

Conocimientos
Tecnología
de refrigeración

Be sure. **testo**



Conocimientos sobre la refrigeración Testo en 3 módulos.

Comprensión de las instalaciones de refrigeración. Principios fundamentales y componentes principales de la tecnología de refrigeración. Medición correcta en las instalaciones de refrigeración.

Índice

Módulo 1: Comprensión de las instalaciones de refrigeración	4
1.1 Valores característicos para la eficiencia de las instalaciones de refrigeración	4
1.2 Criterios para los refrigerantes adecuados en la práctica	5
1.3 Valoración de refrigerantes	7
a) El valor GWP	7
b) El valor TEWI	8
1.4 Planificación de instalaciones de refrigeración y funcionamiento eficiente	9
Módulo 2: Principios fundamentales y componentes principales de la tecnología de refrigeración	10
2.1 Termodinámica	10
2.2 Los cuatro componentes principales del circuito de refrigeración por compresión	10
2.2.1 El evaporador	11
2.2.2 El condensador	13
2.2.3 El compresor	15
2.2.4 El órgano de expansión	16
2.5 Otros componentes importantes en el circuito del refrigerante	18
Módulo 3: Medición correcta en las instalaciones de refrigeración	19
3.1 Registro y valoración de parámetros importantes	19
3.2 Subenfriamiento	20
3.3 Sobrecalentamiento	22

Módulo 1: Comprensión de las instalaciones de refrigeración

Las instalaciones de refrigeración se han vuelto imprescindibles en diferentes áreas de nuestra vida cotidiana. Estas garantizan la climatización perfecta en edificios, procesos industriales fríos y permiten almacenar alimentos por más tiempo así como congelarlos. Sin embargo, las ventajas de las instalaciones de refrigeración van acompañadas de un consumo elevado de recursos que aumenta cada vez más a nivel global y contamina el medio ambiente. Por esta razón es de suma importancia planificar las instalaciones de forma profesional para la tecnología de refrigeración y climatización así como manejarla de manera eficiente.

Una instalación de refrigeración es un sistema de tuberías cerrado y hermético, idealmente, en el que circula un refrigerante. Un refrigerante es una sustancia de servicio que absorbe calor en caso de una temperatura y una presión bajas y que emite calor en caso de una temperatura y una presión más elevadas. Los llamados circuitos refrigerantes de compresión constan de cuatro componentes principales, como mínimo, los cuales se describen a continuación de forma breve y más detallada. Las sustancias de servicio de la instalación de refrigeración son el refrigerante y el aceite en

el compresor. Su elección depende de la respectiva aplicación en combinación con la carga ecológica.

En este sentido es necesario que:

- la fabricación de los componentes,
- el potencial de riesgos de las sustancias de servicio en caso de una fuga o un accidente,
- la energía motriz requerida para la disponibilidad de la refrigeración y
- la eliminación de la instalación tras finalizar su vida útil se incluyan en la evaluación y la elección.

1.1 Valores característicos para la eficiencia de las instalaciones de refrigeración

Un excelente valor comparativo en las bombas de calor es el COP (**C**oefficient **O**f **P**erformance) o el **eEER** (**E**nergy **E**fficiency **R**atio) en instalaciones de refrigeración. Este coeficiente refleja la relación entre la **utilidad y el esfuerzo** en un punto de funcionamiento especial de la instalación con respecto un momento determinado.

Si se quiere considerar la eficiencia de la instalación de refrigeración a lo largo de un año, el **SEER** (**S**easonal **E**nergy **E**fficiency **R**atio) se encarga de emitir informaciones más significativas. Además del funcionamiento con carga máxima y el punto de diseño, aquí también se incluye el funcionamiento con carga parcial de la instalación de refrigeración. Debido a las diversas condiciones ambientales presentes durante un año, la consideración de la carga parcial asume un papel muy importante.

¡Una regulación eficiente del rendimiento del suministro de refrigeración es obligatorio (convertidor de frecuencia para la regulación del rendimiento del compresor y la regulación de las revoluciones de los condensadores o los ventiladores del intercambiador de calor)! Una utilización adicional y complementaria de los medios de almacenamiento térmicos (p. ej. acumulador de hielo) puede equilibrar las cargas parciales o las cargas máximas y garantizar una seguridad de funcionamiento más elevada y una mejor disponibilidad de la instalación.

1.2 Criterios para los refrigerantes adecuados en la práctica

En teoría, muchas sustancias pueden usarse como refrigerante. Sin embargo, no todo lo que es posible también está permitido o es sensato: Diversos requisitos de seguridad, la tecnología disponible de las instalaciones y los aspectos ecológicos limitan esta selección considerablemente. Únicamente las sustancias de servicio (en adelante refrigerante) que cumplen con ciertos criterios durante el funcionamiento en un circuito cerrado de refrigerante son aptas en la práctica.

Crterios para la elecci3n de refrigerantes

- La **presi3n de vapor** se encuentra por encima de la presi3n atmosf3rica en las temperaturas de evaporaci3n deseadas.
- La **altitud de la presi3n de condensaci3n** no representa altas exigencias extraordinarias con respecto a la resistencia a la presi3n de los componentes y las tuberías (p. ej. m3ximo $p_{ec} = 25$ bar a una temperatura exterior de $+35$ °C). Los llamados refrigerantes de alta presi3n R-410A y R-744 hacen parte de las excepciones.
- El vapor sobrecalentado aspirado por el compresor tiene **volúmenes pequeños en las condiciones de aspiraci3n** para conservar el tamaño m3nimo del compresor (cilindrada).
- **Compatibilidad con el material** con respecto a los materiales usados en la tecnología de refrigeraci3n.
- **Carga ecol3gica lo m3s reducida posible** durante la fabricaci3n y la eliminaci3n de los refrigerantes.
- **En principio, manipulaci3n sin peligros** para el instalador o el personal de servicio.

