

ENGINEERING  
TOMORROW

*Danfoss*

# De los **HFC/HCFC** al **amoníaco** en la refrigeración industrial

Una guía breve sobre el cambio al amoníaco



## Objetivo:

Una guía breve sobre el cambio al amoníaco

## Ámbito:

Europa, allá donde sea de aplicación la Directiva sobre equipos a presión (PED) y la norma EN 378

Danfoss es su socio natural si desea trabajar con refrigerantes naturales como el amoníaco y el CO<sub>2</sub>, así como con refrigerantes inflamables en refrigeración industrial.

- Fácil introducción al mundo del amoníaco, con información sobre el cambio a este producto.
- Le ayudamos con los primeros pasos de su aprendizaje sobre los sistemas de amoníaco.
- Danfoss es su socio para plantas de amoníaco de 100 kW o más. Sin embargo, también observamos una tendencia a utilizar este producto como refrigerante en plantas de menor tamaño, y los fabricantes de compresores están elaborando equipos más pequeños para amoníaco.
- Las leyes sobre gases fluorados harán necesario (o más atractivo) el paso a refrigerantes más respetuosos con el medioambiente como el amoníaco.
- El qué, el porqué y el cómo del amoníaco.

Nota: este folleto es sólo una introducción para quienes estén considerando trabajar con amoníaco. No tiene por objetivo sustituir la formación académica, sino ofrecer una idea de las posibilidades.

\* A lo largo de este documento se hace referencia al Manual de aplicaciones. Las referencias de este tipo se indican con el signo §, seguido del capítulo correspondiente. La versión empleada de la documentación es la DKRCI. PA.000.C6.05. Puede descargar siempre la versión más reciente desde [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)

<b>1. Antecedentes del amoníaco como refrigerante</b> .....	4
<b>2. Por qué el amoníaco es un buen refrigerante</b> .....	4
2.1. Ventajas .....	4
2.1.1. Reconocimiento .....	4
2.1.2. Eficiencia energética .....	4
2.1.3. Medioambiente .....	5
2.1.4. Tuberías más pequeñas .....	5
2.1.5. Mejor transferencia de calor .....	5
2.1.6. Precio del refrigerante .....	5
2.1.7. Aceite .....	5
2.1.8. Sistemas de circulación mediante bomba o por gravedad .....	5
2.1.9. Futuro .....	5
2.2. Seguridad .....	6
2.3. Propiedades químicas y desafíos inherentes a los materiales .....	6
<b>3. Plantas de amoníaco frente a plantas de HFC/HCFC: algunas diferencias</b> .....	6
3.1. Planta de amoníaco básica común: sistema bombeado monoetapa .....	7
3.2. Planta de HFC/HCFC básica común: sistema DX .....	8
3.3. Planta de HFC/HCFC básica común: circulación por bomba monoetapa .....	10
3.4. Sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a sistema DX con HFC/HCFC .....	11
3.4.1. Comparativa: <i>sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a sistema DX con HFC/HCFC</i> .....	11
3.5. Sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a planta de HFC/HCFC básica común de circulación por bomba monoetapa .....	13
3.5.1. Comparativa: <i>sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a sistema de HFC/HCFC bombeado monoetapa</i> .....	13
3.6. Resumen de las secciones 3.4 y 3.5 .....	14
<b>4. Planta básica de amoníaco: DX</b> .....	14
<b>5. Planta básica de amoníaco/CO<sub>2</sub> como salmuera y en cascada</b> .....	14
<b>6. Aspectos a considerar en relación con el cambio de HFC/HCFC a amoníaco</b> .....	15
6.1. Consideraciones de seguridad .....	15
6.2. Reglamentos nacionales .....	15
6.3. Explosión, inflamabilidad, toxicidad .....	16
6.3.1. Toxicidad .....	16
6.3.2. Inflamabilidad .....	16
6.3.3. Explosión .....	16
6.4. Aceite .....	16
6.5. Acero .....	17
6.6. Concentración de agua en el amoníaco .....	17
6.7. Acciones en caso de fuga .....	18
6.8. Vida útil de los componentes .....	18
<b>7. Por qué el amoníaco es mejor que los HFC/HCFC</b> .....	18
7.1. Aspectos técnicos .....	18
7.2. Aspectos legislativos .....	19
7.3. Aspectos económicos .....	19
7.4. Aspectos medioambientales .....	19
<b>8. Resumen de las principales diferencias entre el amoníaco y los HFC/HCFC</b> .....	19
8.1. Ventajas del amoníaco .....	20
8.2. Restricciones .....	20
<b>9. Productos Danfoss para amoníaco</b> .....	20
<b>10. Herramientas de apoyo y experiencia de Danfoss</b> .....	22
10.1. Manual de aplicaciones de refrigeración industrial .....	22
10.2. Herramienta de aplicación de refrigeración industrial (IR Application Tool) .....	22
10.3. Coolselector®2 .....	22
10.4. Símbolos CAD de las válvulas Danfoss .....	23
10.5. DIRBuilder™ .....	23

## Antecedentes del amoníaco como refrigerante

El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) se empleó por primera vez como refrigerante en 1876, cuando Karl Von Linde lo aplicó en una máquina de compresión de vapor. Otros refrigerantes como, por ejemplo, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), también se usaron habitualmente hasta los años 20 del siglo pasado.

El desarrollo de los clorofluorocarbonos (CFC) en EE. UU. en esa época desequilibró la balanza a su favor, ya que en comparación con todos los demás refrigerantes entonces en uso, los CFC se consideraban productos químicos inofensivos y extremadamente estables. Por aquel entonces no se podían prever las consecuencias de la liberación masiva de refrigerantes. Los refrigerantes CFC se promovieron como productos seguros, logrando su éxito de la mano de una acelerada demanda. Estos compuestos se popularizaron como productos químicos caídos del cielo y fabricados por el hombre.

El éxito de los CFC implicó que el amoníaco se enfrentase a un duro rival; aun así, mantuvo su posición, especialmente en grandes instalaciones industriales y en el sector de la conservación de alimentos.

Los efectos perjudiciales de los refrigerantes CFC se hicieron evidentes en los años 80, cuando se aceptó de manera generalizada que estaban contribuyendo al agotamiento de la capa de ozono y al calentamiento global. El resultado fue el Protocolo de Montreal (1989), en el que casi todos los países acordaron un calendario para la retirada gradual de los clorofluorocarbonos.

En vista de la gravedad de los daños a la atmósfera, los peligros derivados de las emisiones de CFC y HCFC, y sus efectos sobre el calentamiento global, las revisiones realizadas en los tratados de Montreal (1990), Copenhague (1992) y Kioto (1998) exigieron la aceleración de su retirada. Los HCFC también van a retirarse paulatinamente.

Europa ha tomado la iniciativa, siendo muchos los países que están frenando el empleo de refrigerantes HCFC. A su vez, en una serie de nuevas aplicaciones, se están considerando tanto nuevos refrigerantes como otros de uso contrastado y fiable, como el amoníaco y el dióxido de carbono.

## Por qué el amoníaco es un buen refrigerante

### 2.1. Ventajas

#### 2.1.1. Reconocimiento

El amoníaco es un refrigerante de uso reconocido. Resulta especialmente popular en plantas industriales de gran tamaño, donde sus ventajas pueden aprovecharse plenamente sin poner en peligro la seguridad del personal que trabaja con la instalación de refrigeración. El amoníaco tiene propiedades termodinámicas muy favorables. Supera a refrigerantes sintéticos como el R-22, uno de los HCFC más eficientes, en un amplio abanico de aplicaciones.

Sus beneficios se han demostrado en los sistemas de refrigeración por amoníaco a lo largo de muchas décadas.

#### 2.1.2. Eficiencia energética

El amoníaco es uno de los refrigerantes más eficientes, apto para aplicaciones de alta y baja temperatura. Su eficiencia es mayor que la del R-134a o el propano. Además, los sistemas de amoníaco rinden todavía mejor en la práctica.

Dada la importancia cada vez mayor del consumo energético, los sistemas de amoníaco son una opción segura y sostenible con vistas al futuro. Un sistema de amoníaco inundado sería, por lo general, entre un 15 y un 20 % más eficiente que su homólogo de expansión directa (DX) con R-404A. Los recientes avances con combinaciones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  contribuyen a aumentar aún más su eficiencia. Los sistemas de  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  en

cascada resultan extremadamente eficientes para aplicaciones a bajas y muy bajas temperaturas (por debajo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mientras que los sistemas de  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  como salmuera son alrededor de un 20 % más eficientes que las salmueras tradicionales.

