



Reconversión con FORANE® 427A, de un almacén frigorífico de baja temperatura que utilizaba R-22 en “MODENA TERMINAL” (Italia)



El uso de R22 virgen está prohibido para el mantenimiento de instalaciones de frío, desde el 1º de enero de 2010. Esta prohibición afecta a todos los actores del frío, más concretamente para aquellos implicados en la cadena de frío alimentaria.

El caso que vamos a presentar es el de un almacén frigorífico situado en Módena, a algunos kilómetros al norte de Bolonia, en Italia. Se trata de la compañía MODENA TERMINAL que almacena, entre otros, el queso local, el parmesano, pero también productos alimenticios a temperaturas mucho más bajas, como la carne. Su almacén frigorífico es uno de los más grandes de Italia.

MODENA TERMINAL resulta directamente afectada por esta legislación, puesto que su almacén frigorífico funciona únicamente con R22. MODENA TERMINAL pertenece a una asociación profesional de cámaras frigoríficas, ASSOLOGISTICA. Esta asociación ha llamado la atención de sus miembros sobre la necesidad de cumplir la legislación y sobre los problemas que conllevará su incumplimiento.

Ante esta situación, MODENA TERMINAL debe escoger entre cerrar su almacén o utilizar un producto de reconversión que le permita continuar con su actividad cumpliendo la legislación.

Con la experiencia de múltiples operaciones realizadas con éxito, la empresa *Tecnoimpianti*, responsable del mantenimiento de las instalaciones de MODENA TERMINAL, ha aconsejado la utilización de Forane® 427A.

Descripción de la instalación

Descripción general

- Cinco cámaras frías polivalentes de entre 0 y -20°C: capacidad para 3.000 toneladas de carne con un volumen total de aproximadamente 8.800 m³; con un evaporador de expansión directa por cámara fría; un pasillo que comunica las diferentes cámaras frías con el exterior, a una temperatura máxima de 14 °C (volumen de 5.880 m³).
- Una gran cámara fría llamada *Cellone*: capacidad para más de 6.000 toneladas de carne congelada a -18/-20 °C; volumen superior a 54.400 m³, 25 m de altura; 10 evaporadores de expansión directa.
- Zona dedicada a la carga y descarga para la gran cámara fría. Temperatura regulada a 14 °C (volumen de 5.450 m³).
- Un túnel de congelación / ultracongelación para carne fresca a -40 °C: capacidad para 20 toneladas/18 h; evaporador inundado con cuatro intercambiadores; antecámara del túnel para enfriar los cuartos de bovino antes de la congelación y acondicionamiento previo al almacenamiento en las cámaras frías.

El conjunto funciona esencialmente durante la noche, cuando la electricidad es más económica, y se detiene durante el día.

Los compresores

La instalación está equipada con cuatro compresores de tornillo:

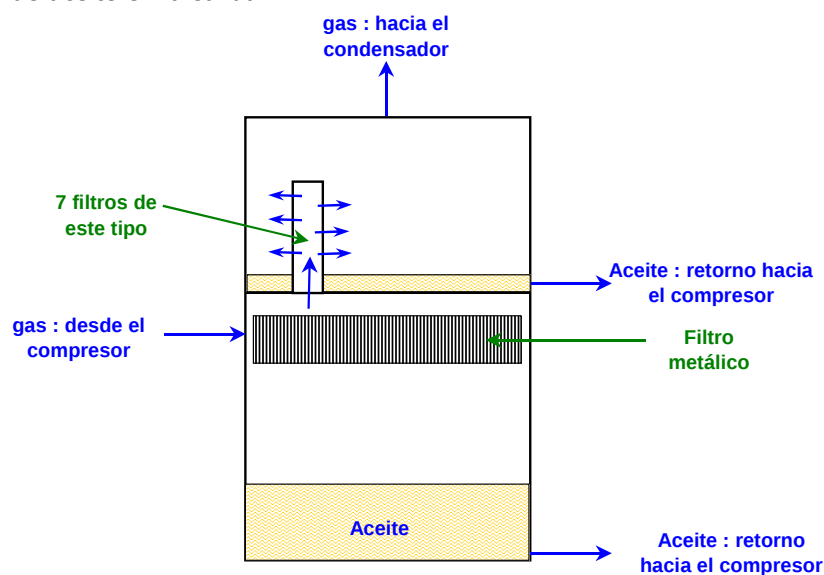
- Compresor 1 (CV1: Howden XRV 204-145): *cellone* y las 5 cámaras frías.
- Compresor 2 (CV2: STAL SVR 57): *cellone* + las 5 cámaras frías + el túnel.
- Compresor 3 (CV3: SVR 51): *cellone* + las 5 cámaras frías + el túnel + zonas de temperatura positiva.
- Compresor 5 (CV5: STAL Type S24 – compresor vertical): cámaras frías + zonas de temperatura positiva. Es el más pequeño. Funciona durante el día cuando es preciso.