Sin embargo, esta lista es solo una selecci3n de las propiedades m3s importantes. Actualmente no hay un refrigerante ideal disponible para todas las aplicaciones. Por esta raz3n, con frecuencia se requiere pactar compromisos.

En los últimos años, los refrigerantes naturales han ganado mucha importancia, no solamente despu3s de la entrada en vigor de los reglamentos m3s estrictos a nivel mundial (p. ej. el reglamento sobre los gases fluorados de la UE 2014). Entre ellos est3n, adem3s del di3xido de carbono (R-744), especialmente los hidrocarburos como el metilpropano (R-600A) y el propano (R-290). Principalmente en la refrigeraci3n industrial, el amoniaco (R-717) se ha expandido desde hace muchos años de forma considerable.

Los refrigerantes naturales se destacan por sus medios de trabajo ecol3gicos y de larga duraci3n tanto en el ámbito termodinámico así como en el impacto climático.

Estas propiedades positivas permiten el uso en sectores con un grado de exigencias m3s elevado hacia la tecnología de las instalaciones y los lubricantes. De este modo, por ejemplo, el CO_2 y el propano pueden utilizarse en el sector de la refrigeraci3n en supermercados.

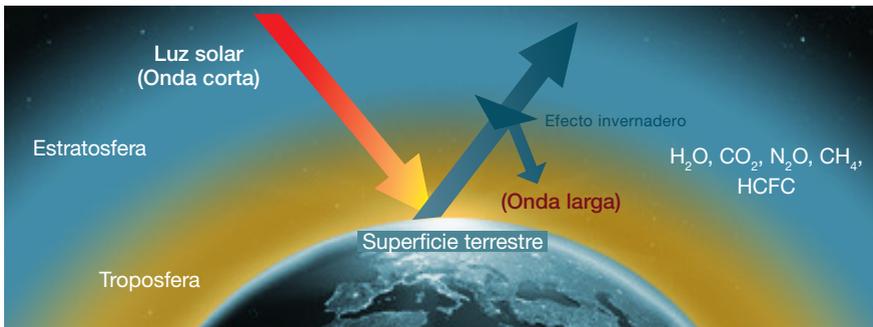
1.3 Valoración de refrigerantes

a) El valor GWP

El **Global Warming Potential** es un valor numérico que describe la influencia de un material sobre la atmósfera y de este modo su repercusión sobre el efecto invernadero y el calentamiento global. El CO_2 tiene como base el valor numérico 1. Este valor indica cuál es la repercusión de 1 kg sobre el calentamiento global de un refrigerante en comparación con 1 kg de CO_2 en la atmósfera. Asimismo, el valor GWP es la representación de un equivalente de CO_2 .

De este modo, por ejemplo, R-12 tiene un efecto 10.900 veces más fuerte que el CO_2 .

Refrigerante	GWP
R-12	10.900
R-502	4.657
R-507A	3.985
R-404A	3.922
R-407A	2.107
R-22	1.810
R-407C	1.774
R-134a	1.430
R-32	675
R-290 (propano)	3.3
R-600a (metilpropano)	3
R-1270 (propileno)	1.8
R-774 (CO_2)	1
R-717 (amoniac)	0



Valores GWP de refrigerantes conocidos y su impacto sobre la atmósfera

a) El valor TEWI

El valor **TEWI- (Total Equivalent Warming Impact)** contiene adicionalmente la valoración ecológica de una instalación. De este modo es posible describir la carga ecológica global debido al funcionamiento de una instalación de refrigeración, por ejemplo, con distintas sustancias de servicio (refrigerantes).

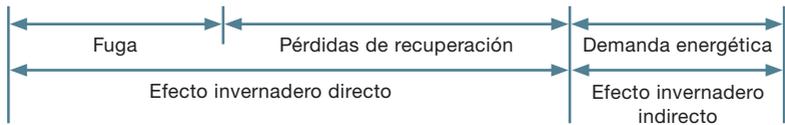
El valor TEWI tiene en cuenta el total de las emisiones directas e indirectas de los gases de efecto invernadero. Este procedimiento es excelente para realizar una consideración puntual o de comparación. Las razones ecológicas descritas anteriormente tienen como resultado la necesidad urgente de garantizar aplicaciones relevantes a la técnica de refrigeración,

en lo posible, sin la producción de gases nocivos de efecto invernadero. Es obligatorio que los circuitos del refrigerante se ejecuten de forma hermética de modo que se puedan evitar ampliamente las emisiones de sustancias de servicio hacia el medio ambiente.

Sin embargo, el valor TEWI también describe la energía primaria necesaria para el suministro de refrigeración que, según el tipo de generación de energía, también influye sobre la carga ecológica global.

Por este motivo se recomienda planificar y fabricar instalaciones eficientes energéticamente que requieren una cantidad mínima de energía primaria para obtener la potencia de refrigeración deseada.

