

## INFORME DE RESULTADOS PRELIMINARES

### 1. Objeto del informe

El presente informe tiene como finalidad mostrar las medidas energéticas realizadas sobre dos equipos frigoríficos para conservación de producto perecedero, incorporando la tecnología diseñada por la empresa BIOFRESHTECH S.L. (<https://biofresh.tech/>) basada en el almacenamiento de energía térmica empleando sales con cambio de fase.

El análisis de los datos ha sido realizado por el grupo de investigación del GIT ([www.git.uji.es](http://www.git.uji.es)) con sede en la Universidad Jaume I de Castellón, mientras que las mediciones han sido llevadas a cabo por la empresa BIOFRESHTECH S.L. en sus instalaciones ubicadas en Picanya (Valencia).

### 2. Alcance

Los equipos analizados corresponden a dos muebles frigoríficos empleados en refrigeración comercial, para la conservación de producto fresco y congelado. El primero de ellos es una vitrina expositora vertical con dos puertas acristaladas de dimensiones exteriores aproximadas 1200 x 750 x 2000 mm, con grupo frigorífico incorporado. El segundo equipo es un arcón congelador para la conservación de producto congelado, con una puerta sin acristalar y dimensiones exteriores aproximadas 1860 x 860 x 900 mm, con grupo frigorífico incorporado. Ambos equipos han sido modificados por la propia empresa para incorporar un recipiente contenedor de sales con cambio de fase accionadas mediante un equipo frigorífico. Dichas sales elaboradas por la propia empresa, se congelan a una temperatura reducida mediante un grupo frigorífico incorporado en el equipo o externo a él, introduciendo así una fuerte inercia térmica que desacopla el funcionamiento del grupo frigorífico con respecto la demanda térmica del equipo. De esta manera se consigue que el equipo pase a ser un elemento autónomo capaz de compensar cualquier carga térmica externa sin la necesidad de poner en funcionamiento el propio equipo frigorífico hasta que la sal se funde completamente.

### 3. Metodología

#### 3.1 Equipos de medida

Para las mediciones realizadas por la empresa BIOFRESHTECH S.L. en sus instalaciones, se han empleado registradores combinados de temperatura y humedad relativa AKO-59810 y AKO-59820, con rangos de medida de  $-40$  a  $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $0$  a  $100\% \pm 2\%$ , respectivamente. El consumo energético se ha registrado mediante un contador monofásico de energía ORBIS CONTAX D-2221 con rango de medida de  $0$  a  $999.99 \text{ kW}\cdot\text{h} \pm 0.01 \text{ kW}\cdot\text{h}$ .

El equipo de conservación de producto fresco se ha monitorizado con un registrador AKO-59810 colocado en el interior a mitad de altura de almacenamiento de producto, mientras que el equipo de conservación de producto congelado se ha monitorizado con un registrador AKO-59820 ubicado también en el interior a mitad de altura de almacenamiento de producto. La energía medida por ambos equipos se ha registrado mediante dos contadores de energía diferentes, mientras que las condiciones ambientales se han determinado empleado un registrador de datos AKO-59810 ubicado en el ambiente exterior. Cabe destacar que este ambiente exterior no está controlado aunque las variaciones de temperatura a lo largo de los ensayos están muy acotada dado que se trata de un recinto cerrado.

En todos los casos el periodo de muestreo es cada 30 min.

### 3.2 Forma de ensayo

Para determinar el consumo energético de ambos equipos, se han realizado mediciones de consumo energético durante 24 horas en condiciones de funcionamiento sin apertura de puertas y con apertura controlada de puertas.

## 4. Resultados

### 4.1 Condiciones ambientales

El periodo ensayado comprende desde el día 8 de Febrero a las 9.30 am al 11 de Febrero a las 23.59 pm. La Figura 1 muestra la evolución de la temperatura y humedad relativa ambiente en este periodo, observándose un valor promedio de la temperatura de  $15.7^{\circ}\text{C} \pm 0.8^{\circ}\text{C}$  y un valor medio de la humedad relativa en torno a  $52.1\% \pm 4.8\%$ .

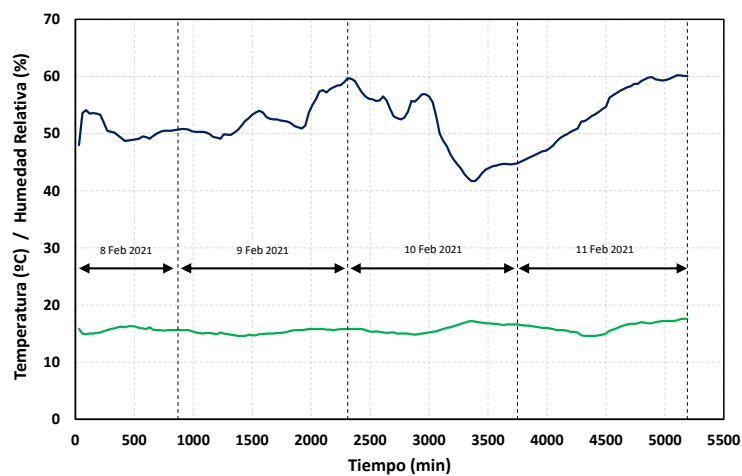


Figura 1 – Condiciones climáticas de temperatura y humedad relativa

### 4.2 Equipo para conservación de producto fresco

Los valores de temperatura y humedad relativa medidos en el interior del equipo de conservación de producto fresco, se muestra en la Figura 2 incluyendo los ensayos con puerta cerrada (A) y los ensayos con apertura de puertas de forma controlada (B).