### **2.1.3. Medioambiente**

El amoníaco es uno de los denominados refrigerantes “naturales”, siendo el más respetuoso con el medioambiente en términos de potencial de calentamiento global (GWP) y potencial de agotamiento del ozono (ODP), con un valor cero en ambos índices. Al desafío que supone que los sistemas de refrigeración sean técnicamente cerrados, con un contenido corrosivo, tóxico y moderadamente inflamable, se responde mediante el empleo de diseños de planta reconocidos, basados en la norma EN 378 y la Directiva PED y, para plantas de mayor tamaño, mediante el control por parte de las autoridades.

### **2.1.4. Tuberías más pequeñas**

Tanto en estado líquido como gaseoso, el amoníaco requiere unos diámetros de tubería inferiores a los de la mayoría de refrigerantes químicos. [1] § 10.7\*

### **2.1.5. Mejor transferencia de calor**

El amoníaco tiene mejores propiedades de transferencia de calor que la mayor parte de los refrigerantes químicos, lo que permite utilizar equipos con una menor área dedicada a dicha transferencia. Para una planta con un mismo diseño y selección de materiales, los costes serán menores. Estas propiedades contribuyen también a aumentar la eficiencia termodinámica del sistema, reduciendo los costes de funcionamiento.

### **2.1.6. Precio del refrigerante**

En muchos países, el coste del amoníaco (por kilogramo) es notablemente inferior al de los refrigerantes HFC. Esta ventaja se amplía todavía más al tener en cuenta la menor densidad del amoníaco en estado líquido. Además, cualquier fuga de amoníaco se detecta muy rápidamente gracias a su olor, reduciendo de este modo cualquier posible pérdida de refrigerante.

### **2.1.7. Aceite**

El amoníaco no es miscible con los aceites comunes. Además, es más ligero que el aceite, lo que simplifica bastante los sistemas de retorno de aceite. [1] § 6.3\*

### **2.1.8. Sistemas de circulación mediante bomba o por gravedad**

Las ventajas de estos sistemas respecto a los sistemas de tipo DX son:

- Las bombas distribuyen el refrigerante líquido a los evaporadores de manera eficiente y retornan la mezcla de vapor y líquido al separador de líquido.
- El recalentamiento puede reducirse a 0 K, aumentando la eficiencia del evaporador sin arriesgarse al arrastre de líquido en el compresor.
- El bajo diferencial de temperatura reduce la deshidratación del producto almacenado.
- Los sistemas de circulación por gravedad poseen una carga de refrigerante relativamente baja.

### **2.1.9. Futuro**

No hay nada que sugiera una posible prohibición paulatina del amoníaco. Por tanto, se puede confiar en el futuro de este refrigerante.

## 2.2. Seguridad

El amoníaco es un refrigerante tóxico y corrosivo, y también inflamable en determinadas concentraciones. Por ello debe manipularse con cuidado, y todos los sistemas con amoníaco han de diseñarse pensando en la seguridad. Al desafío que supone que los sistemas de refrigeración sean técnicamente cerrados, con un contenido corrosivo, tóxico y moderadamente inflamable, se responde mediante el empleo de diseños de planta reconocidos, basados en la norma EN 378 y la Directiva PED y, para plantas de mayor tamaño, mediante el control por parte de las autoridades.

Al mismo tiempo, a diferencia de la mayoría de los demás refrigerantes, cuenta con un olor característico que es detectable por las personas incluso en concentraciones tan bajas que no suponen ningún peligro. Los seres humanos pueden oler el amoníaco en concentraciones de aproximadamente 5 ppm en el aire. Gracias a ello, es posible advertir incluso una pequeña fuga. Si fuera necesario reducir la carga de amoníaco, su combinación con CO<sub>2</sub> (en cascada o como salmuera) puede ser una opción buena y eficiente. Por su toxicidad e inflamabilidad, las instalaciones que emplean amoníaco están reguladas por normas nacionales que garantizan el nivel de seguridad adecuado.

## 2.3. Propiedades químicas y desafíos inherentes a los materiales

El amoníaco es compatible con todos los materiales comunes excepto el cobre y el latón. Aunque esto impone algunas limitaciones en el diseño de los sistemas, estas son bien conocidas y ya han sido resueltas. En primer lugar, sólo se puede usar tuberías de acero o acero inoxidable. En segundo lugar, es necesario utilizar compresores abiertos. Para las bombas suele emplearse el motor con tubo de separación. Algunas soluciones especiales requieren costosos motores de acoplamiento magnético.

### Plantas de amoníaco frente a plantas de HFC/HCFC: algunas diferencias

Se asume que el lector está familiarizado con los conceptos básicos de una planta de refrigeración. Para obtener una explicación más profunda y detallada, consulte:

1. Manual de aplicaciones de refrigeración industrial con amoníaco y CO<sub>2</sub> de Danfoss  
**En línea: haga clic aquí**  
Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)
2. Herramienta de aplicación de refrigeración industrial de Danfoss para plantas de amoníaco de dos etapas  
**En línea: haga clic aquí**  
Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)
3. Descubra aquí todas nuestras herramientas para refrigeración industrial:  
**En línea: haga clic aquí**  
Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)

A fin de destacar las diferencias, los siguientes elementos se presentan de forma simplificada y mostrando tan sólo determinados sistemas.

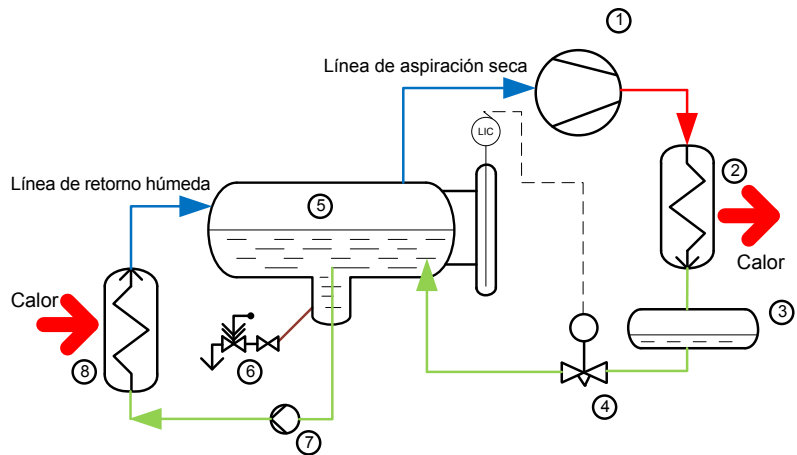
**Para más detalles, le rogamos consulte la documentación anteriormente citada.**

### 3.1. Planta de amoníaco básica común: sistema bombeado monoetapa

Una planta básica de amoníaco contiene los siguientes elementos: compresor (1), condensador (2), recipiente (3), dispositivo de expansión (4), separador de líquido (5) con drenaje de aceite (6), bomba de refrigerante (7) y evaporadores (8).

#### Más información en el manual de aplicaciones [1]:

Compresor:	§ 1, 2, 6 ss.
Condensador:	§ 1, 3 ss.
Dispositivo de expansión:	§ 4 ss.
Separador:	§ 4.2, 6.3, 7.3, 8 ss.
Drenaje de aceite:	§ 6.3 ss.
Bomba de refrigerante:	§ 8 ss.
Evaporador:	§ 5 ss.



El compresor aspira el gas seco (resultante del evaporador y el flash gas) del separador a la temperatura de evaporación, lo comprime hasta la temperatura de condensación y lleva el gas de descarga recalentado hasta el condensador. El condensador licua el refrigerante a la vez que disipa el calor del gas refrigerante mediante el sistema de enfriamiento. Desde el condensador, el líquido refrigerante llega hasta el dispositivo de expansión a la presión de condensación, y próximo a la temperatura de esta. En el dispositivo de expansión, el amoníaco se expande hasta la temperatura de evaporación y, a continuación, pasa al separador. En el separador se separa el gas líquido del flash gas.

El líquido refrigerante, a la temperatura y presión de evaporación, es aspirado por la bomba y enviado hasta el evaporador. La tasa de circulación es, generalmente, de 1:3; es decir, un tercio del flujo másico se evapora en el evaporador, absorbiendo la capacidad calorífica.