Cada compresor está equipado con:

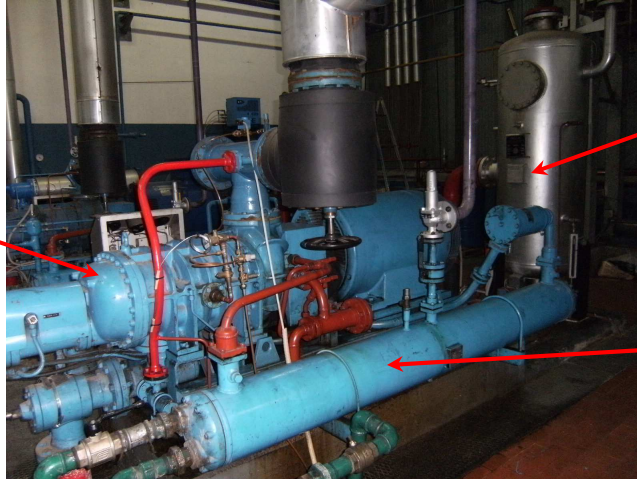
- un **refrigerador de aceite** enfriado con agua



- un separador de aceite en la salida



Compresor



Separador
de aceite

Refrigerador de
aceite

La condensación

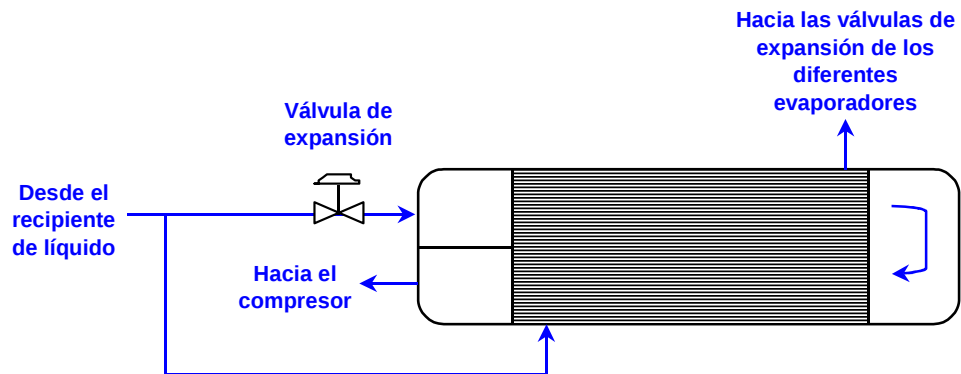
- 2 condensadores evaporadores con una capacidad de 1.507 kW cada uno. Se puede desviar uno de los condensadores. La presión se regula jugando con el caudal de agua y de aire.



