

SOLUCIONES CON R717 DX

Juliusz Federowicz



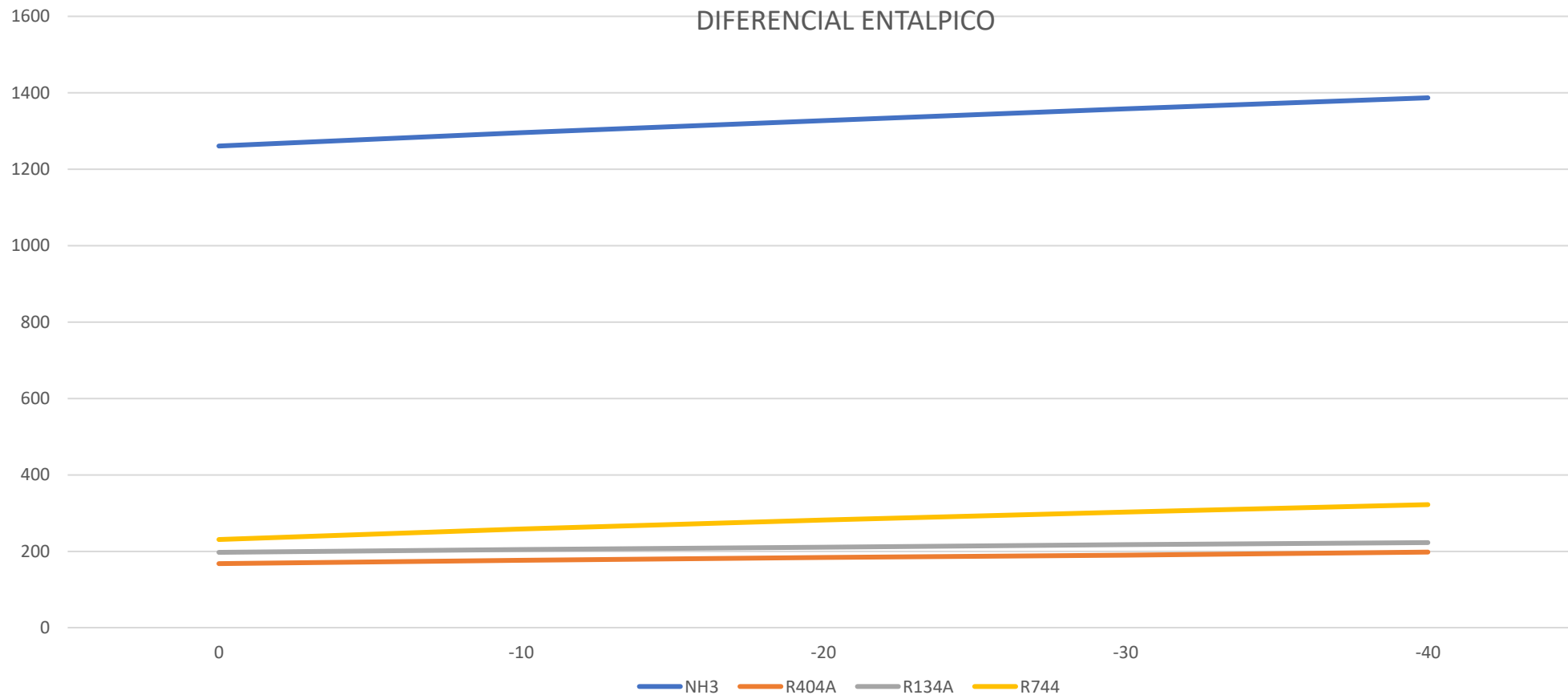
INDICE

- Introducción
- Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes
- Evaporadores DX NH3 - CLAVES PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO
- Carga de Nh3 en sistema DX - Teoría, literatura y medición real
- Compresor semihermetico NH3 en sistemas DX
- Control de capacidad – importante para el recalentamiento estable
- Conclusiones

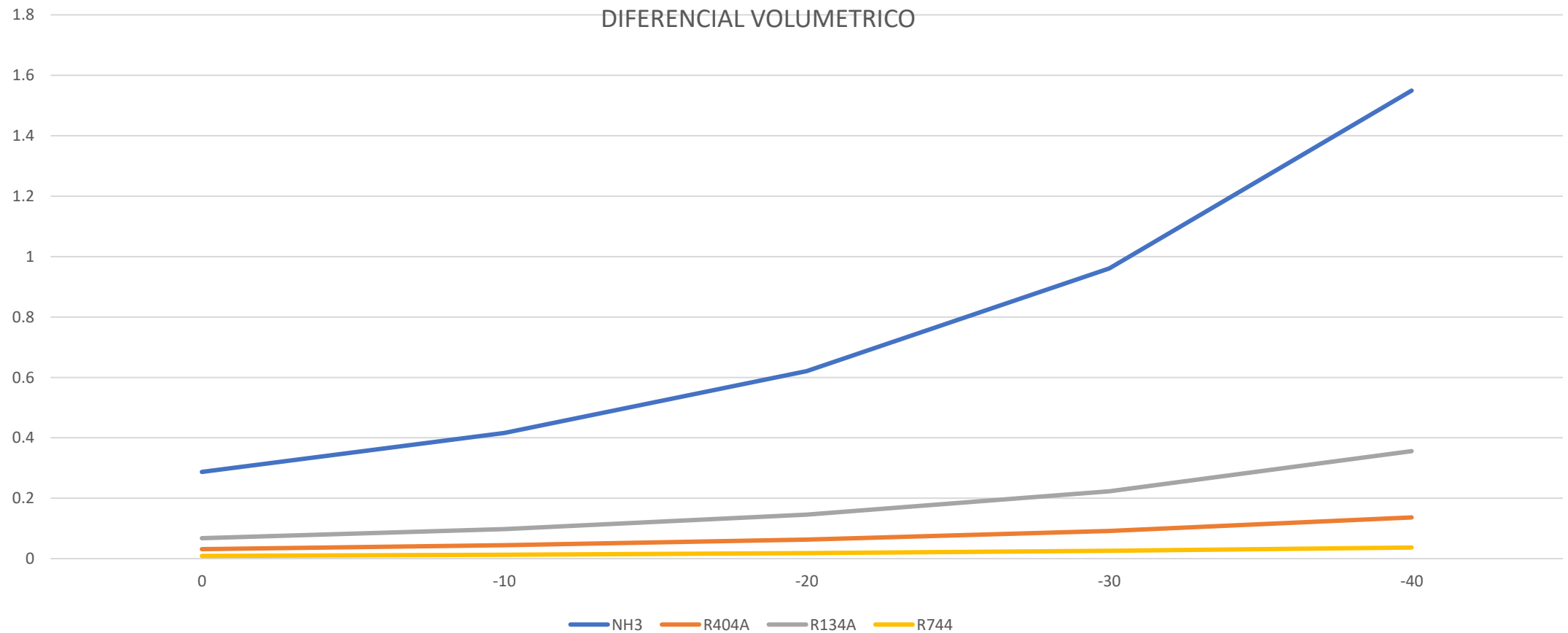
Introducción

- La situación actual de refrigerantes, ha puesto la industria de refrigeración ante la necesidad de búsqueda de sistemas con refrigerantes naturales, económicos, de baja carga y eficientes.
- Nh3 es el refrigerante con una larga historia, se puede considerar como natural y de un rendimiento inmejorable.
- Normalmente usado en sistemas de gran tamaño y en gran mayoría inundados.
- Gracias a sistemas de evaporación mejorados, posible el uso en sistemas DX con sistemas de control tradicionales
- Compresores semiherméticos como solución en sistemas pequeños con evaporadores DX

