

Monitorización “online-onsite” de instalaciones frigoríficas: Puesta en marcha, mantenimiento predictivo y optimización.

Autores de la comunicación: F.J. García¹, F. Gutiérrez², J.M. Rodríguez³ y J. Sánchez⁴

- 1 RefriApp, S.L., C/ Sierra Alhamilla, 47, Polígono Industrial La Juaida, 04240 – Viator (Almería). paco@refriapp.es
- 2 RefriApp, S.L., C/ Sierra Alhamilla, 47, Polígono Industrial La Juaida, 04240 – Viator (Almería). nando@refriapp.es
- 3 RefriApp, S.L., C/ Sierra Alhamilla, 47, Polígono Industrial La Juaida, 04240 – Viator (Almería). juanmi@refriapp.es
- 4 RefriApp, S.L., C/ Sierra Alhamilla, 47, Polígono Industrial La Juaida, 04240 – Viator (Almería). mariajose@refriapp.es

Resumen: Un 20% de la producción global de electricidad es consumida en los procesos de climatización y refrigeración, llegando en algunas aplicaciones al 50% del consumo eléctrico de una instalación, como es el caso de los supermercados. Los servicios tradicionales se han centrado en la búsqueda de fugas y, generalmente, hay una gran idea errónea de que, si un sistema enfría, es que es eficiente. Para reducir el consumo de energía, se debe tener una imagen clara de cómo está funcionando el sistema. Esta presentación abarca métodos actuales para medir y visualizar el rendimiento en las instalaciones frigoríficas. La experiencia en otros proyectos de monitorización muestra ahorros entre un 10 y 30% con una baja inversión. “Medir es saber”.

Palabras clave: Medición, Optimización, Eficiencia, Rendimiento, SEI.

1. INTRODUCCIÓN

El potencial ahorro en consumos de energía, gracias a la optimización, es un objetivo fácilmente alcanzable si se hace una adecuada monitorización de los sistemas existentes. En el informe de ASHRAE, enfocado a la refrigeración comercial e industrial (Royal, 2014), muestra que la mayoría de las plantas tienen un consumo energético mayor de lo esperado, causado por una puesta en marcha deficiente o unos mantenimientos que no son los correctos.

A menudo, ahorros del 10-30% son posibles a inversiones bajas o nulas, en gran número de instalaciones. La mayoría de los fallos puede evitarse a través del análisis del rendimiento de los sistemas, permitiendo realizar también unas puestas en marcha, unos mantenimientos y unas supervisiones adecuadas. En el estudio del Royal Institute of Technology (KTH), de Suecia, donde se sometieron a análisis 164 sistemas frigoríficos, se llegó a la conclusión de que el 87% de ellos tenía alguna falta y de media, había una variación en el COP de 9,7% y un 8,6% de capacidad con respecto a los rendimientos nominales. Traducido a valores de energía se traducen en 45,44 TWh que pueden ser ahorrados, esto es equivalente a la producción de energía de Portugal o Dinamarca.

Con la introducción del Índice de Eficiencia del Sistema (SEI, por sus siglas en inglés) y sus sub-eficiencias, es posible, una rápida visualización de como de bien o mal está funcionando el sistema.

2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

Existen dos posibilidades para calcular el rendimiento de un proceso frigorífico, la forma tradicional, midiendo "externamente", o la expuesta en este informe basada en un método de mediciones "internas" del circuito frigorífico.

2.1. MÉTODO EXTERNO

El método tradicional consiste en la medición de los flujos de los fluidos secundarios en los evaporadores o condensadores.

Las mayores restricciones de este método son:

- El coste y la dificultad de aplicar y conseguir una precisión buena de las mediciones de los flujos.
- Los errores causados por los pequeños incrementos de temperatura que se producen en las mediciones del lado secundario.
- La dificultad para establecer de forma precisa la humedad en los sistemas de aire y las propiedades físicas en los sistemas de salmuera.

