

APLICACIÓN PRÁCTICA EN UN NUEVO EQUIPO CON EL REFRIGERANTE R-442 A PARA BAJA Tª. CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS.

1. Antecedentes y objeto de la aplicación:

A la vista de los resultados obtenidos en el trabajo de investigación comparativo, realizado previamente en una industria agroalimentaria de Miajadas, **Refrigeración Carrasco** ha tomado la decisión de adaptar una nueva instalación para su cliente INPRALSA (Grupo Gallina Blanca) prevista para utilizar el refrigerante R-507, con el refrigerante R-442A, dado que ofrece mejores prestaciones termodinámicas (COP y CAP) y una seguridad en el compresor semejante al resto de refrigerantes disponibles en el mercado, y en especial en lo referido a la temperatura de descarga. Este refrigerante tiene a su vez un PCA (GWP) en torno al 50% del índice ofrecido por el refrigerante R-507 previsto inicialmente para esta instalación.

El objetivo es, por tanto, aplicar el refrigerante R-442A en una nueva instalación cuya finalidad es la conservación de productos congelados, que son la materia prima base del producto final que produce el cliente. Esta instalación se encuentra en Miajadas (Cáceres).



Equipo 3, sobre el que se hace el estudio con R-442A

2. Consideraciones previas para la aplicación:

Teniendo en cuenta que la presente aplicación se lleva a cabo por los mismos técnicos que llevaron a cabo el estudio de campo comparativo de cuatro refrigerantes, es decir,

- **Francisco Javier Carrasco**, responsable técnico de la firma Refrigeración Carrasco, S.L. de Miajadas.
- **Joaquín Tena**, Ingeniero Técnico Industrial de la firma RefriApp, S.L., de Almería.
- **Fernando Gutiérrez**, Ingeniero Técnico Industrial autónomo.

estaban presentes todavía en la industria, se pusieron a estudiar la nueva instalación ya que, según se desprende del anterior estudio, cada una de las instalaciones debe ser estudiada por separado para observar los detalles de los componentes de la propia instalación para aplicar las **medidas correctoras** que procedan en cada caso. Así, se vieron las características de la misma que son las siguientes:

- El sistema dispone de una válvula de expansión electrónica y una línea de líquido de gran longitud.
- Para aplicar el refrigerante, se ha tenido en cuenta que se dispone de la herramienta **Climacheck** para el ajuste de todos los parámetros. De igual manera, se dispone del programa de Danfoss para la manipulación de la válvula de expansión electrónica de pulsos.
- Dado que la zona geográfica donde se ubica la instalación frigorífica es de alta Tª de condensación en verano (Miajadas, Cáceres), habrá al menos 8 meses que la Tª de descarga del compresor será suficientemente válida para el uso de la instalación sin problemas pero habrá que tener en cuenta alguna medida correctora para garantizar el buen funcionamiento en esos meses de más alta Tª exterior.

El aceite con que se cargó el sistema es POE ISO-32.

- Se utilizará además en su aplicación el **Aditivo Zerol ICE LT**, para mejorar la lubricidad de los compresores (la cantidad a añadir debe ser el 15% del volumen de aceite POE ISO-32)
- La carga de refrigerante de la instalación frigorífica, es de 90 Kg de R-442A.

3. Medidas correctoras previas a la puesta en marcha.

A) Para evitar el golpe de ariete producido por la presión de corte en la válvula de expansión, ya que al desconocer las propiedades de dicho refrigerante se tomo como base para la instalación y cálculo el R-507 característico de las instalaciones que disponen de larga tubería de línea de líquido, se colocará un **sistema compensador RCM**, para tubería de 1 1/8".

También podríamos utilizar otras medidas correctoras para evitar el golpe de ariete, que son:

- Aumentar el diámetro de la línea de líquido a la siguiente medida (1 3/8") para disminuir la velocidad del fluido de más de 1m/s a menos de 0.5 m/s.

- Colocar una válvula de expansión de apertura paso a paso.

En la instalación que nos ocupa, hemos optado por utilizar la medida correctora contra **golpe de ariete** que hemos señalado en primer lugar, es decir, la colocación de un dispositivo **RCM** para tubo de 1 1/8".