- 1 recipiente de líquido con medida del nivel de líquido



- 1 subenfriador



Las cámaras frías

Éstas, tienen sistemas de evaporación directa:

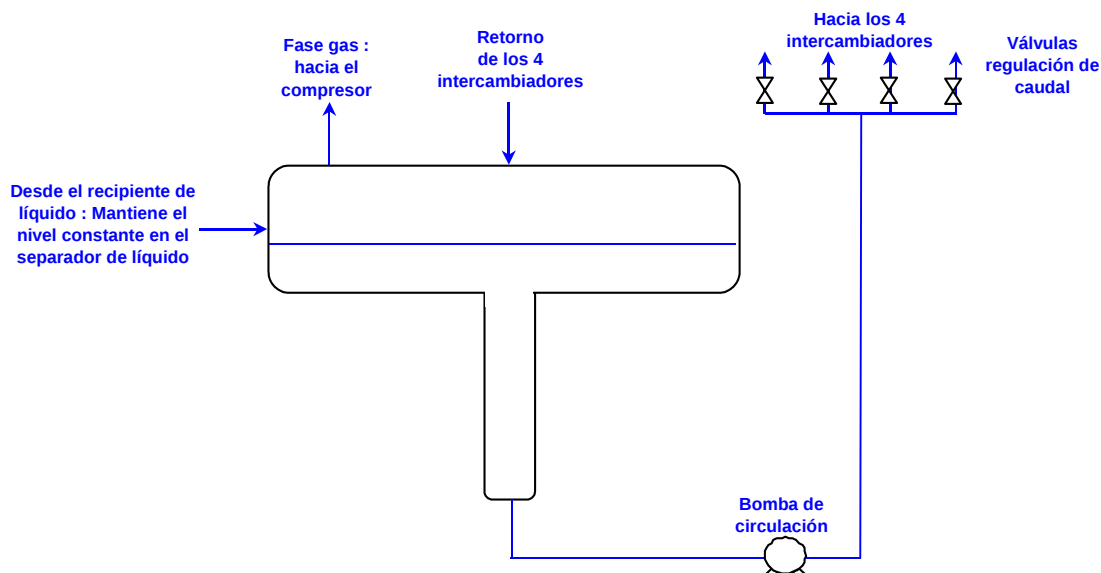
- válvulas de expansión termostáticas TEX20 Danfoss,
- evaporadores:
 - *cellone*: 10 intercambiadores con una superficie de intercambio para cada uno de 628 m² y un caudal de aire de 60.000 m³/h
 - 5 cámaras frías: intercambiador de 493 m² para cada una con un caudal de aire de 40.000 m³/h

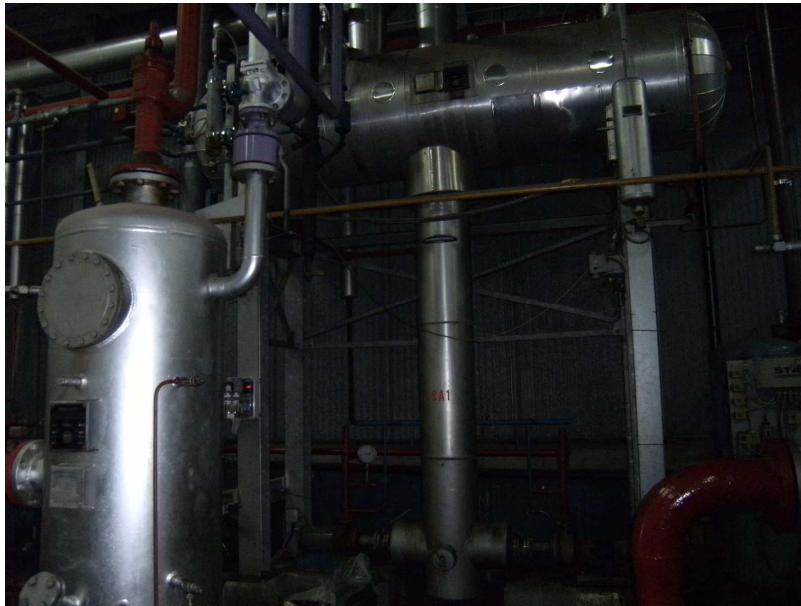
Túnel de ultracongelación

Funciona con un evaporador inundado que alimenta los intercambiadores del túnel:

- 4 intercambiadores de 500 m² cada uno, es decir, 2.000 m² de superficie de intercambio y, en total, 8 ventiladores que proporcionan, cada uno, 27.500 m³/h de aire. Abajo se puede observar el separador de líquido que se alimenta del subenfriador, alimentación regulada en base a la medida del nivel del separador.
- En la parte inferior, una bomba, así como una bomba de emergencia, permite alimentar con líquido los 4 intercambiadores. Las válvulas están situadas a la entrada de estas 4 líneas para regular el caudal. En la salida de los evaporadores, la mezcla líquido / gas retorna hacia el separador de líquido. La fase gas alimenta el compresor. El volumen de fluido en el conjunto es de alrededor de 1.000 l.