2.1. MÉTODO INTERNO

Este método se basa en la medición de temperaturas y presiones del circuito frigorífico primario. Las entalpías del refrigerante en los puntos clave pueden ser calculadas y, por tanto, parámetros de rendimiento como el COP o la capacidad pueden ser establecidos. La ventaja más destacada de este método es que no sólo indica la desviación del sistema del rendimiento esperado, sino que también proporciona información sobre el motivo de la desviación.

El rendimiento basado en el método interno tiende a ser más preciso, ya que, generalmente son mucho menos susceptibles a los errores de medición y sólo tienen una incertidumbre alrededor del 5%. Un esquema del montaje de los sensores de temperatura y presión en un método de medición interno se muestra en la siguiente figura (Fig.1).

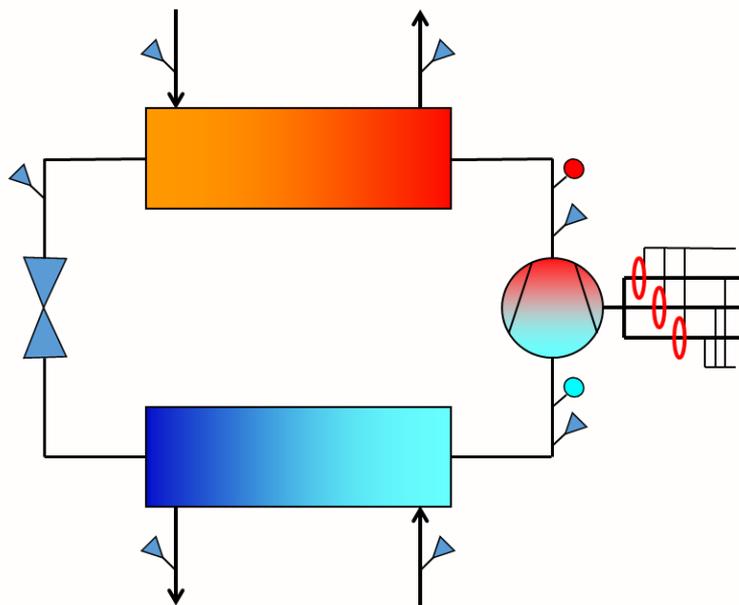


Figura 1. Colocación de las sondas para monitorizar una instalación estándar.

ClimaCheck es una de las herramientas de análisis de rendimiento de sistemas frigoríficos que utiliza este método de medición.

Con estas sondas los parámetros registrados y calculados abarcan presión y temperaturas en aspiración y descarga de compresor, temperatura de línea de líquido, temperatura media de condensación y evaporación, entalpías, COP y capacidad en modo frío y calor, subenfriamiento, recalentamiento, consumos, rendimiento isentrópico del compresor, saltos térmicos en intercambiadores de calor, rendimientos intercambiadores, etc.

Este método interno calcula el caudal de refrigerante mediante la monitorización del consumo eléctrico de los compresores, realizando un análisis de energía en el compresor (Fig. 2), donde las

incógnitas son el caudal másico y las pérdidas de calor. Estas pérdidas, son fácilmente predecibles según ASERCOM, por ejemplo, para compresores herméticos se encuentran en un intervalo entre el 3 y 10%.

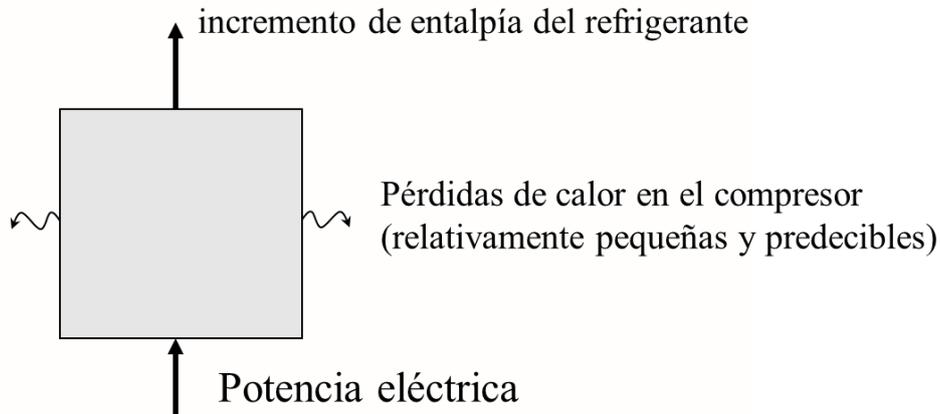


Figura 2. Equilibrio energético del compresor.