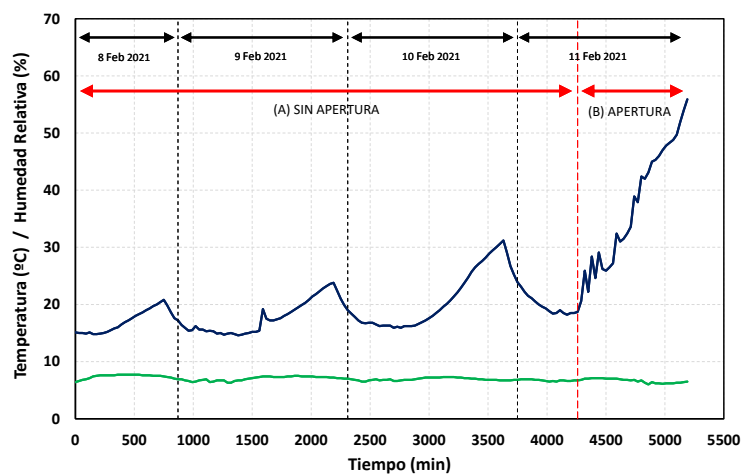


Figura 2 – Condiciones de temperatura y humedad relativa en el equipo para producto fresco

De acuerdo con la Figura 2, durante el funcionamiento del equipo sin apertura de puertas (A) la temperatura registrada en el interior del equipo se mantuvo en torno a  $7.0^{\circ}\text{C} \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ , mientras que la humedad relativa tuvo un valor medio de  $18.9\% \pm 3.9\%$ . Estos valores son muy estables incluso en los periodos de desescarche, asegurando así una mayor durabilidad del producto.

En el periodo correspondiente al ensayo de apertura de puertas (B), las puertas del equipo se abrieron durante 30 segundos cada hora, lo que se refleja claramente en el aumento progresivo de la humedad relativa hasta un valor máximo de 55.9%. En cuanto a la temperatura, el valor promedio permanece inalterado en torno a  $6.8^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$  lo que pone de manifiesto el buen funcionamiento del sistema de almacenamiento térmico el cual amortigua las variaciones de temperatura interna logrando siempre una temperatura uniforme.

Finalmente, en lo que respecta al consumo energético, la Figura 3 refleja la energía eléctrica consumida por el equipo en los periodos ensayados incluyendo el grupo frigorífico, ventilación, luces y el sistema de regulación y control.

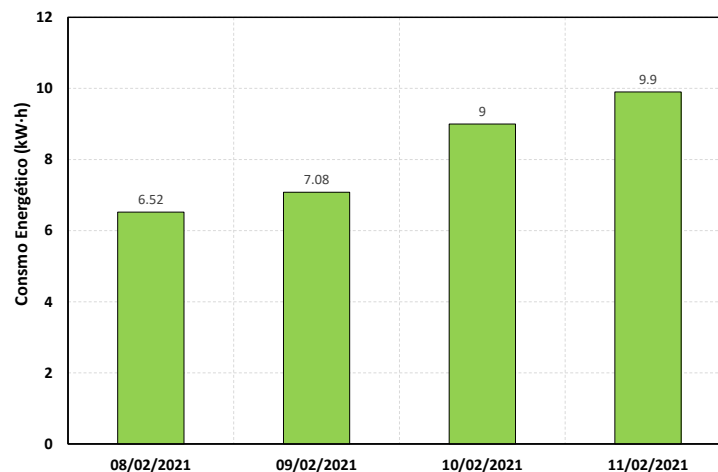


Figura 3 – Consumo energético del equipo para producto fresco

Tomando como referencia los días 8 y 9 para el ensayo de puertas cerradas, se observa como el consumo medio del equipo ronda los 6.8 kW·h mientras que en un ensayo de apertura de puertas este valor asciende a 9.45 kW·h. Cabe destacar que estos valores se han obtenido a partir de un prototipo inicial no optimizado, por lo que no pueden ser tomados como definitivos en cualquier caso. Por otro lado, es importante resaltar que el grupo frigorífico que incorpora el mueble solo entra en funcionamiento por la noche en el periodo horario comprendido entre las 22.00 pm y las 6.30 am siempre y cuando el sistema de almacenamiento térmico lo requiera. Ello permite desacoplar consumos de la red eléctrica y trasladarlos a los periodos horarios de menor coste.