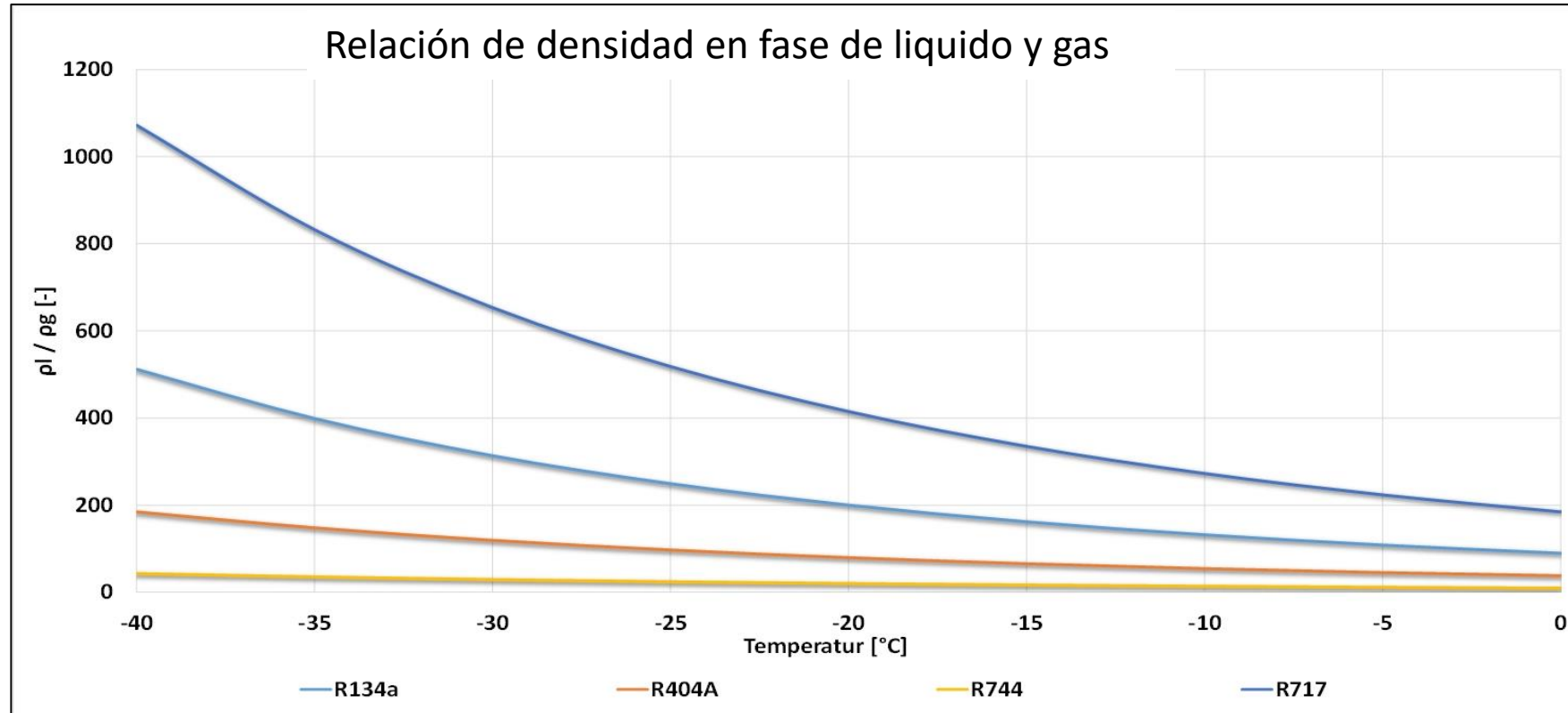
Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes



Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.



Porque NH₃ es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.



Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

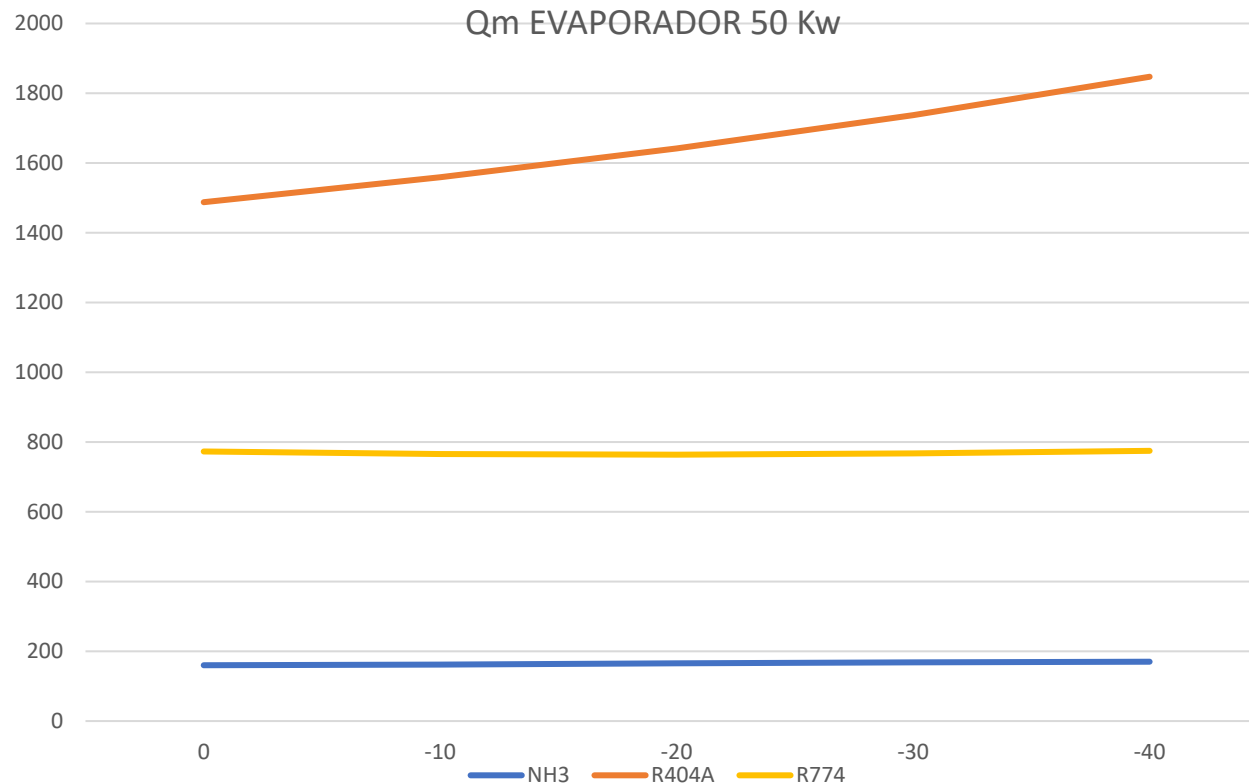
TBN N-06-018-100-03600-A-I-G-035-050					
Evaporador, Expansión en seco					
Capacidad:		50,0 kW			
Superficie de reserva:		36,8 %		Superficie: 197,2 m²	
Calor sensible:		87,0 %		Paso de aleta: 10,0 mm	
Condensado:		9,34 kg/h		Volumen de tubos: 74,8 l	
				Peso vacío: 95 kg	
Aire:	Entrada	Salida	Refrigerante: R717		
Caudal:	35000 m³/h	34560 m³/h	Temp. de evaporación: 0,0 °C		
Temperatura:	10,0 °C	6,4 °C	Sobrecalentamiento: 7,0 K		
Humedad relativa:	69,0 %	84,4 %	Temp. de condensación: 35,0 °C		
Pérdida de presión:	46,2 Pa		Subenfriamiento: 2,0 K		
Velocidad:	3,00 m/s		Pérdida de presión: 0,3 K		
Altura de instalación:	0 m		Caudal másico: 160,17 kg/h		
			presión fluido max.: 25 bar(g)		
			presión de prueba: 37 bar(g)		
Material de los tubos:	Acero inoxidable 304, ranurado interior		Conexiones de entrada: 1 x 16,0 * 1,0 mm		
Material de las aletas:	Aluminio		Conexiones de salida: 1 x 42,4 * 2,6 mm		
Material bastidor:	AlMg3		Distribuidor: 1 x V 16-4-9-700x1,0		
			Pasos: 12		

Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

TBN N-06-018-100-03600-A-I-G-035-050				
Evaporador, Expansión en seco				
Capacidad:	50,0 kW		Superficie:	197,2 m²
Superficie de reserva:	19,3 %		Paso de aleta:	10,0 mm
Calor sensible:	89,1 %		Volumen de tubos:	74,8 l
Condensado:	7,86 kg/h		Peso vacío:	99 kg
Aire:	Entrada	Salida	Refrigerante:	R404A
Caudal:	35000 m³/h	34554 m³/h	Temp. de evaporación:	0,0 °C
Temperatura:	10,0 °C	6,4 °C	Sobrecalentamiento:	7,0 K
Humedad relativa:	69,0 %	85,3 %	Temp. de condensación:	35,0 °C
Pérdida de presión:	46,2 Pa		Subenfriamiento:	0,0 K
Velocidad:	3,00 m/s		Pérdida de presión:	0,076 bar
Altura de instalación:	0 m		Caudal másico:	1487,68 kg/h
			presión fluido max.:	28 bar(g)
			presión de prueba:	31 bar(g)
Material de los tubos:	Acero inoxidable 304, ranurado interior		Conexiones de entrada:	1 x 26,9 * 2,6 mm
Material de las aletas:	Aluminio		Conexiones de salida:	1 x 48,3 * 2,6 mm
Material bastidor:	AlMg3		Distribuidor:	1 x V 27-6-18-700x1,0
			Pasos:	6

Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

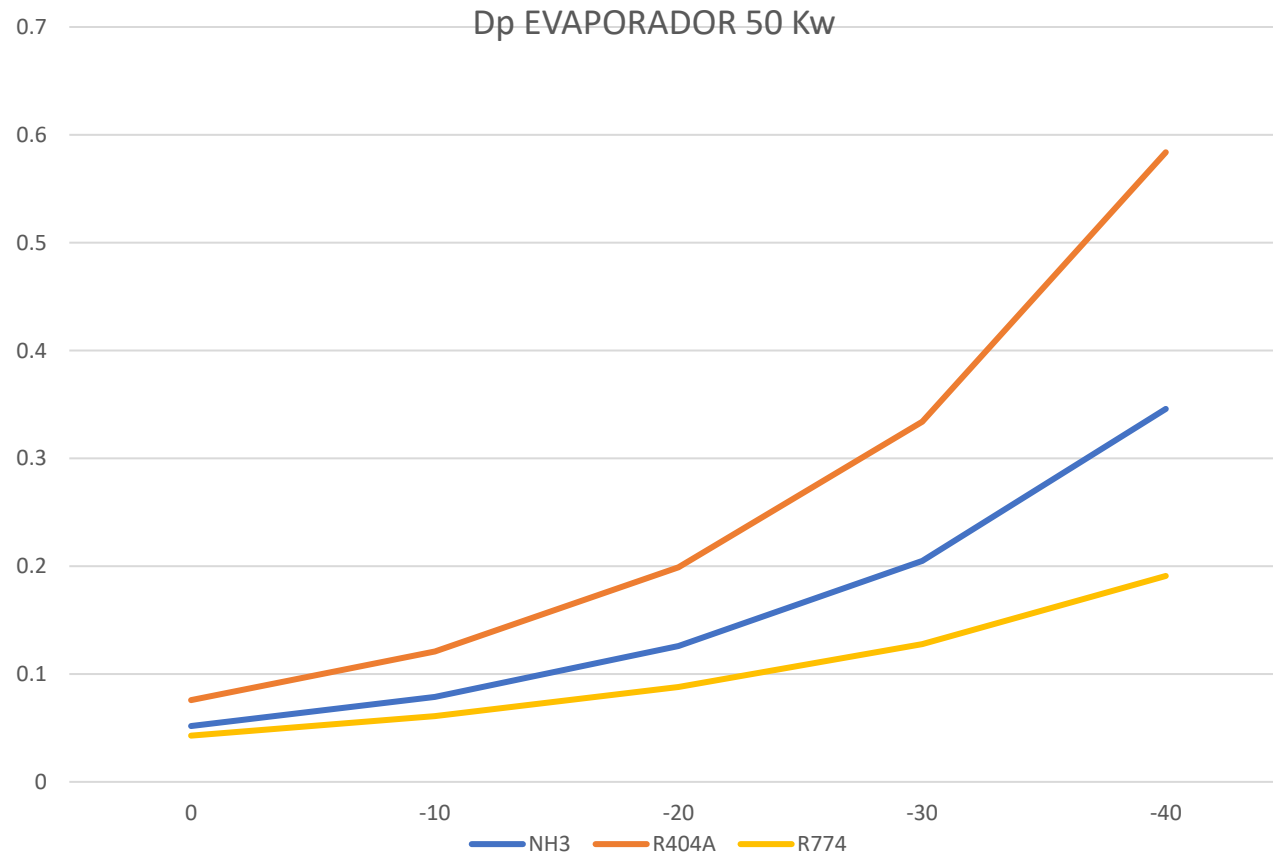
COMPORTAMIENTO EN EL EVAPORADOR - EJEMPLO 50 KW DX



- CAUDAL DE NH3 EN EL EVAPORADOR LLEGA CASI 11 VECES MENOR QUE R404 Y 4.5 VECES MENOR QUE CON R774

Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

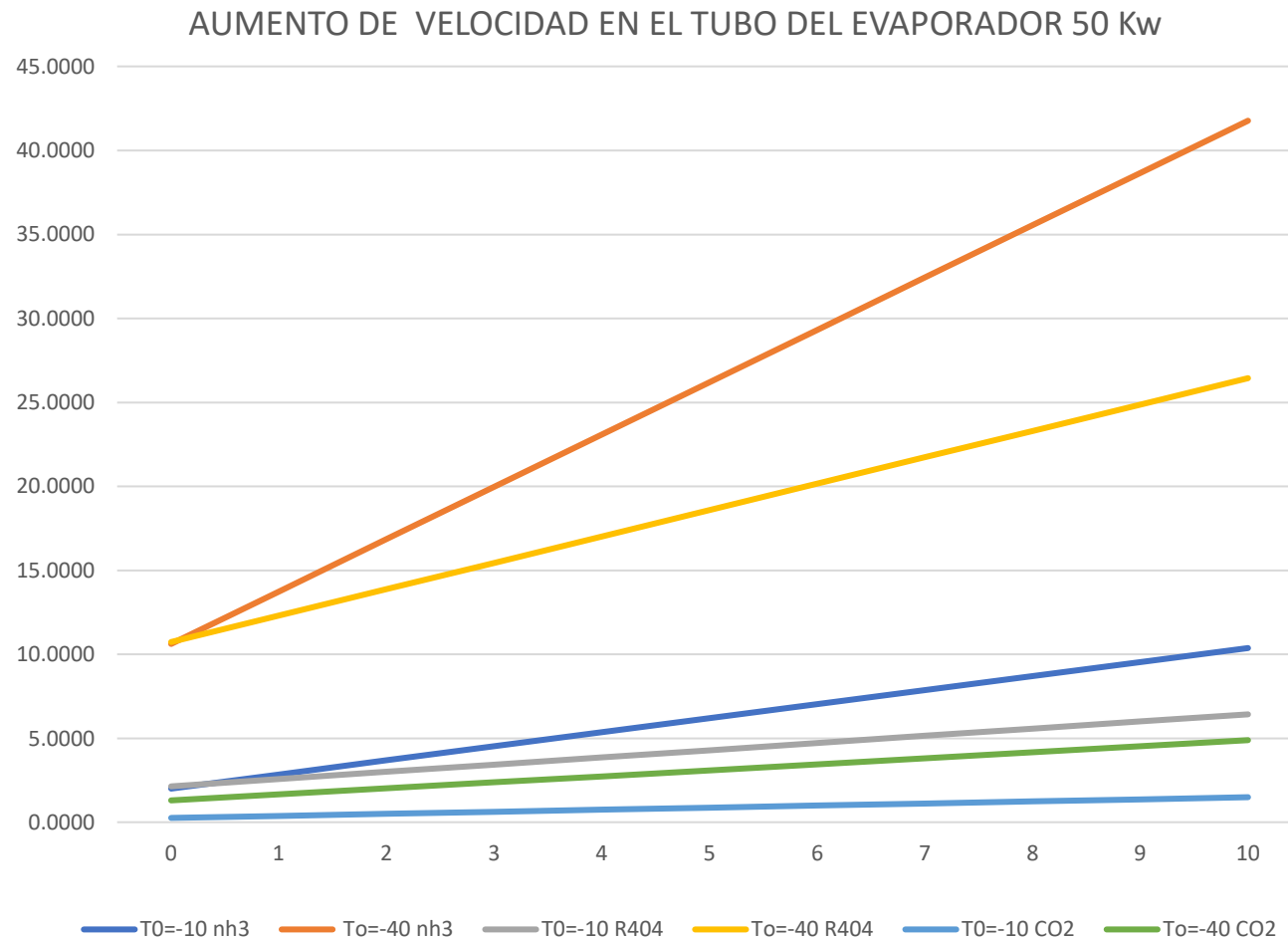
COMPORTAMIENTO EN EL EVAPORADOR - EJEMPLO 50 KW DX



