

**UF1027: Caracterización y selección
del equipamiento frigorífico**

Elaborado por: Prudencio Ostos Hidalgo

Edición: 5.0

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16492-42-8

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la Unidad Formativa

Bienvenido a la Unidad Formativa UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo MF1167_3: Instalaciones y procesos frigoríficos que forma parte del Certificado de Profesionalidad IMAR0209: Desarrollo de Proyectos de Instalaciones Frigoríficas, de la familia de Instalación y Mantenimiento.

Presentación de los contenidos

La finalidad de esta Unidad Formativa es enseñar al alumno a caracterizar las máquinas, equipos y elementos que configuran una instalación frigorífica y seleccionar maquinaria y equipos de instalaciones frigoríficas, a partir de las funciones y características previamente determinadas, aplicando la reglamentación correspondiente.

Para ello, se analizarán las cámaras, túneles y equipos especiales, y también las características y selección de las partes principales del sistema frigorífico, así como la selección de los elementos auxiliares del sistema frigorífico.

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

Objetivos de la Unidad Formativa

Al finalizar esta Unidad Formativa aprenderás a:

- Determinar y seleccionar las cámaras, túneles y equipos específicos industriales, las dimensiones y materiales que integran las instalaciones frigoríficas, partiendo de los requisitos y especificaciones a cumplir, utilizando los procedimientos de cálculo y medios adecuados.
- Determinar las características de las máquinas frigoríficas, equipos y elementos utilizados en las instalaciones frigoríficas, analizando su funcionamiento.
- Determinar y seleccionar las máquinas y equipos, las dimensiones de las redes y los componentes y materiales que integran las instalaciones frigoríficas, utilizando los procedimientos de cálculo y medios adecuados.

Índice

UD1. Cámaras, túneles y equipos especiales.....	7
1.1. Materiales de construcción empleados en la industria frigorífica....	9
1.2. Ecuaciones de transmisión de calor.....	81
1.3. Cálculo de condensación y barreras de vapor.....	105
1.4. Cargas térmicas producidas por los productos	109
1.5. Cargas internas estables, periódicas y no estables, debidas a la actividad.....	117
1.6. Cargas por renovación e infiltración de aire	123
1.7. Cargas térmicas en procesos industriales especiales	126
UD2. Características y selección de las partes principales del sistema frigorífico.....	135
2.1. Compresores	137
2.2. Evaporadores	164
2.3. Condensadores y torres de refrigeración.....	174
2.4. Válvulas de expansión y otros elementos de regulación y control de sistemas frigoríficos.....	179
2.5. Parámetros de funcionamiento y procesos aplicados de cálculo	186
2.6. Criterios de selección de equipos de las instalaciones frigoríficas	196

UD3. Características y selección de los elementos auxiliares del sistema frigorífico	207
3.1. Red de distribución de refrigerantes y sus peculiaridades	209
3.2. Soportes de tuberías. Bancadas de máquinas. Antivibraciones .	240
3.3. Aislamiento de tuberías. Barreras de vapor.....	244
3.4. Valvulería y accesorios	245
3.5. Depósitos y recipientes. Indicadores de nivel. Válvulas de seguridad.....	250
3.6. Interruptores de nivel. Detectores de flujo.....	252
3.7. Presostatos, termostatos, sondas térmicas, sondas de humedad y de presión.....	254
3.8. Separadores de aceite. Silenciadores. Separadores de partículas de líquido	259
3.9. Formación de hielo y los sistemas de desescarche	262
3.10. Bombas de trasiego de líquidos	265
3.11. Ventiladores y sistemas de extracción de aire. Conductos de aire.....	267
3.12. Sistemas contra incendios	284
3.13. Parámetros de funcionamiento y procesos aplicados de cálculo	286
3.14. Criterios de selección de elementos auxiliares de las instalaciones frigoríficas.....	311
Glosario	323
Soluciones	329