B) Para la alta Tª del verano, se coloca un sistema de inyección de líquido en la aspiración del compresor, con una válvula de expansión, que pueda inyectar líquido expansionado en la aspiración del compresor (en torno a 8/10Kw de potencia efectiva), comandada por una válvula solenoide y un termostato que controle la temperatura de descarga y mantenga la misma en situaciones extremas a temperaturas máximas de 105°C para el arranque y paro a 95 °C.

C) Hemos comprobado que el evaporador dispone de un ΔT pequeño (6°C) que es importante para que pueda funcionar correctamente el refrigerante R-442A.

D) Hemos comprobado que el condensador dispone de un ΔT en el aire de 8°C, fundamental para evitar una presión de descarga demasiado alta y que por supuesto arroje una Tª de condensación aceptable para las altas temperaturas propias de esta zona geográfica en verano.

E) Se ha dispuesto un sistema de regulación de los ventiladores del condensador para que mediante presostatos se pueda regular una Tª (en torno a 40°C) lo más estable posible a lo largo de la mayor parte del año y así obtener el mejor COP que hemos encontrado en las otras mediciones y análisis en el examen comparativo de los 4 refrigerantes.

4. Puesta en marcha, medición y análisis con Climacheck.

Una vez llevadas a cabo las medidas correctoras, se procede a probar la instalación siguiendo el siguiente protocolo:

1º) Prueba de estanqueidad del sistema presurizando con Nitrógeno Seco a 20 BAR y utilizando tecnología de ultrasonidos con la herramienta UP100 para la inspección y localización de posibles puntos de fugas.

2º) Carga de Aditivo Zerol ICE LT (15% del volumen de aceite POE ISO-32)

3º) Carga de refrigerante R-442A (una botella de 90 KG).

4º) Colocación de las sondas de Climacheck para medir y analizar cada una de las operaciones del sistema frigorífico, incluyendo el efecto de las Tªs altas de condensación y sus medidas correctoras.

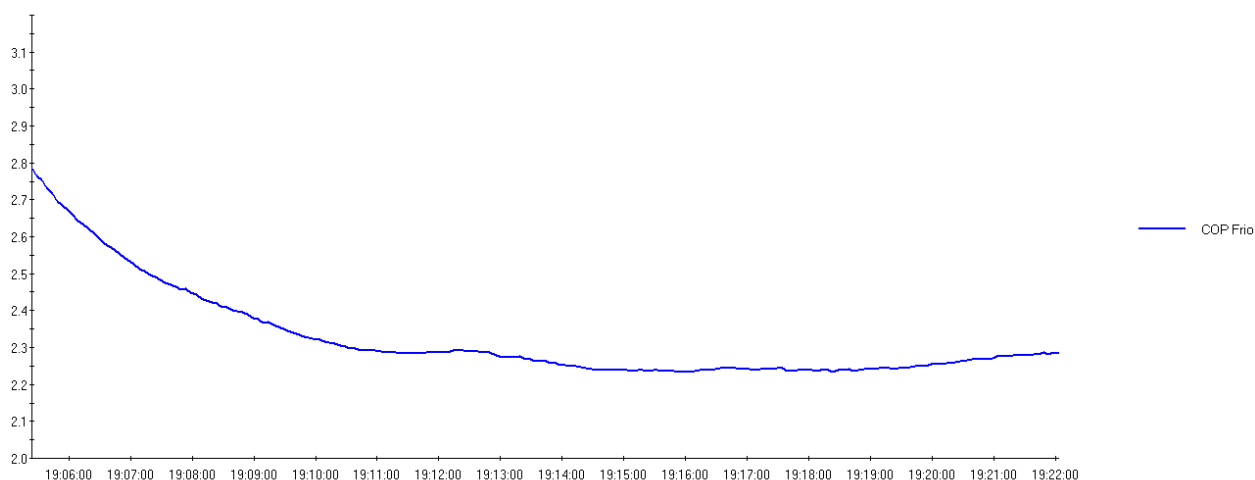
5º) Se observaron las siguientes prestaciones que podemos observar en la siguiente tabla:

