,25	H73A423ABK	FH5542 C			
3,25	H73A423DBE	TAG5546 C	MTZ40-4	ZR 40K3K-PFJ	
3,50	H73A463ABK			ZR 40K3K-TFD	
3,50	H73A463DBE	TFH5542 C	MTZ 44-4	ZR 48K3E-PFJ	
4,00	H73A503DBE	TAG5553 C	MTZ 50-4	ZR 48K3E-TFD	
4,00	H73A543DBE		MTZ 56-4		
4,50	H73A62QDBE	TAG5561 C TAG5568 C	MTZ 64-4		
6,00	H79A723DBV	TAG5573 C	MTZ 72-4 / MTZ80-4	ZR 61 KCE- TFD	SZ 084-4 / SZ 090-4
7,50	H2BG094DBE			ZR 72KCE-TFD / ZR 81 KCE-TFD	SZ 100-4
9,00	H7BG104DBE		MTZ 100-4	ZR 90K3E-TWD	SZ 110-4 / SZ 115-4
10,00	H7BG124DBE		MTZ 125-4	ZR 11M3E-TWD	SZ 120-4 / SZ 125-4
12,00	H75G144DBE		MTZ 144-4 / MTZ 160-4	ZR 12M3E-TWD	SZ 160-4
15,00	H7NG184DPE			ZR 16M3E-TWD	SZ 175-4 SZ 185-4
18,00	H7NG204DRE				
20,00	H7NG244DRE			ZR 19M3E-TWD	
25,00	H7NG294DPE				

ABK: 220V / 1 Ph/50Hz
 DBE: 380V/3Ph/50Hz
 DRE: 380V/3Ph/50Hz

4: 380/400V-3Ph-50Hz
 5: 220/230V-1 Ph-50Hz
 TWD: 380/420V-3Ph-50Hz

TFD: 380/420v-3Ph-50Hz
 PFJ: 220/240V-1 Ph-50Hz
 DPE: 380V/3Ph/50Hz

Tabla Comparativa de Compresores Herméticos R22

CV	Bristol (Pistón)	Copeland Pistón (modelos nuevos)	L'Unite Hermetique (Pistón)	Maneurop (Pistón)
1,25	H23B15QABH	REBQ-0150-PFJ	AJ5515 E	
	H23B17QABH	RESQ-0175-PFJ		MT 18-5
1,50	H23B19QABK	CRAQ-0150-PFJ (CR18KQ-28SBM)	AJ5518 E	MT 18-4
	H23B20QABK	CRBQ-0175-PFJ	AJ5519 E	
	H23B20QDBE			
1,75	H23B22QABH	CRCQ-0175-PFJ	FH5522 F	MT 22-5
1,75	H23B22QDBE	CRDQ-0200- TFD (CR24KQ-28SBM)	TFH5522F	MT 22-4
2,00	H23B24QABK	CRDQ-0200-PFJ (CR24KQ-28SBM)	FH5524 F	
2,00	H23B24QDBE	CRDQ-0200- TFD (CR24KQ-28SBM)	TFH5524 F	
2,25	H23B28QABH	CREQ-0225-PFJ (CR28KQ-28SBM)	FH5528 F	
2,25	H23B28QDBE	CREQ-0225- TFD (CR28KQ-28SBM)	TFH5528 F	
	H23B30QABK	CRGQ-0250-PFJ (CR33KQ-28SBM)		MT 28-5
	H23B30QDBE	CRGQ-0250- TFD (CR33KQ-28SBM)		MT 28-4
2,50	H23B32QABK	CRGQ-0250-PFJ (CR33KQ-28SBM)	FH5532 F	MT 32-5
2,50	H23B32QDBE	CRGQ-0250- TFD (CR33KQ-28SBM)	TFH5532 F	MT 32-4
2,75	H23B35QABK	CRHQ-0275-PFL		
2,75	H23B35QDBE	CRQH-0275- TFD		
3,00	H23A383ABK	CRJQ-0300-PFJ (CR37KQ-28SBM)	FH5538 F	MT 36-5
3,00	H23A383DBE	CRJQ-0300- TFD (CR37KQ-28SBM)	TFH5538 F	MT 36-4
3,25	H23A423ABK	CRKQ-0325-PFJ (CR-41 KQ-28SBM)	FH5542 F	
3,25	H23A423DBE	CRKQ-0325- TFD (CR-41 KQ-28SBM)	TFH5542 F	MT 40-4
3,50	H23A463ABK	CRLQ-0350-PFJ (CR47KQ-28SBM)		
3,50	H23A463DBE	CRLQ-0350- TFD (CR47KQ-28SBM)	TAG5542 E	MT 44-4
3,75	H23A503DBE	CRMQ-0400-TFD (CR53KQ-28SBM)		MT 50-4
4,00	H23A543DBE	CRQT-0450- TFD	TAG5553 E	MT 56-4
5,00	H23A62QDBE	CRNQ-0500- TFD (CRNQ-0500-550)	TAG5561 E	MT 64-4
6,00	H29A723DBV		TAG5573 E	MT 72-4 / MT 80-4
7,50	H2BG094DBE	QR-85K1- TFD QR-90-K1- TFD	TAN5590 H	
9,00	H2BG104DBE	QR-11M1-TFD	TAN5610 H	MT 100-4
10,00	H2BG124DBE	QR-12M1-TFD	TAN5612 H	MT 125-4
12,00	H25G144DBE	QR-15M1-TFD	TAN5614 H	MT 144-4 / MT 160-4
15,00	H2NG184DPE			MT 200-4
18,00	H2NG204DRE			
20,00	H2NG244DRE			MT-250-4
25,00	H2NG294DPE			MT-288-4 / MT-320-4