En el evaporador se produce el intercambio de calor. Hasta el separador retorna una mezcla de gas y líquido; el líquido se separa del gas y el compresor puede aspirar el gas seco.

De este modo se cierra el circuito.

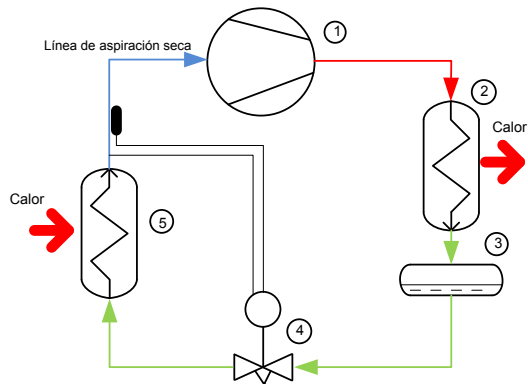
El aceite del compresor no suele ser soluble en amoníaco, por lo que permanece en el sistema y es recogido en el evaporador. Ello limita la capacidad y origina averías que se pueden evitar mediante un dispositivo de drenaje de aceite en el colector de aceite del separador.

Consulte también [1] §6.3\* Fig. 6.3.1. *Drenaje de aceite en sistemas con amoníaco.*



### 3.2. Planta de HFC/HCFC básica común: sistema DX

Una planta básica de HFC/HCFC por DX (también denominada expansión seca o directa), contiene los siguientes elementos: compresor (1), condensador (2), recipiente (3) en plantas de mayor tamaño, válvula de expansión termostática (4) y evaporadores (5).



Se asume que el lector conoce los principios de los sistemas DX con refrigerantes HFC/HCFC.

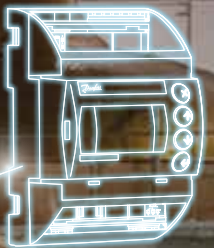
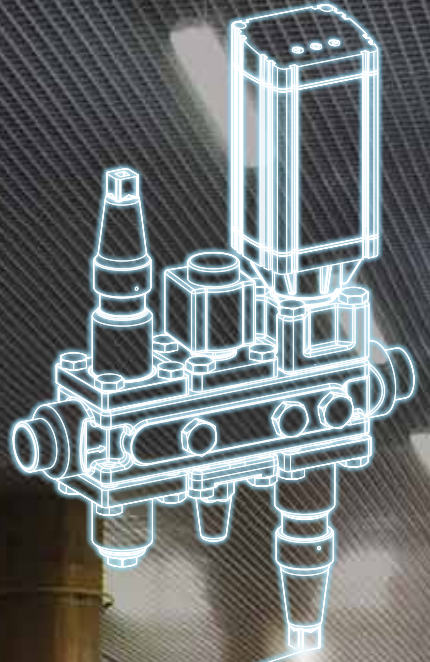
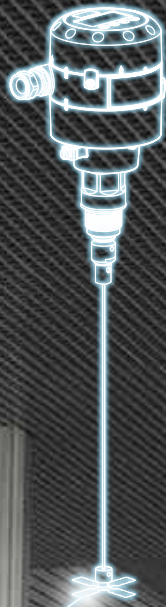
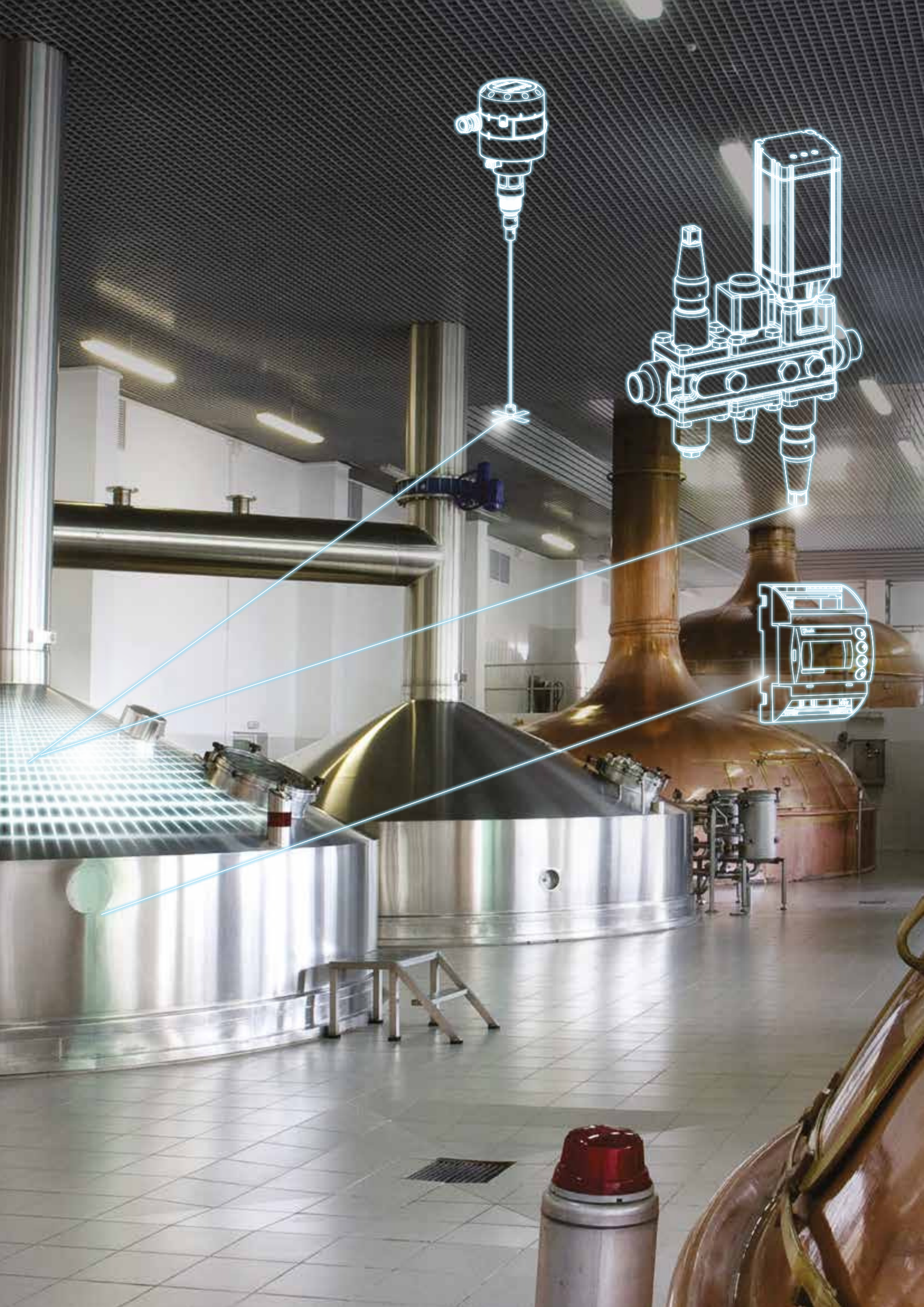
El compresor aspira el gas seco, normalmente recalentado entre unos 7 y 10 grados sobre la temperatura de evaporación, del evaporador a la presión de evaporación, lo comprime hasta la temperatura de condensación y lo suministra al condensador. El condensador licua el refrigerante a la vez que disipa el calor del gas refrigerante mediante el sistema de enfriamiento. Desde el condensador, el refrigerante líquido pasa al recipiente de líquido a la presión de condensación y en condiciones de subenfriamiento (de 2 a 5 K).

En la válvula de expansión termostática (TEV), el refrigerante líquido se expande hasta la temperatura de evaporación. La TEV solamente carga el evaporador, por lo que la temperatura de salida medida está recalentada con respecto a la presión de evaporación.

De este modo se cierra el circuito.