	Tcond=25°C	Tcond=31°C	Tcond=40°C	Tcond=45°C	Tcond=50°C
PARÁMETRO A MEDIR	R-442 A	R-442 A	R-442 A	R-442 A	R-442 A
Temperatura de evaporación del refrigerante (°C)	-35.5	-26.4	-25.1	-28	-26.9
Presión de evaporación (bar)	0.4	1.09	1.2	0.93	1.03
Temperatura de aspiración (°C)	-9.3	-14.3	-15.6	-10.9	-10.1
Recalentamiento (°C)	23.6	9.6	7.2	14.9	14.6
Recalentamiento del evaporador (°C)	21.5	9.5	6.5	12.3	11.5
Deslizamiento (Glide) (°C)	6.5	6.4	6.3	6.4	6.3
Temperatura de descarga (°C)	93.9	80.7	93.7	106.1	98.2
Presión de condensación (°C)	11.34	13.53	17.34	19.74	22.45
Temperatura de condensación del refrigerante (°C)	25	31	40	45	50.2
Temperatura de entrada de aire al condensador (°C)	13.9	13.9	12.6	15.6	15.8
Temperatura de salida de aire del condensador (°C)	18.9	23.7	28.6	39.3	42.7
ΔT en el condensador (°C) (Tcond-Tsa)	6.1	7.3	11.4	5.7	7.5
Consumo eléctrico del compresor (KW)	12	16	17.7	16.6	17.3
Intensidad media por fase (A)	25.2	30.6	33.3	31.5	32.8
Potencia frigorífica (KW)	27.7	39.5	34.3	29.4	35.1
Potencia calorífica (KW)	38.9	54.3	50.7	44.8	51.1
COP frigorífico	2.31	2.48	1.94	1.77	2.03
Subenfriamiento (°C)	8.3	9.6	8.8	9.4	12.5
Caudal Volumétrico (m³/h)	100.78	99.2	89.6	91.38	106.14
Caudal másico de refrigerante (gr/s)	152.7	233.6	223.5	194.5	236.9

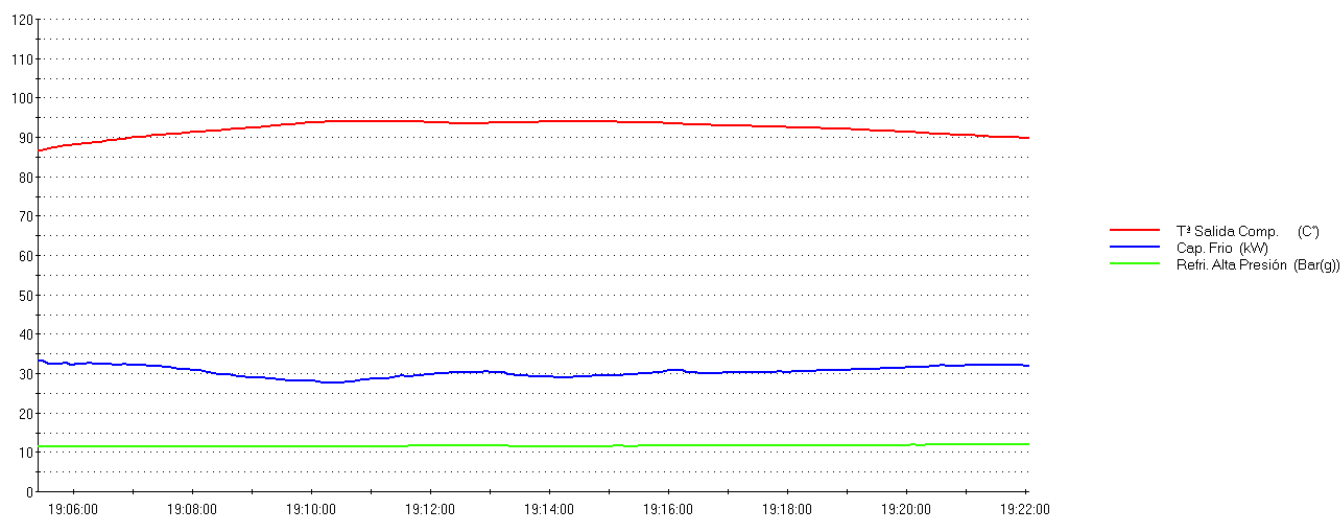
Nota: Se ve que la toma de datos a 50°C, estamos aumentando el caudal volumétrico y másico.