3. SEI: ÍNDICE DE EFICIENCIA EN SISTEMAS. UN PARÁMETRO PARA LA EVALUACIÓN COMPARATIVA Y OPTIMIZACIÓN

El indicador de rendimiento SEI, es la comparación de la eficiencia de un sistema frigorífico contra un sistema 100% eficiente, sin pérdidas, en las condiciones de operación en las que se está midiendo, por tanto, no depende de las condiciones exteriores a la hora de hacer las mediciones. En un proyecto liderado por SP Technical Research Institute de Suecia y financiado por la Agencia de la Energía de Suecia, han evaluado el SEI determinándolo como una herramienta válida para analizar las mediciones en campo (Lane Anna-Lena, 2014).

3.1. SUB-EFICIENCIAS

Que el SEI sea considerado como una herramienta poderosa, radica en la posibilidad de identificar y comparar los puntos débiles. Las sub-eficiencias (Fig. 3) más interesantes para la mayoría de las aplicaciones son:

- Eficiencia del ciclo.
- Eficiencia del compresor.
- Eficiencia del condensador.
- Eficiencia del evaporador.

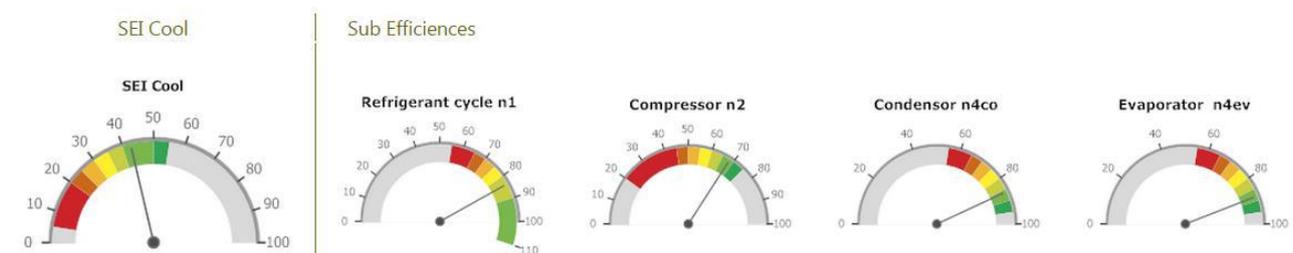


Figura 3. Representación SEI y sub-eficiencias.

Como el SEI y las sub-eficiencias son independientes de las condiciones de funcionamiento, resulta ser un parámetro práctico de análisis y comparación.

4. VENTAJAS DE LA MONITORIZACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, las instalaciones tienden a consumir más energía de lo esperado. Ese aumento de consumo se debe, principalmente, a que trabajan en unas condiciones fuera de las de diseño, que viene derivado por dos motivos:

Durante la puesta en marcha no se han controlado los parámetros de trabajo y no se ha ajustado correctamente:

- La carga de refrigerante es inferior o superior a la que necesita el sistema.
- La circulación de fluido secundario en los intercambiadores de calor es baja o alta.
- Existe un problema de diseño de algún elemento y el comportamiento no es el esperado.
- Error en la elección de los parámetros de consigna.
- El control de funcionamiento de los compresores no es el correcto.

Con el transcurso del tiempo ha habido un deterioro del sistema y este ya no trabaja en las condiciones de diseño.

- Se ha producido una fuga y al sistema le falta refrigerante.
- El salto térmico entre refrigerante y fluido secundario es mayor que el de diseño.
- El rendimiento de los compresores es bajo.
- Alarmas. Fugas de refrigerante, caídas de rendimiento: Mantenimiento predictivo. (Fig. 4).
- Detección de problemas. Permite detectar problemas de manera más rápida y de forma general. Algunos problemas no se detectan a menos que se monitorice durante varios días.

