

**INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN
DE PRODUCTOS CONGELADOS**

Memoria descriptiva

MEMORIA DESCRIPTIVA

12.- FUNDAMENTO DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN

12.1.- Modificaciones sobre el ciclo ideal.

12.2.- El rendimiento de la instalación (COP).

12.3.- Mejoras del ciclo simple

12.4.- Sistema elegido.

13.- AISLAMIENTO DE LA CÁMARA

13.1.- Barrera antivapor

13.2.- Materiales aislantes

13.3.- Determinación del espesor de aislamiento.

13.4.- Aislantes empleados.

13.5.- Prevención de congelación del suelo.

14.- CONDENSACIONES EN LOS CERRAMIENTOS

15.- CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DE PARED EXTERIOR.

16.- TEMPERATURA DE ROCÍO

16.1.- Cálculo de la temperatura de rocío

17.- CARGA FRIGORÍFICA

17.1.- Partidas destinadas a enfriamiento del producto.

17.1.1.- Conservación de la mercancía (Qu1).

17.1.2.- Congelación del producto (Qu2).

17.1.3.- Calor desprendido por ciertos productos (Qu3).

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.2.- Partidas destinadas a compensación de pérdidas

17.2.1.- Aportaciones de calor a través de las paredes (Qp1).

17.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Qp2).

17.2.3.- Calor aportado por motores (Qp3).

17.2.4.- Calor portado por las personas (Qp4).

17.2.5.- Aportaciones de calor debido al alumbrado (Qp5).

18.- ELECCIÓN DE COMPONENTES

18.1.- Elección del refrigerante.

18.1.1.- Repercusión medioambiental del refrigerante

18.2.- Compresores semiherméticos

18.3.- Evaporadores

18.3.1.- Separación entre aletas

18.3.2.- Situación de evaporadores

18.4.- Condensadores

18.5.- Válvula de expansión

18.6.- Aparatos anexos al circuito.

18.6.1.- Separador de aceite

18.6.2.- Silenciador de Descarga

18.6.3.- Recipiente de líquido

18.6.4.- Purgadores

18.6.5.- Deshidratadores

18.6.6.- Filtros

18.6.7.- Filtros de aceite

18.6.8.- Botella de aspiración

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.6.9.- Válvulas de retención

18.6.10.- Eliminadores de vibraciones

18.6.11.- Depósito de aceite

18.6.12.- Regulador de nivel de aceite

18.7.- Intercambiador de calor (no necesario)

18.8.- Válvulas magnéticas.

18.9.- Válvulas reguladoras de presión

18.9.1.- Válvulas de presión constante

18.9.2.- Otras Válvulas reguladoras de presión

18.10.- Tuberías

18.10.1.- Tuberías de cobre

18.10.2.- Tuberías de acero.

18.10.3.- Determinación de tuberías

18.10.4.- Cualidades de las tuberías

18.10.5.- Diámetro de las tuberías

19.- VÁLVULAS DE EQUILIBRADO DE PRESIONES

20.- RESUMEN INSTALACION FRIGORIFICA

21.- AUTOMATISMO DE LA INSTALACIÓN

22.- SISTEMA DE DESESCARCHADO

22.1.- Desescarche por Aire

22.2.- Desescarche por Gas Caliente

22.3.- Desescarche Eléctricos

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

23.- CONTROL DE LA INSTALACIÓN

23.1.- Control de Temperatura

23.2.- Control de Presión

23.3.- Control de Estanqueidad

23.4.- Identificación de los circuitos de fluidos

24.- CIRCULACIÓN DEL AIRE

25.- LUBRICANTE

25.1.- Análisis del aceite

26.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA ELEGIDO

27.- CÁLCULO NÚMERO DE LUMINARIAS

28.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

12.- FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN.

La refrigeración se basa en el hecho de que es necesaria una relativa gran cantidad de energía térmica para transformar un líquido en vapor. Esta energía térmica se extrae de la sustancia a enfriar disponiendo de un líquido que hierva a una temperatura por debajo de la sustancia que va a ser enfriada. Una comprobación puede consistir en utilizar un aerosol, como por ejemplo el desodorante en un pulverizador, en el cual además del desodorante también existe un agente o gas propelente (un refrigerante). Si se presiona el pulverizador y se pone la mano a la salida del recipiente se notará el efecto del enfriamiento de la expansión del refrigerante. De hecho, el refrigerante se libera desde la alta presión reinante en el interior del recipiente hasta la presión atmosférica más baja. La conclusión es que no solo la evaporación sino también la expansión proporcionan un efecto del enfriamiento.

En un sistema de refrigeración el proyectista dispone de un fluido de trabajo sea un líquido con un punto de ebullición tal que se vaporice rápidamente mediante la absorción de calor del contorno.

Examínese el proceso de cambio de estado de sólidos, líquidos y vapores. Cuando se calienta agua, esta hierve bajo la presión atmosférica a 100 °C. A esta temperatura y presión el agua se transforma de líquido a vapor. En estado líquido las moléculas se mueven lentamente, están muy juntas y tienen una cantidad de energía interna relativamente y se distribuyen más ampliamente, mientras que las que se encuentran en la superficie tienen una mayor tendencia a escapar. Si la presión sobre la superficie del agua la permiten y las moléculas tienen suficiente energía para vencer la fuerza de cohesión que originalmente las mantienen en el seno del líquido, algunas son más débiles que en el interior del líquido, donde las moléculas están rodeadas y sometidas a la influencia de las fuerzas de cohesión por todos los lados, y de esta forma aquellas que llegan a la superficie pueden escapar hacia el espacio.

La ebullición es un proceso isotérmico en el que la temperatura permanece constante. Bajo estas condiciones, en cuanto a la aportación de energía térmica, sería necesario disponer de una fuente de energía térmica con temperatura superior a 100 °C.

Cuando el agua está hirviendo en un recipiente completamente cerrado, tal como un calentador a presión, la presión se eleva y la temperatura de ebullición aumenta. En estas condiciones las moléculas tienen más dificultad en escapar a causa de la alta presión existente en la superficie del líquido. El resultado es que el proceso de ebullición puede tener únicamente lugar a una temperatura más alta. Otra vez se comprueba que la relación entre la presión de saturación y temperatura de ebullición de un líquido depende de la presión del vapor existente sobre él.

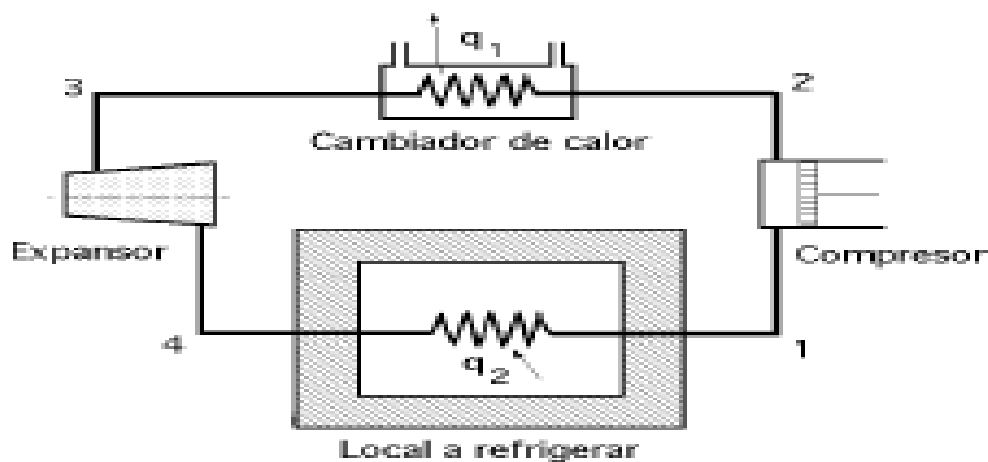
INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

La temperatura a la cual un fluido cambia de fase líquida a vapor y viceversa se denomina temperatura de saturación. El líquido y el vapor se encuentran entonces en lo que se denomina equilibrio. El líquido en estas condiciones se denomina líquido Saturado y la fase gaseosa vapor saturado. Para cualquier presión donde este estado pueda existir, la temperatura de saturación es la máxima temperatura que el líquido puede alcanzar y la mínima que el vapor puede poseer. Cuando se hace descender la presión existente sobre el líquido, entonces la temperatura de saturación disminuye también; cuando se suministra energía térmica al fluido, la temperatura se eleva y la presión aumenta de manera análoga. En otras palabras el punto de equilibrio se desplaza.

Cuando se selecciona una sustancia, para utilizarla en refrigeración o posiblemente en un proceso de congelación, no resulta adecuado un fluido que, a la presión atmosférica, hierva a 100 °C, a menos que se le haga hervir a una presión muy baja, lo cual en los sistemas de refrigeración no es muy práctico. La solución es seleccionar un fluido con un punto de ebullición adecuadamente bajo, y a una presión razonable.

Esquema de una instalación frigorífica



Donde:

Cambiador de calor (q_1)	→	condensador
Local a refrigerar (q_2)	→	Evaporador

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Se comprende ahora que el “frío” puede producirse vaporizando un refrigerante. Esto se logra en la práctica utilizando un elemento del equipo conocido como evaporador, el cual consiste normalmente en una batería de tubos en cuyo interior se inyecta o bombea refrigerante. Para crear un proceso continuo, el vapor debe ser transformado en líquido disponible para continuar el ciclo.

Por lo tanto, todo lo que se debe hacer para condensar el vapor es conseguir que contacte con una superficie a temperatura más baja. Si se utilizara un líquido con un bajo punto de ebullición para alcanzar una baja temperatura, por ejemplo en el intervalo de -10°C a -30°C , se necesitaría otra instalación de refrigeración para enfriar el vapor con el fin de conseguir esta condensación. Esto es muy complicado y costoso. Una solución para este problema es lograr que la condensación tenga lugar a más alta temperatura, utilizando el aire ambiente al agua de las fuentes naturales para extraer la energía térmica. Ello conduce a que el proceso requiera una presión equivalente mayor. Para alcanzar la alta presión se utiliza un compresor que realiza una doble tarea: mantiene una presión suficientemente baja en el evaporador para que la ebullición tenga lugar a una adecuada baja y al mismo tiempo consigue una presión suficientemente alta para que se produzca la condensación a la apropiada alta temperatura.

La energía aportada al vapor, mediante el motor de accionamiento del compresor, es el principal requerimiento de energía para hacer funcionar la instalación frigorífica. Con el objeto de utilizar la mínima energía se intenta condensar a la presión más baja posible, utilizando aire o agua fría.