6º) Ahora vamos a observar detalles comentados de los siguientes puntos básicos del efecto del refrigerante R-442A en esta instalación, con sus curvas correspondientes:

6.1-Gráficas con Tcond=25°C (11.34 bar HP).

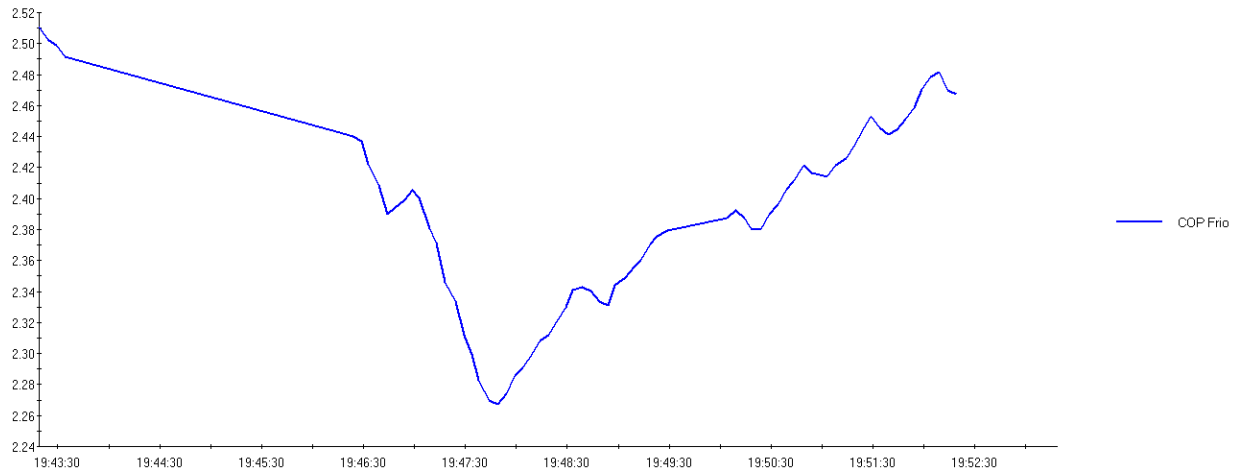


El COP permanece estable alrededor de 2.3.

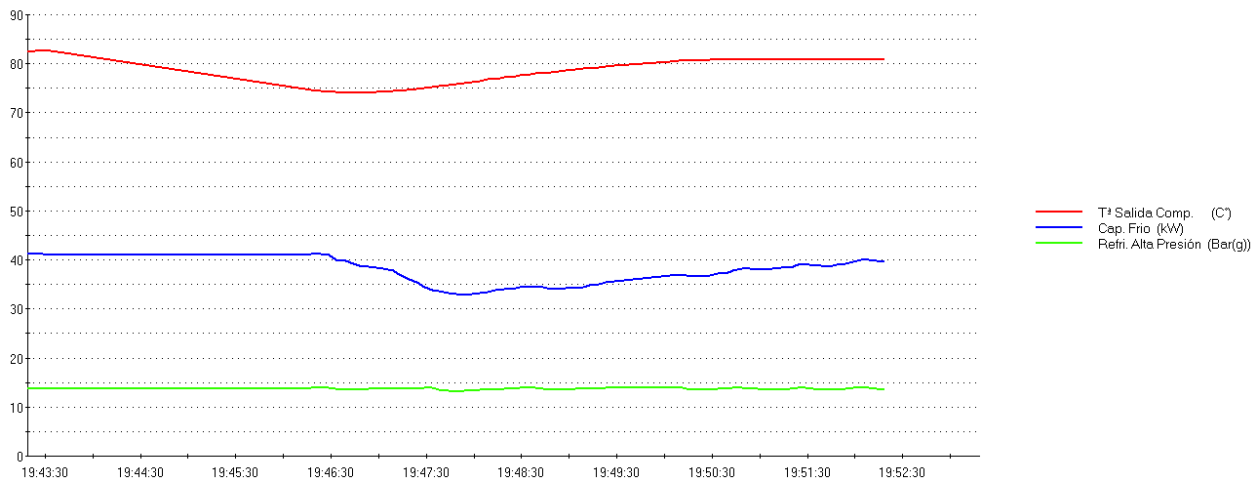


A esta presión de condensación, en torno a 11.5 bar, la temperatura de descarga se mantiene estable entre 90 y 95°C, la potencia frigorífica oscila entre 30 y 35KW.