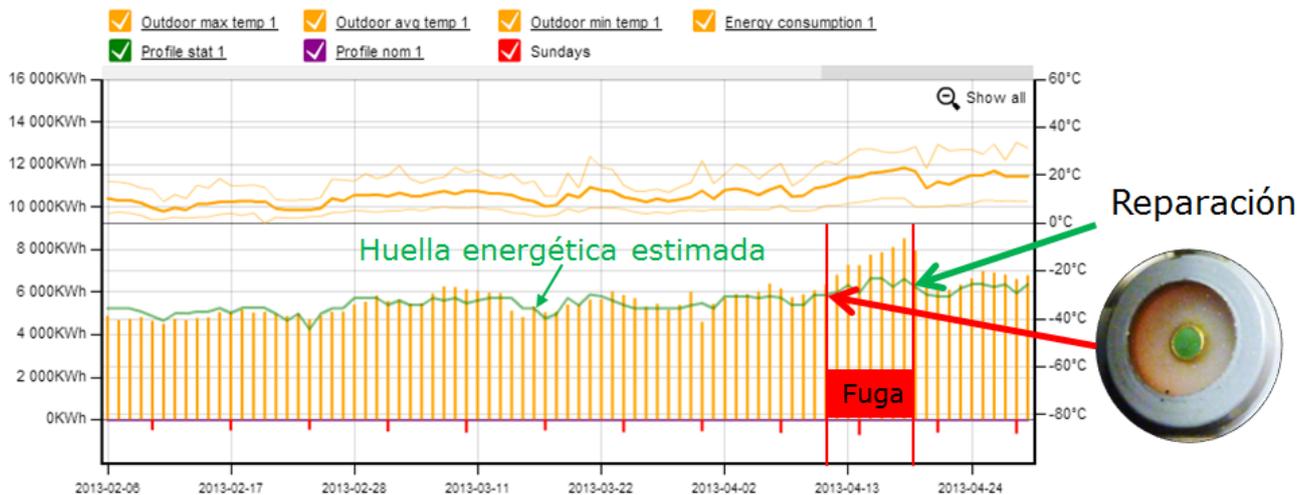


Figura 4. Aumento de consumo eléctrico por fuga de refrigerante.

4.1. JUSTIFICACIÓN DE LOS AHORROS ENERGÉTICOS

Normalmente, los propietarios no quieren saber de aspectos técnicos concretos del funcionamiento de sus instalaciones, solo se centran en consumos eléctricos.

Para probar que las medidas de mejora que se adoptan en la instalación, realmente funcionan, hay que estudiar el comportamiento de la instalación durante un tiempo razonable, para ello sería interesante realizar una huella energética dependiendo de la temperatura exterior y ver las diferencias respecto al periodo pre-optimización. Además, una vez generada la huella energética se podría predecir el consumo energético de la instalación al año sabiendo las temperaturas esperadas

para el emplazamiento de la instalación. Esto es posible con un sistema de monitorización como ClimaCheck (Fig. 5).