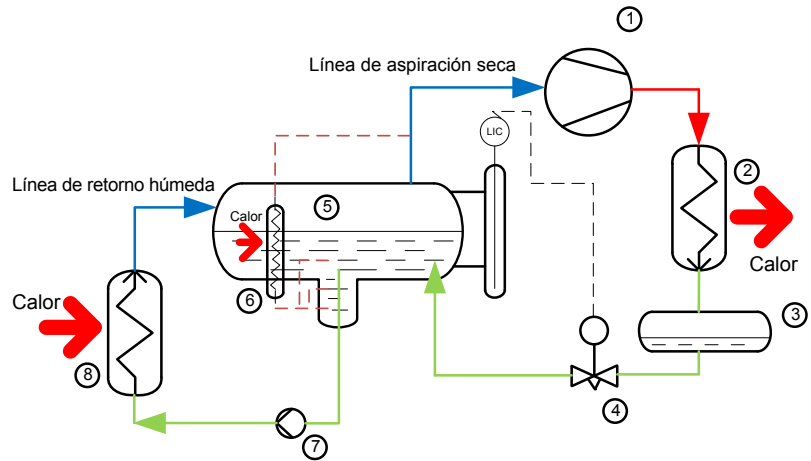
El aceite del compresor es más o menos soluble en los refrigerantes HFC/HCFC, por lo que se transporta en bucle por todo el sistema. Las tuberías deben diseñarse adecuadamente para garantizar un correcto retorno del aceite.





### 3.3. Planta de HFC/HCFC básica común: circulación por bomba monoetapa

Una planta básica de HFC/HCFC contiene los siguientes elementos: compresor (1), condensador (2), recipiente (3), dispositivo de expansión (4), separador de líquido (5) con retorno de aceite (6), bomba de refrigerante (7) y evaporadores (8).



Se asume que el lector conoce los principios de los sistemas con refrigerantes HFC/HCFC. Al ser similares a los sistemas con amoníaco, pueden usarse las mismas referencias indicadas anteriormente, teniendo en cuenta las cuestiones relativas al refrigerante y al aceite. Caldera de aceite: consulte [1] § 6.3, ejemplo 6.3.2\*

El compresor aspira el gas seco del separador (resultante del evaporador y el flash gas) a la temperatura de evaporación, lo comprime hasta la temperatura de condensación y alimenta el condensador con el gas de descarga recalentado. El condensador licua el refrigerante a la vez que disipa el calor del gas refrigerante mediante el sistema de enfriamiento. Desde el condensador, el líquido refrigerante pasa hasta el dispositivo de expansión a la presión de condensación, y próximo a la temperatura de condensación. En el dispositivo de expansión, el refrigerante se expande hasta la temperatura de evaporación y a continuación pasa al separador. En el separador se separa el líquido del gas.

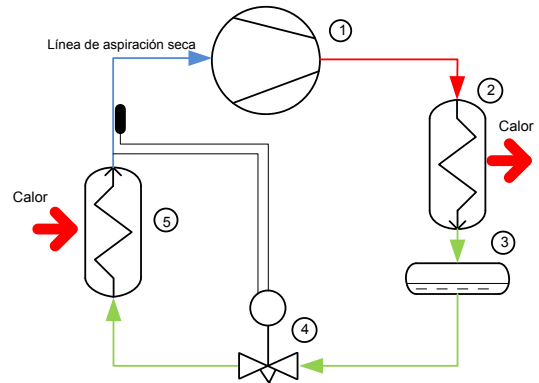
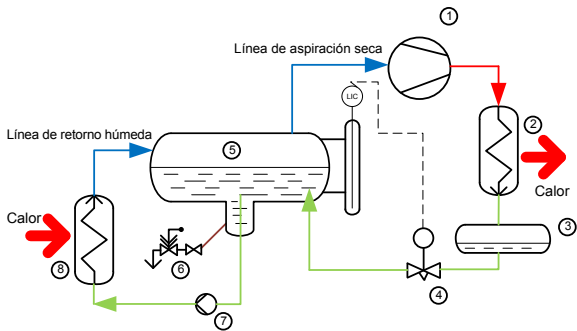
La bomba aspira el refrigerante líquido a la temperatura y presión de evaporación y lo envía hasta el evaporador. La tasa de circulación es, generalmente, de 1:3; es decir, un tercio del flujo másico se evapora en el evaporador, absorbiendo la capacidad calorífica.

El intercambio de calor se produce en el evaporador, retornando al separador una mezcla de gas y líquido; el líquido se separa del gas y permite así al compresor aspirar el gas seco.

De este modo se cierra el circuito.

El objetivo del separador es suministrar gas aspirado seco al compresor, por lo que las velocidades son lentas y el aceite no puede volver al compresor con el gas aspirado. El aceite atrapado en el separador se concentra cada vez más durante el funcionamiento del sistema, lo cual afecta al rendimiento de la bomba de refrigerante y a los evaporadores. Para evitarlo, se extrae del separador una pequeña parte de la mezcla de aceite y refrigerante y se inyecta en un pequeño intercambiador de calor (rectificador de aceite), donde el refrigerante se hace hervir completamente. La línea de aspiración del compresor recibe de vuelta una mezcla de gas refrigerante seco y vapor de aceite. De este modo se asegura que la concentración de aceite en el separador se mantenga a un nivel aceptable.

### 3.4. Sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a sistema DX con HFC/HCFC



#### 3.4.1. Comparativa

##### Sistema de amoníaco bombeado monoetapa

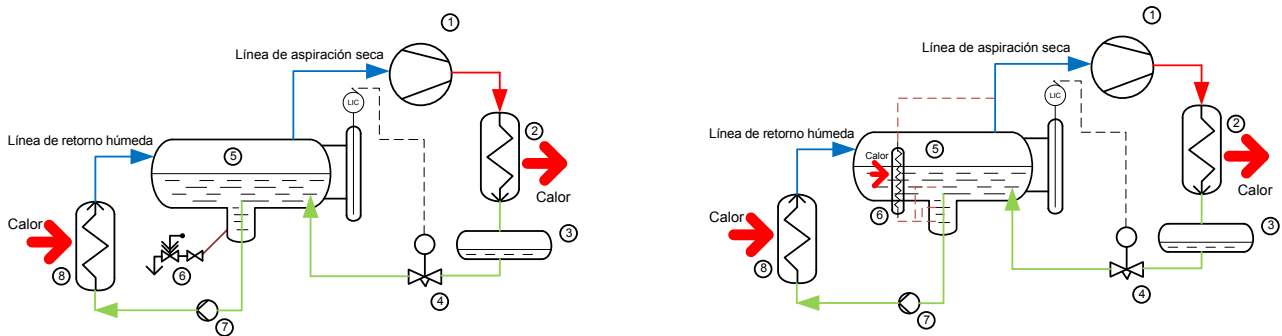
- 1** + compresor
- 2** + condensador
- 3** + recipiente
- 4** + válvula de expansión
- 5** + separador (frío)
- + drenaje de aceite (necesario)
- + bomba de amoníaco (frío)
- + estación de válvulas en cada evaporador
- + línea de retorno húmeda (fría)
- + línea de aspiración seca (fría)

##### Sistema DX con HFC/HCFC

- + compresor
- + condensador
- + recipiente
- + válvula de expansión termostática para cada evaporador (punto de expansión en cada evaporador)
- + evaporador
- + estación de válvulas en cada evaporador
- + línea de aspiración seca (fría) (debe considerarse si es necesario un acumulador en la línea de aspiración para proteger el compresor frente al refrigerante líquido)



### 3.5. Sistema de amoníaco bombeado monoetapa frente a planta de HFC/HCFC básica común de circulación por bomba monoetapa



#### 3.5.1. Comparativa

##### Sistema de amoníaco bombeado monoetapa

- 1 + compresor
- 2 + condensador
- 3 + recipiente
- 4 + válvula de expansión
- 5 + separador (frío)
- 6 + drenaje de aceite (necesario)
- 7 + bomba de amoníaco (frío)
- 8 + estación de válvulas en cada evaporador
- + línea de retorno húmeda (fría)
- + línea de aspiración seca (fría)

##### Sistema de HFC/HCFC por bomba monoetapa

- + compresor
- + condensador
- + recipiente
- + válvula de expansión
- + separador (frío)
- + rectificador de HFC/aceite necesario
- + bomba de HFC/HCFC (frío)
- + estación de válvulas en cada evaporador
- + línea de retorno húmeda (fría)
- + línea de aspiración seca (fría)

### 3.6. Resumen de las secciones 3.4 y 3.5

Otros sistemas de plantas de refrigeración por amoníaco incluyen:

- + Sistema bombeado de dos etapas
- + Sistema en cascada
- + Sistema de refrigerante-salmuera
- + Sistema DX con amoníaco

La mayor parte de plantas de refrigeración industrial se construyen a medida, por lo que existen muchos modos de ejecución distintos. Sin embargo, al comparar plantas de amoníaco y de HFC/HCFC, los criterios anteriores son adecuados y transferibles a otras ejecuciones.