UD1

Cámaras, túneles y
equipos especiales

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

- 1.1. Materiales de construcción empleados en la industria frigorífica
- 1.2. Ecuaciones de transmisión de calor
- 1.3. Cálculo de condensación y barreras de vapor
- 1.4. Cargas térmicas producidas por los productos
- 1.5. Cargas internas estables, periódicas y no estables, debidas a la actividad
- 1.6. Cargas por renovación e infiltración de aire
- 1.7. Cargas térmicas en procesos industriales especiales

1.1. Materiales de construcción empleados en la industria frigorífica

En esta unidad didáctica se desarrollará en primer lugar la fabricación de los equipos frigoríficos. Para ello desarrollaremos en este manual haciendo referencia a los materiales de construcción empleados para la fabricación de las cámaras. En la construcción de equipos frigoríficos tendremos que tener en cuenta las partes que lo compone, y una cámara frigorífica va a estar compuesta por un equipo frigorífico que va a contrarrestar las cargas frigoríficas, y una construcción que va a albergar el género que guardemos dentro de nuestra cámara frigorífica.

Los materiales de construcción empleados para la fabricación de nuestra cámara serán partes integradas en una edificación. Así mismo se hará referencia al hecho de que los materiales de construcción deben cumplir unas normativas específicas, necesarias para la idoneidad y autorización formal de la instalación.

Una vez construida nuestra cámara frigorífica, esta tendrá un equipo frigorífico, que dependiendo de cómo sea el tamaño de nuestra cámara será fabricado a la misma vez que la cámara frigorífica o se colocará después una vez fabricada la construcción.

Una vez que tengamos descritos los materiales que vamos a usar en la fabricación de nuestros equipos frigoríficos veremos cómo y de qué manera se transmite el calor, como fenómeno físico que es imprescindible conocer para comprender el funcionamiento de las instalaciones frigoríficas. Ya que todo depende de qué manera se transmita este para conseguir tener la temperatura óptima en nuestra instalación.

El calor es un punto fundamental que influye tanto en la fabricación, como en la instalación e incluso en el cálculo de nuestras instalaciones frigoríficas. Hay que comprender lo que significa calor y como se transmite y realizar un modelo de cómo se comportará nuestra instalación.

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

Y por último se tratarán las diferentes cargas térmicas que van a influir, y que será necesario tener en cuenta, en el funcionamiento de nuestros equipos y en el cumplimiento del objetivo específico para el cual se han fabricado. Los diferentes tipo de cargas que existen en cada instalación que realicemos como veremos a lo largo de la unidad, no será lo mismo los requerimientos de una instalación frigorífica destinada a la industria alimenticia que otra destinada a la refrigeración de diferentes lugares.

Los materiales de construcción empleados en la industria frigorífica son muy variados, ya que las aplicaciones de dicha industria frigorífica son innumerables, y con el paso del tiempo y la mejora de los procesos industriales se van adaptando nuevas mejoras en los procesos frigoríficos.

Dentro de las aplicaciones a las que está destinada la refrigeración podemos encontrar, la conservación de alimentos frescos, fruta, carne y pescado; la congelación de alimentos precocinados o la congelación de productos frescos; refrigeradores para mantener una atmósfera controlada tanto en temperatura como en concentración de elementos en el ambiente de la cámara. También la refrigeración se puede utilizar en la industria en procesos en los que se requiera unas condiciones de temperatura y humedad controlada. Otra variante de la refrigeración son las cámaras frigoríficas o congeladores que podemos encontrar en nuestras viviendas, los denominados equipos de refrigeración domésticos, entre los que también se incluyen los equipos de aire acondicionado.

Desde el punto de vista de la construcción de los equipos, podemos encontrar refrigeradores construidos de albañilería, en los que para su fabricación se utilizan los elementos más usuales empleados en la construcción. Se emplean ladrillos, cemento y hormigón, con la peculiaridad de que se está fabricando una cámara frigorífica en la que prima el aislamiento de los cerramientos para evitar pérdidas de temperatura. Este tipo de construcciones son fijas e inmóviles y se suelen construir en naves industriales o en las propias instalaciones de las empresas, como pueden ser almacenes de fruta al por mayor, empresas cárnica, pastelerías y obradores de dulces.... Estos refrigeradores reciben el nombre de cámaras frigoríficas.

