

Cómo funciona el -80°C

Los productos estrella de Froilabo, los congeladores de muy baja temperatura están disponibles en dos gamas diferentes, TRUST y EVOLUTION. La única diferencia visible entre estos dos modelos es su interfaz de usuario. Así que la técnica para generar frío y la unidad de refrigeración es la misma.

¿Alguna vez te has preguntado cómo funciona tu congelador? ¿A través de qué procesos es posible alcanzar una temperatura tan baja como -80°C? ¡Si es así, este artículo es para ti!

Hay tres elementos decisivos que nos permiten bajar la temperatura a -80°C. El primero es el uso de refrigerantes que nos permiten controlar la caída de la temperatura. Entonces, siendo el elemento principal de su sistema, saber cómo funciona la unidad de refrigeración de un congelador es esencial. Finalmente, tal desafío técnico es posible gracias a un buen aislamiento para optimizar el rendimiento de nuestros congeladores.

- ¿Por qué invertir en un congelador de -80°C?

El objetivo es la conservación y el almacenamiento a largo plazo de diferentes tipos de muestras orgánicas o inorgánicas que se degradarían o serían demasiado activas a temperatura ambiente. La llamada congelación "normal", alrededor de -20°C, no permite la conservación de muestras biológicas a largo plazo porque algunos organismos permanecen ligeramente activos a esta temperatura.

- ¿Qué función juegan los refrigerantes en un descenso de la temperatura?

Los refrigerantes se seleccionan de acuerdo con las temperaturas de funcionamiento de los dos intercambiadores del circuito de refrigerante en cuestión: el condensador y el evaporador. Los fluidos utilizados para obtener bajas temperaturas son diferentes de los fluidos de aire acondicionado, por ejemplo.

¿Qué es un refrigerante?

Un refrigerante puede ser puro o una mezcla de fluidos puros. Puede estar presente en diferentes estados: líquido, gaseoso o ambos, dependiendo de la temperatura o la presión.

Los refrigerantes son sustancias que se utilizan por sus propiedades termodinámicas en sistemas de refrigeración (aire acondicionado, congelador, refrigerador) o sistemas de producción de calor (bomba de calor). Estas sustancias se utilizan según el principio de que cualquier cambio de estado conduce a la liberación o el consumo de energía. Desde el punto de vista químico y termodinámico, la energía es necesaria para desorganizar la materia, por lo que las moléculas están separadas (de líquido a gas), mientras que la unión y organización de las moléculas (de gas a líquido) libera energía. En resumen, durante la transformación física:

- Para pasar del estado líquido al gaseoso, se necesita energía externa.
- La transición del estado gaseoso al líquido libera energía.

Estas propiedades pueden ser explotadas en un ciclo de compresión y expansión para producir frío o calor.

Los refrigerantes se seleccionan de acuerdo con:

- Su temperatura de evaporación, generalmente bastante baja;
- Presiones relacionadas con el cambio de estado físico;
- La cantidad de energía que pueden absorber.

Hay una gran variedad de diferentes fluidos en el mercado. La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) enumera más de 320 diferentes.

Estos refrigerantes tienen una nomenclatura específica. A cada fluido se le asigna una nomenclatura que consiste en la letra R (para la palabra inglesa "refrigerant") seguida de un código de 2 a 5 dígitos/letra que corresponde a su estructura molecular.

Hay diferentes categorías de refrigerantes, diferenciadas por su composición química:

- Clorofluorocarbonos (CFC)
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC) o Hidrocarburos Perfluorados (PHFC)
- Hidrocarburos o compuestos orgánicos que no entran en las categorías mencionadas anteriormente
- Compuestos inorgánicos como el amoníaco
- Los llamados fluidos "naturales" como el CO₂
- Hidrofluoroolefinas (HFO) o Hidrofluoroalcenos

Los CFC y los HCFC, que son gases clorados, agotan la capa de ozono y son poderosos gases de efecto invernadero. Están regulados por el Protocolo de Montreal, ratificado el 16 de septiembre de 1987. Los CFC, como el Freón 12, ya no se usan hoy en día. Los HCFC están prohibidos en el mercado desde el 1 de enero de 2015 en virtud del Reglamento n°1005/2009/CE¹. Esta medida concierne a todos los fluidos, ya sean vírgenes o reciclados.