Cada vapor tiene una temperatura por encima de la cual es imposible alcanzar la condensación, en este punto crítico no existe distinción entre vapor y líquido. Además, el compresor está limitado a su presión máxima de funcionamiento, que será de unos 55°C .

Tras la compresión, el vapor se encuentra a una temperatura más alta que la correspondiente a la presión de saturación, está sobrecalentado o recalentado. La energía interna se eleva y parte de esta se manifiesta en un aumento de la temperatura. Se deberá extraer este recalentamiento en el condensador para que la condensación pueda comenzar.

El recalentamiento también se produce en el ciclo al final del proceso de vaporización. Cuando el vapor abandona el evaporador la energía térmica adicional absorbida produce una elevación de la temperatura, denominada “recalentamiento en la aspiración”.

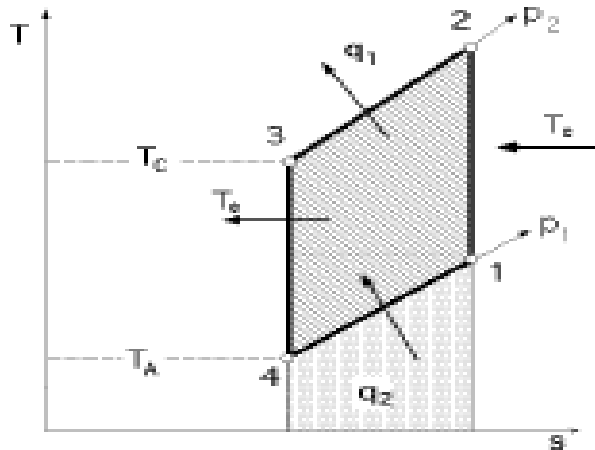
Por otro lado, una vez el vapor se ha licuado si se continúa sustrayendo energía térmica entonces, la temperatura desciende y el líquido se denomina subenfriado.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Diagrama de un refrigeración típico

Ciclo simple ideal



El ciclo de una maquina frigorífica se compone de:

Transformación politrópica (Compresión)	Estado final 2
Transformación isobárica (Condensación)	Estado final 3
Transformación isentálpica (Expansión)	Estado final 4
Transformación isobárica (Evaporación)	Estado final 1

Un concepto importante en refrigeración es la relación existente entre la presión y la temperatura de un vapor saturado y el líquido en equilibrio con él. Las presiones manométricas, como son las utilizadas con los compresores (normalmente indicadas en bar., kilo pascal, o psi), están mostrando el valor de la presión existente por encima de la presión atmosférica.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Compresión:

La compresión puede ser un proceso isotérmico, adiabático o politrópico. Si el proceso es isotérmico la temperatura del gas no cambiará. Este es un proceso con una alta eficiencia aunque desgraciadamente no puede realizarse en la práctica. Para que un proceso fuera isotérmico requería ser muy lento, de manera que permitiera el descenso o aumento de la energía interna durante la compresión y expansión respectivamente.

Un proceso adiabático es un proceso sin intercambio de energía térmica; en otras palabras, el proceso debería estar completamente aislado tanto en el caso de expansión como el de compresión.

En la práctica el proceso se sitúa entre estas dos transformaciones y se denomina proceso politrópico. Cuando se añade energía térmica al sistema la cantidad total de energía interna aumenta y por lo tanto, como se ha visto ya, la posibilidad de liberar trabajo externo aumenta.

Como podemos ver en el diagrama, el proceso de compresión sigue una línea “isoentrópica”, aumentando así la presión del gas hasta la temperatura de condensación (línea 1-2).

Condensación:

El fluido que sale del compresor, se enfría a presión constante (Isobara), y posteriormente se condensa hasta la forma líquida, para comenzar de nuevo un ciclo. La cantidad de calor que hay que ceder al medio de condensación sería la suma del calor extraído a la cámara frigorífica más el trabajo de compresión suministrado por el compresor.
(Línea 2-3)

Expansión:

El líquido, a la temperatura y presión de condensación llega a la válvula de expansión y en ella surge una expansión por laminado a través de un orificio. Esta transformación es isoentálpica y por tanto $h_3 = h_4$.

Evaporación:

El vapor al traspasar la válvula de expansión y llegar al evaporador es una mezcla de líquido y vapor, y cuya presión y temperatura disminuye hasta la de evaporación. Gracias al calor tomado del recinto a enfriar el líquido se vaporiza, aumentando progresivamente el título del vapor y liberando el calor latente de vaporización del líquido.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

12.1.- MODIFICACIONES SOBRE EL CICLO IDEAL

Ciclo simple real

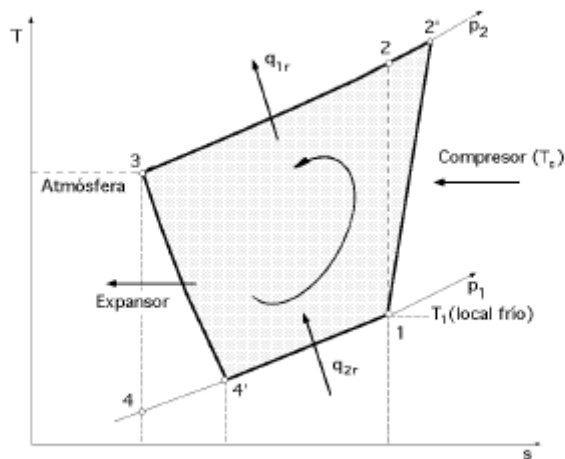


Fig XIV.2.- Diagrama de un ciclo real de aire

Subenfriamiento del líquido refrigerante.-

El ciclo de compresión de un vapor no es exactamente igual al ciclo teórico, sino que en este caso aparecen en la práctica irreversibilidades inevitables y otras interacciones térmicas.

Tal como se aprecia en la figura, es muy frecuente que el líquido refrigerante una vez condensado se enfríe por debajo de su temperatura de condensación cediendo calor sensible. Este subenfriamiento puede realizarse tanto en el propio condensador, dimensionándolo correctamente, como en los intercambiadores dispuestos para ello.

Si el subenfriamiento se produce en el condensador, evidentemente, la temperatura más baja a la que podría subenfriarse el líquido sería la temperatura del fluido de condensación.

El objeto final del subenfriado del líquido es el de dotar de mayor rendimiento frigorífico al líquido condensado.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Recalentamiento de los vapores aspirados.-

En algunos casos los vapores de refrigerante no llegan al compresor a la temperatura de evaporación, sino que una vez convertido todo el líquido en vapor, éste sigue absorbiendo calor sensible, bien en las tuberías de aspiración, bien en un intercambiador e incluso en el propio evaporador si éste está subalimentado.

El sobrecalentamiento del vapor evita los golpes de líquido en el compresor pero entraña peligros de descomposición del fluido refrigerante por temperaturas excesivamente altas tras la compresión, por lo que no debe absorber del recalentamiento.

El fluido al recorrer el evaporador sufre una caída de presión que hace la compresión no se realice del punto teórico anterior.

En condiciones reales tendremos a la salida del evaporador una presión inferior a la presión en el punto de entrada. El punto 1' representa las características del verdadero vapor aspirado por el compresor, el cual está a presión P1.

Igualmente, la compresión real no es un proceso isentrópico. El trabajo de compresión debe calcularse mediante la expresión:

$$W = h_{2'} - h_{1'}$$

12.2.- Rendimiento de la instalación

Además de lo anteriormente explicado hemos de tener en cuenta el rendimiento de la instalación que se define como:

$$\boxed{\text{COP} = \frac{q}{w}}$$

Donde:

- q : calor extraído de la cámara (frío producido)
- w : trabajo empleado en la compresión.

Para la figura (ciclo ideal) [W_{c*} : trabajo iséntalpico]

$$\text{COP} = \frac{q_c}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_{2*} - h_1}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Para la figura (ciclo real simple) [wc: trabajo de compresión adiabático].

$$\text{COP} = \frac{q_c}{W_c} = \frac{\rho_c \cdot \varepsilon \cdot (h_1 - h_8)}{(h_6 - h_1)}$$
$$\rho^* = \frac{(h_6 - h_5)}{(h_6 - h_5)}$$

Donde,

ε = coeficiente de pérdidas de cargas

ρ = rendimiento isentrópico del compresor.

Este rendimiento se ha de tener en cuenta en cada instalación debido a que no solo es importante que el calor extraído por el ciclo sea mayor posible. Hemos de elegir un sistema en el cual, el trabajo invertido en el proceso de compresión no sea excesivamente elevado, aun a costa de disminuir el frío producido en un ciclo.

Además, debemos de tener en cuenta que al ser elevada la relación de compresión, los sistemas tropiezan con problemas como son:

- Elevadas temperaturas de descargas que hacen que el aceite se deteriore
- Esfuerzos excesivos en las partes móviles del compresor
- Pérdidas del rendimiento volumétrico al pasar la alta presión al lado de baja presión a través de la holgura del compresor y al aumentar del claro o espacio muerto del compresor.
- Estirado o arrastre de válvulas.
- Calentamiento del cilindro.
- Fugas en válvulas.

Para todo ello, los fabricantes en general limitan las máximas relaciones descompresión para las máquinas alternativas multicilíndricas en un valor de 9, y para los compresores de tornillo de 19 (estos incorporan un sistema de enfriamiento del aceite).

Además se han desarrollado algunas estrategias de mejora para los ciclos reales, amén de los subenfriamientos y recalentamientos anteriormente expuestos.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

12.3.- Mejoras del ciclo simple

Existen diferentes formas de mejorar el ciclo simple, mediante distintos dispositivos acoplados, estos se describen a continuación:

a) Método de cascada

Para temperaturas inferiores a -30 °C , la relación de presiones de un sistema simple de refrigeración es elevada, por lo que la temperatura al final de la compresión puede superar considerablemente la temperatura de condensación, ya que la compresión tiene lugar en la región del vapor recalentado. Por otro lado, si se recoge el refrigerante de modo que los valores de la presión en el evaporador sean moderados, la presión en el condensador será elevada.; por el contrario, si se elige el refrigerante para obtener en el condensador presiones bajas, la presión en el evaporador puede alcanzar valores muy inferiores a la atmosférica. Se pueden eliminar parcialmente estos inconvenientes utilizando el *método de cascada*. En este método se emplean dos o más ciclos en serie, cada uno con un refrigerante distinto, utilizándose el condensador del ciclo de temperatura baja como evaporador del ciclo de temperatura alta. El método de cascada resulta especialmente ventajoso cuando la refrigeración es necesaria a dos temperaturas distintas.