ABK: 220V / 1 Ph/50Hz
 DBE: 380V/3Ph/50Hz
 DRE: 380V/3Ph/50Hz

4: 380/400V-3Ph-50Hz
 5: 220/230V-1 Ph-50Hz
 TWD: 380/420V-3Ph-50Hz

TFD: 380/420v-3Ph-50Hz
 PFJ: 220/240V-1 Ph-50Hz
 DPE: 380V/3Ph/50Hz

Tabla Comparativa de Compresores Herméticos R22

CV	Bristol (Pistón)	Tecumseh (Pistón)	Aspera (Pistón)	Copeland (Scroll)	Maneurop (Scroll)
1,25	H23B15QABH	AW*5515EXN	J7231		
	H23B17QABH	AW*5517EXN			
1,50	H23B19QABK	AW*5518EXN	J7238E	ZR 18K4-PFJ	
	H23B20QABK	AW*5519EXN	J7240E		
	H23B20QDBE				
1,75	H23B22QABH	AW*5522EXN	J4245E		
1,75	H23B22QDBE	AW*5522EXG	H7250P	ZR 22K3-PFJ	
2,00	H23B24QABK	AW*5524EXN	H7250E	ZR 22K3-TFD	
2,00	H23B24QDBE	AW*5524EXG			
2,25	H23B28QABH	AW*5528EXN	H7257E	ZR 28K3-PFJ	
2,25	H23B28QDBE	AW*5528EXG		ZR 28K3-TFD	
	H23B30QABK	AW*5530EXN	H7265E		
	H23B30QDBE	AW*5530EXG			
2,50	H23B32QABK	AW*5532EXN AV*5533EXN			
2,50	H23B32QDBE	AW*5532EXG AV*5533EXG	H7265P		
2,75	H23B35QABK	AV*5535EXN		ZR-34K3-PFJ	
2,75	H23B35QDBE	AV*5535EXG		ZR-34-K3-TFD	
3,00	H23A383ABK	AV*5538EXN	H7283E		
3,00	H23A383DBE	AV*5538EXG	H7283P		
3,25	H23A423ABK	AV*5542EXN		ZR 40K3-PFJ	
3,25	H23A423DBE	AV*5542EXG		ZR 40K3-TFD	
3,50	H23A463ABK	AV*5546EXN AV*5549EXN		ZR 48K3-PFJ	
3,50	H23A463DBE	AV*5546EXN		ZR 48K3-TFD	
3,75	H23A503DBE	AV*5549EXG			
4,00	H23A543DBE	AV*5555EXG			
5,00	H23A62QDBE	AG*5561EXG	C7313P	ZR 61 KC-TFD	
6,00	H29A723DBV	AG*5573EXG		ZR 72KC-TFD	SZ 084-4
7,50	H2BG094DBE	AN*5590H	C7320P	ZR 90K3-TWD	SZ 090-4 / SZ 100-4
9,00	H2BG104DBE	AN*5610H	C7326P	ZR 11M3-TWD	SZ 110-4 / SZ 115-4
10,00	H2BG124DBE	AN*5612H	C7333P	ZR 12M3-TWD	SZ 120-4 / SZ 125-4
12,00	H25G144DBE	AN*5614H	C7340P	ZR 16M3-TWD	SZ 160-4
15,00	H2NG184DPE			ZR 19M3-TWD	SZ 175-4 / SZ 185-4
18,00	H2NG204DRE				
20,00	H2NG244DRE				
25,00	H2NG294DPE				