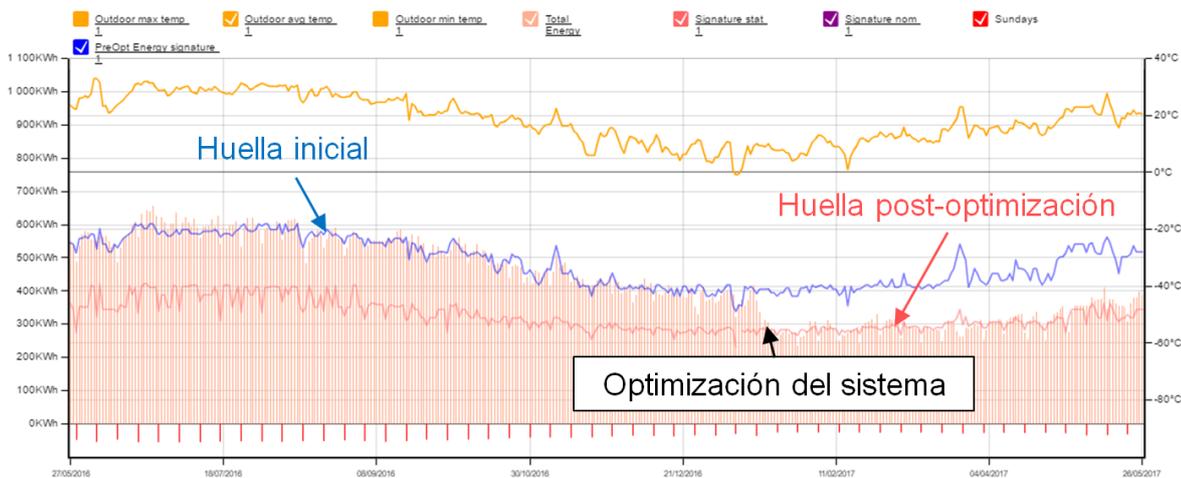


Figura 5. Validación del ahorro conseguido con las medidas adoptadas para la optimización del sistema.

5. EJEMPLO DE MONITORIZACIÓN DE UN SISTEMA

Cada instalación frigorífica es única, por lo que para cada sistema habrá que aplicar una serie de medidas basadas en la experiencia. Los refranes “no arregles algo que no está roto” y “si enfría, es que es eficiente” son un gran impedimento cuando se sugieren medidas de optimización. El desconocimiento del error en una instalación muchas veces no es motivo suficiente para invertir en su resolución. Esto está cambiando poco a poco, con las nuevas regulaciones y con el empleo de equipos avanzados para el análisis de rendimiento en las instalaciones frigoríficas.

5.1. OPTIMIZACIÓN DE UN SUPERMERCADO

Los datos de la Fig.5 corresponden a las mediciones de un supermercado con un sistema tradicional en cascada de R-404A, controlado con un variador de velocidad en los compresores y otro en los ventiladores de los condensadores. Tras el periodo de medición inicial, donde se estableció la huella energética base, se identificaron los siguientes problemas, que producían un mayor consumo energético:

- Punto de consigna alto para el control de los ventiladores del condensador.
- Un compresor en baja temperatura con poca eficiencia, que indicaba que pronto se podría producir su rotura.
- Sistema de arranque y parada de los compresores no estaba bien ajustado.
- Se detecta que la carga de refrigerante era insuficiente.

En la Fig. 6, se muestra una mejora del COP en baja temperatura por la sustitución del compresor con un pobre rendimiento y una bajada en la presión de condensación.

En la Fig. 7, se observa la disminución de la potencia consumida por los compresores, debida al cambio en la temperatura de condensación. También está representada la disminución del recalentamiento y el aumento del subenfriamiento como consecuencia del ajuste de la carga de refrigerante.

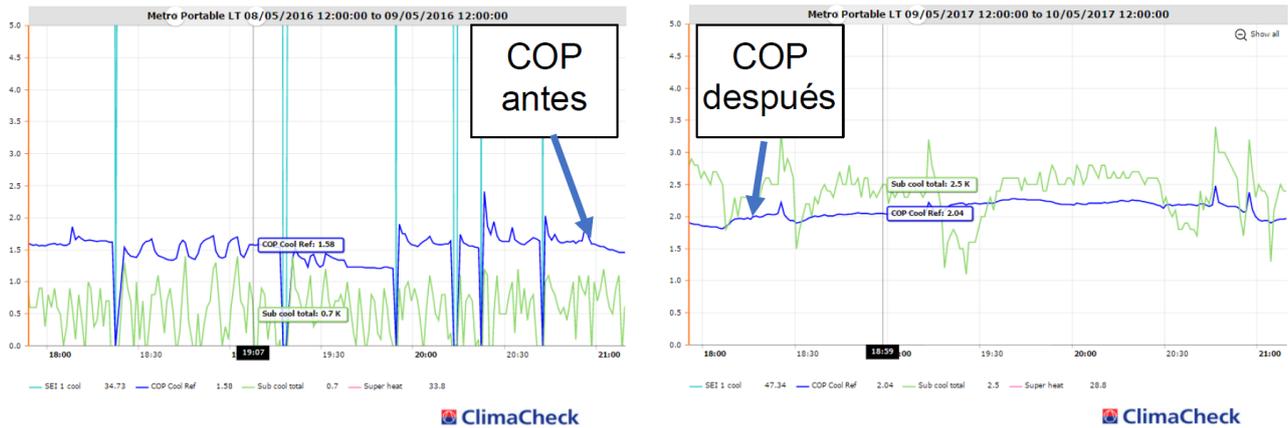


Figura 6. COP antes y después de la optimización del sistema.