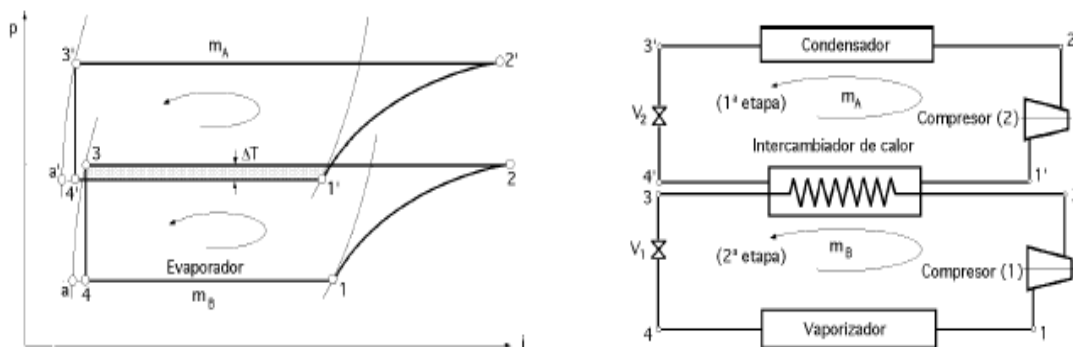


Fig XIV.13.- Método de cascada con dos etapas de compresión

En este sistema

$$\Delta q_a = (h_{c1} - h_{b1}) \times m_{f1}$$

$$\Delta w = \Delta w_1 + \Delta w_2 = (h_{c1} - h_{d1}) m_{f1} + (h_{c2} - h_{d2}) m_{f2}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Haciendo un balance de energía en el condensador- evaporador intermedio.

$$(h_{c2} - h_{b2}) m_{f2} + (h_{d1} - h_{a1}) m_{f1} \quad (\Delta q, \Delta w = 0)$$

b) Método de multicompresión de refrigeración intermedia por agua

El trabajo necesario para comprimir un gas está directamente relacionado con la temperatura inicial y es conveniente efectuar la compresión en dos o más etapas con un a la temperatura atmosférica, tiene una temperatura muy por debajo del vapor que alcanza la temperatura del condensador para presiones elevadas correspondiente a la descarga, con lo que puede no ser práctico el enfriamiento intermedio. En la figura se representa un sistema con compresión en dos etapas y refrigeración intermedia. El vapor, a la salida de la primera etapa, puede enfriarse algo sin que se pueda alcanzar el estado de saturación, por ser la temperatura de este estado inferior a la temperatura del medio refrigerante en la refrigeración intermedia (se supone que para dos los valores de la presión correspondientes al punto a y al punto H, la temperatura del vapor saturado es muy próxima a la temperatura del vapor saturado es muy próxima a la temperatura del medio refrigerante).

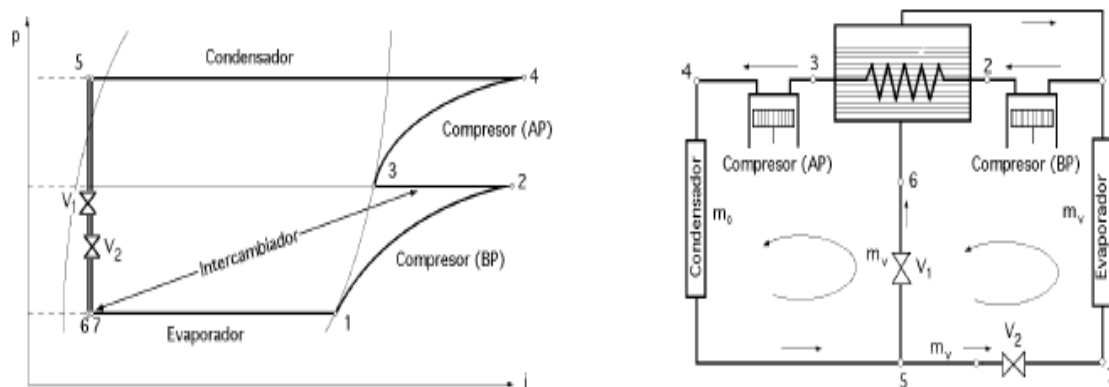


Fig XIV.10.- Método de multicompresión con refrigeración intermedia y dos expansiones

Un sistema de doble etapa bien proyectado somete a cada uno de los compresores a una relación de compresión aproximadamente igual a la raíz cuadrada de la relación global.

$$R_{\text{global}} = \frac{\text{Presión absorbida condensador}}{\text{Presión absorbida evaporador}}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Al resultado se le calcula la raíz cuadrada y ya tenemos la relación de compresión buscada.

c) Método de multicompresión con refrigeración intermedia por vaporización parcial. (flash chamber)

Al verificarse la estrangulación del líquido refrigerante en la válvula de expansión, se evapora parcialmente. El vapor así producido pasa por el evaporador sin experimentar cambio de estado posterior y sin producir enfriamiento del foco frío. El compresor deberá, pues, comprimir el vapor así generado, así como el vapor formado por la correspondiente absorción de calor del cuerpo que se quiere enfriar (vapor que podremos llamar << activo >>, se utiliza el sistema en dos etapas con vaporización parcial a la salida del condensador. En este sistema, el líquido se expande (ab) hasta alcanzar la presión intermedia, y el vapor generado en la primera estrangulación (j), que no tiene aprovechamiento en la refrigeración, pasa la segunda etapa, donde es comprimido hasta llegar a la presión del condensador. El refrigerante licuado en la cámara refrigeradora intermedia (flash chamber) pasa a través de la segunda válvula, alcanzando la presión su valor final (cd). Por tanto, el título del fluido en el estado d es inferior al del estado b' (estado que se alcanza con una única expansión hasta la presión del evaporador).

Es preciso suministrar menos trabajo, ya que el vapor producido en la primera estrangulación y que es eliminado a la presión intermedia, sólo necesita ser comprimido parcialmente.

En este sistema, y suponiendo que la unidad de masa de refrigerante entra en el evaporador y que la cantidad de vapor generado en la primera expansión es y, tenemos:

$$\Delta q_a = (h_e - h_d)$$

$$\Delta w = \Delta w_1 + \Delta w_2 = (h_e - h_h) + (1+y)(h_i - h_k)$$

Podemos determinar “y” “haciendo un balance energético en la válvula de expansión y la cámara de refrigeración intermedia;

$$(1+y) h_a = y h_j + h_c \quad (\Delta q, \Delta w = 0)$$

$$Y = \frac{h_c - h_a}{h_a - h_j} = \frac{X_b}{1 - X_b}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

donde X_b = título del vapor en el estado b.

Al mezclarse el vapor producido en la primera estrangulación con el vapor recalentado a presión constante, este último vapor se enfría (h_i), mientras que el primero se recalienta (j_i). Haciendo un balance de energía al mezclarse los dos vapores, se verifica:

$$h_i = \frac{y h_j + h_h}{1 + y}$$

Esquema (flash chamber)

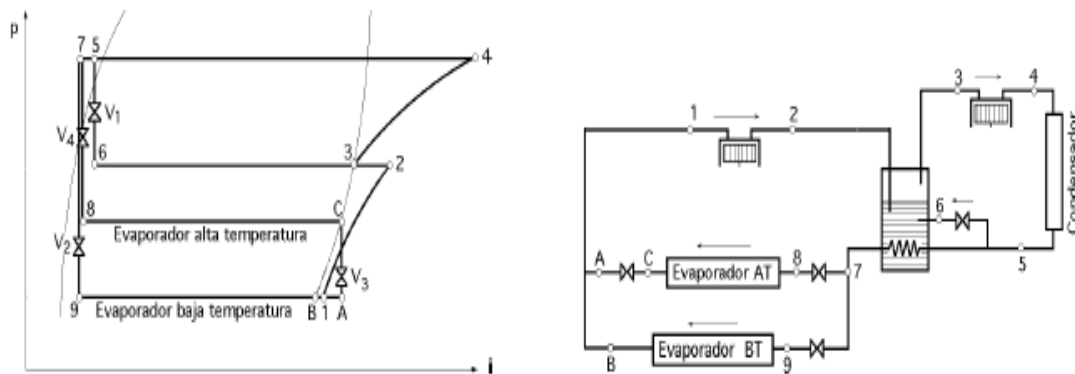


Fig XIV.19.- Sistema de inyección parcial

d) Método de multicompresión con refrigeración intermedia (refrigerador intermedio cerrado)

El siguiente sistema de refrigeración se utiliza una refrigeración intermedia a fin de disminuir el trabajo del compresor de la segunda etapa y enfriar el líquido que, a través de la segunda válvula de expansión, pasa al evaporador. En este sistema, la unidad de masa refrigerante pasa, a través de la válvula principal de expansión, mientras que la cantidad que pasa a través de la válvula auxiliar de expansión al evaporador es y^* . Se determina “y”, efectuando un balance energético en la refrigeración intermedia:

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

$$y h_a + h_a + h_h = (1 + y) h_i + h_c \quad (\Delta q, \Delta w = 0)$$

$$y = \frac{h_i - h_c - h_h - h_a}{h_a - h_i}$$

En este caso, a diferencia del anterior “y” no esta determinado:
Puede variarse la cantidad que se deriva de la corriente principal, con el objeto de controlar el estado del punto i.

Diagrama refrigerador intermedio cerrado

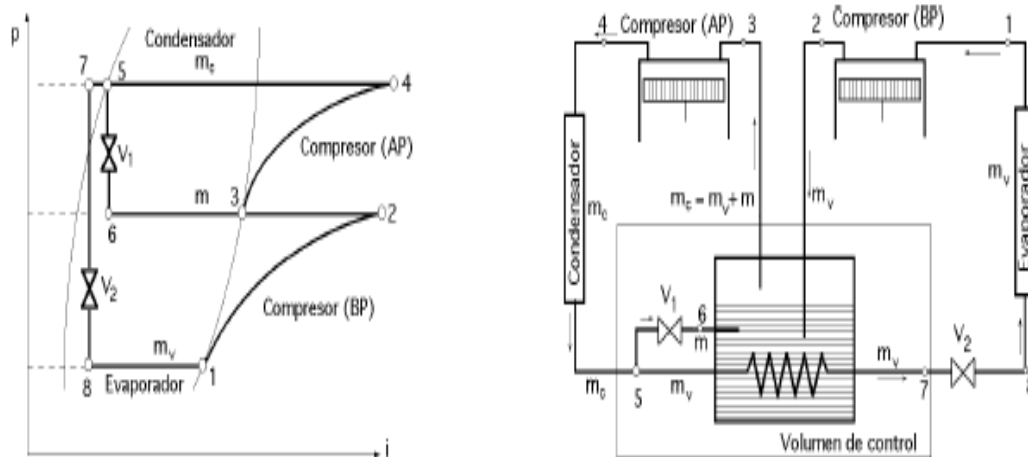


Fig XIV.12.- Ciclo de inyección parcial, con enfriador intermedio de tipo cerrado

e) Método con refrigeración intermedia (refrigerador intermedio abierto)

En este caso tenemos otra modificación del sistema ideal en dos etapas con refrigeración intermedia. En este sistema, al vapor generado en la primera estrangulación se añade al vapor formado al enfriar el refrigerante recalentado que procede del compresor de la primera etapa. Por tanto, el refrigerador intermedio actúa como la cámara donde tenía lugar la evaporación parcial (flash chamber).