Una variante de estas cámaras son las llamadas cámaras frigoríficas desmontables o kits, en las cuales, la empresa suministradora nos proporcionan los elementos necesarios para ensamblar y construir la cámara frigorífica. Una ventaja de estas cámaras móviles, con respecto a las fijas, es que se pueden desmontar y volver a montar si la empresa cambia de ubicación; para esto tan solo tienen que tener la consideración, en la nueva ubicación, del espacio que ocupa la cámara.

UD1

Otro tipo de instalaciones propias de la industria frigorífica, son los refrigeradores construidos en forma de muebles, como vitrinas para helados, congeladores, frigoríficos, tanto domésticos como industriales. Y evidentemente, también son considerados aparatos propios de la industria frigorífica los equipos de aire acondicionado para viviendas. Estos equipos suelen estar fabricados en madera o en material metálico.



Cámara frigorífica

Por último otro tipo de enfriadores son los enfriadores de agua o salmuera, que suelen construirse metálicos o de albañilería y que normalmente se utilizan para la fabricación de hielo, enfriamiento de leche...

Hemos visto los diferentes tipos de construcciones que podemos encontrar en la industria frigorífica, para los que utilizaremos material de construcción igual que en la construcción de una vivienda o un edificio destinado a otros fines (oficinas, restaurantes, industrias...). No obstante existen algunas peculiaridades en el empleo de esos materiales como por ejemplo y como avanzaremos más adelante y en mayor profundidad el elemento principal es el aislamiento de nuestra cámara frigorífica, que es la parte fundamental de cualquier instalación de refrigeración. Una instalación de refrigeración en la que el sistema de aislamiento sea defectuoso, perderá mucha energía por los deficientes cerramientos del mismo.

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

Debemos tener muy en cuenta estos elementos, ya que las instalaciones de mayores dimensiones como las cámaras, los túneles y los equipos especiales siempre van a estar compuestos por una edificación y un equipo frigorífico.

Hemos hablado, a modo de introducción, de los diferentes materiales que, en general, se emplean en las instalaciones frigoríficas, a continuación vamos a describir cada uno de ellos de manera más específica.



Todo material en contacto con un refrigerante tiene que tener garantizada su compatibilidad con el mismo, mediante pruebas prácticas o por una larga experiencia demostrada, por lo que todos los materiales no serán válidos para la construcción de equipos frigoríficos.

Lo indicado anteriormente es el requisito básico que deben cumplir los materiales empleados en la construcción de equipos frigoríficos. Los materiales que empleamos en las instalaciones de refrigeración deben de cumplir con lo especificado en el párrafo anterior y no se pueden emplear materiales que no hayan sido probados, o no esté autorizada su utilización.

Además del requisito descrito anteriormente, los materiales de construcción y soldadura que empleemos, deberán cumplir con la normativa correspondiente al material que tratemos, deben estar respaldados por algún organismo certificador de materiales y deben poseer una calificación específica.

Existen dos tipos de normativas que deben de cumplir las cámaras frigoríficas, normativas propias de los materiales y las normativas de construcción de las cámaras. Las primeras hacen referencia a las características de la fabricación de los materiales empleados en la construcción de instalaciones frigoríficas, y las otras normativas hacen referencia a la manera de construir nuestras instalaciones, que pueden variar de un país a otro e incluso de una comunidad a otra.