Las comparativas presentadas resultan muy aclaratorias. Por lo general, los sistemas con amoníaco necesitan más tuberías, recipientes, racores y bombas. Pero también se puede ver que los sistemas resultan muy similares, a excepción del sistema de retorno/drenaje del aceite.

4

#### Planta básica de amoníaco: DX

Obviamente, la menor inversión y mucha menor carga de refrigerante que requiere un sistema DX con amoníaco en comparación con un sistema de circulación por bomba lo hacen muy interesante. Si el compresor se lubricase con un aceite soluble, no existiría ninguna diferencia teórica entre los sistemas DX con amoníaco y con HFC/HCFC. Sin embargo, los sistemas DX con amoníaco aún no han tenido éxito hasta ahora por varias razones:

- El elevado calor latente del amoníaco implica que su flujo másico es muy pequeño, dificultando una buena distribución por los circuitos del evaporador y causando un rendimiento de este peor a lo calculado.
- Cualquier pequeño cambio en la carga del evaporador forma gotas de líquido en su salida. Ni siquiera las válvulas de expansión electrónica de acción rápida pueden evitar que accedan a la línea de aspiración y al compresor algunas gotas de líquido.
- La presencia de un cierto porcentaje de agua contribuye en gran medida a destruir el recalentamiento estable.

Aunque los últimos avances en cuanto a tecnología de evaporadores están logrando importantes progresos para superar este problema, aún están por demostrarse en la práctica.

5

#### Planta básica de amoníaco/CO<sub>2</sub> como salmuera y en cascada

Cuando las condiciones locales limitan la cantidad de amoníaco, es práctica común crear un sistema de trabajo indirecto con glicol o salmuera. Con la creciente popularidad del CO<sub>2</sub> como refrigerante, resulta más eficiente optar por el amoníaco/CO<sub>2</sub> como salmuera para aplicaciones de enfriamiento y por el amoníaco/CO<sub>2</sub> en cascada para congelación. El CO<sub>2</sub> requiere tuberías mucho más pequeñas y una energía de bombeo notablemente menor en comparación con los glicoles. Dada la elevada presión de trabajo del CO<sub>2</sub>, la industria ha desarrollado componentes normalizados con una presión máxima de trabajo de 52 bares. [1] § 10.2\* Fig. 10.2.3

La combinación amoníaco/CO<sub>2</sub> en cascada está siendo cada vez más popular gracias a la baja carga de amoníaco, que queda limitado a la sala de máquinas. Además, la alta capacidad volumétrica del CO<sub>2</sub> permite reducir todavía más las dimensiones de la tubería y el compresor. También es posible alcanzar con mayor facilidad puntos de congelación más bajos. [1] § 10.2\* Fig. 10.2.1 y 10.2.2

## Aspectos a considerar en relación con el cambio de HFC/HCFC a amoníaco

### 6.1. Consideraciones de seguridad

Son tres los aspectos que conciernen a la seguridad de una planta de amoníaco:

- La seguridad interna intrínseca de la propia planta mecánica en función de las reglas de diseño dispuestas por las distintas normas. En Europa, estas son la norma EN 378 y la Directiva PED (Directiva sobre Equipos a Presión), ambas bien conocidas y de aplicación también en las plantas de HFC/HCFC.
- La seguridad exterior durante la reparación y el mantenimiento de la planta. Aquí, la norma EN 378 también dispone que sólo tendrán autorización para trabajar los técnicos instaladores formados y certificados.
- La seguridad exterior en caso de accidentes, teniendo en cuenta a los trabajadores de la planta y a las personas que vivan en sus alrededores. La característica positiva del amoníaco es que la nariz humana puede detectarlo en concentraciones muy bajas. En mayores concentraciones, la irritación real de los ojos, la nariz y la boca da lugar al acto reflejo de alejarse de la zona contaminada. La detección del amoníaco, que se encuentra prescrita por ley, activa las alarmas antes de alcanzarse el nivel de irritación.

La seguridad de las personas que viven alrededor de la planta está protegida por la legislación local. El criterio principal es la distancia desde la sala de máquinas hasta el edificio más cercano o la demarcación de la propiedad contigua. La distancia mínima depende del volumen de amoníaco y de la naturaleza de las instalaciones circundantes. Si el volumen de amoníaco superase un determinado límite, que varía en función del país, deberá llevarse a cabo una evaluación de riesgos completa. Esta es obligatoria para cualquier planta, incluyendo las de HFC/HCFC, y normalmente es realizada por empresas especializadas u organismos notificados.

### 6.2. Reglamentos nacionales

En la mayor parte de los casos, los reglamentos pueden dividirse en tres partes:

- Reglas de diseño y construcción de las plantas, prescritas por la norma EN 378 para la zona de la UE.
- Reglas de diseño para recipientes a presión, prescritas de forma precisa por distintas normas. En Europa, estas reglas las marca la Directiva PED. Normalmente, los fabricantes y proveedores de estos recipientes garantizan su conformidad.
- Equipos y procedimientos de seguridad, incluida la ventilación de las salas de máquinas en función del volumen de amoníaco y de la construcción de la planta. En su mayor parte quedan descritos en reglamentos normativos como las normas EN 378 y ANSI/ASHRAE/IIAR. Una vez conocidos el diseño de la planta y sus condiciones de funcionamiento, basta con emplear una lista de control para determinar los equipos a instalar y los procedimientos a seguir. Entre los criterios se incluyen la distancia desde la planta hasta el vecino más próximo según el volumen de amoníaco, la construcción de la planta y la ubicación (interior o exterior) de los componentes que contienen amoníaco líquido. Las reglas a este respecto varían de un país a otro, por lo que resulta extremadamente importante contar con un conocimiento minucioso de ellas.

## 6.3. Explosión, inflamabilidad, toxicidad

Efectos en función de la concentración en ppm:	
1-5 ppm:	Olor detectable por la mayoría de personas.
20 ppm:	Valor de concentración MAC (en Europa; 25 ppm en EE. UU.).
50 ppm:	Valor de concentración MAC para un breve período (15 minutos).
100-200 ppm:	Transcurrido un minuto se producirá cierta irritación ocular. No habrá visión defectuosa ni dificultad para respirar.
400 ppm:	Efecto lacrimógeno inmediato en los ojos y visión defectuosa. Problemas en nariz y garganta que no serán de gravedad si la exposición es inferior a una hora.
1.000 ppm:	Ojos permanentemente llorosos, ausencia de visión y gran dificultad para respirar.
2.500-4.000 ppm:	Peligro grave en 30 minutos.
5.000 -10.000 ppm:	Rápidamente mortal.

### 6.3.1. Toxicidad

Las sustancias tienen un nivel de toxicidad conocido como concentración máxima permisible (MAC). Expresada en partes por millón (ppm), es el valor de la concentración media ponderada en el tiempo que no resulte perjudicial para las personas durante una exposición de 8 horas al día, 40 horas a la semana. Para el amoníaco, la concentración MAC es de 20 ppm en Europa y de 25 ppm en EE. UU.

Una sustancia se considera muy tóxica si su concentración MAC sobrepasa las 400 ppm. Independientemente de si se utiliza la concentración MAC europea o la estadounidense, el amoníaco debe siempre tratarse como un refrigerante muy tóxico.

La mayoría de las personas habrán abandonado ya la zona a un nivel de 100 ppm, y nadie permanecerá voluntariamente con más de 200 ppm sin mascarilla y protección ocular. Por encima de 400 ppm, la única protección fiable es un traje a prueba de gases como el empleado por el servicio de bomberos.

### 6.3.2. Inflamabilidad

El amoníaco presenta una baja inflamabilidad. Un charco de amoníaco a baja temperatura no arde de forma espontánea. Para su ignición es necesario utilizar una fuente de calor externa, y el fuego se detendrá una vez que esta se retire. Ello se debe al bajo nivel de calor radiado desde las llamas hasta el charco.