Los HFC, a diferencia de los CFC y los HCFC, no contienen cloro. No tienen ningún efecto sobre la capa de ozono, pero contribuyen al efecto invernadero y, de hecho, están regulados por el Protocolo de Kioto, ratificado el 11 de diciembre de 1997. Esta cuestión está en el origen del nuevo reglamento europeo de gases fluorados que entró en vigor el 1 de enero de 2015, de acuerdo con el reglamento n°517/2014², que tiene como objetivo limitar las emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto de la lucha contra el calentamiento global. Estos fluidos se clasifican de acuerdo con su índice GWP y todas las normas tienen como objetivo autorizar sólo los gases con un GWP reducido.

Se puede encontrar una solución a los HFC en los llamados fluidos naturales como el CO₂ (GWP = 1), también conocido como R744. Como su uso es relativamente restrictivo (alta presión), se ha preferido utilizar otros fluidos naturales, como los hidrocarburos (como el propano o llamado el R290) que tienen excelentes propiedades termodinámicas, pero son inflamables. Todos nuestros productos están ahora disponibles en versiones estándar y con gas natural.

Se está desarrollando otra familia de refrigerantes: los HFO. Estos fluidos tienen la ventaja de tener un bajo GWP y una eficiencia energética comparable a la de los HFC. Pero no son, por el momento, compatibles con nuestras aplicaciones de frío. Estos fluidos son muy similares a los HFC, pero tienen un doble enlace que les permite ser menos estables en la atmósfera y tener una vida útil más corta, y por lo tanto un menor GWP. Sin embargo, este doble enlace les da una cierta inflamabilidad.

¹ Reglamento n°1005/2009 de 16/09/09 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono (refundición)

² Reglamento (UE) n°517/2014 del 16/04/14 sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) n°842/2006 n°517/2014, publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea el 20 de mayo de 2014)

Por consiguiente, la idea principal del actual período de transición es encontrar alternativas a todos los gases existentes a fin de reducir el impacto general de los aparatos generadores de frío, manteniendo al mismo tiempo un alto rendimiento, para no aumentar su consumo. Estos fluidos están en el corazón de los problemas de todos los fabricantes que los usan para sus aplicaciones.

- ¿Qué papel juega la unidad de refrigeración en el descenso a -80°C?

Actualmente hay dos tipos de frío: el frío mecánico, del que hablaremos aquí; y el frío criogénico, que utiliza gases como el CO₂ (T_{eb} = -78,5°C a 1 atm), N₂ (T_{eb} = -195.8°C a 1 atm) o He (T_{eb} = -269°C a 1 atm) para enfriar las muestras. Para la refrigeración mecánica, se utilizan refrigerantes porque tienen propiedades físicas especiales, como la facilidad de cambiar de estado a bajas presiones y temperaturas, lo que es necesario para el funcionamiento de la unidad de refrigeración.

El concepto de máquina de refrigeración no es reciente y se remonta a mediados del siglo XIX gracias a Lord Kelvin. Un refrigerante circula en un circuito cerrado y cambia de estado fácilmente bajo la influencia de la presión.

Aparentemente simple, un congelador de temperatura ultra baja cumple brillantemente con los diversos desafíos técnicos que implica su diseño. Pero alcanzar temperaturas de -80°C es un verdadero desafío.

Un sistema de refrigeración básico consiste en 4 elementos (*figura 1*) responsables de la producción de frío:

El evaporador: contiene el refrigerante a presión atmosférica normal P1; el líquido se vaporiza, por lo que se requiere energía. Esta energía es tomada del interior del congelador. Por lo tanto, el aire interno y las muestras presentes se enfrían. El evaporador es el principal componente del proceso de refrigeración.

El compresor: en el compresor, la presión del fluido se convierte en P2 > P1. El fluido es siempre gaseoso y su temperatura se eleva a T2 > T1.

El condensador: en el condensador, el gas se enfría en contacto con el aire ambiente, lo que hace que el gas se licue (cambio de estado gaseoso a estado líquido): esto libera calorías, y por lo tanto calor (esto explica por qué la parte trasera del refrigerador está caliente).

La válvula de expansión: permite bajar la presión del líquido refrigerante a su valor inicial (P1). La presión baja, así que la temperatura también baja.