- Evaporador R404 con circuito de 21.600 m de longitud tiene la pérdida de presión doble que el evaporador NH3 DX con longitud de 43 M y triple que con CO2 a bajas temperaturas

Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

COMPORTAMIENTO EN EL EVAPORADOR - EJEMPLO 50 KW DX



- AUMENTO BRUSCO DE VELOCIDAD DE NH3 EN LOS TUBOS DE EVAPORADOR A PESAR DE PEQUEÑO CAUDAL INYECTADO Y DEBIDO A GRAN VOLUMEN ESPECIFICO DE GAS
- RESULTADO - FLUJO LAMINAR EN LA ENTRADA DE LIQUIDO Y UNA MEZCLA POBRE EN LIQUIDO CIRCULANDO A GRAN VELOCIDAD EN LA SALIDA
- Baja turbulencia en la entrada de liquido que provoca flujo de liquido en la parte baja y gas en la parte alta de tubo
- Problema mas pronunciado a bajas temperaturas que a altas temperaturas

Porque NH3 es mas difícil de controlar en sistemas de expansión seca que otros refrigerantes.

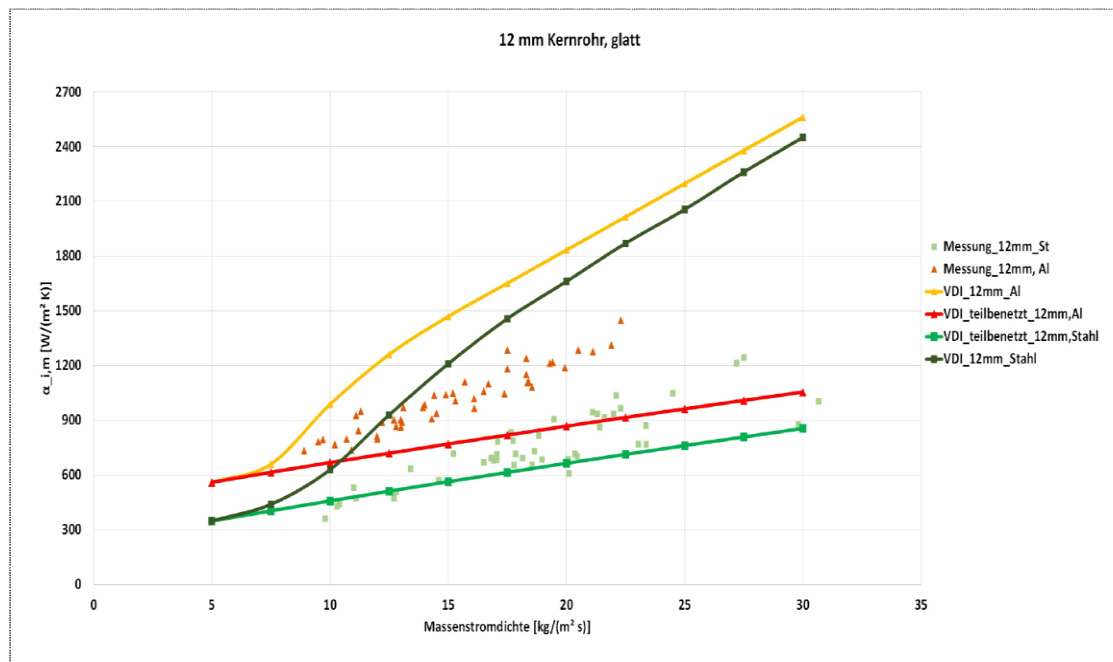
Coeficiente de transmisión tubo acero inox liso y tubo de aluminio

Tubo parcialmente mojado en tubo inox liso

Muy bajo coeficiente de transmisión térmica

Oleadas de liquido en el evaporador, imposible control de recalentamiento

En aluminio gracias al mayor transmisión de calor existe aumento de turbulencias desde la entrada en el evaporador



Evaporadores DX NH3

CLAVES PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO

La clave es diseño correcto del evaporador.

Independientemente del control, si el evaporador esta mal diseñado, el sistema no va a funcionar:

Distribución de liquido uniforme

Circuitos uniformes

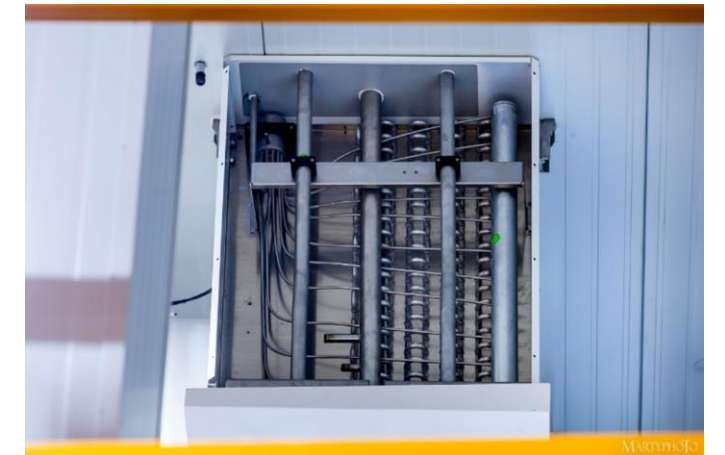
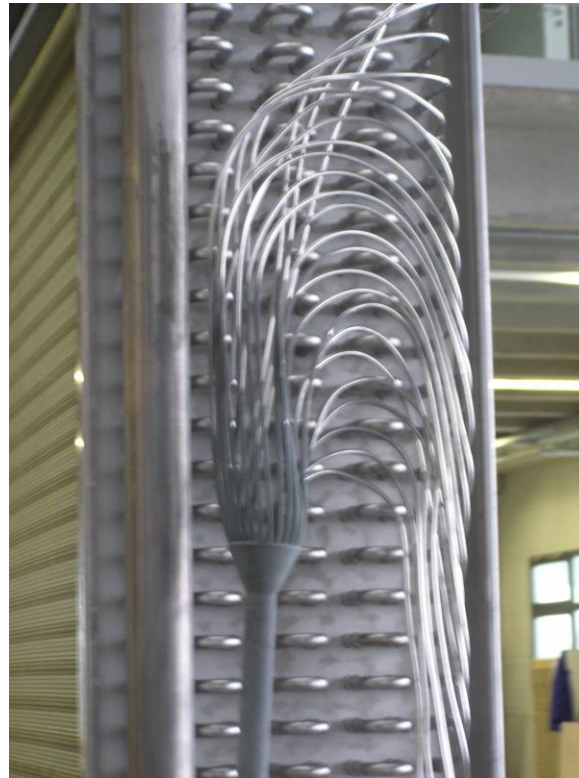
Circuitos largos