ABK: 220V /1 Ph/50Hz
 DBE: 380V/3Ph/50Hz
 DRE: 380V/3Ph/50Hz

4: 380/400V-3Ph-50Hz
 5: 220/230V-1 Ph-50Hz
 TWD: 380/420V-3Ph-50Hz

TFD: 380/420v-3Ph-50Hz
 PFJ: 220/240V-1 Ph-50Hz
 DPE: 380V/3Ph/50Hz

Tabla comparativa de Compresores Semiherméticos

BOCK	m³/h	Cyl.	FRASCOLD	m³/h	Cyl.	BITZER	m³/h	Cyl.	COPELAND	m³/h	Cyl.	DORIN	m³/h	Cyl.	REFCOMP	m³/h	Cyl.	GELPHA	m³/h	Cyl.
			A0.5-4Y	4.0	2	2KC-05.2Y	4.1	2	DKM-5X	4.0	2	K40CC	2.9	2		2.9	2	7X-GK-35		
			A0.5-5Y	4.9	2				DKM-7X	4.0	2	K300S	4.0	2	SP2L070	4.9	2			
			A0.7-5Y	4.9	2				DKJ-10X	5.1	2	K75CS	5.3	2	SP2L07E	4.9	2			
			A0.7-6Y	5.5	2				DKJ-7X	5.1	2	K1000C	5.3	2				10X-GK-35	4.9	2
			A1-6Y	5.5	2	2JC-07.2Y	5.2	2	DKSL-10X	6.3	2				SP2L100	6.4	2	10X-GK-40	6.4	2
			A1-7Y	6.9	2	2HC-1.2Y	6.5	2	DKSL-15X	6.3	2				SP2L10E	6.4	2	15X-GK-40	6.4	2
			A1.5-7Y	6.9	2	2HC-2.2Y	6.5	2	DKL-15X	7.4	2	K1500S	6.8	2	SP2L130	7.4	2	15X-GK-43	7.4	2
			A1.5-8Y	7.7	2	2GC-2.2Y	7.6	2	DKL-20X	7.4	2	K1500S	7.7	2	SP2L13E	7.4	2			
			B1.5-9Y	9.0	2							K1800S	8.7	2	SP2L15E	9.1	2	15X-GK-47.5	9	2
			B1.5-10Y	9.8	2	2FC-2.2Y	9.5	2	DKSL-20X	9.1	2	K2900S	8.9	2	SP2L150	9.1	2	20X-GL-47.5	9	2
			B2-10Y	9.8	2	2FC-3.2Y	9.5	2	DLE-20X	9.9	2				SP2L15E	9.1	2			
HG32P125-4	11.1	2	C2-11Y	10.9	2	2EC-2.2Y	11.4	2										20X-GL-50.8	12.9	2
HG32P160-4S	13.70	2	D2-11Y	11.3	2	2EC-3.2Y	11.4	2	DLF-20X	12.9	2	K2500S	12.5	2	SP2L200	12.9	2			
HA22P125-4	11.1	2	C2-12Y	12.05	2				DLF-30X	12.9	2				SP2L20E	12.9	2			
			C3-12Y	12.05	2													30X-GL-50.8 30X-GLR-50.8	12.9	2
HG32P160-4	13.70	2	D2-13Y	13.8	2	2DC-2.2Y	13.4	2	DLJ-20X	14.5	2	K2800S	14.7	2						
HG32P160-4S	13.70	2	D2-13Y	13.8	2	2DC-3.2Y	13.4	2	DLJ-30X	14.5	2	K3000S	14.7	2						