### 6.3.3. Explosión

Las mezclas de amoníaco y aire seco al 15-28 % de volumen de amoníaco son explosivas. La energía de ignición necesaria para iniciar la explosión es elevada, y el amoníaco líquido no puede arder bajo presión atmosférica. Su rango explosivo está muy por encima de las 100.000 ppm, por lo que ninguna persona podría trabajar en un entorno con riesgo de explosión de amoníaco. Una humedad del aire elevada, así como cualquier mezcla de aire, amoníaco y vapores de aceite, reduce el límite de concentración, lo cual obliga a reconsiderar el límite explosivo utilizado para calcular la capacidad de la ventilación de emergencia.

## 6.4. Aceite

Los aceites comúnmente empleados en las plantas de amoníaco no son solubles en este producto, por lo que deben drenarse. [1] § 6.3\*





## 6.5. Acero

El amoníaco puro no tiene efecto alguno sobre los metales si se encuentra completamente seco, pero ataca y destruye el cobre y sus aleaciones si contiene incluso una pequeña cantidad de agua. En consecuencia, las plantas de amoníaco utilizan tuberías y equipos de acero o acero inoxidable. Las tuberías de acero se especifican de conformidad con diferentes normas, habitualmente DIN o ANSI, en función de la región geográfica. El diámetro exterior es el mismo para ambas normas. Se diferencian en el grosor de la pared. La norma ANSI establece tres grados de grosor para el mismo diámetro exterior: calibre 80, calibre 40 y calibre 20. El calibre 80 se corresponde con el tipo de pared más gruesa, mientras que el calibre 40 se considera la versión más o menos estándar. El calibre 20 solamente está disponible para tamaños de tubería de 200 mm o más. La elección del grosor de la pared se fundamenta en la resistencia mecánica y en el impacto de corrosión esperado. Todos los calibres son aptos para la presión de trabajo máxima estándar de 25 bar estipulada para una planta de amoníaco.

Las tuberías de acero se conectan por medio de soldaduras, que deben someterse a inspección por rayos X. Para crear una buena imagen de rayos X al realizar soldadura a tope (tubería con tubería), los grosores de pared deben ser iguales o prácticamente iguales. En las plantas de amoníaco, el menor tamaño empleado para las tuberías suele ser DN 15. Las líneas de control, de menores dimensiones, se fabrican en acero inoxidable de pared fina, con tamaños de 6, 8 o 12 mm.

Otra manera de conectar las tuberías entre sí, y estas con los componentes, es mediante una rosca interior o exterior. Ello se hace principalmente en EE. UU., y sólo para conexiones hasta DN 32. Es sobre todo un problema de costes, ya que puede evitarse contratar soldadores autorizados para realizar las conexiones. La norma EN 378 limita el uso de estas tuberías roscadas a los dispositivos de control, seguridad e indicación conectados a los componentes. (6.2.3.2.3.4)

## 6.6. Concentración de agua en el amoníaco

En las instalaciones de refrigeración por amoníaco nunca se ven filtros secadores. Los tamaños moleculares del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) son demasiado similares como para poder crear una preferencia respecto a la absorción de uno u otro. Por suerte, la miscibilidad entre ambos depende de la temperatura. Las instalaciones de refrigeración por absorción de amoníaco-agua son prueba evidente de ello. En el pasado, incluso se recomendaba agregar un poco de agua a los sistemas de amoníaco para evitar la corrosión por tensión en los recipientes de acero presurizados. La calidad del acero de los recipientes de hoy en día lo hace innecesario. ¿Significa esto que el agua es inofensiva en los sistemas de refrigeración por amoníaco? En absoluto. Si bien no se produce corrosión interna en ausencia de oxígeno, el agua, en combinación con el aceite, puede dar lugar a la formación de lodos, afectando también a la relación entre temperatura y presión, de modo que, para una temperatura de evaporación determinada, se necesita menor presión. Ello reduce la eficiencia de la planta. En un sistema de circulación por bombeo, el agua disuelta en el amoníaco reduce el caudal de amoníaco y aumenta la potencia de la bomba. Este agua puede eliminarse por medio de un recipiente de *bypass* donde se calienta el amoníaco contaminado, enviándose al lado de aspiración una vez limpio. El agua residual se elimina de forma manual o automática. Cuando el contenido de agua es muy elevado, puede resultar más económico reemplazar todo el amoníaco. [1] § 9.2\*



## 6.7. Acciones en caso de fuga

Se ha de advertir inmediatamente de que cualquier acción en caso de fuga debe ser llevada a cabo por personal autorizado, formado y equipado con los elementos de protección correctos, máscaras de gas, guantes y botas. Las fugas pueden producirse a consecuencia del desgaste, de las vibraciones, del error humano o de un accidente externo. La gravedad de la fuga puede ir desde el mero olor a amoníaco hasta un chorro de amoníaco líquido.

### **Fuga menor, no se activa ninguna alarma**

En caso de que se produzca una pequeña fuga, basta con "rastrear el olor" en busca del punto de mayor concentración con una máscara de protección a mano. Este tipo de fugas suelen estar ocasionadas por fallos en las juntas (bridas, conexiones roscadas, cubiertas de los dispositivos de control, empaquetaduras de las válvulas de cierre, etc.). Compruebe las posiciones de las válvulas de cierre anteriores y posteriores al área sospechosa (según el sentido de flujo) en caso de que la fuga empeore. Un papel de tornasol humedecido, colocado en cada junta, mostrará la ubicación precisa de la fuga. En presencia de amoníaco, el color del tornasol pasa de rojo a azul. En la mayoría de los casos basta con volver a apretar la junta para detener la fuga. De no ser así, debe inspeccionarse la propia pieza de conformidad con el procedimiento de revisión habitual.

### **Fuga por error humano, se activa la alarma de bajo nivel**

Este tipo de fugas accidentales pueden producirse durante la revisión y el mantenimiento al dejar piezas flojas de forma inadvertida. Ello pone de relieve la preferencia de trabajar siempre en parejas, de modo que la segunda persona se encargue de apretar las válvulas de cierre.

### **Fuga catastrófica, se activa la alarma de alto nivel**

La rotura de una tubería por causas externas o internas es un ejemplo de liberación catastrófica de grandes cantidades de amoníaco. En este caso se debe seguir el procedimiento habitual de alarma. Si la fuga se produce en la sala de máquinas, la ventilación de emergencia se encargará de extraer el gas de amoníaco. Dependiendo del tamaño de la planta, se procederá automáticamente a aplicar otras medidas de seguridad tales como el aislamiento de partes de dicha planta por medio de válvulas de cierre automáticas. Tan pronto como el amoníaco de la planta alcance la presión atmosférica, la temperatura descenderá hasta  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  y la evaporación se ralentizará enormemente. La acción óptima en este caso consiste en inspeccionar la zona equipado con un traje a prueba de gases. Si no fuera posible, la única opción será ventilar la zona hasta que se haya evaporado todo el amoníaco.

## 6.8. Vida útil de los componentes

La clave para una prolongada vida útil de los componentes de una planta de amoníaco es un diseño resistente a base de acero. Además, la mayoría de ellos pueden abrirse para proceder a su limpieza y reparación. La sustitución de las piezas internas tras 20 años no es nada excepcional, y permite que los componentes queden como nuevos. La disponibilidad de paquetes completos de servicio y revisión para las válvulas de cierre y control de Danfoss prolonga la vida útil operativa de la planta de amoníaco, aumentando así su rentabilidad.

### 7.1. Aspectos técnicos

El rendimiento termodinámico del amoníaco supera el de los refrigerantes HFC/HCFC, puesto que logra el mismo enfriamiento con un menor consumo energético y un menor coste de funcionamiento. El coeficiente de transferencia de calor del amoníaco dentro de los evaporadores y los tubos del condensador es aproximadamente dos veces mejor que el del R-22. Con la misma superficie de intercambio de calor es posible lograr un menor delta T de funcionamiento, contribuyendo de nuevo a menores costes operativos y a una menor deshidratación de los alimentos. El elevado calor latente del amoníaco permite el empleo de líneas de pequeño tamaño para el líquido, reduciendo el volumen de refrigerante del sistema. Con el amoníaco, para una misma caída de presión, el tamaño de tubería

en las líneas de aspiración húmedas y secas puede ser menor. En sistemas de recirculación por bomba, el flujo másico del amoníaco es siete veces menor al del R-22, por lo que es posible utilizar una bomba mucho más pequeña y con un consumo energético notablemente menor, contribuyendo otra vez al menor coste de funcionamiento posible.