Distribución de aire en batería uniforme

Tubo corrugado interior

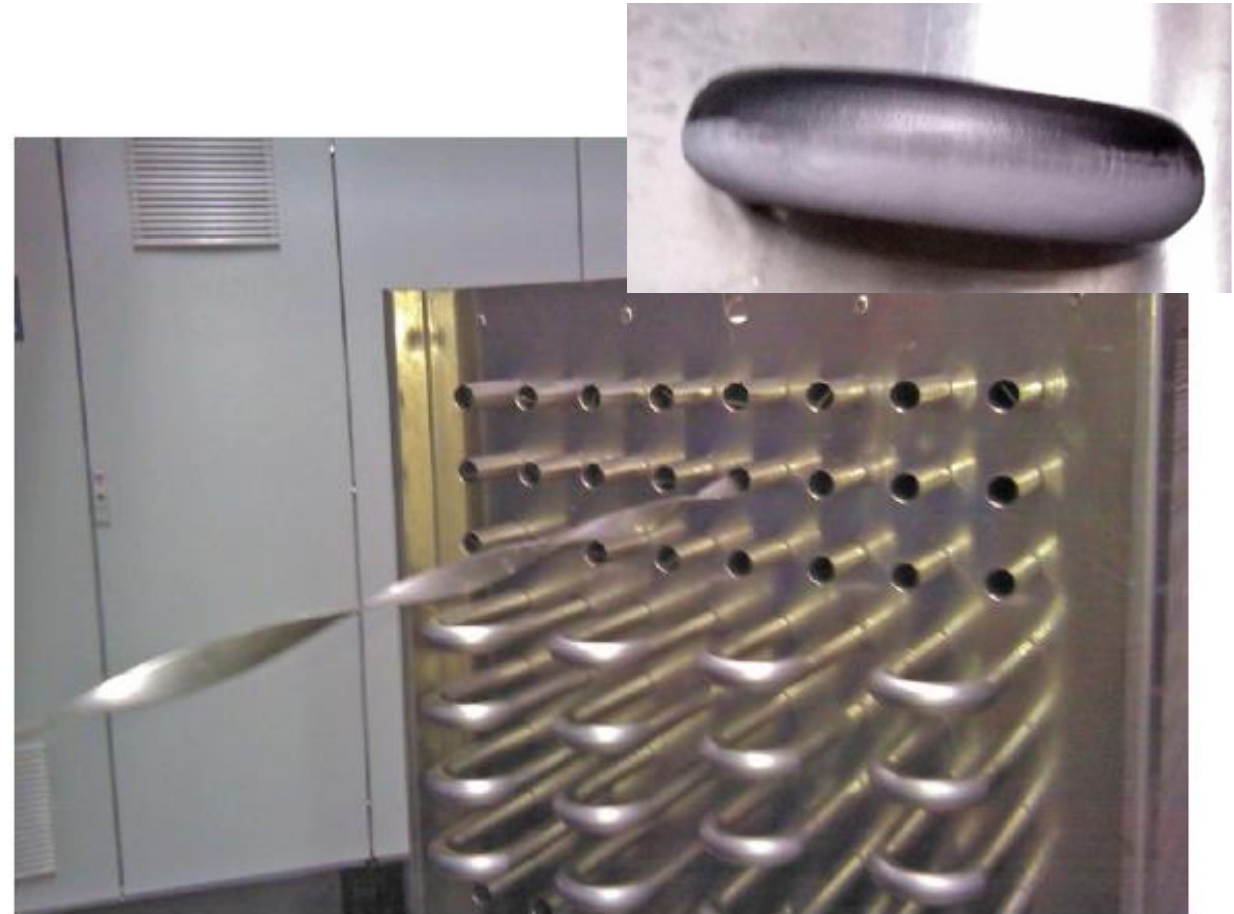
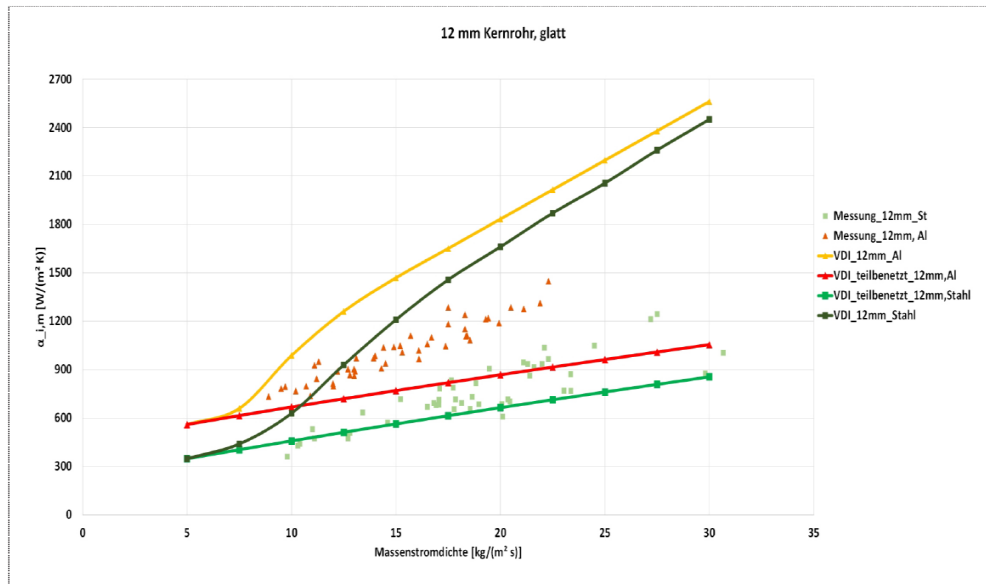
Tubo de aluminio

Espirales en la entrada de liquido



Espirales en la entrada de liquido

- Para evitar tubo parcialmente mojado especialmente en los primeros tubos, se probó solución con espirales para aumentar la turbulencia.

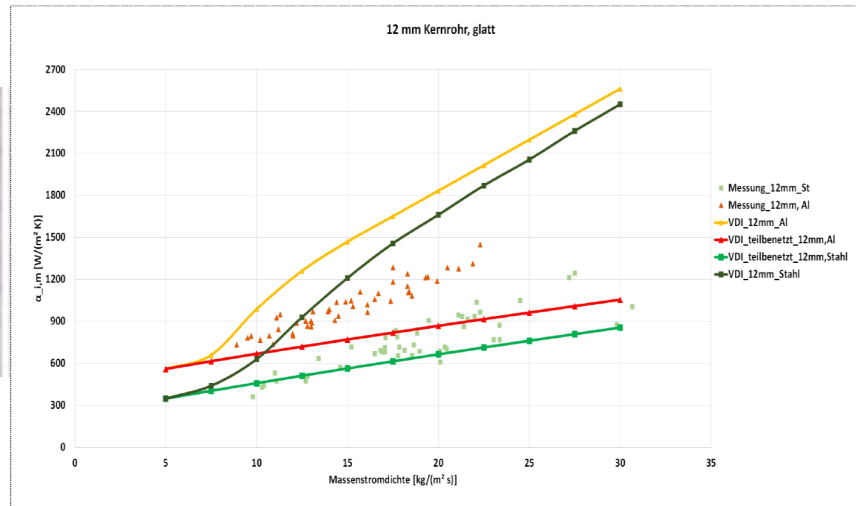


Tubo ranurado interior

Creación de burbujas de gas en toda longitud de tubo y con mas intensidad (ebullición mas intensa)

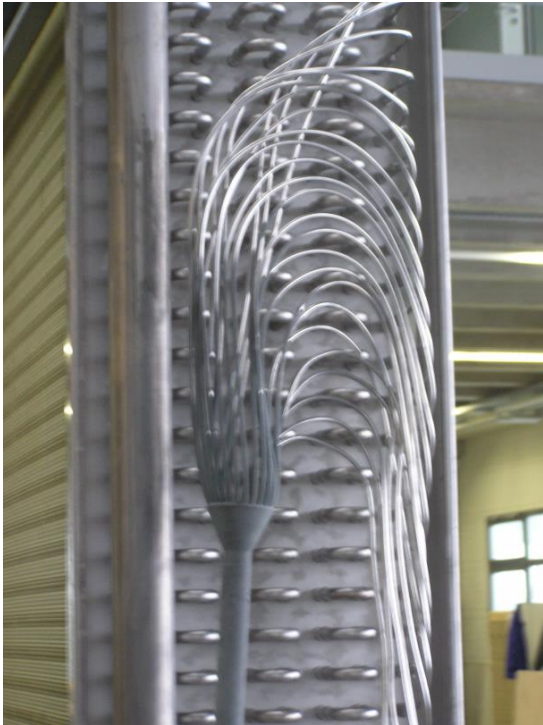
Mayor turbulencia, especialmente en la entrada de liquido – tubo completamente mojado – mayor coeficiente de transmisión

Control de recalentamiento estable incluso a bajas temperaturas



Distribuidor de líquido especial

El distribuidor debe asegurar uniforme inyección de líquido en cada tubo.