HA22P160-4	13.70	2	D2-15Y	15.4	2															
			D3-15Y	15.4	2															
			D3-16Y	16.4	2															
HG32P190-4	16.50	2	D4-16Y	16.4	2	2CC-3.2Y	16.2	2	D2DC-50X	16.8	2	K2900S	16.8	2				32X-GLR-54	17.1	2
HG32P190-4S	16.50	2	F4-16Y	16.4	2	2CC-4.2Y	16.2	2				K3000S	18.8	2				42X-GLR-54	17.1	2
HA22P190-4	16.50	2	D3-16Y	17.9	2	4FC-3.2Y	18.1	4	DL-40X	18.2	2	K4000C	16.8	2	SP2L300	17.1	2	30X-GL-54	17.1	2
HGX34P/215-4	18.8	4	D4-16Y	17.9	2	4FC-5.2Y	18.1	4	DLL-30X	18.2	2				SP2L30E	17.1	2	40X-GL-54	17.1	2
HGX34P/215-4S	18.8	4	D3-19Y	19.1	2										SP2L320	19.4	2	30X-GL-57.5	19.4	2
HAX34P/215-4	18.8	4	F4-19Y	19.1	2				D2DD-50X	19.3	2	K4000S	19.3	2	SP2L32E	19.4	2	40X-GL-57.5	19.4	2
			F5-19Y	19.1	2							K700C	19.3	2						
HGX3235-4	20.3	2	F4-21Y	20.7	2															
HGX3235-4S	20.3	2	F5-21Y	20.7	2	4EC-4.2Y	22.7	4	D2SA-45X	22.4	2									
HGX34P/255-4	22.1	4																		
HGX34P/255-4S	22.1	4	F4-24Y	23.6	2	4EC-6.2Y	22.7	4	DLSC-40X	22.5	2	K4700S	23.4	2	SP2L40E	22.5	2	40X-GL-61.9 40X-GLR-61.9	22.5	2
HAX34P/255-4	22.1	4	F5-24Y	23.6	2				D2DL-40X	23.7	2	K5000C	23.4	2				50X-GL-61.9	22.5	2
			Q4-25Y	24.69	4										SP2L500	24.9	2	52X-GLR-65.1	26.6	2
															SP2L50E	24.9	2			
									D2DL-75X	23.7	2	K5000S	26.5	2				52X-GLR-65.1	26.6	2
			F5-25Y	25.2	2							K7400C	26.5	2						
HGX3275-4	24.1	2	F7-25Y	25.2	2															
HAX3275-4	24.1	2	O5-25Y	24.69	4															
HGX3275-4S	24.1	2	Q7-25Y	24.69	4	4DC-5.2Y	26.8	4	DLHA-50X	26.6	2	K5000S	26.5	2	SP2L550	26.7	2	72X-GLR-65.1	26.6	2
						4DC-7.2Y	26.8	4	D2SC-55X	26.8	2	K5000S	26.5	2	SP2L55E	26.7	2			