La mayor fiabilidad y el menor coste de mantenimiento de los sistemas con amoníaco son el resultado del empleo de tuberías de acero en lugar de cobre, de la soldadura por fusión frente a la soldadura con un material blando y de las bridas atornilladas en lugar de las conexiones roscadas. Los sistemas con amoníaco presentan más tolerancia a la entrada de agua en el sistema.

En resumen, puede afirmarse que, con los actuales diseños y tecnologías, el amoníaco debería ser siempre la opción preferida en instalaciones de 100 kW o más, salvo en aquellos casos en que no esté permitido o no resulte aconsejable su empleo. Los últimos progresos indican que el amoníaco se está convirtiendo en un refrigerante de interés incluso para instalaciones más pequeñas.

## 7.2. Aspectos legislativos

Ante la presión para tomar medidas en aras de reducir el impacto medioambiental, todos los gobiernos están prestando cada vez más atención a los protocolos de Montreal y Kioto. A fin de alcanzar sus objetivos para reducir el impacto del calentamiento global, los gobiernos pondrán en marcha medidas impopulares. Dos son los instrumentos básicos que se usarán, o que ya se están usando: una prohibición completa o impuestos penalizadores sobre los refrigerantes HFC/HCFC. Ello hará muy atractivo el empleo de amoníaco, gracias a su nulo índice GWP. La presión sobre los organismos gubernamentales les instará a crear unas reglas claras para las plantas de refrigeración por amoníaco sin ignorar la seguridad.

## 7.3. Aspectos económicos

El atractivo inmediato del amoníaco frente a los HFC/HCFC es su precio extremadamente bajo por kilogramo: hasta un 90 % menor al de los HFC. Además, su bajo peso específico significa que, para un mismo volumen, solamente es necesario utilizar la mitad de peso que con los HFC/HCFC. El contenido de un sistema de refrigeración se mide por volumen, así que, al emplear amoníaco, tan sólo se requiere la mitad de refrigerante en peso. El precio del amoníaco no se ve influenciado por acciones comerciales o políticas, como las sanciones medioambientales. Las plantas de HFC/HCFC de circulación por bomba pueden perder una notable proporción de su carga de forma inadvertida, con el riesgo consiguiente de que su reposición resulte muy costosa. Cualquier fuga de amoníaco se detecta de inmediato y se repara con rapidez, reduciéndose de este modo el coste de la reposición.

## 7.4. Aspectos medioambientales

Desde una perspectiva medioambiental, el amoníaco debe preferirse no sólo por su nulo impacto directo sobre el calentamiento global, sino también por ofrecer la mayor eficiencia posible y, por consiguiente, la menor huella indirecta de CO<sub>2</sub>.

El amoníaco no es un refrigerante universal, sino que es adecuado, sobre todo, para aplicaciones comerciales pesadas e industriales. Su toxicidad, corrosividad, inflamabilidad y compatibilidad con otros materiales han de ser tenidas en cuenta. Al mismo tiempo, existen en todo el mundo numerosos sistemas con amoníaco en los que se han superado con éxito tales desafíos.

Son bien conocidas las diferencias técnicas entre las plantas de refrigeración que trabajan con amoníaco y con los HFC/HCFC, así como los detalles relativos al material, tratamiento del aceite, sala de máquinas, tamaño de los componentes y, por supuesto, las reglas específicas derivadas de la toxicidad, corrosividad y moderada inflamabilidad del amoníaco. El amoníaco para plantas de refrigeración está englobado dentro de la

clase B2 (según la norma EN 378) y el grupo de fluidos 1 (según la Directiva PED). La familiarización con el amoníaco, las propiedades del aceite y los requisitos para las plantas de amoníaco ofrecen una orientación al respecto del formato correcto para su aplicación. La principal diferencia radica en los preparativos para las plantas de mayor tamaño, en función de la carga de amoníaco, realizadas conjuntamente con las autoridades locales.

Debido a su tamaño, el propietario de cualquier planta de refrigeración necesita el permiso de las autoridades para operarla. Este permiso se fundamenta en la Directiva PED, la norma EN 378 y la legislación local y nacional en materia de medioambiente y relativa a los aspectos geográficos, higiénicos, laborales, de seguridad, etc. La diferencia a la hora de obtener un permiso para una planta de amoníaco reside en la seguridad, al tratarse de un producto tóxico, corrosivo y moderadamente inflamable. Si se está familiarizado con la puesta en práctica de los reglamentos locales y nacionales, no debería haber objeción alguna para la creación de una planta de amoníaco en lugar de una de HFC/HCFC.

Por último, pero no menos importante, resulta evidente que los costes iniciales son mayores para las plantas de amoníaco que para las plantas de HFC/HCFC con tuberías de cobre. Sin embargo, la mayor vida útil y el menor consumo energético de la planta de amoníaco significan que esta ofrecerá el menor coste total de propiedad al final de dicha vida útil.

### 8.1. Ventajas del amoníaco:

- GWP = 0.
- ODP = 0.
- Alta capacidad volumétrica.
- Más barato que los HFC/HCFC.
- Menor coste total de vida útil.
- Más eficaz que los HFC/HCFC.
- No hay nada que sugiera una posible prohibición paulatina del amoníaco; se puede confiar en su futuro.
- Tuberías de dimensiones reducidas.
- Conocido desde hace siglos como refrigerante.
- Clasificado como inflamable, pero no existen requisitos ATEX para las plantas de amoníaco normales, salvo en lo que respecta a la ventilación de la sala de máquinas en casos especiales.

### 8.2. Restricciones

- Clasificado en el grupo de fluidos 1 de la Directiva PED (tóxico, corrosivo y moderadamente inflamable), por lo que deben satisfacerse unos requisitos legales especiales.
- No se permiten el cobre ni sus aleaciones (material problemático).
- Drenaje del aceite.

Con más de 60 años de experiencia con el amoníaco en el ámbito de la refrigeración, Danfoss dispone de una amplia variedad de válvulas y soluciones de control desarrolladas para la refrigeración industrial utilizando el amoníaco como refrigerante. En Danfoss encontrará a un proveedor único dispuesto a facilitar el proceso completo de principio a fin.

Al utilizar los productos de nuestra línea Flexline™, usted obtiene una solución modular inteligente y rentable. Le aportará sencillez ingeniosa, la máxima eficiencia y una avanzada flexibilidad. La familia Flexline™ se compone de componentes de línea SVL, estaciones de válvulas ICF, la plataforma de control ICV y las válvulas solenoides denominadas ICS, ICM e ICLX. El concepto en el que se basan todos los productos Flexline™ es su diseño modular sin funcionalidad en el cuerpo. Este tipo de configuración reduce la complejidad desde la misma etapa de diseño hasta la instalación, puesta en servicio y mantenimiento. Todo ello es vital para reducir los costes totales asociados al ciclo de vida y proporcionar el máximo ahorro.

## La siguiente lista le brinda una idea de la gama de productos que ofrecemos para refrigeración con amoníaco:

### Válvulas de control

Válvulas de control ICV Flexline™

- ICS, válvula servoaccionada
- ICM, válvula motorizada
- ICAD, actuador, para válvula motorizada ICM

Otras válvulas de control

- Válvulas piloto
- KDC

### Estaciones de válvulas

- ICF Flexline™

### Componentes de línea

Válvulas SVL Flexline™

- SVA-S, válvula de cierre
- SVA-L, válvula de cierre
- REG-SA, válvula de regulación
- REG-SB, válvula de regulación
- CHV-X, válvula de retención
- SCA-X, válvula de retención/cierre
- FIA, filtros

Otros componentes de línea

- SNV-ST/SS, válvulas de cierre de aguja
- FA, filtros para partículas
- NRVA, válvulas de retención, para amoníaco y refrigerantes fluorados
- NRVS, válvulas de retención

### Válvulas solenoides

Válvulas solenoides ICV Flexline™

- ICLX

Otras válvulas solenoides

- EVRS/EVRST, acero inoxidable
- EVRA, servoaccionada, normalmente cerrada (NC)
- EVRAT, de elevación asistida, normalmente cerrada (NC)

### Sensores

- AKS 32, señal de salida de 1-6 V DC, 9-30 V DC
- AKS 3000, alimentación de 24 V DC, salida de 4-20 mA
- AKS 38, transmisor de nivel de líquido
- AKS 4100 (U), transmisor electrónico de nivel
- GD, sensores de detección de gas

### Válvulas de flotador

- HFI, válvulas de flotador, alta presión
- SV 4, 5 y 6, válvulas de flotador, baja presión
- PMFH/PMFHE, lado del condensador, controlado por SV
- PMFL/PMFLE, lado del evaporador, controlado por SV

### Válvulas de seguridad

- SFA, válvulas de alivio de seguridad, dependientes de la presión de salida, ajuste de presión estándar
- SFV 20-25 T, válvulas de seguridad, dependientes de la presión de salida, ajuste de presión estándar
- DSV, válvulas de doble cierre, para válvulas de seguridad

### Válvulas accionadas por gas

- GPLX, válvulas de cierre accionadas por gas

Danfoss cuenta además con muchos años de experiencia en el uso de CO<sub>2</sub> como refrigerante, y puede suministrarle una gran variedad de válvulas y soluciones de control para este gas. Por favor, pónganos a prueba.