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Diagrama refrigerador intermedio abierto

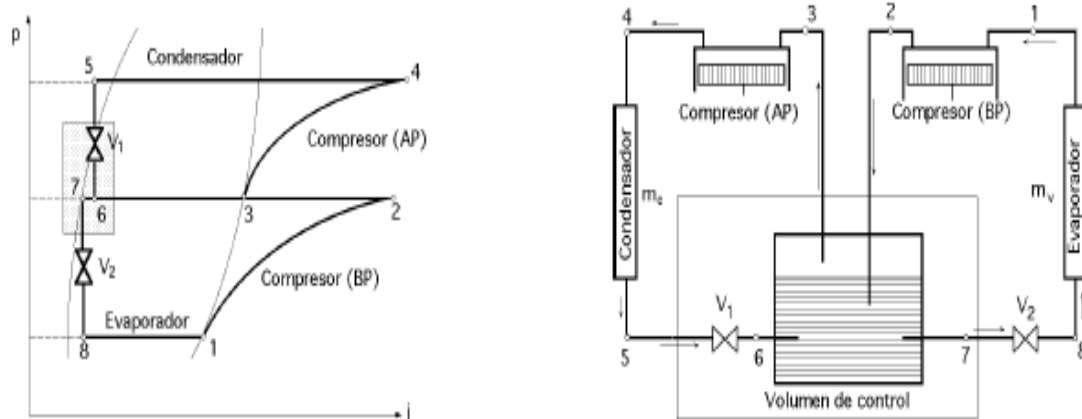


Fig XIV.13.- Ciclo de inyección total, con enfriador intermedio de tipo abierto

12.4.- Sistema elegido

De los distintos sistemas de refrigeración explicados en los apartados anteriores, el que más se ajusta a nuestras instalaciones es el ciclo simple, debido a que el refrigerante utilizado y las necesidades frigoríficas se ajustan a la cantidad de frío necesario.

El refrigerante utilizado es el R- 404 A que tiene un rango de temperatura inferior a los -35°C , y las necesidades frigoríficas se consiguen con este ciclo simple.

Las tres cámaras a instalar tienen una temperaturas requeridas para la conservación de los alimentos que varían desde los -20°C de la cámara de congelados, hasta los 12°C de la Sala de Elaboración, y como el rango de temperaturas negativas del refrigerante esta por debajo de la situación más desfavorable se admite como la solución adoptada.

Estos son los dos criterios que se ha tenido en cuenta para decantarnos por esta elección.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

13.- AISLAMIENTO DE LAS CAMARAS

El aislamiento tiene por objeto reducir en lo posible las pérdidas de frío a través de paredes, techos, puertas y otros elementos. Se trata de hacer la cámara lo más adiabáticas posible, para reducir al mínimo la entrada de calor, y mantener las condiciones internas lo mas adecuadas posibles. La importancia del aislamiento es mayor cuanto menor sea la temperatura interna del recinto, de modo que debe prestarse mucha atención a los materiales que se van a utilizar para este fin. En estos casos es muy importante, disponer de una adecuada protección contra la entrada de vapor de agua en el recinto, que produciría la formación de hielo o escarcha sobre los productos almacenados o sobre el cerramiento. Esto se conoce como barrera antivapor.

Para que un material sea aislante, y por ello mal conductor del calor, hace falta que este material esté formado por gran número de células o celdillas cerradas conteniendo aire seco enredoso, u otro gas, con un coeficiente de conductividad bajo.

Estas consideraciones explican que los materiales aislantes sean ligeros y también el hecho de que el poder aislante de un material varíe en razón inversa a su peso específico.

13.1.- Barrera antivapor

Al estar el interior más frío y seco que el exterior, existe la tendencia a entrar vapor de agua en la cámara, por difusión. La migración de vapor entraña el peligro de que se condense agua entre la pared y el aislamiento interior, al que puede llegar a destruir.

Para evitar esto debe colocarse una barrera antivapor en el lado caliente del aislante, especialmente en las cámaras de congelación de productos congelados. Esta barrera debe reunir las siguientes condiciones:

- Ser impermeable al paso del agua
- Ser continua
- Mantener sus propiedades en el tiempo

Como barrera antivapor se utilizan finas láminas de acero, de aluminio, de polietileno, etc.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

13.2.- Materiales aislantes.

Para que un material sea aislante, y por ello mal conductor del calor, hace falta que este material esté formado por gran números de celdas cerradas conteniendo aire seco en reposo, u otros gases, con un coeficiente de conductividad bajo.

Estas consideraciones explican que todos los materiales aislantes sean ligeros y también el hecho de que el poder aislante de un material varíe en razón inversa a su peso específico.

La eficacia del aislante depende de varios factores. Los más importantes son:

- Su naturaleza
- La densidad
- El espesor
- La forma en que se aplique

Las características a tener en cuenta para la elección del aislamiento:

- Ligero y no higroscópico, a fin de conservar constantes a lo largo de todo el tiempo sus cualidades aislantes.
- Inodoro, a fin de que no comunique su olor a los productos almacenados
- Neutro frente a otros materiales empleados en la construcción de las instalaciones frigoríficas
- Inflamables e ignífugos
- Plásticos
- Resistente a la presión
- Impermeable al vapor de agua, para evitar condensaciones y congelaciones en el interior del mismo
- La estabilidad dimensional
- La conductividad térmica baja

MODELO CÁMARA FRIGORÍFICA



INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Conductividad térmica de materiales aislantes

Material	Densidad (Kg/ m ³)	Conductividad (W/mK)
Poliestireno expandido	De 10 a 12	0.047
	De 12 a 15	0.044
	De 15 a 20	0.038
	De 20 a 25	0.035
	De 25 a 40	0.033
Poliestireno extruido	De 25 a 30	0.034
	De 30 a 50	0.027
Poliuretano	De 28 a 32	0.023
	De 32 a 40	0.020
	De 40 a 80	0.020
Espumas fenólicas	De 27 a 30	0.038
	De 30 a 50	0.035
	De 50 a 150	0.037
Corcho	De 90 a 110	0.043
	De 110 a 150	0.037
Fibra de vidrio	De 13 a 20	0.048
	De 20 a 50	0.037
	De 50 a 100	0.036
Vidrio celular	De 100 a 140	0.049
	De 140 a 200	0.050

13.3.- Determinación del espesor del aislamiento

Los factores que se han de tener en cuenta al calcular el espesor que debe tener la lámina de aislante son:

- Las temperaturas previstas para el interior y el exterior
- La conducción del aislante que se va a instalar
- Las pérdidas máximas admisibles.

El método propuesto a continuación es el recomendado debido a su sencillez y Fiabilidad. Se parte de la ecuación que expresa la tasa de transferencia de calor a través de una superficie plana:

$$Q = A K (T_e - T_i) \quad (1)$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Donde

- Q es la tasa de transferencia de calor en W
- A es la superficie en m²
- K es el coeficiente global de transmisión (convección más conducción) cuyas unidades son W / (m² K)
- Te , Ti son las temperaturas exterior e interior en K

El flujo de calor será:

$$q = K (T_e - T_i) \quad (2)$$

El coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e} \quad (3)$$

Donde

- hi es el coeficiente de convección interior e W/(m² K)
ei es el espesor de las distintas capas de pared en metros (m).
ki son las conductividades de capa en W / (mK)
he es el coeficiente de convección exterior en W / (m² K)

En la práctica se desprecia la convección y solo se tiene en cuenta la resistencia ofrecida por el aislante, con lo que pasamos a tener:

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{e}{k_i} \quad (4)$$

que es una fórmula mucho más sencilla.

Sustituyendo en (2) la ecuación (4)

$$q = \frac{k}{e} (T_e - T_i) \quad (5)$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

y despejando “e” queda:

$$e = \frac{k (T_e - T_i)}{q} \quad (6)$$

Las pérdidas máximas admisibles (el flujo de calor) se fijan de antemano. Usualmente se toman los valores de:

$$q = 8 \text{ W/ m}^2 \text{ para conservación}$$

$$q = 6 \text{ W/ m}^2 \text{ para congelación}$$

13.4.- Aislantes empleados.

Hoy en día existen una gran variedad de materiales aislantes debido a la proliferación de distintas industrias dedicadas a ello. Por ello existen distintos tipos en el mercado como son la fibra de vidrio, el poliestireno expandido o extruido, el poliuretano, la lana mineral, etc. En la actualidad se están construyendo distintas cámaras frigoríficas mediante paneles frigoríficos denominado tipo “sándwich” construido básicamente por una lámina de poliuretano de distinto espesor según la función a la cual este destinado, cámara conservación de congelados, refrigeración, etc. Estos paneles están revestidos por ambas caras con láminas de acero lacado de 0.5 o 0.6 mm de espesor.

Estos paneles presentan la ventaja de su fácil aplicación gracias a las uniones machihembradas, en los que la unión de paneles se efectúa mediante inyección de espuma de poliuretano en la junta de unión. Los paneles son autoportantes y pueden utilizarse tanto para el aislamiento interior de una estructura metálica, como para el aislamiento exterior.

Los paneles se protegerán interiormente con muretes de hormigón perimetrales, asegurando así su estabilidad mecánica frente a golpes o vientos.

En el caso que nos ocupa se van a utilizar paneles de tipo sándwich de poliuretano de 2 espesores diferentes en función del lugar de ubicación aunque la densidad es de 40-80 (Kg/ m³). Por ello para los paneles colocados tendrán los siguientes espesores:

- Cámara de congelación de – 20°C	e = 100 mm
- Cámara de 0° C	e = 80 mm
- Sala de Elaboración	e = 40 mm

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Este tipo de aislamiento de las paredes está usado solo en las cámaras de refrigeración y congelados ya que es donde se necesita un mayor aislamiento del calor debido al tipo de producto almacenado. Estos están superpuestos a la pared de ladrillo que han sido contruidos.

Los demás recintos del supermercado no están recubiertos por estos paneles, y por tanto solo tienen como aislante el propio del ladrillo, que no es aconsejable, pero al no ser fundamental para la conservación de los productos no se han llevado a cabo su aislamiento. Estos lugares son, la sala de venta, oficinas, servicios, almacén, etc.

JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN:

La solución adoptada por el uso de estos paneles tipo(sándwich) constituye una solución técnica muy adecuada debido a su fácil instalación, su buen rendimiento energético, gran facilidad de montaje, y por que el precio es más competitivo con respecto al uso del ladrillo tradicional (aislado con espuma) , ya que su uso están obsoletos. Además presenta otra ventaja ya que este tipo de estructuras no necesita barrera antivapor ya que las chapas de acero constituyen en sí una barrera de vapor.

Además, esta solución mejora la estanqueidad de la cámara, reduciendo las pérdidas frigoríficas, ya que para ellos, se fabrica todo tipo de remates, que permiten salvar incluso las máximas exigencias de la legislación técnico-sanitaria. Para asegurar esta estanqueidad entre paneles, paredes y techos son complementos necesarios la espuma de poliuretano, la masilla butílica o silicona.

Los paneles que se utilizan en el proyecto están expuestos en la memoria de cálculo.

13.4.- Prevención de congelación del suelo

En las cámaras de conservación de congelados y en las de congelación, la temperatura superficial exterior en el suelo puede ser negativa, provocando la congelación del vapor de agua que haya condensado sobre esta superficie si no existe una circulación de aire que evacúe el frío que atraviesa el aislante. Si el vapor de agua penetra por entre las grietas existentes y se congela puede llegar a levantar el suelo resquebrajarse la barrera antivapor, permitirá el ascenso del vapor de agua hacia la solera de hormigón y su posterior congelación, con lo que en poco tiempo podrá romperse incluso la solera de la cámara.

En estos casos, la ejecución de la solera de la cámara debe ir precedida de la construcción de un vacío sanitario que permita la circulación del aire. Esta solución se procede en casos en que el cliente así lo exija, ya que su construcción es cara y laboriosa, sobre todo cuando el nivel del suelo de la cámara es el mismo que el resto de la nave, siendo en estos casos necesario incluir en el proyecto un apartado para el movimiento de tierras, ya que es necesario utilizar vigas y bovedillas para su construcción.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

En nuestro caso hemos aprovechado que el nivel de la solera está por encima del nivel del suelo, podemos conseguir la diferencia de cotas que se necesita para la evacuación de las frigorías necesarias para evitar la congelación del suelo. Si no se puede evacuar esta cantidad de frigorías de forma natural lo deberíamos de realizar con una circulación forzada del aire de evacuación, que sería más costoso debido a la utilización de ventiladores internos. Si este fuera nuestro caso se podrá estudiar la colocación de 2 ventiladores de pequeña potencia, uno en la cámara de congelación de -20°C y otro en la cámara de 0°C .

14.- CONDENSACION EN CERRAMIENTOS

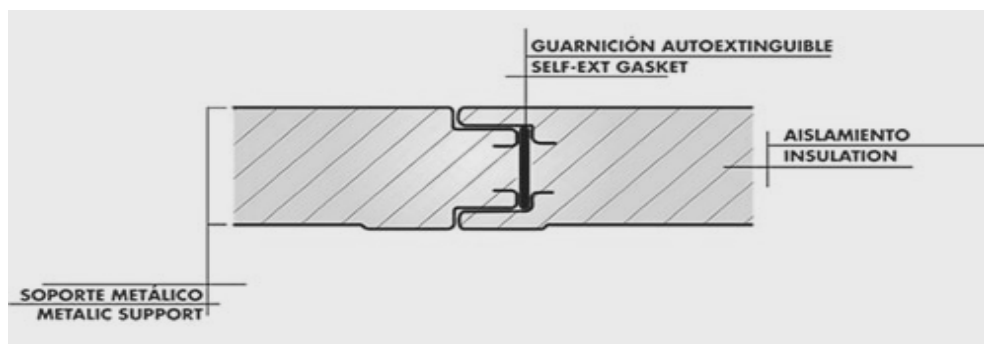
Las condensaciones de vapor de agua en determinados lugares suelen ser un gran problema a la hora del diseño de cámaras frigoríficas, debido a la formación de escarcha o en el caso de cámara bajo cero la aparición de capas de hielo que los dañarían.

Para obtener un buen aislamiento es necesario que el material aislante se conserve lo más seco posible, ya que la humedad tiende a aumentar su coeficiente de conductividad térmica. Por lo que se debe tener cuidado a la hora de la ejecución de la obra. El vapor de agua tenderá a penetrar hacia el interior de los cerramientos e incluso en el interior de la cámara.

En el caso de cámaras frigoríficas, el aire húmedo exterior que intenta penetrar hacia el interior, va disminuyendo su temperatura hasta llegar al punto de rocío y producir condensaciones, o incluso si la temperatura es muy baja solidificar pudiendo provocar graves daños y por tanto perder rendimiento del aislante.

Por tanto, para el cálculo de los cerramientos de una cámara frigorífica y su posterior ejecución, se deberá cumplir la condición de que no se produzcan condensaciones en ningunas capas del aislante del cerramiento.

Es este uno de los motivos por el cual se utilizarán paneles frigoríficos tipos “sándwich”, que están equipados con barreras antivapor, que evitarán este fenómeno.



INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

15.- CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DE LA PARED EXTERIOR

Es conveniente conocer la temperatura que se pueden alcanzar en las paredes exteriores debido al calentamiento que se produce por su exposición al sol. Esto es necesario en el lugar donde vivimos (Andalucía), sobre todo en verano ya que en esta época del año se alcanza temperaturas de casi 45 °C.

Debido a la ubicación de la zona comercial esta, está expuesta a la radiación solar, en la cara oeste por la mañana, mientras que por el mediodía y la tarde la exposición es menor debido que está rodeado por otros edificios. Tan solo está expuesto al sol durante todo el día, el techo, por ello a la hora de acometer la obra civil se instaló una pequeña cámara de aire para atenuar sus efectos.

Para calcular la temperatura se seguirá este procedimiento analítico:

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$Q = h_e \cdot S \cdot (T_e - T_{se}) = K \cdot S \cdot \Delta T$$

$$h_e \cdot (T_e - T_{se}) = K \cdot \Delta T$$

$$T_{se} = T_e - [(K \cdot \Delta T) / h_e]$$

Siendo

h_e = Coeficiente superficial de transmisión de calor (W/ m². K)

T_e = Temperatura exterior (°C)

T_{se} = Temperatura superficial exterior (°C)

K = Coeficiente global de transmisión de calor (W/ m².K)

ΔT = Diferencia de temperatura ($T_e - T_i$)




El coeficiente superficial de transmisión de calor es la transmisión térmica por unidad de área hacia o desde una superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección, conducción y radiación, dividido por la diferencia de temperatura entre la superficie del material y la temperatura fluido. En nuestro caso será la temperatura ambiente exterior y la temperatura interna del local.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El valor del coeficiente superficial depende de muchos factores como son ; el movimiento del aire, la rugosidad de la pared y la naturaleza de la misma, temperatura ambiente, etc. Para el cálculo de estos coeficientes se van ha tener en cuenta la tabla de coeficientes que aparecen en CTE-HE , referidos al tipo de material que están construido las paredes del edificio, que se exponen a continuación.

Resistencias térmicas superficiales en $m^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal}$ ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Situación del cerramiento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal.		0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente.		0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente.		0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Los datos que vamos a utilizar para los cálculos son:

Unidades : ($m^2 \cdot K$) / W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con espacio exterior o local abierto		
	1/ hi	1/ he	(1/hi + 1/he)	1/ hi	1/ he	(1/hi + 1/he)
Cerramientos verticales y flujo horizontal	0.11	0.06	0.17	0.11	0.11	0.22
Cerramientos horizontales y flujo ascendentes	0.09	0.05	0.14	0.09	0.09	0.18
Cerramientos horizontales y flujo descendentes	0.17	0.05	0.22	0.17	0.17	0.34

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

16.- TEMPERATURA DE ROCÍO

A una determinada temperatura el aire no puede contener más de una cantidad de agua en estado de vapor, que será inferior a un nivel máximo denominado de saturación.

Cuando esa cantidad de agua se mantiene por debajo del máximo el aire se caracteriza por su humedad relativa o relación entre el peso o presión de vapor de agua existente y el vapor de agua al nivel de saturación.

La presión de vapor será más elevada a medida que la temperatura del aire sea más alta, como puede verse en los ábacos psicrométricos. Una masa de aire inicialmente no saturada llevada a una temperatura más baja puede alcanzar el nivel de saturación sin necesidad de ver modificada su presión de vapor de agua, y a partir de la cual se produce esta condensación se denomina punto de rocío del ambiente considerado.

Por tanto, se producirá el fenómeno de la condensación cuando el aire descienda su temperatura un nivel igual o inferior a su punto de rocío o cuando el vapor contenido en el aire se encuentre en contacto con un cerramiento u objeto cuya temperatura sea inferior al punto de rocío.

16.1.- Cálculo de la temperatura de rocío.

En algunas ocasiones es preciso calcular un espesor de aislamiento tal que en una determinada superficie no se produzca condensaciones del vapor de agua existente en el aire.

Para la expresión que nos permite calcular la temperatura de rocío, se parte de los datos del aire: presión atmosférica ; humedad relativa y de la temperatura seca exterior.

A partir de la presión de vapor de saturación se calcula la humedad absoluta de saturación del aire , X_s , a la temperatura exterior:

$$X_s = 0,622 \cdot P_{ws} / (P - P_{ws})$$

Siendo

P = la presión atmosférica; 101.308 Pa

P_{ws} = es la presión de vapor de saturación, en Pa

La humedad absoluta del aire, X , es:

$$X = H \cdot X_s$$

Siendo

H = la humedad relativa del aire, en tanto por uno

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

La presión de vapor de saturación del punto de rocío, $P'ws$; es:

$$P'ws = (X \cdot P) / (0,622 + X)$$

Finalmente tendremos la temperatura de rocío, Tr , mediante la fórmula:

$$Tr = [273,3 \cdot (\log P'ws - 2,7858)] / [7,5 \cdot (\log P'ws - 2,7858)]$$

Una vez realizado los cálculos, para una temperatura media exterior de 20°C, se ha llegado al resultado que no se producirá condensación en ningún lugar de los calculados, es decir, en techo, paredes laterales y trasera y pared divisoria entre la cámara y la antecámara. Ya que, como podemos observar en el cuadro resumen, los valores de temperatura correspondiente a la superficie de la pared se mantienen siempre por encima de la temperatura de rocío.