Tabla comparativa de Compresores Semiherméticos

BOOK	m³/h	Cyl.	FRASCOLD	m³/h)	Cyl.	BITZER	m³/h	Cyl.	COPELAND	m³/h	Cyl.	DORIN	m³/h)	Cyl.	REFCOMP	m³/h	Cyl.	GELPHA	m³/h	Cyl.	
HGX5/725-4	63,0	4	V15-58Y	56,5	4	4J-13.2Y	63,5	4							SP3L1250	60,3	3	125X-GRRR-66	60,3	3	
HGX5/725-4S	63,0	4	V20-59Y	56,5	4	4J-22.2Y	63,5	4							SP3L125E	60,3	3	180X-GRRR-66	60,3	3	
HAX5/725-4	63,0	4																			
			V15-71Y	70,8	4				DASH-250X	70,8	4										
			V25-71Y	70,8	4				D4SL-150X	70,8	4										
									D4DH-250X	70,8	4										
									D4DL-150X	70,8	4										
HGX5/830-4	72,3	4				4H-15.2Y	73,6	4				K1500CB	73,2	6							
HGX5/830-4S	72,3	4				4H-25.2Y	73,6	4				K2500CC	73,2	6							
HAX5/830-4	72,3	4																			
HGX5/845-4	82,2	4																			
HGX5/845-4S	82,2	4																			
HAX5/845-4	82,2	4	V20-84Y	83,8	4	4G-20.2Y	84,5	4				K2500CB	83,9	6							
			V30-84Y	83,8	4	4G-30.2Y	84,5	4	D6SA-300X	84,0	6	K2500CB	83,9	6							
									D6SF-200X	84,0	6	K3000CC	83,9	6							
									D4ST-200X	84,7	4										
										84,7	4										
									D4SL-300X	84,7	4										
									D4DU-300X	84,7	4										
HGX6/1080-4	93,8	4	V25-93Y	93,1	4																
HGX6/1080-4S	93,8	4	V32-93Y	93,1	4																
HAX6/1080-4	93,8	4	V25-103Y	102,9	4																
			V35-103Y	102,9	4	6J-22.2Y	95,3	6													
						6J-33.2Y	95,3	6													
HGX6/1240-4	107,6	4	Z25-106Y	106,2	6				D6DH-350X	106,0	6	K3000CS	110,6	6							
HGX6/1240-4S	107,6	4	Z35-106Y	106,2	6				D6DL-270X	106,0	6	K3500CC	110,6	6							
HAX6/1240-4	107,6	4							D6SH-350X	106,0	6										
									D6SL-250X	106,0	6										
							6H-25.2Y	110,5	6			K3000CS	110,6	6							
							6H-35.2Y	110,5	6												
HGX6/1410-4	122,5	4																			
HGX6/1410-4S	122,5	4	Z30-126Y	125,7	6							K3000CB		6							
HAX6/1410-4	122,4	4	Z40-126Y	125,7	6							K4000CC		6							