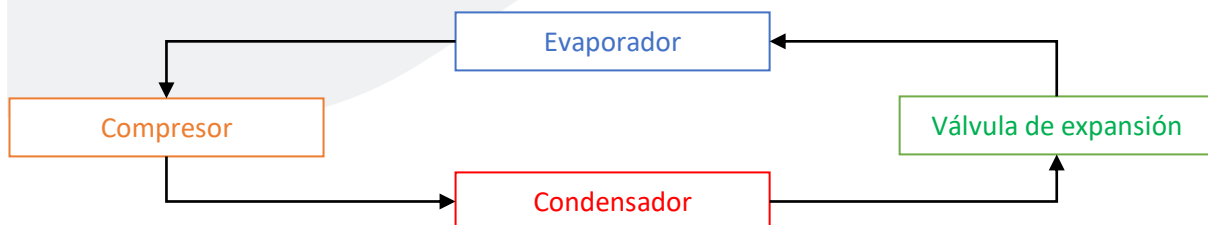


Figura 1: Diagrama simplificado de un circuito de refrigeración

El primer desafío se refiere a la creación del propio frío. De hecho, hay varios sistemas de congelación: compresores dobles en cascada, compresores dobles independientes y el motor Stirling son los principales utilizados en todo el mundo. Trataremos aquí el sistema utilizado en Froilabo: compresores dobles en cascada.

El sistema consiste en dos circuitos herméticos (uno de "alta temperatura" y otro de "baja temperatura") conectados entre sí por un intercambiador de calor de placas. Este intercambiador de calor de placas juega un papel esencial ya que permite el intercambio de calor entre los dos circuitos. En cada circuito, actúa como un evaporador para la parte de alta presión y como un condensador para la parte de baja presión. Cuanto más eficiente sea el intercambio de calor entre los dos circuitos, mejor será el rendimiento global de la unidad, asegurando un menor consumo y una mayor homogeneidad.

Cada circuito tiene un gas refrigerante diferente con las características requeridas para las temperaturas alcanzadas por el circuito (por ejemplo: R417A o R290 para el circuito de alta presión y R508B o R170 para el circuito de baja presión).

- ¿Cómo influye el aislamiento en la optimización del rendimiento de los congeladores?

El último desafío es simple, pero sin embargo crucial para asegurar el buen funcionamiento del equipo: ¿cómo mantener el frío dentro del congelador?

La transferencia de calor en general tiene lugar de tres maneras diferentes: convección, conducción y radiación. La creación de un vacío en la pared del congelador prácticamente elimina la convección, ya que la convección se basa en la transferencia de energía térmica por desplazamiento de masa de las moléculas de gas. La conducción también se ve muy disminuida por la ausencia de partes de contacto en casi todo el congelador. La proporción debida a la radiación es muy pequeña.

Por lo tanto, el uso de paneles aislados al vacío (VIP) proporciona una forma de aislamiento térmico que es de 6 a 8 veces más eficiente que el aislamiento de lana convencional. Los paneles VIP se utilizan en los marcos de los congeladores para proporcionar un rendimiento de aislamiento superior al de los materiales de aislamiento convencionales. Consisten en una pared hermética al gas que rodea un núcleo rígido del que se ha evacuado el aire.

Gracias al aislamiento (*figura 2*) de los seis lados del congelador, los paneles de vacío (VIP) utilizados en el diseño del congelador, junto con la espuma de poliuretano de alta densidad, reducen la conductividad térmica a valores inferiores a $0,005 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. El cobre, un excelente conductor, tiene una de las conductividades térmicas más altas entre los metales, con $380 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Para obtener el mismo valor con el aislamiento convencional, se necesitarían paredes mucho más gruesas. Por lo tanto, el uso de esos paneles también ahorra espacio dentro del congelador y, por lo tanto, la relación entre el volumen interior y el espacio del suelo.

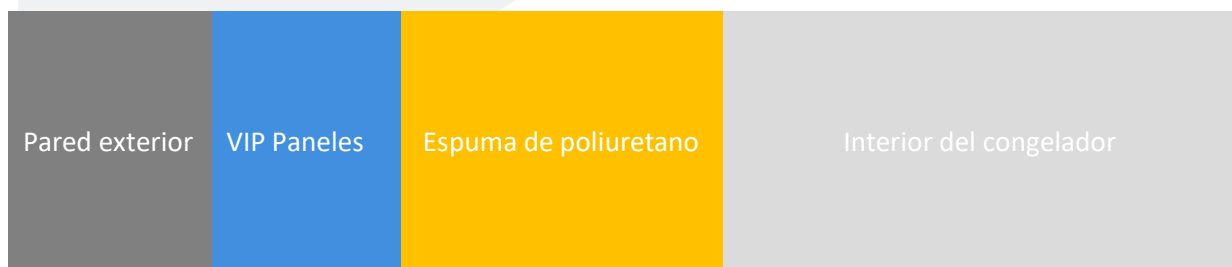


Figura 2: Diagrama de corte de la pared aislada de un congelador

¿Se interesa este tema del frío? Nuestro equipo es apasionado para responder sus preguntas sobre el frío y nuestras líneas de productos.