No obstante siendo consciente de además de utilizar las ecuaciones correspondientes y el uso de datos tabulados, obtenidos estos de forma experimental, junto con los cambios climáticos que experimenta nuestra comunidad , nos hace pensar que en realidad si se producirán condensaciones. Además en invierno, donde la temperatura exterior puede llegar los 0°C es muy probable que esto ocurra.

Para ello se tomarán medidas correctoras para evitarlas, como puede ser que ; en el techo, donde puede ser peligrosa la condensación por la aparición de hielo, produciendo un aumento de peso y su posible caída. Para evitarlo, se tomará como medida correctora la inclinación de un 4% a dicha superficie para evitar el peligro que puede acarrear el acumulo de agua. El agua condensada discurrirá por la superficie cayendo al suelo por los laterales, no existiendo en ningún momento la posibilidad de penetración de dicho agua en el interior gracias al chapado tipo “sándwich” de los que están los paneles aislantes.

Otra medida para evitar el exceso de humedad es la colocación de uno o varios extractores de aire, cuya función será la renovación del aire interno de la cámara, a fin de evitar que se den las condiciones idóneas de humedad y temperatura para la condensación del vapor de agua.

17.- CARGA FRIGORIFICA

La carga térmica o frigorífica es la cantidad de calor que es necesario extraer de la cámara , para mantener las condiciones internas siempre constante a la temperatura requerida. Este calor debe coincidir con el que se genera dentro de la cámara más el que se transmite del exterior al interior de la cámara. Esta carga depende de muchos factores, por ello se dividen en apartados que se denominan partidas, cada una referida al aporte de calor que genera por un motivo concreto.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Todo el calor debe ser utilizado para :

- Enfriar la mercancía de la cámara
- Compensar las carga de calor aportado del exterior y generado interior

Una vez calculada la carga frigorífica se determinará la potencia frigorífica de los compresores, necesarios para asegurar el buen funcionamiento de la instalación.

Las partidas se englobarán en dos cargas de diferente naturaleza, una parte referente a la refrigeración del material del interior de la cámara (mercancía, embalaje, es decir todo lo referente al productos) que se denominará Q_u y otra referente a compensar las aportaciones externas de los distinto elementos que pueden influir (transmisión paredes, iluminación ,etc.) que se denominará Q_p .

$$Q_t = Q_u + Q_p$$

Casi toda la bibliografía consultada coincide en dividir Q_u en:

- Q_{u1} : Conservación de la mercancía
- Q_{u2} : Congelación y subenfriamiento; esta partida a su vez se divide:
 - o Q_{u21} : Enfriamiento desde la temperatura de entrada hasta la temperatura de congelación.
 - o Q_{u22} : Congelación
 - o Q_{u23} : Enfriamiento desde la temperatura de congelación hasta final
- Q_{u3} : Absorción de calor desprendido por ciertos productos.
- Q_{u4} : Refrigeración del embalaje.

Las partidas que componen Q_p son :

- Q_{p1} : Aportaciones de calor por paredes, techos y suelo.
- Q_{p2} : Enfriamiento y desecación del aire de renovación
- Q_{p3} : Calor aportado por motores y/o máquinas.
- Q_{p4} : Aportaciones de calor debidas a las personas (ocupantes eventuales de la cámara).
- Q_{p5} : Calor liberado por la iluminación

El objetivo de los cálculos es obtener la potencia frigorífica (frigorías/hora) necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación. Para ello los cálculos se evaluarán basándose en 24h, de modo que se divide por el tiempo (horas) de funcionamiento de la máquina, con lo cual se obtiene la potencia frigorífica horaria.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

También se debe tener en cuenta que el ciclo de trabajo de la máquina se compone de refrigeración y el desescarche, teniendo en cuenta que el tiempo de desescarche no debe tenerse en cuenta a la hora del cálculo.

17.1.- Partidas destinadas a enfriamiento del producto.

17.1.1.- Conservación de la mercancía (Q_{u1}).

En esta partida se tendrán en cuenta el enfriamiento del producto desde la temperatura de entrada en la cámara y la temperatura final, por encima del punto de congelación. La ecuación aplicable sería:

$$Q_{u1} = c_p \cdot m \cdot (T_e - T_f)$$

Donde:

C_p = es el calor específico por encima de congelación expresado ($\text{kJ}/(\text{Kg} \cdot \text{K})$)

m = masa de la mercancía a enfriar (Kg)

T_e = es la temperatura de entrada del producto ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = es la temperatura final del enfriamiento superior a congelación ($^{\circ}\text{C}$)

Los calores específicos del producto se tomarán en la mayoría de los casos en tablas para agilizar los cálculos, pero a la hora de un estudio riguroso del producto a refrigerar se aportan 2 ecuaciones que se pueden utilizar para calcularlo, tanto para temperaturas superiores a 0°C como para las de bajo 0°C . Para ello se utilizará la fórmula de Siebel, cuyas unidades están expresadas en $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

- Para temperaturas superior a 0°C

$$C_p = 0,00355 a + 0,837$$

- Para temperaturas inferiores a 0°C y no por debajo de los -30°C debido a que a partir de temperatura no es muy efectivo.

$$C_p = 0,0126 a + 0,83$$

De donde a es el porcentaje de agua contenido en el producto.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.1.2.- Congelación del producto (Qu_2)

Esta partida comprende 3 etapas de enfriamiento , donde cada uno calcula el frío necesario para cada uno de las etapas que se tienen en cuenta en la congelación.

-La primera etapa es la de disminuir la temperatura de entrada del producto hasta la temperatura de congelación.

$$Qu_{21} = c_p \cdot m (T_e - T_c)$$

De donde la “ T_c ” es la temperatura de congelación medida en °C y demás están descrita en el apartado anterior.

- La segunda etapa es el frío invertido en la congelación del producto, que es un cambio de estado de la materia y se produce a temperatura constante.

$$Qu_{22} = L \cdot m$$

donde “ L “ es el calor latente de congelación en kJ/kg , que se puede obtener por su porcentaje de agua:

$$L = 3.335 \text{ a}$$

- La tercera etapa se refiere a disminuir la temperatura del producto desde el punto de congelación hasta el punto almacenamiento del producto. Para se emplea esta expresión:

$$Qu_{23} = C_p m (T_e - T_r)$$

donde :

C_p = es el calor específico por debajo del punto de congelación, calculado según la formula dada anteriormente.

T_r = es la temperatura final del producto en °C, inferior a la congelación.

Por todo ello se puede concluir que :

$$Qu_2 = Qu_{21} + Qu_{22} + Qu_{23}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.1.3.- Calor desprendido por ciertos productos (Q_{u3})

Esta partida se refiere al caso de la conservación de productos vegetales debido a que estos, en su proceso de maduración producen calor que es exportado al interior de la cámara. Aunque las cantidades de calorías que se aportan es pequeña , en grandes cantidades si pueden acarrear errores de cálculo que afectarán al buen funcionamiento de la cámara.

$$Q_{u3} = L_r \cdot m$$

De donde L_r , es el calor de respiración en kJ/kg.

Esta partida se deberá aplicar para el enfriamiento de procesos de fermentación o reacciones químicas, sustituyendo el valor del calor de respiración por el valor del calor de disociación L_d .

17.1.4.- Enfriamiento del embalaje (Q_{ue})

En esta partida se calculará la cantidad de frío que se necesitará para el enfriamiento del embalaje que trae consigo todo el producto que están almacenados,. Esto se llevará a cabo siempre que la mercancía no este a granel.

El embalaje debe tenerse en cuenta cuando especialmente cuando se constituye una parte importante de la mercancía.

La expresión para su cálculo es:

$$Q_{ue} = c_e \cdot m_e \cdot (T_e - T_f)$$

Donde :

- c_e .- es el calor específico del material del embalaje en kJ/ (kg·K)
- m_e .- es la masa del embalaje en Kg.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.2.- Partidas destinadas a compensación de pérdidas.

17.2.1.- Aportaciones de calor a través de las paredes (Qp1)

La entrada de calor del exterior , por paredes, techos y suelo es inevitable, pero se pueden atenuar o minimizar mediante el uso de materiales aislantes para el adecuado aislamiento de la cámara.

Este calculo se debe realizarse por separado, cada una de las paredes y del techo, y posteriormente se deberían sumar.

En apartados anteriores de esta memoria descriptiva se ha explicado (“ ver cálculo de la temperatura superficial de la pared exterior”), como se puede calcular las perdidas de calor que se produce por transmisión entre el interior de la cámara y el exterior de la misma. En este caso se va tener en cuenta además un aporte suplementario que produce la pared debido a su naturaleza , que influye en la capacidad de absorber energía.

La ecuación debido a esta pequeña modificación quedaría así:

$$Q_{p1} = A \cdot K \cdot (T_{ext} - T_{int} + T')$$

Donde :

- A .- es el área exterior de la pared en m²
- K.- es el coeficiente global de transmisión en W/ (m² ·K)
- T_{ext} .- es la temperatura exterior en ° C
- T_{int} .- es la temperatura interior en ° C
- T' .- es un suplemento de calor de la temperatura en ° C

El calor que pasa a través de las distintas paredes se transmite mediante dos formas características, por convección y por transmisión por ello se aplicará esta ecuación:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

de donde :

- h_i .- es el coeficiente de convección interior en $W / (m^2 \cdot K)$
- $e_1, e_2, e_3 \dots$ en .- son los espesores de las distintas capas de la pared en m
- $k_1, k_2 \dots k_3$.- son las conductividades de cada capa en $W / (m \cdot K)$
- h_e .- es el coeficiente de convección exterior en $W / (m^2 \cdot K)$

En la práctica para agilizar los cálculos solo se tiene en cuenta la pérdida por transmisión de las paredes de la cámara , ya que la pérdidas por convección son menores, quedando en este caso la ecuación simplificada como:

$$1/K = \sum (e_i / k_i) \quad \text{tomando una sola capa quedaría que}$$

$$K = k / e$$

De donde:

- K .- es la conductividad térmica del aislante en $W / (mK)$
- e .- es el espesor del aislante en m .

Todavía nos queda un termino por explicar que sería el T' que se refiere al del efecto sol en las paredes , que hace que se aporte más calor, y por tanto mayor perdida de frío. Debido clima que se soporta en nuestra comunidad sobre todo en verano donde se alcanzan grandes temperaturas es un factor que se va tener muy en cuenta. Este factor se ve influenciado por varias causas como son su orientación al sol , ya que aquellas que estén más expuesta al sol, tendrán son más perdida de frío debido a su mayor temperatura; y el color de la pintura de la pared ya que un color oscuro absorbe más radiación que los colores claros, por ello nuestra instalación están pintadas de colores claros.

Por ello se tomarán los valores de T' que se presentan en está tabla que son los valores más habituales.