6.2-Gráficas con Tcond=31°C (13.53 bar HP).



El COP fluctúa entre 2.26 y 2.5 en esta ocasión, siendo la media de 2.4.

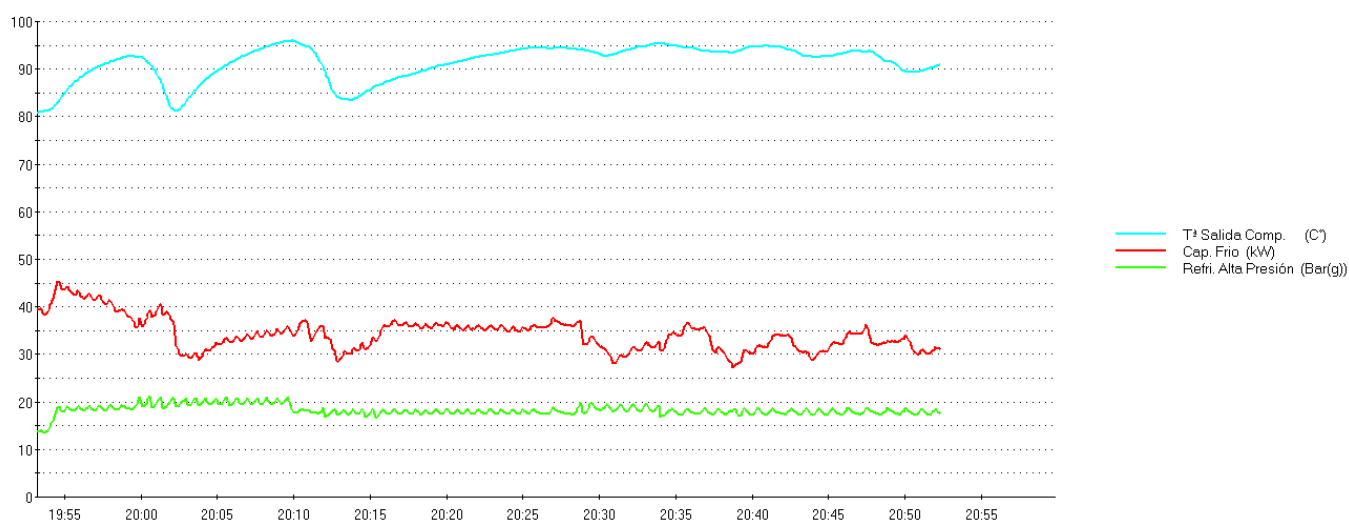


A esta presión de condensación, es decir, 13.53BAR, la temperatura de descarga oscila entre 74º y 83ºC, y la capacidad frigorífica del equipo se sitúa entre 35 y 40KW.

6.3-Gráficas con Tcond=40°C (17.34 bar HP).