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m [1 - \alpha_{recovery}]) + (n \times E_{annual} \times \beta)$$



GWP:	Global Warming Potential	[-]
L:	Índice de pérdida	[kg/a]
n:	Tiempo de funcionamiento	[a]
m:	Cantidad de llenado del refrigerante	[kg]
α_r:	Relación de recuperación en la eliminación	[-]
E_a:	Consumo de energía anual	[kWh/a]
β:	Emisión de CO ₂ por el consumo de energía	[kg/kWh]

Cálculo del valor TEWI

1.4 Planificación de instalaciones de refrigeración y funcionamiento eficiente

Para una buena planificación y el funcionamiento eficiente de las instalaciones de refrigeración es necesario ejecutar mediciones exactas en las instalaciones y evaluarlas correctamente.

Con un incremento de 1 K en la temperatura de evaporación y una disminución de 1 K en la temperatura condensación se puede conseguir una mejora entre el 2 y el 3 % de las cifras de rendimiento en las instalaciones de refrigeración. El sobrecalentamiento del evaporador también perjudica considerablemente la cantidad de calor de los productos refrigerados que se van a transferir. Los valores de sobrecalentamiento innecesarios (generalmente > 8 K) o señales de sobrecalentamiento inestables ocasionan un llenado imperfecto del evaporador y, por consiguiente, un coeficiente de refrigeración menos favorable.

Con respecto a la valoración se pueden presentar diversos errores, tales como:

- Exactitud insuficiente de los instrumentos de medición y sus sensores
- Errores matemáticos en el cálculo de valores característicos

- Errores de paralaje al leer los indicadores analógicos
- Extracción del sensor de medición en el punto de medición deseado

Para trabajos de instalación, los instrumentos de indicación analógicos utilizados para registrar las presiones del sistema solo están protegidos de forma mínima contra vibraciones y cambios de la temperatura debido a sus características mecánicas. Especialmente en el vehículo no es posible evitar cargas fuertes. Además se tiene que efectuar un reajuste manual en caso de modificaciones notorias de la presión ambiental (p. ej. debido a los cambios de altura).

Los analizadores electrónicos de refrigeración como el testo 550 combinan una medición de alta precisión y la representación exacta de los resultados de forma inequívoca y digital. De este modo es casi imposible obtener interpretaciones erróneas.

Módulo 2: Principios fundamentales y componentes principales de la tecnología de refrigeración

2.1 Termodinámica

El **primer principio de la termodinámica** dice de forma simplificada que la energía no se pierde, sino que se transforma en otra clase de energía. Este principio es importante especialmente al observar las corrientes energéticas en la tecnología de refrigeración y climatización. Por eso, los balances energéticos tienen que ser concluyentes.

Aplicando una consideración simplificada es posible reconocer que a la energía térmica absorbida en el evaporador se le aumenta aprox. $\frac{1}{3}$ en forma de potencia motriz del compresor. Esta energía total tiene que emitirse nuevamente en el lado de alta presión de la instalación de refrigeración o, en el mejor de los casos, seguir usándose (utilización del calor residual o recuperación de calor).

El **segundo principio de la termodinámica** no es menos importante en la tecnología de refrigeración. Este define que la energía (térmica) se transmite siempre de un cuerpo caliente a un cuerpo frío de forma natural. Si se utiliza energía adicional, este efecto también puede invertirse, esto se demuestra, por ejemplo, en el flujo de energía total de una bomba de calor geotérmica. Aquí se utiliza la energía proveniente de la tierra

con fines de calefacción. Sin embargo, las distintas formas de transmisión de energía siguen el principio: **"¡Del calor al frío!"**

El **tercer principio de la termodinámica** se deriva del segundo principio. Si el calor fluye siempre del calor al frío de forma natural, entonces: El punto cero absoluto, por lo menos con medios termodinámicos, no puede alcanzarse. Este se define como 0 K o $-273,15\text{ °C}$ y describe el estado de reposo de las partículas.

2.2 Los cuatro componentes principales del circuito de refrigeración por compresión

En general se puede definir el circuito del refrigerante por compresión a través de 4 componentes principales:

- 1) Evaporador
- 2) Condensador
- 3) Compresor
- 4) Órgano de expansión

La gráfica representa estos componentes principales en el circuito del refrigerante. Aquí se muestra un ciclo con marcha hacia la izquierda en el que el refrigerante circula en un circuito cerrado y que pasa por dos cambios de estado.

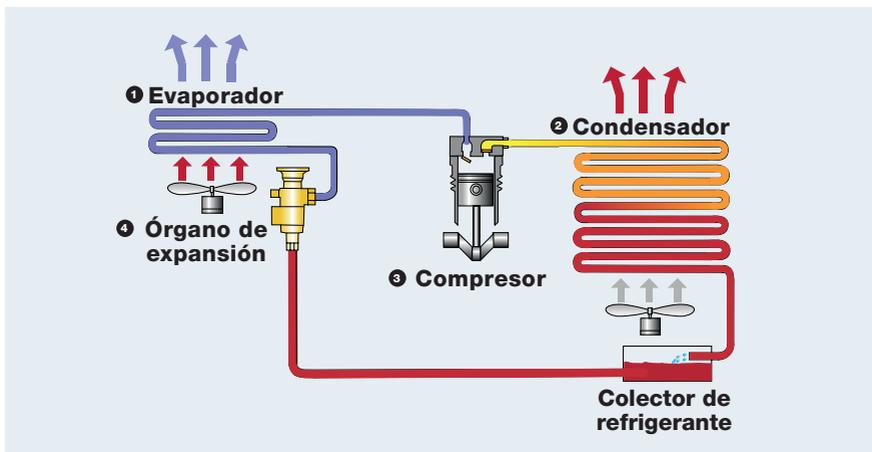
2.2.1 El evaporador

Un componente muy importante en el circuito del refrigerante es el evaporador. Este forma la "conexión" de la instalación de refrigeración con el medio que efectúa la refrigeración.