Incrementos de la temperatura (°C) por efecto de la exposición al sol

	ESTE	SUR	OESTE	TECHO
Colores claros	2.2	1	2.2	5
Colores medio	3.3	2.2	3.3	8.3
Color oscuro	4.4	2.8	4.4	11

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.2.2.- Enfriamiento del aire de renovación (Qp2)

Una gran cantidad de energía que se aporta en la refrigeración y/o congelación está dedicada al enfriamiento y desecación del aire que entra en la cámara. En toda cámara es necesaria la renovación del aire viciado del interior por aire fresco que debe ser adecuado para ser utilizado. Esta ventilación se realiza por medio de las puertas de entrada y salida del personal.

Para el cálculo es necesario hacer una estimación de la temperatura y humedad relativa del exterior , para poder calcula su entalpía. La ecuación que se aplica es:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot (h_{ext} - h_{int})$$

de donde:

- n .- es el numero de renovaciones de aire por día
- V .- es el volumen interior de la cámara en m³
- h_{ext} .- es la entalpía del aire exterior en kJ/ m³
- h_{int} .- es la entalpía del aire interior en kJ/ m³

El factor “ n ” representa el número de veces que , en teoría , se renueva el aire de recinto refrigerado, en función inversamente proporcional a su volumen. Se trata de ventilación natural producida con la entrada y salida de personas y género.

Para el cálculo teórico de este valor se tomará como ejemplo la siguiente tabla a modo orientativo.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Renovaciones de aire diarias

Volumen de la cámara en (m3)	Nº de renovaciones (cambios/ día)	
	Temperatura < 0°	Temperatura > 0°
2.5	52	70
3	47	63
4	40	53
5	35	47
7.5	28	38
10	24	32
15	19	26
20	16.50	22
25	14.50	19
30	13	17
40	11.50	15
50	10	13
60	9	12
80	7.70	10
100	6.80	9
150	5.40	7
200	4.60	6
250	4.10	5.30
300	3.70	4.80
400	3.10	4.10
500	2.80	3.60
600	2.50	3.20
800	2.10	2.80
1000	1.90	2.40
1500	1.50	1.95
2000	1.30	1.65
2500	1.10	1.45
3000	1.05	1.30

Para encontrar las entalpías debe recurrirse al uso de diagramas psicrométricos, o bien utilizando ecuaciones aproximados. Se busca primero la humedad absoluta :

$$W = 0.622 \cdot p_w / (P - p_w)$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Donde:

- “ W “ es la humedad absoluta, en kg vapor / kg aire seco
- “ pw” es la presión parcial del vapor de agua en kPa
- “ P “ es la presión atmosférica (101.3 kPa)

Para encontrar pw se parte de la humedad relativa (Φ)

$$\Phi = 100 \cdot p_w / p_{ws}$$

$$p_w = p_{ws} / 100$$

donde “pws “ la presión de vapor de saturación.

Hay dos formulas que nos dan el valor exacto de **pws** en kPa, una para las temperaturas sobre 0°C y otra para temperaturas negativas, en función de la temperatura absoluta.

$$T^\circ > 273.2 \text{ K}$$

$$\ln p_{ws} = C1/T + C2 + C3T + C4 T^2 + C5 T^3 + C6 \ln T$$

siendo las constantes:

$$\begin{aligned} C1 &= -5800.2206 \\ C2 &= -5.516256 \\ C3 &= -0.048640 \\ C4 &= 4.176476 \cdot 10^{-5} \\ C5 &= -1.4452093 \cdot 10^{-8} \\ C6 &= 6.5459673 \end{aligned}$$

$$T^\circ < 273.2 \text{ K}$$

$$\ln p_{ws} = C1/T + C2 + C3T + C4 T^2 + C5 T^3 + C6 T^4 + C7 \ln T$$

siendo las constantes:

$$\begin{aligned} C1 &= -5674.5359 \\ C2 &= -0.51523058 \end{aligned}$$

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

$$C3 = -0.009677843$$

$$C4 = 6.2215701 \cdot 10^{-7}$$

$$C5 = 2.0747825 \cdot 10^{-9}$$

$$C6 = -9.484024 \cdot 10^{-13}$$

$$C7 = 4.1635019$$

Reuniendo las cuatro últimas ecuaciones encontramos la humedad absoluta, “ W “. La entalpía puede expresarse de forma aproximada en KJ/Kg.

$$h = c_{pa} \cdot t + W (L_0 + c_{pw} \cdot t)$$

donde :

c_{pa} = es el calor específico del aire seco (1.004 kJ/ kg °C)

t = es la temperatura del aire en °C

L_0 = es el calor latente de ebullición a 0 °C (2500.6 k.J./ Kg.)

c_{pw} = es el calor específico del vapor de agua (1.86 kJ/kg °C)

Por tanto queda :

$$h = 1.004 \cdot t + W (2500.6 + 1.86 \cdot t)$$

pero necesitamos la entalpía en KJ /m³, por lo que debemos buscar la densidad del aire húmedo. La densidad se expresa a partir de:

$$\delta = [P \cdot (1 + W)] / [T \cdot (W \cdot R_w + R_a)]$$

donde :

P = es la presión atmosférica (101300 Pa)

W = es la humedad absoluta en Kg vapor / Kg aire seco

R_w = es la constante específica del vapor de agua (461.5 J/kg K)

R_a = es la constante del aire seco (287.1 J/Kg K)

T = temperatura absoluta en K

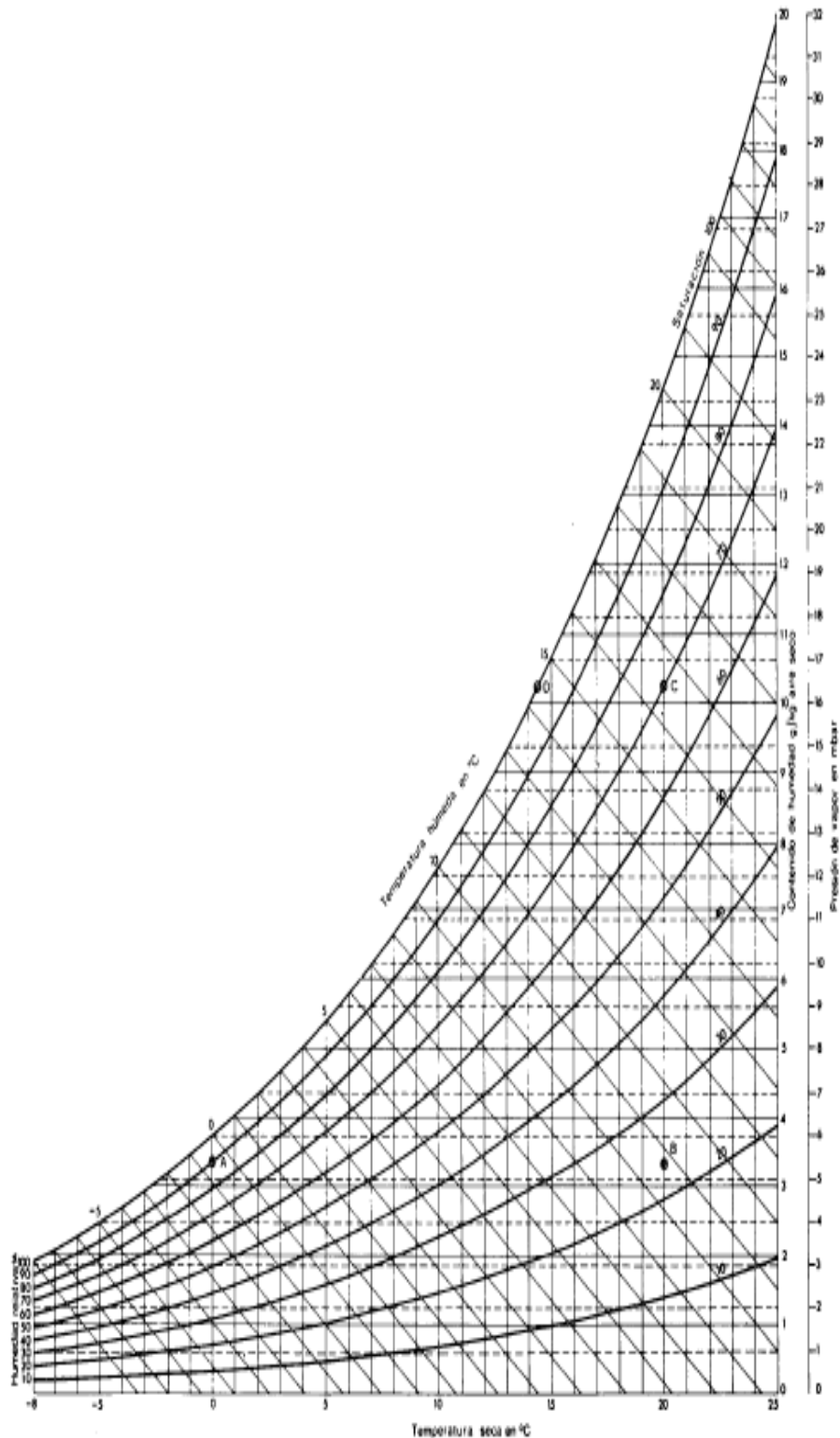
Todo esto se realizará para evitar el uso de diagramas psicrométrico que pueden ser complicados para la evaluación de las entalpías, ya que se cometerán errores mayores debido a su baja precisión. Por ello se propone esta fórmula:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot (h_{ext} \cdot \delta_{ext} - h_{int} \cdot \delta_{int})$$

Si se debe utilizar diagramas psicrometrico , aquí se expone un diagrama:

Memoria descriptiva

En el ábaco psicrométrico adjunto se muestra la interdependencia de la humedad relativa en la escala a la izquierda, la temperatura seca en la escala horizontal, y la masa de vapor de agua por masa, de aire seco con su equivalencia en presión de vapor, en mbar, en la escala de la derecha.



INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

17.2.3.- Calor aportado por motores (Qp3)

Es el calor aportado por los motores y máquinas que trabajan dentro de la cámara o lugar de enfriamiento. Los motores que usualmente están dentro de estas cámaras, son los ventiladores de los evaporadores, por tanto es este el que aporta el calor. También habría que tener en cuenta el calor que producirá el uso de carretillas mecánicas, elevadores, es decir todo máquina que desarrolle su trabajo de la cámara.

$$Q_{p3} = 0.2 \cdot \Sigma (N - f) \cdot 3600$$

Donde:

N .- es la potencia de cada motor en KW

f .- es el tiempo de funcionamiento en horas

3600 .- es el factor que convierte horas en segundos

0.2 .- es el factor que considera que un 20% de la potencia del motor se transforma en calor.