Carga de Nh3 en sistema DX



 Evaporador (5 ... 40) kW

 Texpansion seca

 Inundado por bomba

 Temperaturas de aire:

(-30 ... + 50) °C

 $t_0 = (-40 \dots + 10) ^\circ C$

Medición de carga de refrigerante

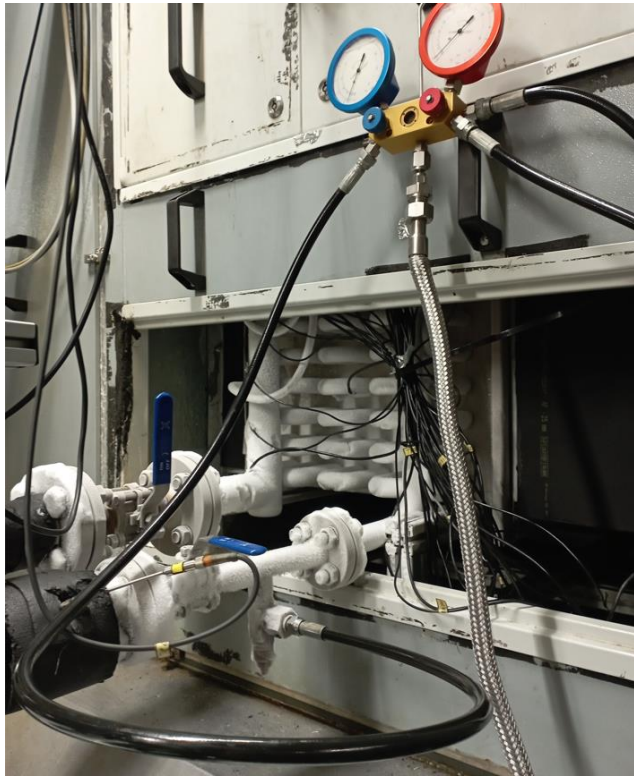
- Punto de medición

- $t_0 \quad \pm 0,2 \text{ K } (-10 \text{ } ^\circ\text{C bzw. } -30 \text{ } ^\circ\text{C})$

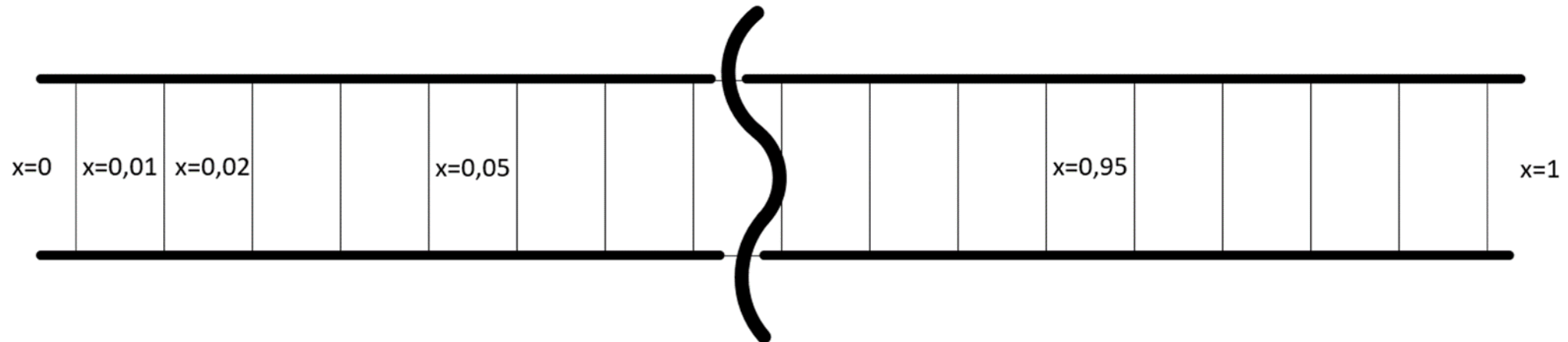
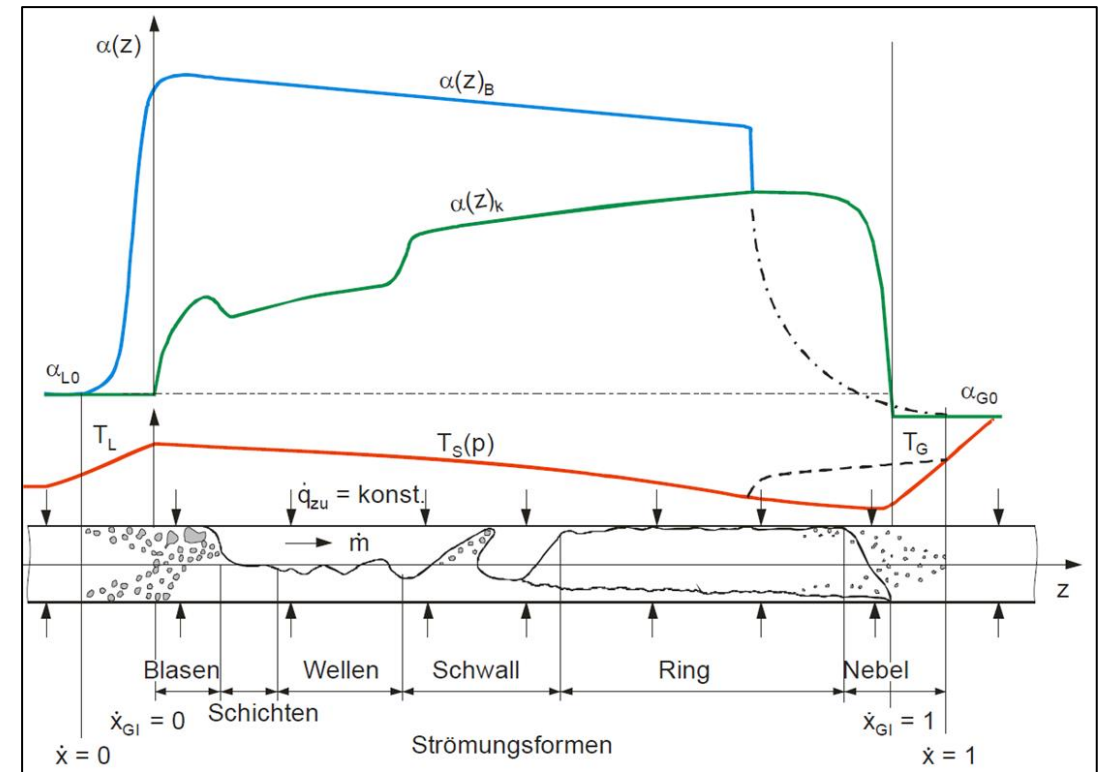
- $t_L \quad \pm 0,1 \text{ K}$