Algunos de los diversos modelos de evaporadores son:

- Intercambiador de calor laminado: el medio que efectúa la refrigeración es, por ejemplo, aire.
- Intercambiador de calor de placas o de haz tubular: para la refrigeración de líquidos.
- Evaporador de contacto: para una transmisión de calor de materiales sólidos.

En todas las posibilidades mencionadas el flujo de calor es siempre igual: se lleva a cabo de **"caliente a frío"**. Por lo general, el refrigerador llega en estado líquido al evaporador con una presión baja (presión de succión). Allí se evapora bajo la absorción de calor proveniente, en el mejor de los casos, completamente del material que se va a enfriar.



Circuito del refrigerante esquemático y sencillo

La meta es inyectar refrigerante en el evaporador de modo que la energía proveniente del material que se va a enfriar sea suficiente para toda la transición de líquido a vapor. Un posible calentamiento mínimo del vapor en el último fragmento del evaporador actúa como un sistema de control para el mecanismo de inyección. Asimismo, se garantiza que no penetren partículas líquidas al evaporador en caso de fluctuaciones de la carga. Por esta razón, los componentes evaporador y órgano de expansión tienen que estar perfectamente sincronizados entre sí.

Esta sincronización influye notoriamente en la eficiencia y la seguridad de la instalación. La temperatura adecuada de evaporación así como el sobrecalentamiento del evaporador sirven como medida de una evaporación efectiva. Los dos valores pueden determinarse de forma segura con un analizador digital de refrigeración.

El proceso de refrigeración se controla normalmente con un termostato que apaga los puntos de refrigeración o también toda la instalación de refrigeración. Un **descongelamiento** necesario en el evaporador representa otra interrupción en los puntos de refrigeración.

Consejos para el descongelamiento

- **No tan pronto:** ya que una formación de escarcha inexistente o mínima significan una entrada de calor innecesaria y una interrupción de la refrigeración.
- **No tan tarde:** porque una escarcha fuerte en el evaporador empeora notablemente el transporte de calor.
- **No más prolongado de lo necesario:** ya que la introducción extrema de calor de la calefacción para descongelamiento tiene que transportarse nuevamente a través de la instalación de refrigeración.
- **Lo más eficiente posible:** no se debe descongelar mediante elementos calefactores en un enfriador de aire, sino aprovechar el "propio" calor de condensación de la instalación de "adentro hacia fuera" (descongelamiento con vapor caliente o con vapor frío) así como utilizar el calor de fusión necesario de la escarcha para los productos refrigerados.
- **Controlado:** descongelamiento a través de reguladores inteligentes o mediante una supervisión remota; colocar las sondas de finalización del descongelamiento en la posición correcta.
- **Bien planeado:** ejecución como descongelamiento por necesidad.

En los evaporadores laminados, la conducción de aire por los ventiladores representa un aspecto importante para la evaluación de la eficiencia del intercambiador de calor.

Además, el alcance del ventilador y el caudal volumétrico del aire tienen que adaptarse a las necesidades de los respectivos productos que se van a enfriar. Mediante una conexión y desconexión inteligentes de los ventiladores durante las fases de reposo es posible, entre otras cosas:

- aumentar la calidad de refrigeración
- prolongar la necesidad de un descongelamiento
- mejorar el balance energético de la instalación de refrigeración

2.2.2 El condensador

El condensador de una instalación de refrigeración debe evacuar la energía térmica absorbida por el producto refrigerado y la potencia eléctrica absorbida por el compresor durante el proceso de compresión. El rendimiento de condensación es aprox. 1,3 veces mayor que el rendimiento de evaporación (valor de referencia). Así como el evaporador, el condensador también puede estar diseñado con láminas, ser enfriado por un

líquido o emitir su calor a un material sólido. El aprovechamiento del calor para otro proceso (utilización del calor residual o recuperación de calor) se ubica en el centro de una planificación energéticamente eficiente de la instalación. Aquí, el refrigerante caliente y en forma de vapor bajo alta presión se condensa mediante la emisión de calor.

En principio existen tres zonas en un condensador:

- la zona de extracción de calor
- la zona de condensación
- la zona de enfriamiento

Conocimientos sobre la refrigeración



Curso y proporciones de las distintas zonas en el condensador

La condensación del refrigerante ocupa el espacio más grande. El vapor caliente del refrigerante se enfría en un primer paso y luego de la compresión hasta alcanzar la temperatura de condensación respectiva. En este momento se genera la primera gota líquida del refrigerante en el condensador. Si la emisión de calor al entorno continúa, esta gota crece cada vez más hasta que no haya más vapor de refrigerante. Ahora, dependiendo del diseño del condensador, es posible llevar a cabo un enfriamiento mínimo del refrigerante.