BOCK	m³/h	Cyl.	FRASCOLD	m³/h)	Cyl.	BITZER	m³/h	Cyl.	COPELAND	m³/h	Cyl.	DORIN	m³/h)	Cyl.	RECOMP	m³/h	Cyl.	GELPHA	m³/h	Cyl.
						6G-30.2Y	126,8	6	D6DJ-400X	127,0	6	K3000CB	126,7	6						
						6G-40.2Y	126,8	6	D6DT-300X	127,0	6									
									D6SJ-400X	127,0	6									
									D6ST-320X	127,0	6									
												K4500CS	138,3	6						
			W40-142Y	141,5	6															
HGX7/1620-4	140,6	6																		
HGX7/1620-4S	140,6	6				6F-40.2Y	151,6	6	D6DH-500X	151,0	8									
						6F-50.2Y	151,6	6	D6DL-370X	151,0	8				SRC-L-130	150,0	6			
									D6SH-370X	151,0	8									
									D6SH-500X	151,0	8									
HGX7/1860-4	161,4	6	Z40-154Y	154,4	6							K4700CS	153,7	8						
HGX7/1860-4S	161,4	6	Z50-154Y	154,4	6							K5000CC	153,7	8						
			W40-168Y	167,6	8															
			W50-168Y	167,6	8				D6DJ-600X	181,0	8									
									D6DT-450X	181,0	8									
									D6SJ-450X	181,0	8									
HGX7/2110-4	183,7	6							D6SJ-600X	181,0	8									
HGX7/2110-4S	183,7	6				8GC-60-2Y	185,0	8				K5000CS	184,4	8	SRC-L-160	184,0	8			
			W50-187Y	186,1	8							K5000CS	198,8	8						
			W60-187Y	186,1	8							K6000CC								
															SRC-F-185	203	5			
			W60-206Y	205,8	8							K6000CS		8						
			W70-206Y	205,8	8							K6000CC		8						
HGX8/2470-4S	214,3	8																		
			W70-228Y	227,77	8	8FC-70.2Y	221,0	8												
			W75-228Y	227,77	8										SRC-L-180	210,0	8			
HGX8/2630-4	246,0	8	W75-240Y	239,0	8										SRC-L-190	210,0	8			
HGX8/2630-4S	246,0	8	W80-240Y	239,0	8										SRC-L-210	240,0	8			
HGX8/3220-4S	279,9	8													SRC-F-222	243,5	6			
HGX8/3220-4	279,9	8																		
															SRC-F-258	284	7			
															SRC-F-285	324,5	8			

Tablas rendimientos compresores hermeticos Danfoss

Alta y Media Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.									
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h.					
				Temperatura de Evaporación					
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C
TL 3 G	1/8	0,70	3,13	x	180	140	110	40	x
TL 4 G	1/8	0,85	3,86	x	230	180	140	60	x
TL 5 G	1/5	1,00	5,08	x	280	230	180	80	x
FR 6 G	1/5	1,04	6,24	x	360	290	230	90	x
FR 7,5 G	1/5	1,15	6,93	x	400	310	250	100	x
FR 8,5 G	1/4	1,51	7,95	x	470	380	300	130	x
FR 10 G	1/4	1,80	9,05	x	510	410	320	140	x
FR 11 G	1/3	1,85	11,15	x	630	500	390	170	x
SC 10 G	1/3	1,72	10,30	x	610	480	370	120	30
SC 12 G	1/3	2,15	13,90	x	780	610	460	180	60
SC 15 G	3/8	1,64	15,30	x	910	730	570	230	x
SC 18 G	1/2	3,05	17,70	x	1,080	860	680	280	x
SC 21 G	5/8	2,96	20,95	x	1,280	1,020	790	340	x

Aplicación: C/V= Capilar y Valvula. Conexiones: Tubo para soldar
 Rendimientos: Tª condensación +55°C; Líquido, ambiente y aspiración +32°C
 Gama de temperatura: TL y FR 6 G -35/+10°C. Resto de modelos -25º/+10°C

R-134a

Alta y Media Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.									
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h.					
				Temperatura de Evaporación					
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-25°C
GS 26 MFX	3/4	5,60	26,30	x	1,970	1,590	1,270	750	x
GS 34 MFX	1	5,30	33,80	x	2,510	2,010	1,600	960	x

Aplicación: C/V= Capilar y Valvula. Conexiones: Tubo para soldar
 Gama de temperatura: -20/+5°C
 Rendimientos: tª condensación +45°C. Gases aspirados +20°C. Subenfriamiento 0 °K

R-134a

Baja y Media Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.									
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h.					
				Temperatura de Evaporación					
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C
TL 4 CL	1/5	1,38	3,86	x	x	350	280	145	90
FR 6 CL	1/5	1,46	6,24	x	x	600	490	250	150
FR 8,5 CL	1/4	1,97	7,95	x	x	x	610	310	170
SC 10 CL (1)	1/3	2,2	10,30	x	x	1,020	810	320	120
SC 12 CL (2)	1/3	2,75	12,90	x	x	1,230	990	430	170
SC 15 CL (2)	3/8	3,11	15,30	x	x	1,540	1,250	560	250
SC 18 CL (2)	1/2	3,50	17,90	x	x	1,700	1,390	650	330
SC 21 CL (2)	5/8	3,80	20,90	x	x	x	1,740	820	x