Esquema del separador de líquido:





Procedimiento de sustitución

Una semana antes de realizar la sustitución, se han llenado las cámaras frías con el fin de tener una carga máxima y habiéndose disminuido la temperatura al máximo.

Las cámaras no han sido abiertas durante las 36 h de paro de la instalación.

- 24 h antes, han sido apagados 2 de los 4 compresores, cuyos filtros se han cambiado y cuyo aceite mineral ha sido sustituido por un aceite POE
- paro de la instalación = inicio de las 36 h de paro
- vaciado del R22 (3.600 Kg)
- vaciado del aceite de los otros 2 compresores, cambio de los filtros y sustitución del aceite
- no se han cambiado las juntas. Se han utilizado diferentes tipos de juntas: Teflón, Viton, Neopreno
- Cambio de los filtros por filtros nuevos equivalentes: 7 filtros en cada separador de aceite, filtros de aceite de los compresores (malla metálica de 35 mm), filtros deshidratantes a la salida del recipiente de líquido.
- verificación de la estanqueidad de la instalación
- Hacer el vacío en la instalación durante aproximadamente 10 h
- Carga de Forane® 427A por la parte inferior del recipiente de líquido: con el fin de cargar los 3.000 Kg de producto, se ha puesto en marcha 1 compresor
- Puesta en marcha de la instalación
- Ajuste de las válvulas de expansión

Después de 36 h de parada, la temperatura en el *cellone* había pasado de -22 °C a -20,5 °C

Cambio del aceite

El aceite mineral (Mobil Gargoil Arctic 300) ha sido sustituido por un aceite POE (Frosyn SE170):

- se han sacado 500 l de aceite, el nivel de aceite era bajo
- se han cargado 600 l del aceite nuevo para recuperar un nivel alto en los compresores.

Tras los diferentes periodos de funcionamiento del túnel, el separador de líquido se ha vaciado (fluido reenviado hacia el recipiente de líquido) y se ha extraído el aceite por la parte inferior: alrededor de 50 kg la primera vez, 50 kg la segunda y 10 kg la tercera. Este aceite se ha analizado. Se trata casi únicamente de aceite mineral. Esto demuestra, por lo tanto, que el aceite mineral que estaba bloqueado en los intercambiadores del túnel ha sido recuperado aquí progresivamente.

Fluido

El fluido se reparte por la instalación aproximadamente de la siguiente forma:

- 800 kg en el *cellone*
- 800 kg en las 5 cámaras frías
- 800 kg en el túnel
- 400 kg en los condensadores
- 800 kg en el recipiente de líquido

A continuación, hay que añadir todas las líneas.

Con el R22, era necesario tener un mínimo de 3.600 Kg de fluido para hacer funcionar toda la instalación al mismo tiempo.

Con Forane® 427A, se necesitan como mínimo 4.000 Kg de producto para hacer funcionar al conjunto sin el túnel. El subenfriador que está ahora en marcha necesita 150 Kg de producto. Por lo tanto, se necesitan 250 Kg de fluido adicional respecto al funcionamiento con R22 (4.000 – 150 – 3.600). Esto se puede deber al hecho que el aceite ya no es arrastrado al interior del circuito como con R22: podía haber hasta 300 l de aceite en circulación. Este volumen ahora debe ser llenado con fluido.