En este sentido, la limpieza de las superficies transmisoras de calor es de gran importancia, especialmente para los condensadores refrigerados por aire. En caso de impurezas se desmejora la transmisión de calor y, por consiguiente, la eficiencia del intercambiador de calor. Por otro lado, esto produce la disminución de los coeficientes, una baja disponibilidad de la instalación o incluso fallos de la instalación de refrigeración.

El aprovechamiento de la energía térmica no solo es una obligación para todas las planificaciones de instalaciones, sino que también representa un reequipamiento significativo en las instalaciones existentes. Generalmente es posible usar el calor para el descongelamiento (¡muy eficiente y efectivo!), para la calefacción de interiores, para calentar el agua potable o para ejecutar otros procesos técnicos. Especialmente en la calefacción de interiores y el calentamiento de agua potable es eficiente desde la perspectiva energética, utilizar únicamente la energía térmica disponible en el momento sin tomar medidas adicionales (p. ej. incremento de la presión). En caso del funcionamiento discontinuo de una instalación de refrigeración también conviene el uso de acumuladores intermedios. Sin embargo, el agua potable templada no debe almacenarse por motivos higiénicos, sino calentarse en los llamados calentadores de flujo del agua de calefacción solamente si es necesario.

2.2.3 El compresor

El compresor es el componente del circuito de refrigerante que requiere más energía. Por este motivo se debe dirigir el enfoque de la planificación de la instalación a emplearlo de modo eficiente. Se distinguen principalmente tres tipos de carcasa:

- **Compresor completamente hermético:**

El compresor con un encapsulado hermético, potencias pequeñas, el motor eléctrico y el compresor no son accesibles desde el exterior, el motor eléctrico se enfría mediante el vapor aspirado frío (refrigeración con vapor aspirado) y/o mediante el aceite (refrigeración con aceite).

- **Compresor semihermético:**

Las potencias medianas y grandes, el motor eléctrico y el compresor están conectados entre sí en la carcasa, el motor se enfría a través del vapor aspirado frío o mediante un ventilador montado, el motor eléctrico puede reemplazarse y está permitido el acceso a las placas de válvula del compresor para el personal de servicio.

- **Compresor abierto:**

Por lo general, el compresor y el accionamiento están conectados a través de un eje o de forma magnética. El refrigerante no atraviesa el motor eléctrico, sino que es aspirado directamente por el compresor, es posible abridarlo a una transmisión, las placas de válvulas del compresor también son de acceso libre para el personal de servicio. Aquí, el motor eléctrico se enfría de forma activa o pasiva a través del aire ambiente.

En el circuito de refrigerante, el compresor tiene la tarea de aspirar el vapor sobrecalentado desde la tubería (presión de succión) y de comprimir este vapor hasta el nivel de alta presión. Este nivel resulta de la relación entre el rendimiento de condensación bajo las condiciones ambientales respectivas y la carga actual de la instalación, además cambia con frecuencia. Las fluctuaciones de la carga y las fluctuaciones de temporada en el día/la noche o con temperaturas anuales más altas o más bajas son algunos factores de influencia.

De este modo, la llamada carrera en fase de compresión en el compresor y la carga así como la eficiencia son variables. Especialmente con temperaturas más bajas existe el peligro de que la potencia del condensador refrigerado con agua se vuelva muy grande debido a las temperaturas externas más bajas. En este sentido se tiene que llevar a cabo una regulación adecuada de la potencia. La posibilidad más sencilla es ejecutar una regulación de las revoluciones de los ventiladores guiadas por la frecuencia. En instalaciones de refrigeración que puedan estar desconectadas por un período prolongado de tiempo debido a un entorno frío, es necesario instalar adicionalmente un regulador de presión de recipiente. De este modo se evitan ciclos incorrectos del compresor o una avería por presión baja durante el arranque. Durante la compresión, el vapor de refrigerante calentado y aspirado se sigue calentando mucho más. Según el refrigerante es posible que se produzcan temperaturas por encima de +100 °C en el tubo de presión del compresor. Por este motivo, estas temperaturas exigen el uso de aceites especiales en el compresor ya que estos no pueden perder sus propiedades de lubricación en caso de temperaturas bajas de evaporación.

2.2.4 El órgano de expansión

En órgano de expansión en una instalación de refrigeración o de climatización tiene la importante tarea de inyectar suficiente refrigerante líquido en el evaporador para que en el contenido del tubo se pueda evaporar la mayor cantidad de refrigerante. Para este proceso, el refrigerante que se evapora requiere bastante energía, la cual es extraída por el producto refrigerado. Los modelos más propagados son

- Tubo capilar
- Válvula de expansión automática
- Válvula de expansión termostática
- Válvula de expansión con accionamiento electrónico

El **tubo capilar** es el dispositivo de estrangulación más sencillo. El fabricante de la instalación lo determina previamente de forma exacta; generalmente también se revisa el flujo. El tamaño y el diámetro interno son variables permitiendo alcanzar la presión dinámica deseada. Esta es una solución bastante económica pero que solo funciona perfectamente en el punto de diseño. Por esta razón, este tipo de construcción de órganos de expansión se encuentra generalmente en los refrigeradores.

La **válvula de expansión automática** (mejor: válvula de expansión de presión constante) se utiliza con menos frecuencia ya que solo intenta mantener constante la presión de evaporación. Estas válvulas solo deben usarse en instalaciones con fluctuaciones mínimas de carga.