- $\dot{m}_{R717} \pm 2 \%$

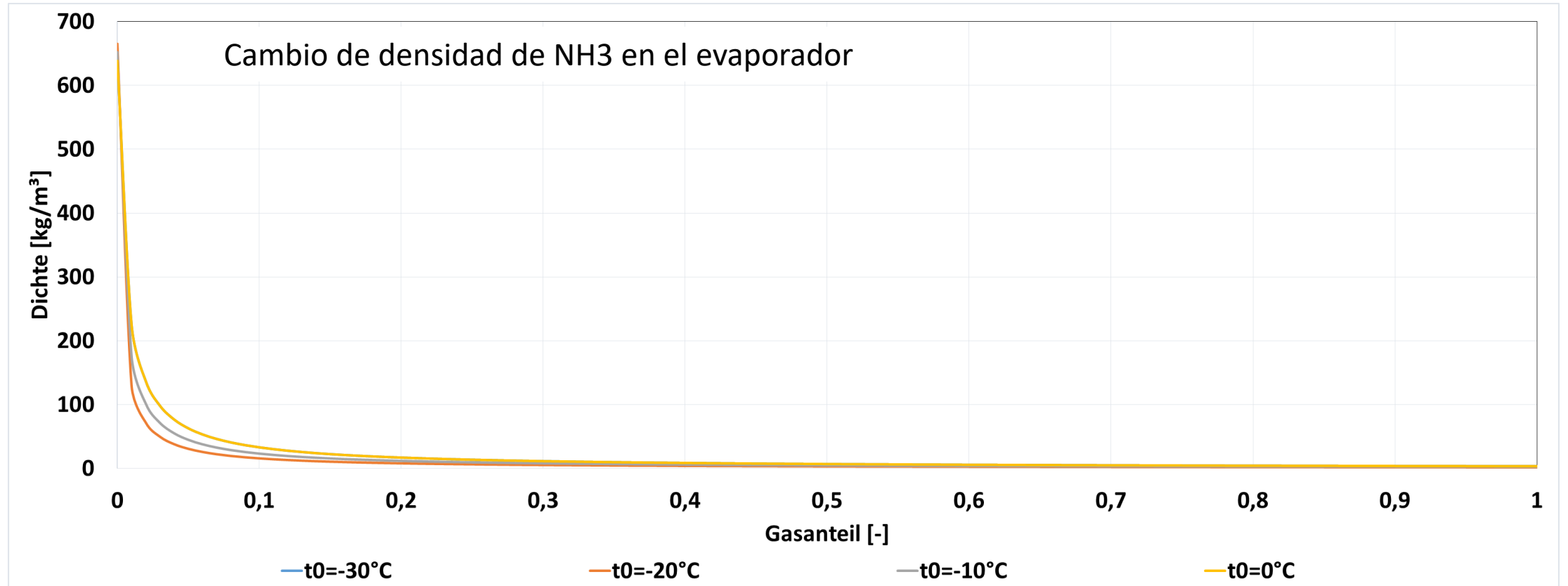
- $\dot{m}_L \pm 2 \%$



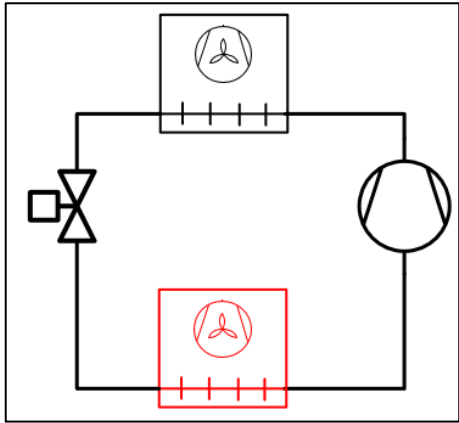
- Calculo teorico de carga de Nh3
simplificado: densidad de flujo de calor constante