UD1

Además debemos tener en cuenta para la construcción de equipos, elegir el material más apropiado en función de las tensiones mecánicas, térmicas y químicas previsibles y así mismo, deberán ser apropiados para resistir los refrigerantes empleados, sus mezclas con aceites o con posibles impurezas o contaminantes y los fluidos secundarios formados en el interior de dichos materiales. Una buena elección consiste en obtener materiales de buena calidad a menor precio. Los materiales, como hemos comentado en los párrafos anteriores, tienen que haber sido probados en instalaciones similares a la que se va a realizar, para cerciorarnos de su correcto funcionamiento; y su fabricación tiene que ser realizada conforme a la normativa vigente.

Los materiales empleados en la construcción de equipos frigoríficos se pueden clasificar de muy diversos modos, se pueden clasificar según su composición, también se pueden clasificar en función del uso que se le vaya a dar.

A continuación expondremos una división de los materiales utilizados en diferentes grupos atendiendo a su composición y su utilización. Podemos distinguir entre materiales férricos, entre los que se encuentra el hierro fundido y el acero principalmente, y otro tipo de materiales no férricos, como pueden ser el cobre, aluminio, magnesio, zinc, plomo, estaño, vidrio o plástico.

Materiales férricos

- Hierro fundido

El hierro fundido sólo se deberá utilizar cuando haya sido probada su aptitud para una aplicación particular. Su aplicación dependerá de la presión, temperatura y diseño del equipo, ya que algunas calidades de este material, son frágiles.

- Fundición maleable

Con el hierro maleable ocurre igual que con el hierro fundido, que sólo se utilizará si se ha probado la aptitud de este material para una aplicación particular. Este material tiene dos clasificaciones con distinta calidad, por lo que debemos tener presente las propiedades mecánicas de cada calidad a la hora de elegir el material.



Acero fundido

– Acero común, acero fundido y aceros de baja aleación

Estos tipos de materiales son utilizados en la mayoría de las piezas en las que circulan refrigerantes, o fluidos secundarios. Debemos de tener en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de acero: que es lo que necesitamos, los riesgos de corrosión o tensiones térmicas, y los casos en los que encontraremos bajas temperaturas y altas presiones. En estos casos debemos utilizar aceros que tengan suficiente resistencia al impacto, considerando su espesor, procedimiento de soldadura y la temperatura de diseño del mismo.

– Acero de alta aleación

En condiciones donde concurren bajas temperaturas con altas presiones, existan tensiones térmicas o haya riesgos de corrosión utilizaremos estos aceros. Debemos de seleccionar un acero apropiado en cada momento, con una suficiente resistencia al impacto e incluso que se pueda soldar en caso de que sea necesario.

– Acero inoxidable

Tenemos que tener muy en cuenta la calidad de este material y que sea compatible con posibles contaminantes atmosféricos o que sea compatible con los fluidos utilizados en los procesos frigoríficos. Es un material muy empleado en la construcción de equipos de refrigeración.

UD1

Materiales no férricos y sus aleaciones (fundición, forjados, laminados y estirados)

– Cobre y sus aleaciones

Para el uso de cobre en las instalaciones frigoríficas, deberemos utilizar un cobre que en su proceso de fabricación haya perdido todo el oxígeno, cobre desoxidado. Si el cobre no es desoxidado, significa que tendrá oxígeno en su composición, esto puede provocar que con el paso del tiempo este oxígeno sea liberado al circuito frigorífico. El hecho de haya moléculas de Oxígeno libres en el interior del circuito puede provocar que se oxiden las partes móviles del compresor provocando que este deje de funcionar, o que se oxiden otras partes del circuito provocando una reducción de la cavidad interna de los tubos por donde discurre el refrigerante. Es de destacar que para instalaciones en la que utilicemos el amoniaco como refrigerante nos abstendremos de utilizar cobre para las conducciones, a no ser que haya sido probado anteriormente su compatibilidad.