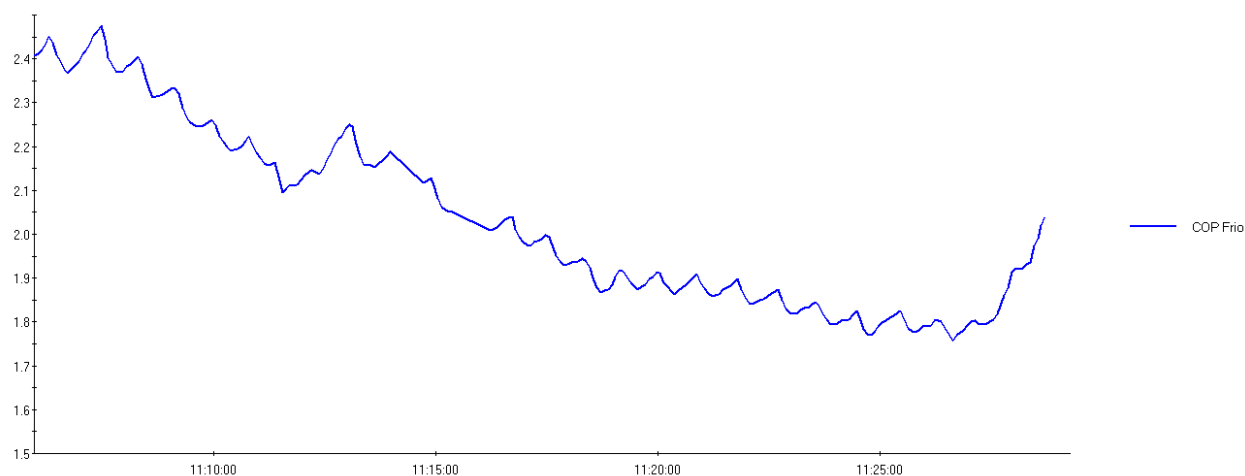


La media del COP durante esta medición, condensando a 40°C, se estabiliza alrededor de 1.94.

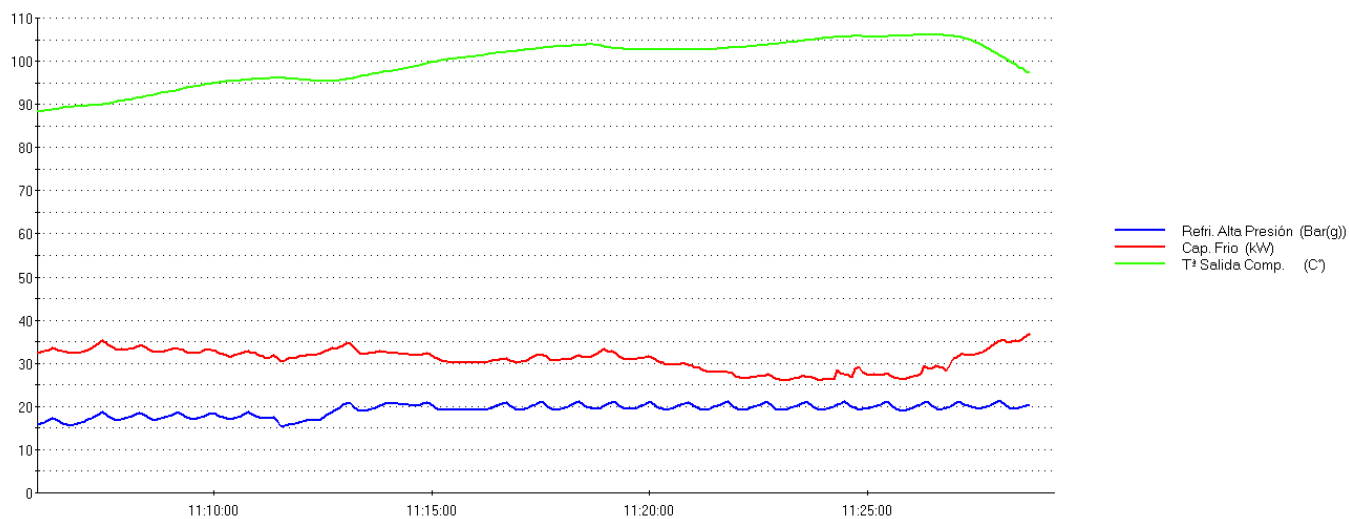


La temperatura de salida del compresor se sitúa entre 85 y 95°C, con las fluctuaciones normales, la capacidad frigorífica se sitúa entre 30 y 40KW, con una presión de condensación alrededor de 17.3BAR.

6.3-Gráficas con Tcond=45°C (19.74BAR HP).