Gama de Temperatura: (1) -35/+5°C. (2) -45/-5°C
 Rendimientos: Tª condensación +55°C; líquido, ambiente y aspiración +23°C

R-404A/R-507

Baja Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.										R-404A/R-50
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación						
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C	
GS 26 CLX	3/4	5,60	26,30	x	x	x	2,430	1,240	700	
GS 34 CLX	1	5,30	33,80	x	x	x	2,900	1,500	841	

Gama Temp: -45/-10°C. Recalent: Tª condensación +45°C. Gases aspirados +20°C. Subenfr. 0 K

Alta Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.										R-404A/R-507
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación						
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C	
TL 4 DL	1/5	1,38	3,86	600	450	360	280	x	x	
FR 6 DL	1/4	1,75	6,24	950	720	590	490	x	x	
SC 10 DL	1/3	3,05	10,3	1,680	1,270	1,030	810	x	x	
SC 12 DL	1/2	3,72	12,9	2,220	1,690	1,380	1,10	x	x	
SC 15 DL	5/8	3,70	15,3	2,440	1,860	1,510	1,220	x	x	

Rendimientos: Tª condensación +55°C. Líquido, ambiente y aspiración +32°C

Alta y Media Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.										R-404A/R-507
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación						
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-25°C	
GS 21 MLX	3/4	6,00	21,20	x	2,760	2,280	1,840	1,140	x	
GS 26 MLX	1 1/4	7,10	26,30	x	3,350	2,780	2,270	1,430	x	
GS 34 MLX	1 1/2	9,90	33,80	x	4,260	3,540	2,900	1,870	x	

Gama de Temperatura -20°C. +5°C. Rendimientos: Tª condensación +45°C. Gases aspirados +20°C Subenfriamiento 0°K. Aplicación: C/V = capilar y válvula. Conexiones: Tobo para soldar

Alta, Media y Baja Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.										FX-56/R-12
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación						
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C	
TL 3 B	1/8	x	3,13	x	185	150	120	60	30	
TL 4 B	1/8	x	3,86	x	220	180	150	70	40	
FR 6 B	1/6	x	6,24	x	370	300	240	110	60	
FR 7,5 B (3)	1/5	x	6,93	x	420	340	280	130	70	
FR 8,5 B (3)	1/4	x	7,95	x	470	380	300	150	70	
FR 10 B (3)	1/4	x	9,05	x	520	420	340	160	90	
FR 11 B	1/3	x	11,15	x	640	520	420	210	110	
SC 10 B (3)	1/3	x	10,30	x	625	490	400	170	70	
SC 12 B (3)	1/3	x	12,90	x	790	630	520	230	100	
SC 15 B	3/8	x	15,30	x	925	760	620	280	130	
SC 18 B	1/2	x	17,70	x	1,075	870	720	340	170	
SC 21 B	5/8	x	20,95	x	1,230	1,010	840	400	220	

Aplicación: C/V, T/Soldar. (3) Disponibles con enfriador de aceite OC. Gama de temperat -40°C. +15°C Excepto SC 18 B -40°C. +5°C. Rendimientos: Tª condens +55°C., líquido, ambiente y aspiración +32°C

Alta y Media Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.									
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación					
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C
TL 4 D	1/6	x	3,86	x	408	336	273	x	x
FR 6 D	1/4	x	6,24	x	639	518	416	x	x
FR 7,5 D	1/4	x	6,93	x	707	573	459	x	x
SC 10 D	1/3	x	10,30	x	1,046	833	654	x	x
SC 12 D	3/8	x	12,90	x	1,326	1,071	845	x	x
SC 15 D	1/2	x	15,30	x	1,624	1,312	1,035	x	x

Gama de temperatura: SC; -15°C. +15°C. TL, FR; -20°C. +15°C
 Rendimientos: Tª condensación +55°C., liquido, ambiente y aspiración +32°C