Por el momento, la **válvula de expansión termostática** aún es el estándar en las instalaciones de refrigeración industriales. A diferencia de la válvula de expansión de presión constante, con este otro modelo se mantiene constante el trayecto de calentamiento en el evaporador. Para que este valor sea lo más bajo posible es muy importante que la configuración de la válvula de expansión termostática sea exacta.

En caso de fluctuaciones de carga se modifica el trayecto de calentamiento en el evaporador y del mismo modo la temperatura del valor calentado en la salida del evaporador. Este es el parámetro regulado y la válvula modifica la cantidad de refrigerante inyectado. Sin embargo, el rendimiento de la válvula puede alterarse notablemente debido al cambio de la presión previa (presión alta) por delante de la válvula de expansión termostática y por el cambio de temperatura del líquido refrigerante

(subenfriamiento). ¡Este aspecto tiene que considerarse desde la planificación de las instalaciones!

La **válvula de expansión con accionamiento electrónico** (también conocida como válvula de expansión electrónica) posee la máxima calidad de regulación entre los órganos de expansión. El objetivo es adaptar la relación del calentamiento en el evaporador mediante la energía auxiliar (accionamiento electrónico) de modo más preciso, por una parte, y además ejecutar esta adaptación perfectamente en caso de fluctuaciones de carga.

Fundamentalmente se distinguen dos tipos de accionamientos: la modulación por ancho de pulso y el accionamiento constante mediante un motor paso a paso. En la modulación por ancho de pulso se acciona una clase de válvula magnética mediante pulsos. Generalmente, el ancho de pulso es de 6 segundos. El regulador de inyección de nivel superior decide cuánto tiempo permanece abierta la válvula dentro de este tiempo gracias a la información suministrada por las diversas sondas en el evaporador o alrededor de él.

Debido a los caudales máxicos discontinuos, estas válvulas son ideales en las llamadas **instalaciones de varios circuitos** (varios puntos de refrigeración en un circuito del refrigerante). La dimensión de los conductos de líquido juega un papel muy importante con el fin de evitar golpes de ariete. Por lo general, las válvulas de expansión eléctricas accionadas y reguladas por un motor paso a paso son la mejor opción para instalaciones de refrigeración exigentes. Estas inyectan continuamente el refrigerante líquido en el evaporador. Estas válvulas son la mejor opción especialmente cuando hay condiciones variables de carga, ya que el regulador electrónico respectivo controla y, si es necesario, reajusta constantemente el grado ideal de llenado.

2.5 Otros componentes importantes en el circuito del refrigerante

Además de almacenar una cantidad suficiente de refrigerante para los órganos de expansión, el **colector de refrigerante** también cumple con la tarea de separar las posibles burbujas de vapor del líquido dentro de la tubería de condensador. Al momento de elegir el diseño, el **colector vertical** debe preferirse ante el colector horizontal. Los

colectores verticales tienen una columna para líquido más alta y, por consiguiente, ofrece mejores posibilidades para la supervisión del llenado así como un beneficio adicional con respecto al subenfriamiento.

El **secador de refrigerante**, integrado en los conductos de líquido, debe compactar la humedad residual de la instalación. Debido a la posible humedad residual presente se puede generar un ácido, en combinación con refrigerante, aceite y calor, que ataque el hilo de cobre esmaltado del compresor. Además es posible minimizar el contenido de ácido en el circuito con los respectivos aditivos. Un fieltro de filtro adicional impide que las partículas extrañas como la viruta o cascarilla penetren en la válvula magnética o la válvula de expansión. Este secador de filtro tiene que reemplazarse luego de cualquier intervención en el circuito del refrigerante.

La **mirilla** permite echar un vistazo al flujo del refrigerante. Si la mirilla se ha montado directamente por delante de la válvula de expansión es posible reconocer perfectamente una evaporación previa ocasionada por una caída de presión mayor en los conductos de líquido así como un enfriamiento mínimo o un defecto en el refrigerante.

Módulo 3: Medición correcta en las instalaciones de refrigeración

3.1 Registro y valoración de parámetros importantes

La base para ejecutar una valoración global y una regulación correcta de una instalación de refrigeración o de climatización son los valores medidos exactos y los conocimientos especializados. Solo de esta forma es posible registrar y evaluar los estados de funcionamiento o los parámetros decisivos.

Los parámetros importantes para la revisión son, entre otros:

- El **sobrecalentamiento del evaporador**: para una evaporación óptima y para revisar el sobrecalentamiento actual de la válvula de expansión.
- El **sobrecalentamiento del vapor aspirado**: para un funcionamiento del compresor en el marco de su diagrama de aplicación, por ejemplo, para garantizar la refrigeración del vapor aspirado del compresor y de este modo evitar una posible carbonización del aceite.
- El **funcionamiento de un intercambiador de calor interno para líquidos/vapor aspirado**: para comprobar qué tan grandes son el enfriamiento adicional y el calentamiento debido al uso de un intercambiador de calor como este.
- La llamada diferencia de la temperatura **propulsora** en el intercambiador de calor: para mejorar la eficiencia del intercambiador de calor y valorarla de nuevo.

Importante para el funcionamiento de las instalaciones de refrigeración:

Si se pone en marcha una instalación de refrigeración, generalmente los ajustes configurados en el marco de la puesta en marcha permanecen sin modificaciones por un período prolongado de tiempo. Por esta razón, una configuración de sobrecalentamiento errónea o imprecisa puede destruir el compresor.