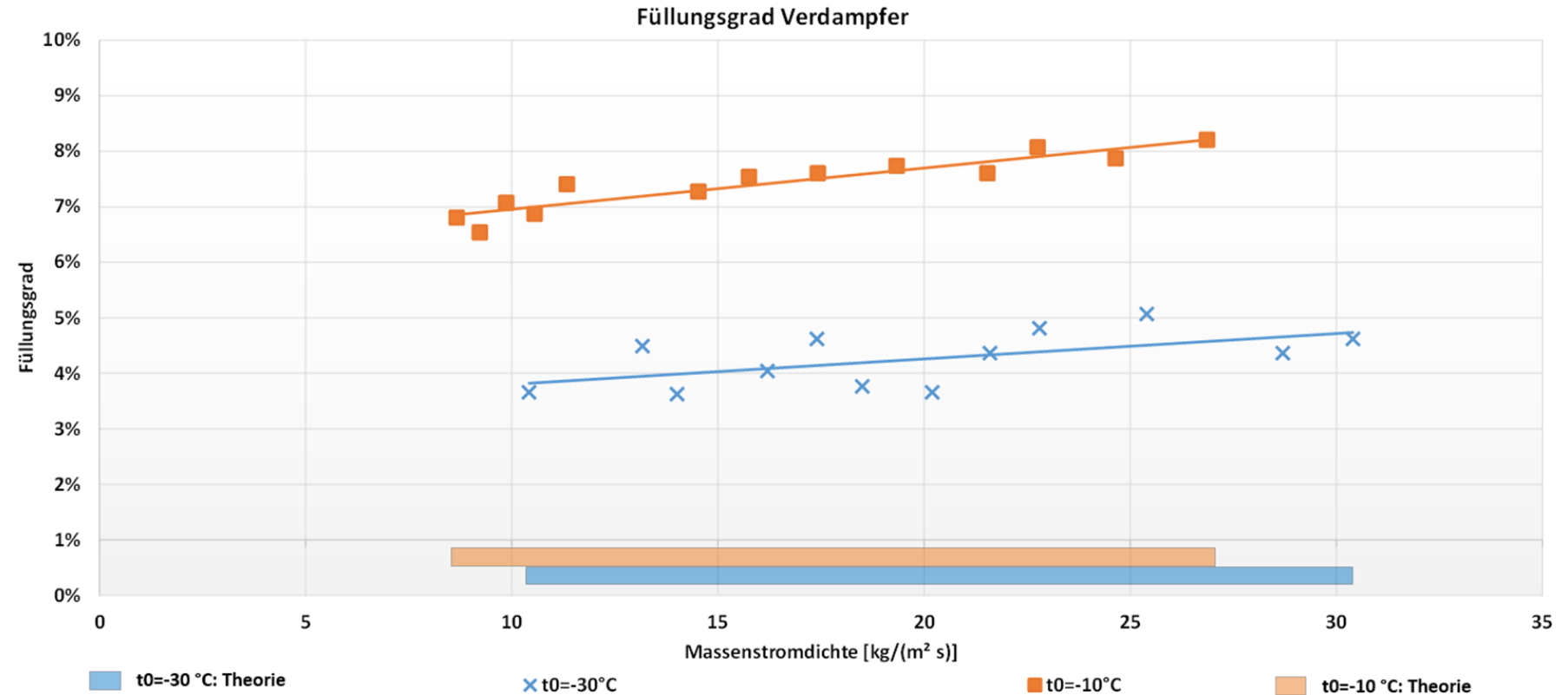
Calculo teórico de carga



Teoría, literatura y medición real

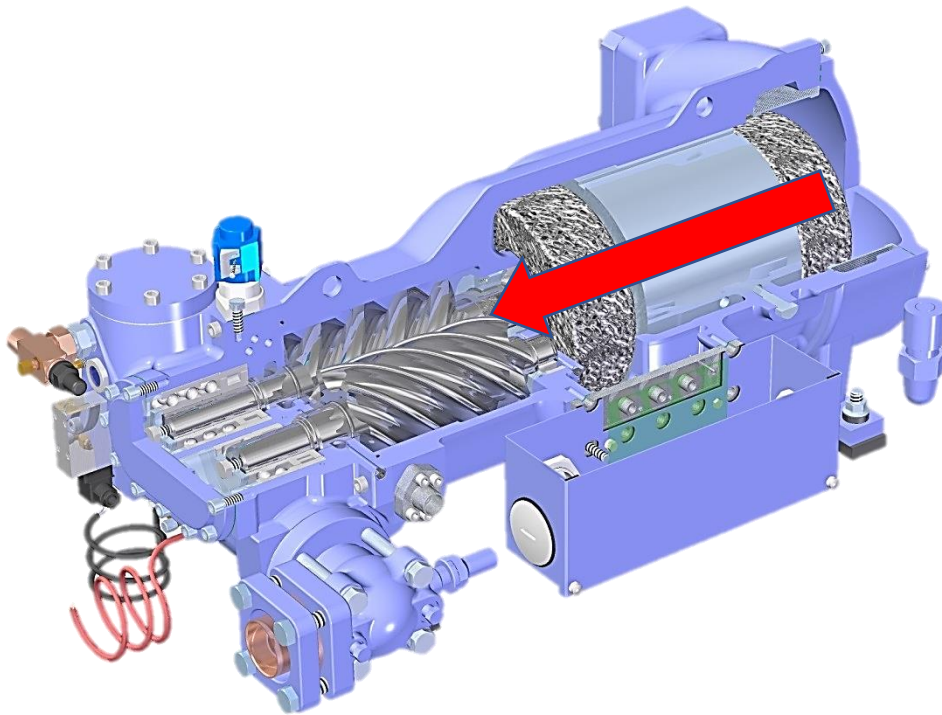


Carga de
refrigerante según
literatura 30-40 %



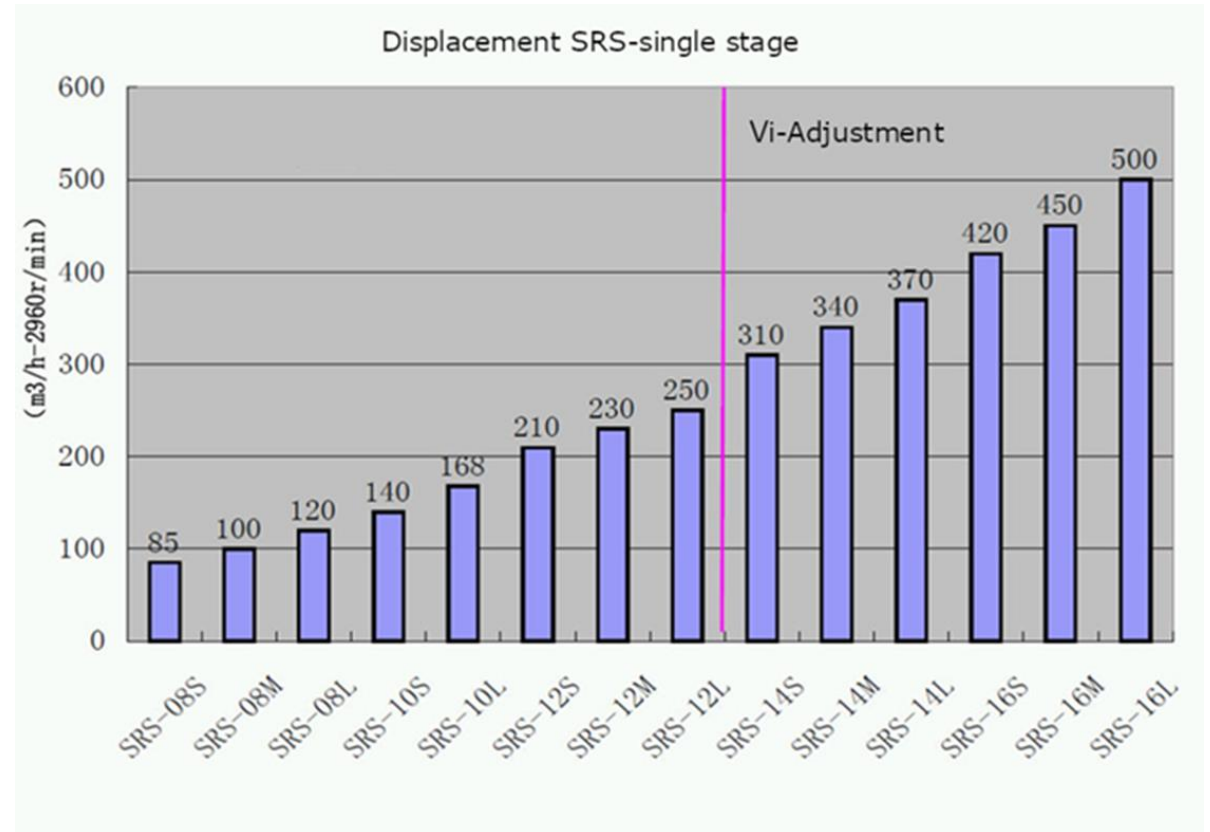
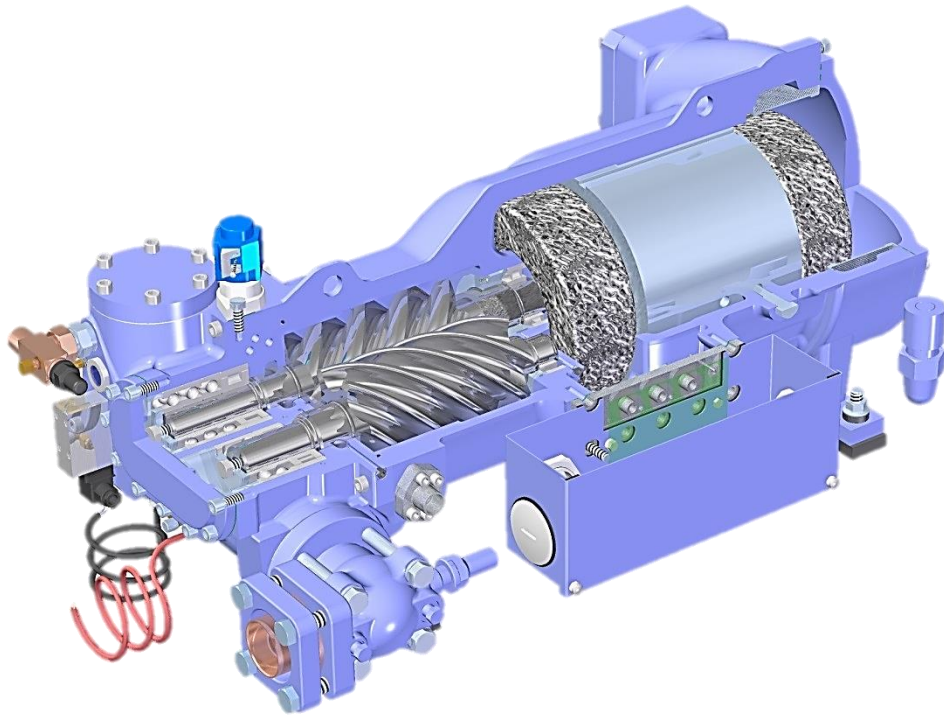
Compresor semihermetico NH3 en sistemas DX

- Recalentamiento de gas adicional con el paso por el motor



- Protección contra retorno húmedo
- Adicional enfriamiento motor en cargas parciales

Compresor semihermetico NH3 en sistemas DX



Control de capacidad en sistemas DX

- En sistemas de expansión seca es muy importante la estabilidad de temperatura de evaporación.
- El sistema tiene que poder reaccionar de manera eficiente a cambios de carga térmica para poder mantener el recalentamiento en los evaporadores.
- En sistemas con varios servicios y cambios bruscos de temperatura de aire en algunos de ellos, es necesario adelantar el control de capacidad de los compresores.

Control de capacidad critico para recalentamiento estable

ESPACIO PARA RECALENTAMIENTO



SITUACION DONDE EL COMPRESOR NO ES CAPAZ DE MANTENER LA TEMPERATURA DE EVAPORACION EN SERVICIOS EN FUNCIONAMIENTO CON ENTRADAS DE NUEVOS SERVICIOS.

Desaparece espacio para recalentamiento

Retorno húmedo

Control de recalentamiento

- El control de recalentamiento es el método mas eficiente para asegurar correcto funcionamiento de evaporadores DX
- Solo posible en evaporadores diseñados de manera correcta
- Si en el diseño de evaporadores DX para NH_3 no se tienen en cuenta factores comentados anteriormente, no va a funcionar con ningún método de control

Conclusiones

- Nh3 es el refrigerante muy eficiente y natural, una solución perfecta también en medianas y pequeñas instalaciones teniendo en cuenta la situación actual de requerimientos medioambientales
- Debido a sus características de cambio de volumen específico grande y amplia entalpía requiere cuidado especial a la hora del diseño de evaporador – clave para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Carga de refrigerante muy baja en sistemas DX
- Compresor semihermético – una solución con grado más de protección contra retorno húmedo
- Control de capacidad de la instalación importante para evitar retornos de líquido
- Selección del evaporador es la clave para el funcionamiento correcto no el sistema de control