– Aluminio y sus aleaciones

Para el uso del aluminio debemos comprobar que este y sus aleaciones son compatibles con los refrigerantes y lubricantes que se utilizan en el circuito, también tendremos que comprobar que su resistencia sea la adecuada para resistir las presiones de trabajo a las que son sometidas. Este material se puede utilizar en cualquier parte del circuito de refrigeración siempre que cumpla con las condiciones anteriores. Cuando se utilice en juntas con amoniaco, la pureza del aluminio debe de ser como mínimo del 95 %. El aluminio también puede ser utilizado en otras partes del circuito frigorífico, como formando aletas en los evaporadores para disipar mejor el calor de los mismos



Aluminio

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

– Magnesio y sus aleaciones

Este tipo de material y sus aleaciones no se deben utilizar si no ha sido probada previamente la compatibilidad del magnesio y sus aleaciones con el refrigerante que vamos a usar. Si no se ha probado su compatibilidad podemos tener fugas de refrigerante o problemas con las presiones que alcanza el mismo.

– Zinc y sus aleaciones

No debemos utilizar zinc cuando los refrigerantes que usamos sean amoníaco y cloruro de metilo. En cambio, en los componentes de refrigeración si está permitido el galvanizado exterior o el electrizincado. Se puede utilizar como recubrimiento de materiales para darle más resistencia a los materiales, con respecto a las condiciones ambientales.

– Aleaciones para soldadura blanda

Tan solo aplicaremos las aleaciones para soldadura blanda en aplicaciones internas.

La soldadura blanda se realiza cuando el material de aporte de dicha soldadura es de un material distinto a las piezas a soldar. La unión se realiza por la fusión del material de aporte u no por la fusión de los materiales a soldar. Generalmente este material tiene un punto de fusión más bajo que las piezas a unir. La soldadura blanda se realiza cuando el calor necesario para la realización de la soldadura es inferior a 450°.

Esta soldadura suele realizarse por capilaridad, el material de fusión que se usa tiene que cumplir con las siguientes características:

- Capacidad de mojar al metal base
- Tener una temperatura de fusión apropiada y buena fluidez para que el material de aporte se distribuya por toda la superficie de la soldadura
- Debe de mantener la unión de las piezas cumpliendo con los requisitos de presión y temperatura a la que va a ser sometida las piezas

Los materiales de aportación utilizados en la soldadura blanda son los que aparecen especificados a continuación:

UD1

- **Estaño–Plomo:** Es el metal de aportación más común y es el utilizado en casos generales.
- **Estaño–Antimonio–Plomo:** Se añade antimonio porque mejora las propiedades mecánicas del material de aportación.
- **Estaño–Plata:** Se utiliza en instrumentos de trabajo delicados.
- **Estaño–Cinc:** Se utiliza para soldar aluminio.
- **Estaño–Bismuto:** Tiene una gran aplicación en el campo de la electrónica.
- **Plomo–Plata:** Mejora la capacidad de mojado del plomo cuando éste es empleado en la soldadura blanda de acero, fundición o cobre.
- **Cadmio–Plata:** Se emplea en la unión de cobre y también, aunque menos, en la soldadura aluminio-aluminio teniendo una gran resistencia a grandes temperaturas.
- **Cadmio–Cinc:** Se emplea en la unión de aluminio.
- **Cinc–Cadmio:** También se hace uso en las uniones de aluminio.
- **Cinc–Aluminio:** Se utiliza para la soldadura de aluminio obteniendo una gran resistencia a la corrosión.

Todos estos materiales de aporte en las soldaduras deben de ser compatibles con los procesos frigoríficos que vamos a utilizar.

- Aleaciones para soldadura dura

La soldadura dura tampoco implica la fusión de los materiales bases o materiales a unir, la principal diferencia entre esta soldadura y la blanda es que la temperatura de fusión del material de aporte es superior a 450 °

Las soldaduras fuertes, el material de aporte suele ser una combinación de materiales, entre los que se encuentra el material base. La mezcla se realiza para conseguir bajar la temperatura de fusión de los materiales.



El cobre es empleado para instalaciones de fontanería y de climatización, pero las uniones que se realizan en fontanería y en climatización-refrigeración son diferentes. En las primeras se usa soldadura blanda y en las segundas, soldadura fuerte. La diferencia recae en que la presión interior que van a soportar una instalación y otra. En fontanería la presión interior que lleva el agua es bastante inferior a la presión que lleva el líquido refrigerante.