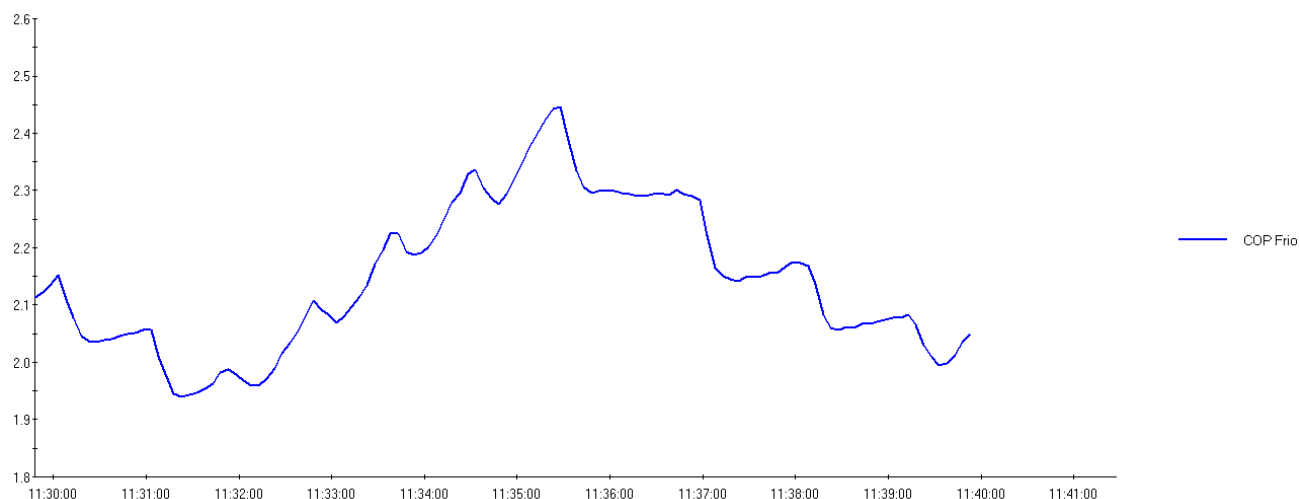


El COP medio durante esta medición es de 2.03.

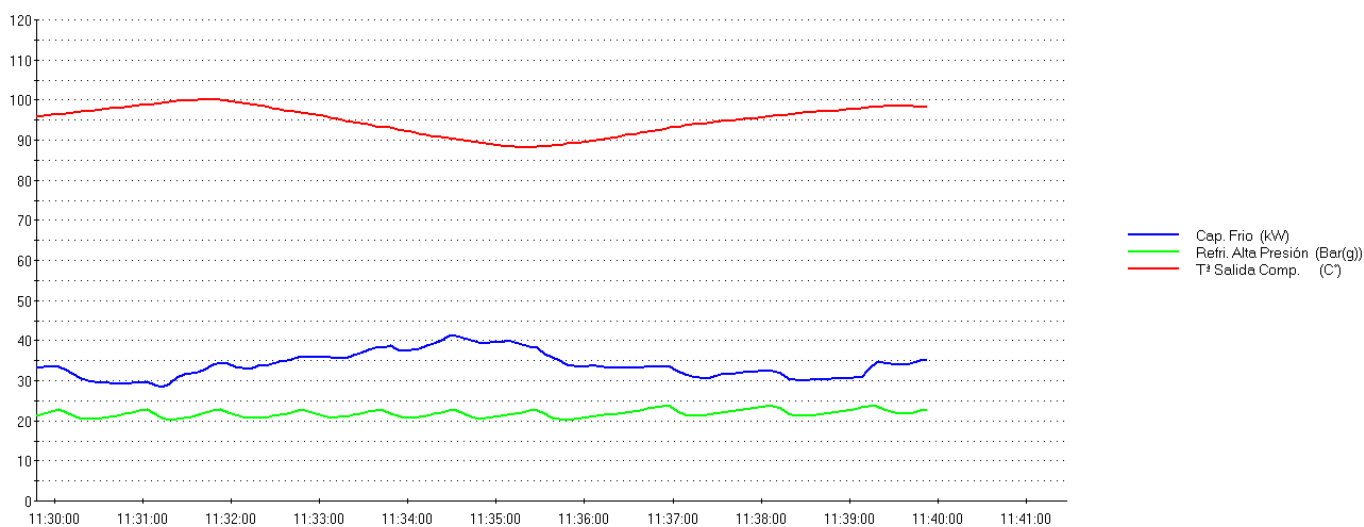


La temperatura de descarga llega a alcanzar los 105°C, la capacidad frigorífica se sitúa entre 30 y 35KW, con una presión de descarga alrededor de 20BAR.