El hecho que la instalación necesite más fluido también se debe a los ajustes realizados:

- caudal más importante del fluido que comporta una tasa de líquido más elevada en los evaporadores
- presiones altas y bajas más elevadas

Comparativa del funcionamiento de la instalación con R22 y con Forane® 427A

	R22	R427A
Caudal de fluido		Más elevado
Temperatura de descarga	De 70 a 75 °C	65 °C
Presión de condensación	9,6 bar	10,6 bar
Subenfriamiento	3 °C	De 7 a 10 °C (utilización del subenfriador)
Cámaras frías		
Presión de evaporación	0,2 bar	De 0,3 a 0,4 bar
Sobrecalentamiento	De 10 a 12 °C	De 10 a 12 °C
Temperatura en la cámara fría	De -23 a -24 °C	De -27 a -28 °C
Velocidad de descenso de la temperatura		Más rápida
Cellone		
Presión de evaporación	0 bar	0,2 bar
Sobrecalentamiento	De 10 a 12 °C	De 10 a 12 °C
Temperatura en la cámara fría	-17 °C	-18 °C
Velocidad de descenso de la temperatura		Más rápida
Túnel de ultracongelación		
Presión de evaporación	Alrededor de 0 bar (entre -0,2 y +0,2 bar)	Alrededor de 0 bar
Temperatura de evaporación = temperatura en el separador de líquido	-38 °C	Líquido = -40 °C Gas = -37 °C
Temperatura en el túnel	-32 / -33 °C después de 9 a 11 h	-27 °C después de 6 h
Velocidad de descenso de la temperatura		Más rápida: depende de la carga, de la naturaleza de los embalajes.
Ajuste de las válvulas	Tras haber abierto totalmente (cerca de 13 vueltas), cierre de tres vueltas	Tras haber cerrado totalmente, apertura de tres vueltas

Observaciones

- Con el R22, el aceite circulaba por igual por toda la instalación. Por lo tanto, podía recubrir la superficie de los intercambiadores y limitaba el intercambio de calor debido a su carácter aislante. El nivel de aceite con Forane® 427A se mantiene estable tras la puesta en marcha, lo que demuestra con claridad que el aceite no se ve arrastrado dentro del circuito: no hay aceite en las válvulas de expansión ni en la entrada de los evaporadores del túnel. En consecuencia, la transferencia de calor en los intercambiadores ha mejorado. Así pues, para un mismo sobrecalentamiento, el caudal de fluido refrigerante es más elevado. Esto se traduce en:
 - o un aumento de la pérdida de carga en las líneas (la pérdida de carga es proporcional al cuadrado del caudal). Esto es visible, sobre todo, en la línea entre el recipiente de líquido y las válvulas de expansión del *cellone*, que están a 25 m de altura. Inicialmente, se observaba una vaporización parcial del líquido: diferencia de temperatura entre las partes alta y baja del tubo horizontal de llegada en los evaporadores del *cellone*. El subenfriador, por lo tanto, se puso en marcha para poder aumentar el subenfriamiento y evitar esta vaporización parcial antes de las válvulas de expansión.
 - o un nivel de líquido más elevado en los evaporadores. El nivel de líquido más elevado y el caudal más importante explican el aumento de la potencia frigorífica. En contrapartida, la cantidad de fluido necesaria en la instalación es más elevada.
- En realidad, no se puede comparar el consumo energético actual con el que se necesitaba para R22. Efectivamente, este año se han instalado paneles fotovoltaicos que proporcionan parte de la electricidad necesaria.

Conclusiones

Las cámaras frigoríficas, equipadas de evaporadores de expansión directa, han funcionado mejor después de realizar esta reconversión: se ha obtenido una potencia frigorífica más elevada, lo que se ha traducido por una disminución más rápida de la temperatura de las cámaras (el tiempo se ha reducido a la mitad) y la temperatura alcanzada ha sido inferior: se pasa de -23 a -24 °C con R22 y de -27 a -28 °C con Forane® 427A.

Cuando los productos frescos son puestos en las cámaras frigoríficas, se congelan más rápidamente que antes: por lo tanto, es posible congelar la mercancía sin utilizar el túnel de ultracongelación.

Se ha testado el túnel de ultracongelación equipado de un evaporador inundado: a pesar de los temores iniciales derivados de la utilización en un evaporador inundado de una mezcla con deslizamiento, la temperatura fijada a -40° ha sido alcanzada en pocas horas

El cliente ha quedado completamente satisfecho con este funcionamiento.

En definitiva, el sistema funciona mejor después de la reconversión con Forane® 427A.