- **Valores de sobrecalentamiento muy bajos** provocan una lixiviación de los cojinetes, además pueden producir un cortocircuito entre arrollamientos o la formación de espuma en el aceite.
- **Valores de sobrecalentamiento muy elevados** provocan pérdidas de rendimiento, una congelación extrema en el evaporador y, por consiguiente, períodos de descongelamientos más prolongados.

Las consecuencias son: la eficiencia de la instalación y el balance ecológico desmejoran notablemente, el cliente está insatisfecho y se ejecutan trabajos de servicio innecesarios.

Importante para el servicio técnico:

Para el servicio técnico es decisivo que el instalador obtenga **rápidamente** los **parámetros más importantes de la instalación**. El analizador de refrigeración es el instrumento de medición más importante para el instalador. Sin embargo, con frecuencia, este instrumento de medición imprescindible está expuesto a cargas mecánicas y térmicas en el vehículo y en la obra.

El modelo analógico, es decir, el manómetro con indicadores mecánicos es propenso a suministrar valores medidos imprecisos debido a las cargas. Además no es posible leer directamente los valores fundamentales como el **sobrecalentamiento** (véase cap. 3.2) y el **subenfriamiento** (véase cap. 3.3). Al ejecutar el cálculo manual de los valores mencionados siempre existe la posibilidad de que se produzcan errores matemáticos o errores de paralaje.

Con el analizador digital de refrigeración ocurre lo contrario. Aquí, las presiones de la instalación y las respectivas temperaturas pueden registrarse de forma **paralela y muy precisa** para determinar el sobrecalentamiento y subenfriamiento. Un paralaje o un error matemático son casi imposibles.

La iluminación del indicador, el ajuste de la presión ambiental así como también el almacenamiento de datos de medición son complementos útiles para que los trabajos de servicio se lleven a cabo de forma rápida y eficiente. Por esta razón, hoy en día los instrumentos de medición electrónicos para la refrigeración como el analizador digital de refrigeración testo 550 son imprescindibles en el maletín de herramientas de un experto en refrigeración / climatización.

3.2 Subenfriamiento

En principio, la mejor forma de calcular el subenfriamiento del refrigerante líquido es antes del órgano de expansión. Los cálculos del subenfriamiento después del condensador o después del colector (vertical) solo son relevantes para la valoración de secciones. Sin embargo es decisivo en qué estado se encuentra el refrigerante antes del órgano de expansión.

El subenfriamiento es un parámetro de valoración muy importante para la eficiencia de la instalación de refrigeración. Todos los componentes en los conductos de líquido tienen que revisarse o recalcularse en caso de que más adelante en el circuito del refrigerante haya un subenfriamiento adicional (por ejemplo, a través de un subenfriador externo).

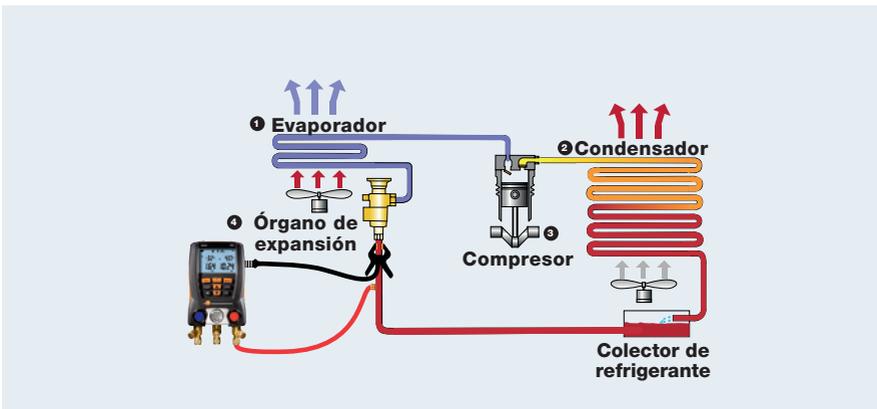
Por una parte, el subenfriamiento provoca una ganancia de entalpía aumentando la cantidad de calor que puede ser absorbida por el evaporador. Por otra parte, es

necesario para poder superar las caídas de presión en los conductos de líquido sin evaporación previa.

Para tener en cuenta:

- El subenfriamiento de la superficie del líquido en el colector **siempre es 0 K**.
- Un subenfriamiento adicional tiene que generarse siempre **directamente detrás del colector**.
- En un **condensador refrigerado con agua** las posibilidades de subenfriamiento son mínimas.
- Los **incrementos del rendimiento que van acompañados paralelamente** con el subenfriamiento en el órgano de expansión, en la válvula magnética y en el evaporador tienen que haberse considerado durante el diseño.

- Los **subenfriamientos muy grandes** provocan la falta de evaporación al abrir las válvulas magnéticas y, por consiguiente, golpes hidráulicos en los conductos de líquido.
- Directamente después del colector de refrigerante solo son posibles valores bajos condicionados físicamente. Estos dependen de la **temperatura ambiental**, el **diseño** del colector (vertical/horizontal), el posible **subenfriamiento de entrada** del refrigerante en el colector así como del **nivel de llenado actual** en el colector de refrigerante (altura geodésica).