6.3-Gráficas con Tcond=50°C (22.45BAR HP).

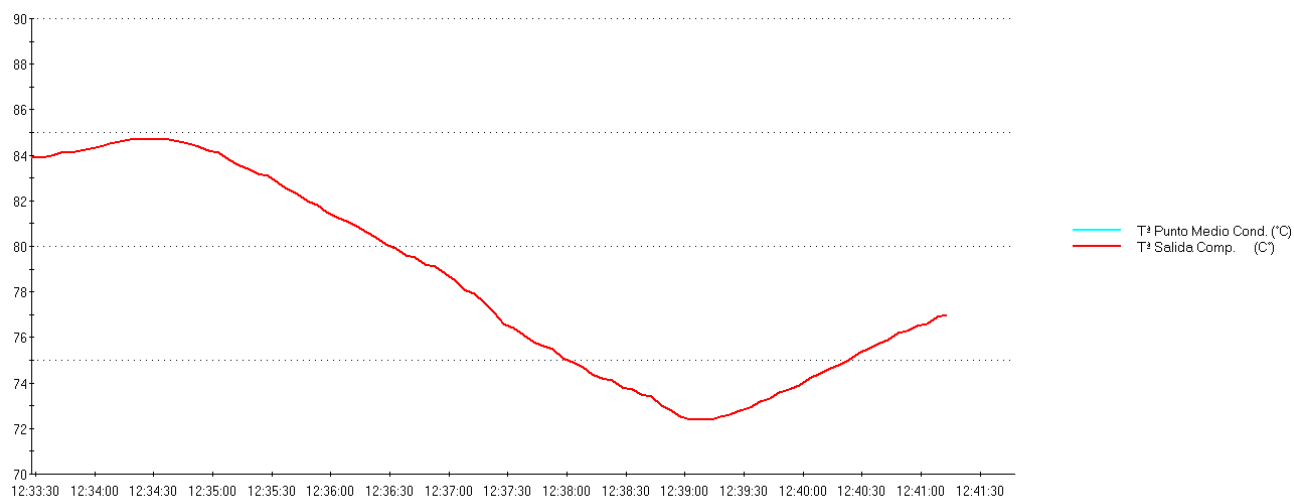


El COP oscila entre 1.9 y 2.5 durante toda la medición.



La temperatura de descarga oscila entre 90°C y 100°C durante la medición, siendo la capacidad frigorífica media de 35KW, a una presión de condensación de 22BAR.

Llegados a este punto, aplicamos inyección de líquido en la aspiración del compresor, a través de una válvula de expansión controlada por una sonda de temperatura situada en la descarga del compresor, con la finalidad de que no sobrepasemos los 84°C, a modo de prueba. Veamos cómo funciona este dispositivo:



5. Conclusión.

En líneas generales, se puede decir que la aplicación de este refrigerante R-442A (RS50) a esta instalación ha resultado ser muy exitosa, fruto del estudio comparativo de los cuatro refrigerantes que se realizó en primer lugar, y en segundo lugar gracias a la aplicación de las medidas correctoras anteriormente mencionadas, ya que los resultados obtenidos por este refrigerante son, si los comparamos con el refrigerante previsto para esta instalación R-507:

- **Mejor COP y mejor CAP.**
- **Aceptable presión de descarga y Tª de descarga para la mayor parte del año.**
- **Menor afectación al Calentamiento Global por dos razones, menor efecto directo del producto por posibles fugas y menor efecto indirecto por mejora de consumo energético.**

Realizado en enero de 2014.

Fco. Javier Carrasco // Director técnico de Refrigeración Carrasco, S.L.

Fernando Gutiérrez // Ing. Téc. Autónomo.

Joaquín Tena // Ingeniero Téc. Industrial de RefriApp, S.L.