## Herramientas de apoyo y experiencia de Danfoss

Con Danfoss, usted se beneficia no sólo de nuestra experiencia internacional, disponible en forma de asistencia local, sino también de las distintas herramientas que ofrecemos para apoyarle con el día a día de sus labores de refrigeración.

### 10.1. Manual de aplicaciones de refrigeración industrial

El Manual de aplicaciones de refrigeración industrial de Danfoss está diseñado para su uso como documento de referencia por todos aquellos que participan en las operaciones relacionadas con los sistemas de refrigeración industrial. Este manual tiene por objetivo proporcionar respuestas a las numerosas preguntas referentes al control de los sistemas de refrigeración industrial: ¿Qué método de control es necesario para el sistema de refrigeración? ¿Por qué debe diseñarse de una determinada manera? ¿Qué tipos de componentes pueden utilizarse? ¿Cómo se seleccionan los métodos de control para los diferentes sistemas de refrigeración? Al dar respuesta a estas preguntas se presentan los principios de los distintos métodos de control, con ejemplos que emplean productos de Danfoss Industrial Refrigeration. **El manual no tiene en cuenta la capacidad ni el rendimiento. Por tanto, antes de adoptar un diseño específico, deben considerarse los parámetros de funcionamiento de cada aplicación.**

**En línea: haga clic aquí**

Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)

También se proporcionan los principales datos técnicos de los componentes. Por último, con objeto de que el lector pueda elegir una solución, se presentan comparativas de las diferentes soluciones para cada método de control.

### 10.2. Herramienta de aplicación de refrigeración industrial (IR Application Tool)

Hemos desarrollado una herramienta interactiva, sencilla pero muy eficaz, que le ayudará a descomponer cualquier sistema de amoníaco en secciones fácilmente comprensibles. La herramienta es una presentación interactiva de PowerPoint que le lleva por todos los detalles de una planta de amoníaco de dos etapas. Cuenta con funciones de navegación que permiten ampliar y expandir los elementos, con información detallada a medida para usted.

El propósito de la presentación es ofrecer una completa infografía de la planta de amoníaco. Para obtener información específica al respecto de un área determinada, basta con hacer clic en ella. El esquema detallado muestra qué válvulas y tuberías se necesitan para el área en cuestión. Haciendo clic en la denominación de un tipo de válvula, obtendrá explicaciones y diagramas seccionales sobre la válvula en particular. La presentación interactiva le proporciona además útiles enlaces a documentación técnica, animaciones del producto y vídeos, siendo sencillo navegar de vuelta al inicio o a la información anterior.

**En línea: haga clic aquí**

Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)

También se proporcionan los principales datos técnicos de los componentes. Por último, con objeto de que el lector pueda elegir una solución, se presentan comparativas de las diferentes opciones para cada método de control.

### 10.3. Coolselector® 2

El nuevo software de cálculo y selección Coolselector® 2, diseñado por Danfoss, facilita y acelera los procesos de selección vinculados a cualquier proyecto de refrigeración industrial. Coolselector® 2 es una exclusiva herramienta de cálculo y asistencia para contratistas y diseñadores de sistemas que ofrece un completo conjunto de funciones de cálculo de la caída de presión, análisis de tuberías, diseño de válvulas y generación de informes de rendimiento. Esta nueva herramienta viene a sustituir al popular software DIRcalc™ y aporta nuevas y útiles características.

**En línea: haga clic aquí**

Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/IR-Tools](http://www.danfoss.com/IR-Tools)

## 10.4. Símbolos CAD de las válvulas Danfoss

Los símbolos CAD 3D resultan indispensables al diseñar plantas de refrigeración industrial. A fin de facilitar su trabajo en la medida de lo posible, ponemos a su disposición estos símbolos CAD 3D como descarga gratuita desde la web de Danfoss. Todos los símbolos CAD son únicos para cada código, de modo que puede encontrarlos fácilmente en nuestro catálogo de productos en línea usando el código correspondiente.

## 10.5 DIRbuilder™

DIRbuilder™ es una nueva herramienta en línea diseñada para facilitar y acelerar los procesos de selección de los proyectos de refrigeración industrial. Le permite seleccionar las válvulas exactas que necesite, tanto normalizadas como a medida, de entre un extenso abanico de opciones de configuración. La biblioteca abarca todas nuestras válvulas, por lo que consta de más de 2.000 códigos de producto distintos y más de 50 aplicaciones de refrigeración industrial predefinidas.

Para obtener más información sobre DIRbuilder™, no tiene más que visitar el sitio web y explorar personalmente todas sus ventajas: [www.danfoss.com/DIRbuilder](http://www.danfoss.com/DIRbuilder)

The screenshot displays the Danfoss website's 'DIRbuilder™' section. At the top, the Danfoss logo and 'Industrial Refrigeration' are visible. A navigation menu includes 'HOME', 'PRODUCTS', 'APPLICATIONS', 'DOCUMENTATION', 'KNOWLEDGE CENTER', 'NEWS & EVENTS', and 'CONTACT'. A search bar is located on the right. The main content area features a sidebar with a 'Tools' dropdown menu containing: Application Tool, DIRcalc™, DIRbuilder™, CostSelector®, IR App, CAD/3D symbols, CO<sub>2</sub> Calculation Tool, and Low-GWP Tool. Below the sidebar, the 'DIRbuilder™' title is followed by a description: 'The Danfoss Industrial Refrigeration Product Configurator'. A large image shows industrial refrigeration equipment. Three promotional boxes are at the bottom: 'DIRbuilder™ Product Library' with a magnifying glass icon, 'Danfoss IR Applications' with gear icons, and 'Interested in More Information?' with an information icon. Each box includes a brief description and a 'Start DIRbuilder™' or 'More Information' link.

**En línea: haga clic aquí**

Si no dispone de conexión a Internet, visite [www.danfoss.com/DIRbuilder](http://www.danfoss.com/DIRbuilder)

Todas las herramientas de ayuda citadas se encuentran en nuestro sitio web [www.danfoss.com/IR-tools](http://www.danfoss.com/IR-tools) y pueden descargarse gratuitamente.

En cada una de nuestras facetas, nos esforzamos siempre por facilitarle la vida y permitirle aplicar nuestra experiencia en su negocio.

## Danfoss Flexline™ **Sencilla. Eficiente. Flexible.**

Diseñada para proporcionar sencillez inteligente, la máxima eficiencia y una avanzada flexibilidad, la serie Flexline™ se compone de tres populares categorías:



Todos los productos se basan en un diseño modular; el cuerpo no incorpora ninguna función. Este tipo de configuración minimiza la complejidad durante las etapas de diseño, instalación, puesta en servicio y mantenimiento. Todo ello está destinado a reducir los costes totales asociados al ciclo de vida y proporcionar el máximo ahorro.

Visite [www.danfoss.com/flexline](http://www.danfoss.com/flexline) si desea obtener más información acerca de la plataforma Flexline™.

## **Experiencia internacional** Asistencia local

Más de 60 años de experiencia en la fabricación de válvulas y controladores para aplicaciones de refrigeración industrial convierten a Danfoss en un sólido colaborador al que recurrir para el suministro de componentes de calidad.

Nuestra profesionalidad en el ámbito internacional, combinada con la asistencia local que prestamos, ponen a su alcance los productos y servicios de mayor calidad del mercado.