R-22

Baja Temperatura - Monofásicos 220/240 V. 50 Hz.									
Modelo	HP	Int. A	Despl cm3	Capacidad en W./h. Temperatura de Evaporación					
				+7,2°C	0°C	-5°C	-10°C	-25°C	-35°C
SC 10 C	1/3	x	10,30	x	x	x	x	325	163
SC 12 C	1/3	x	12,90	x	x	x	x	415	210
SC 15 CM	3/8	x	15,30	x	x	x	x	510	268
SC 18 CM	1/2	x	17,70	x	x	x	x	586	313

Aplicación: C/V = capilar y Valvula
 Gama de temperatura: -45°C. -5°C

R-22

ACCESORIOS COMPRESORES DANFOSS					
Codigos	LST Sistema de arranque por PTC	EQUIPO DE ARRANQUE A 220 V. 50 Hz.			
		HST (CSIR)		HST (CSR)	LST/HST
MODELO		Relé de Arranque	Condensador de Arranque	Equipo de Arranque	Anclaje de cables
TL 3 G	103N0011	117U6009	117U5014		103N1010
TL 4 G		117U6004			
TL 5 G		117U6000			
FR 6 G		117U5015	117U6001		
FR 7,5 G			117U6015		
FR 8,5 G			117U6010		
FR 10 G			117U5017		
FR 11 G	117U6003				
SC 10 G	117U6005				
SC 12 G	117U6019				
SC 15 G	103N0002			117-7028	103N1004
SC 18 G				117-7055	
SC 21 G				117-7056	
GS 26 MFX					
GS 34 MFX					

MODELO	HST (CSIR)		HST (CSR)	LST / HST		
	Relé de arranque	Condensador de arranque	Equipo de Arranque	Anclaje cables	Tapas	
TL 4 CL	117U6000	117U5014	117-7012	103N1010	103N2010	
FR 6 CL	117U6015	117U5015				
FR 8,5 CL	117U6010					
SC 10 CL	117U6003					
SC 12 CL	117U6005	117U5017		103N1004	113N2009	
SC 15 CL	117U6019					
SC 18 CL						
SC 21 CL						
TL 4 DL	117U6001	117U5014		117-7028	103N1010	103N2010
FR 6 DL	117U6010	117U5014				
SC 10 DL	117U9005	117U5017				
SC 12 DL	117U6019					
SC 15 DL			103N1004		113N2009	
GS 26 CLX						
GS 34 CLX						
GS 26 MLX						
GS 34 MLX						
Equipo de Arranque a 220 V. 50 Hz.						
MODELO	HST (CSIR)		HST (CSR)	HST		
	Relé de arranque	Condensador de arranque	Equipo de Arranque	Anclaje cables	Tapas	
TL 4 D	117U6000	117U5014	117-7012	103N1010	103N2010	
FR 6 D	117U6016	117U5015				
FR 7,5 D	117U6010					
SC 10 D	117U6005					
SC 10 C	117U6003	117U5017		103N1004	103N2009	
SC 12 D	117U6011					
SC 12 C	117U6005					
SC 15 D						
SC 15 C	117U6011	117U5017				
SC 18 C				117-7010		
SC 15 CM	117U6019	117U5017				
SC 18 CM			117-7012			
Equipo de Arranque a 220 V. 50 Hz.						
MODELO	HST (CSIR)		HST (CSR)	HST		
	LST Sistema Arranque PTC	Relé de arranque	Condensador de arranque	Anclaje cables	Tapas	
TL 3 B	103N001	117U6009	117U5014	103N1010	103N2010	
TL 4 B		117U6004				
FR 6 B		117U6000				
FR 7,5 B		117U601	117U5015			
FR 8,5 B		117U6015				
FR 10 B						
FR 11 B		117U6010				
SC 10 B		117U6002	117U5017	103N1004	103N2009	
SC 12 B	103N0002	117U6003				
SC 15 B		117U6005				
SC 18 B		117U6011				
SC 21 B						117-7010