#### 4.3 Equipo para conservación de producto congelado

De forma similar al equipo de conservación de producto fresco, la Figura 4 presenta los valores de temperatura y humedad relativa medidos en el interior del equipo de conservación de producto congelado incluyendo los ensayos con puerta cerrada (A) y puerta completamente abierta (B). En este último caso, la metodología difiere del caso anterior puesto que la puerta del arcón congelador se abrió completamente desde las 8.30 am hasta las 18.30 pm del día 11 de Febrero.

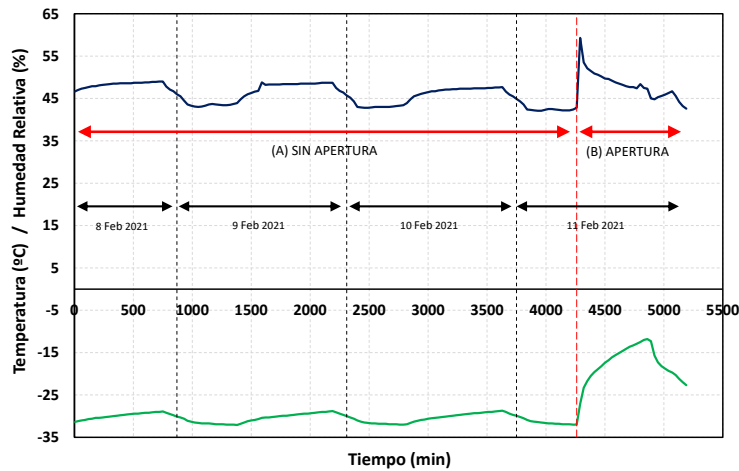


Figura 4 – Condiciones de temperatura y humedad relativa en el equipo para producto congelado

De acuerdo con la Figura 4, durante el funcionamiento del equipo sin apertura de puertas (A) la temperatura registrada en el interior del arcón congelador se mantuvo en torno a  $-30.5^{\circ}\text{C} \pm 1.0^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa promedio alrededor de  $46.0\% \pm 2.3\%$ . De nuevo, la estabilidad de las medidas sugiere un buen comportamiento del sistema de almacenamiento térmico que le permite compensar rápidamente la carga térmica ganada por el equipo durante el funcionamiento y el periodo de desescarche.

En el periodo correspondiente al ensayo de apertura de puertas (B), la puerta del equipo fue retirada por completo desde las 8.30 am hasta las 18.30 pm del día 11 de Febrero, lo que se refleja en la variación que sufre la humedad relativa hasta alcanzar un valor máximo de 59.3% que rápidamente vuelve a estabilizarse. En cuanto a la temperatura, la apertura completa del arcón introduce una fuerte variación en la temperatura hasta llegar a  $-11.8^{\circ}\text{C}$  para posteriormente disminuir debido al efecto del sistema de almacenamiento térmico. En este caso la variación es tan brusca que al equipo le cuesta alcanzar el valor inicial de temperatura, recuperando  $-27.7^{\circ}\text{C}$  tras 24 horas desde el momento en que se realiza la apertura.

Finalmente, respecto al consumo energético, la Figura 5 refleja la energía eléctrica consumida por el equipo en los periodos ensayados incluyendo el grupo frigorífico y el sistema de regulación y control. En este caso el enfriamiento es estático sin ventilación forzada.

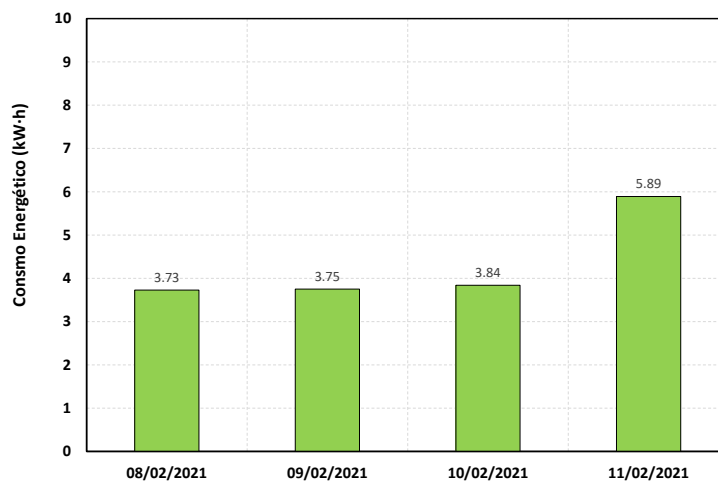


Figura 5 – Consumo energético del equipo para producto congelado

De nuevo, tomando como referencia los días 8 y 9 para el ensayo de puertas cerradas, se observa como el consumo medio del equipo ronda los 3.74 kW·h mientras que en un ensayo de apertura de puertas este valor asciende a 4.87 kW·h. Al igual que antes, estos valores se han obtenido a partir de un prototipo inicial no optimizado, por lo que no pueden ser tomados como definitivos en cualquier caso. Del mismo modo, el grupo frigorífico que incorpora el mueble solo entra en funcionamiento por la noche en el periodo horario comprendido entre las 22.00 pm y las 6.30 am siempre y cuando el sistema de almacenamiento térmico lo requiera.

Castellón 14 de Febrero de 2021