Determinación del subenfriamiento de la válvula de expansión

3.3 Sobrecalentamiento

Así como el subenfriamiento, el sobrecalentamiento es uno de los parámetros más importantes para la valoración de la eficiencia actual de la instalación. Fundamentalmente se debe diferenciar en qué parte del circuito del refrigerante debe efectuarse el cálculo del sobrecalentamiento:

- 1) Sobrecalentamiento del evaporador
- 2) Sobrecalentamiento en el conducto de aspiración
- 3) Sobrecalentamiento del tubo de aspiración
- 4) Sobrecalentamiento en el compresor

Sobre el 1)

El **sobrecalentamiento del evaporador** se determina directamente después del evaporador y al inicio del conducto de aspiración. En el mismo lugar se encuentra el elemento de la sonda de la válvula de expansión termostática o el sensor de sobrecalentamiento de las válvulas de expansión con accionamiento eléctrico.

Sobre el 2)

El **sobrecalentamiento en el conducto de aspiración** se genera generalmente por la incidencia del calor del entorno a través del aislamiento del conducto de aspiración. Esta incidencia de

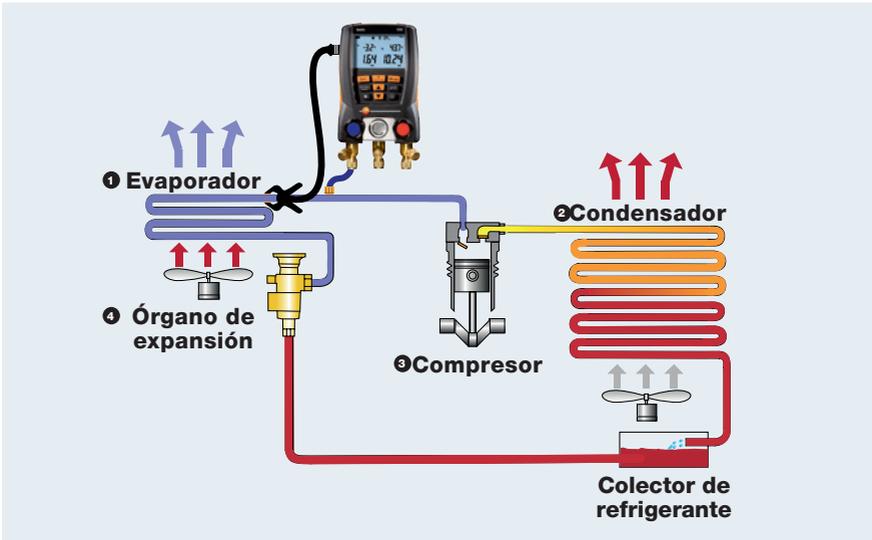
calor normalmente y para las instalaciones perfectamente diseñadas y planificadas es indeseada ya que este calor tiene que ser transportado adicionalmente por el circuito de refrigeración. Si en el conducto de aspiración se han incorporado intercambiadores de calor adicionales que garantizan una conexión térmica del conducto de aspiración y del líquido, por ejemplo como los llamados intercambiadores de calor internos", entonces, esto es un efecto positivo que incrementa el rendimiento (excepto con el R-717 y R-22).

Sobre el 3)

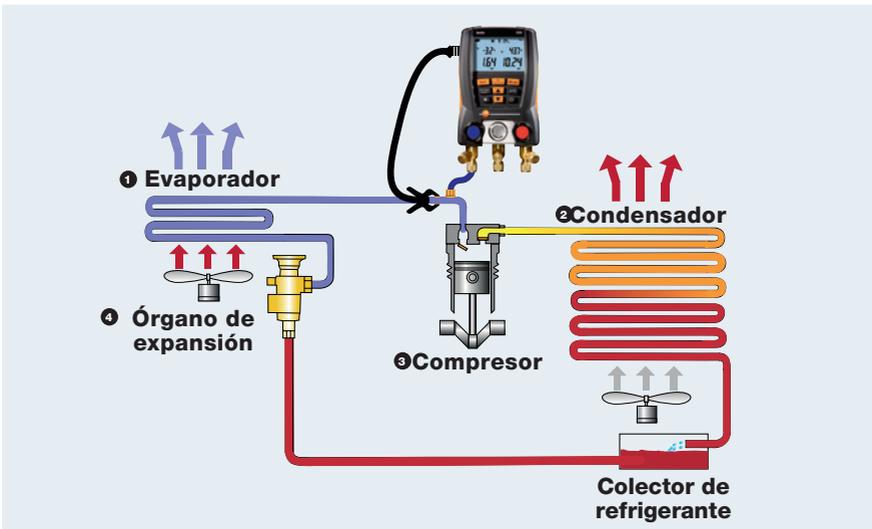
El **sobrecalentamiento del tubo de aspiración**, calculado directamente antes de la entrada del vapor aspirado caliente al compresor, es el resultado de la suma del sobrecalentamiento del evaporador y el conducto de aspiración, incluyendo un posible intercambiador de calor interno presente.

Sobre el 4)

En la práctica, el **sobrecalentamiento adicional** presente en el compresor no puede determinarse y no es importante para el servicio técnico. En la mayoría de los casos, este sobrecalentamiento se produce por la refrigeración del vapor aspirado del compresor y es específico del fabricante.



Determinación del sobrecalentamiento del evaporador



Determinación del sobrecalentamiento del tubo de aspiración