Soldadura de cobre

Para realizar la soldadura fuerte tenemos que aportar calor a las piezas de cobre. El cobre tiene que estar bien limpio para que no haya impurezas en la soldadura. El cobre en contacto con el aire se oxida y se forma una película de óxido en su exterior que hay que eliminar, se puede observar que las tuberías de cobre se han lijado para eliminar la película de óxido. Despues se introduce un tubo en el otro, que previamente está ensanchado, de modo que se queden las paredes interior y exterior en contacto. Se le aplica calor a la zona de la soldadura que queda entre los dos tubos hasta que quedan al rojo vivo y en ese momento se aporta el material de aporte. El material de aporte es una aleación de cobre y plata que produce que se selle perfectamente la unión realizada.

UD1

Los metales de aportación generalmente más utilizados son los siguientes:

La plata, el cobre, el zinc, el aluminio, el oro, el paladio, el cadmio, el plomo, el estaño, el bismuto, el berilio, el níquel, el cromo, el manganeso, el molibdeno, el cobalto, el magnesio, el indio, el carbono, el silicio, el germanio, el boro, el cerio y el estroncio.

En el caso de la refrigeración se utiliza principalmente una aleación de cobre-plata, para soldar las tuberías por las que va a discurrir el refrigerante, aunque en las diferentes partes de nuestro circuito o en áreas distintas de nuestra instalación, se puede realizar otro tipo de soldadura fuerte.

Para poder utilizar este tipo de soldadura y cualquier otra, siempre deberíamos haber comprobado previamente que esta soldadura sea compatible con los refrigerantes, los lubricantes y las mezclas de ambos.

- Plomo, estaño y aleaciones de plomo-estaño

Los refrigerantes halogenados, son los refrigerantes que tienen cloro y flúor en su composición y pueden corroer al estaño y las aleaciones de plomo-estaño; y por lo tanto si no ha sido probada su compatibilidad, no deberían ser utilizadas. Aleaciones de plomo – estaño, o plomo-antimoniio, exento de cobre, se pueden emplear para asientos de válvulas. Por su parte, el plomo se podrá utilizar como material para juntas.

Materiales no metálicos

- Materiales para juntas y empaquetaduras

Además de la compatibilidad con los refrigerantes, aceites y lubricantes, que deben cumplir todos los materiales empleados en juntas, en uniones, empaquetaduras de válvulas, etc. deberán tener un comportamiento óptimo y apropiado a las condiciones de presión y temperatura de los trabajos previstos. Estos materiales pueden ser siliconas, gomas, teflón, amianto... Existe gran cantidad de juntas en el mercado y cada una tendrá una utilidad diferente, dependiendo de diversos factores como puede ser la compatibilidad, soportar la presión necesaria en el apriete, o mantener la estanqueidad del circuito.

Las juntas se utilizan para mantener la estanqueidad dentro de los huecos para que no se pierda el líquido, que suele circular por el interior de los circuitos.

UF1027: Caracterización y selección del equipamiento frigorífico

– Vidrio

Este material será utilizado en visores, mirillas, indicadores de nivel, aislantes eléctricos, como parte de componentes del circuito. El vidrio debe ser compatible con el equipo y soportar las condiciones de presión y temperatura de los refrigerantes, e incluso posibles ataques químicos, que pueda provocar el refrigerante a su paso por el circuito frigorífico.

– Plásticos

Los plásticos utilizados en la fabricación de equipos frigoríficos, deben ser adecuados para resistir las condiciones eléctricas, térmicas, químicas.... Así mismo, debemos considerar también que los plásticos no provoquen riesgo de incendio. Estos materiales son usados en la refrigeración principalmente en las carcasa de los equipos, o en las protecciones y envoltorios de diferentes componentes del circuito frigorífico.



Plásticos utilizados en frigoríficos