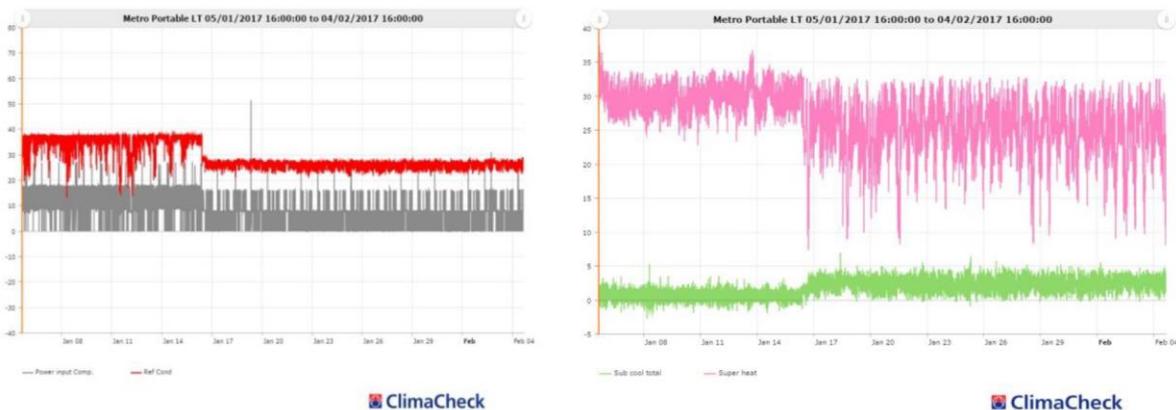


Figura 7. Consumo (izquierda) y recalentamiento y subenfriamiento (derecha) antes y después de las mejoras.

5.2. RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN

Con la implementación de las mejoras propuestas se obtuvieron los siguientes datos:

- Reducción de la energía consumida en un **29%**.
- **45.000 kWh** de ahorro energético anual.
- Estimación de ahorro de **5.000 € anuales**, suponiendo 0,11 €/kWh.

6. CONCLUSIONES

Con la implantación de un sistema fijo que analice la instalación frigorífica, se tendrá en todo momento monitorizada la misma pudiendo controlar su funcionamiento, observar caídas de rendimiento, tanto general como de algún componente, validar los cambios después de una intervención, estudiar medidas de mejora y programar las alarmas de funcionamiento que se estimen oportunas.

Todas estas características redundarán en un mantenimiento preventivo eficaz y un funcionamiento del sistema en su rango óptimo de funcionamiento, teniendo así una alta eficiencia.

7. REFERENCIAS

BERGLÖF, K. y ANAGNOSTATOS, S.D. (2017). “The future business opportunity of the service sector is to measure and optimize”. XVII European Conference Milano. Italia.

BERGLÖF, K. (2015). “System Efficiency Index, a tool for energy optimization in refrigeration and air conditioning plants and a guideline for optimization of industrial refrigeration plants”. Galileo Institute. Italia.

LANE, A., BENSON, J., ERIKSSON, L., FAHLÉN, P., NORDMAN, R., HAGLUND, C., BERGLÖF, K. y HUNDY, G. (2014).: “Method and guidelines to establish System Efficiency Index during field measurements on air conditioning and heat pump systems”. Technical Research Institute of Sweden. Suecia.

ROYAL, R. (2014).: “Refrigeration Commissioning Guide, for Commercial and Industrial Systems”. ASHRAE. EE.UU.

PRAKASH, J. (2006), “Energy Optimisation Potential through Improved Onsite Analysing Methods in Refrigeration”. Royal Institute of Technology (KTH). Suecia.

ASERCOM (2003), “Definition of Total Heat Rejection for compressors”. ASERCOM. Alemania.