17.2.4.- Calor portado por las personas (Qp4)

Esta partida se refiere al calor que se genera por la presencia de las personas que trabajan en la zona refrigerada o cámara , sobre todo si se realiza un trabajo intenso. Para su cálculo se puede hacer de forma estimada en función del número de personas y la temperatura de la cámara, en esta tabla aparecen algunos valores útiles.

Temperatura en la cámara (° C)	Equivalente calorífico por persona (W)
10	210
5	240
0.5	270
-10	300
-15	330
-20	360
-25	390

Las cantidades obtenidas de la tabla anterior pueden ajustarse a una expresión del tipo:

$$Q = 270 - 6 t$$

Donde “t” es la temperatura dentro de la cámara .

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Solo nos queda multiplicar por el número de personas que se prevé en el espacio refrigerado y el tiempo promedio de permanencia, según la expresión:

$$Q_{p4} = n \cdot q \cdot t \cdot 3.6$$

Donde :

“ n “ = es el número de personas

“ q “ = es el calor emitido por individuo y hora en kW

“ t “ = es el tiempo de permanencia en horas

“ 3.6 ” = es el factor de conversión de W/día a KJ/día

17.2.5.- Aportación de calor debida al alumbrado (Qp5)

El alumbrado que existen en el interior de las cámaras también es un factor importante a la hora de calcular la carga frigorífica. Las lámparas de incandescencia invierten una parte de su potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, debido a su potencia reactiva, producen un 30% más, por lo que no es aconsejable su uso.

Para este cálculo se pueden hacer de dos formas, una directa si se conoce las potencias exactas de producción de energía de cada una las luminarias instaladas. Esto no es muy habitual que se conozcan, por ello lo que se suele hacer es un cálculo estimado por unos criterios estandarizados. Lo usual es prever dos niveles de iluminación diferentes para zonas de almacén y zona de trabajo, cuyos valores son de 12 y 27 W/ m² respectivamente. La ecuación de carga respecto al alumbrado queda como:

$$Q_{p5} = (f \cdot S_{al} \cdot 12 \cdot t + f' \cdot S_{tr} \cdot 27 \cdot t') \cdot 3,6$$

Donde :

- “ f “, “ f ’ “ son los factores por el uso de fluorescentes (valen 1.3 en estos casos y 1 en los demás.
- “ S_{al} “ es la superficie dedicada al almacén en m²
- “ t “ es el tiempo que permanecen encendidas las luces en el almacén en horas
- “ S_{tr} “ es la superficie del área de trabajo en m²
- “ t ’ “ es el tiempo que permanecen encendidas las luces en el área de trabajo en horas
- “ 3.6 “ es el factor de conversión de W a KJ/ día

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Una vez que se han calculado todas las partidas de la carga frigoríficas , se sumarán para obtener la carga total, (Q_t). Suele ser habitual que después de obtener esta carga total, aplicarle un factor de seguridad que varía entre un 10 a 15 % más de la carga teórica para evitar fallos o la aparición de imprevistos, con lo cual ya se obtiene la carga real que con la que se debe trabajar.

Una vez obtenido la carga total en kJ/día se debe dividir entre el numero de horas de funcionamiento, así tendremos la producción frigorífica de la instalación frigorífica.

18.- ELECCIÓN DE COMPONENTES

18.1.- Elección del refrigerante

Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo. Con respecto al ciclo compresión-vapor, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo el cual se vaporiza y se condensa absorbiendo y cediendo calor. Para usar en el ciclo de refrigeración debe poseer ciertas propiedades, químicas , físicas y termodinámicas que lo hagan seguro y económicamente viable.

No existe el refrigerante ideal , y por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades de las varias aplicaciones, no hay un solo refrigerante que sea adaptable a todas las aplicaciones. Por ello solo un refrigerante se considera ideal, aquel que sus propiedades satisfagan las condiciones y necesidades de la aplicación para el cual va a ser utilizado.

Las características deseadas en un refrigerante son :

- No debe ser inflamable ni tóxico.
- Las presiones en el evaporador deberían ser superiores a las atmosféricas para evitar entradas de aire.
- Las presiones de condensación no deben ser elevadas, para que el condensador no tenga que ser muy robusto, con el consiguiente aumento del coste y del mantenimiento.
- El calor latente de vaporización debe ser lo más alto posible para que el caudal sea lo menor posible.
- El volumen específico en estado de vapor, debe ser la más bajo posible (menor que el tamaño del compresor).
- Las posibles fugas deben ser fácilmente detectables.
- Ser compatibles con los lubricantes usuales (si deben mezclarse han de ser miscible).
- Coeficiente de transmisión y viscosidad adecuadas.
- Bajo coste y fácil manejo.
- No deben atacar o corroer el equipo y deben ser químicamente estable.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Los refrigerantes más utilizados son:

Amoníaco (NH₃)

El amoníaco es el único refrigerante fuera del grupo de los fluorocarbonados que se usa bastante en la actualidad. Aunque es tóxico, algo inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones, sus excelentes propiedades térmicas lo hacen ser un refrigerante ideal para fábricas de hielo, es decir para necesidades de bajas temperaturas.

El amoníaco es el refrigerante que tiene más alto efecto refrigerante por kg, a pesar de su volumen específico alto en la condición de vapor, tiene una gran capacidad respecto al pequeño movimiento del desplazamiento del pistón.

El punto de ebullición del amoníaco a la presión atmosférica es de -2.22 °C, la presión en el evaporador y el condensador en condiciones estándar (-15 °C) son de 2.37 bar y 11.67 bar, que son unas presiones moderadas, por ello se pueden utilizar materiales de peso ligero en la construcción del equipo refrigerante. La temperatura adiabática en la descarga es relativamente alta unos 98.89 °C, por lo cual es conveniente tener enfriamiento con agua, y se debe evitar el sobrecalentamiento en la succión.

El amoníaco puro no es corrosivo para todos los materiales usados en los sistemas de refrigeración, pero sí lo es para equipos no ferrosos, además al no ser miscible con el aceite del cárter, no se disuelven en él, por ello se deben hacer arreglos para eliminar el aceite del evaporador y deberá usarse un separador de aceite en el tubo de descarga.

Para la detección de fugas se usan velas de azufre que provoca un humo blanco en presencia de vapor de amoníaco.

Su uso no es el elegido debido a que al ser corrosivo, tener un olor penetrante, su toxicidad, etc., lo descarta para su uso en un lugar donde existe una gran afluencia de personas, debido a que una fuga puede producir irritaciones en ojos, gargantas, etc.

Compuestos halogenados del carbono (Freones)

Son los que van a producir una eficiencia y rendimientos mayor. Estos son inodoros, no tóxicos, ininflamables, incombustibles, no corrosivos en estado seco. Los más utilizados son:

R-11	cloro-fluoro-metano (utilizado para a.a.)	ClFCH ₃
R-12	diclorodifluorometano	C Cl ₂ F ₂
R-22	monoclorodifluorometano	CHCl F ₂
R-502	mezcla azeotrópica de R-22 y R-115	CHCl F ₂ / CCl F ₂ C F ₃
R-134A	tetrafluoruro de etano	C H ₂ FC F ₃
R-404A	Pentafluoretano	CH F ₂ C F ₃

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Refrigerante R-11

Este refrigerante es un fluorocarburo de la serie del metano, tiene un punto de ebullición de vapor a 23,7 °C a la presión atmosférica. Las presiones de funcionamiento en condiciones estándar oscila entre los 0.2 a 1.25 bar. Debido al pequeño valor de las presiones de funcionamiento y al desplazamiento de compresor alto, se utiliza en compresores centrífugos. Están especialmente indicados para aires acondicionados en pequeñas salas de oficinas, maquinas split de a.a., etc.

En nuestro caso lo utilizaremos para el acondicionamiento de la oficina, debido a que es una pequeña sala que con la instalación de una maquina split , cubriremos las necesidades energéticas requeridas. El equipo instalado se detalla en la memoria de cálculo.

Refrigerante R-12

Es el más usado en la actualidad, debido a su baja toxicidad , su baja volatilidad, no ser inflamable. Es un compuesto altamente estable y es muy difícil que falle en su funcionamiento bajo condiciones extremas, sin embargo al ponerlo en contacto con alta temperatura el refrigerante se descomponen en compuestos altamente tóxicos.

La temperatura de ebullición es de -29.8 °C a presión atmosférica hace que este refrigerante sea muy apropiado para usarse en alta, media y baja temperaturas. Este refrigerante se puede usar también para ciclo combinados de refrigeración, pudiéndose alcanzar temperaturas tan baja con de – 80 ° C.

Otro factor para conceder este grado de eficacia es el hecho de que es miscible en el aceite bajo todas las condiciones de operación , facilitando el retorno del aceite al cartér, tiende a aumentar la eficiencia y la capacidad del sistema, manteniendo al evaporador y el condensador libre de películas de aceite. Aún con todas las ventajas del refrigerante no será utilizado en nuestro proyecto debido al impacto ambiental que puede llegar a producir un escape de este, debido al contenido de cloro que está prohibido por tener incidencia en la capa de ozono.

Refrigerante R-22

El refrigerante tiene un punto de ebullición a la presión atmosférica de -40.8 °C que fue desarrollado para temperaturas baja , usados en congeladores domésticos y en sistemas comerciales e industriales de temperatura baja. La temperatura de evaporador es baja de unos – 87 °C.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Este refrigerante tiene una sola molécula e cloro. Es parecido al R-12 en muchas de sus aplicaciones físicas, aunque su presión de saturación es más alta a igual temperatura.

Suelen utilizarse para instalaciones de baja temperatura , ya que a elevadas relaciones de compresión pueden dañar el compresor. Aunque el R-22 es miscible con el aceite en la sección de condensación a menudo suele separarse del aceite en el evaporador, poniendo en peligro su retorno. Pero la medida que hace que no lo tengamos en cuenta es la influencia nociva que tiene para la capa de ozono, ya que las autoridades quieren retirarlo por este motivo.

Refrigerante R-502

Este refrigerante es una mezcla azeotrópica de 42,8% de R-22 y 51.2 % de R-115. Fue desarrollado para sustituir al R-22 en sistemas de bajas temperaturas , siendo utilizado para almacenamiento de producto congelados y aire acondicionado para aquello que contienen bombas de calor.

La temperatura de descarga (adiabática) es de 37.2 °C , mientras que la temperatura de ebullición es de -45.4 °C , y la temperatura crítica es de 91.78 C. No es inflamable ni tóxico y su índice de miscibilidad con el aceite es bajo.

Aunque es un buen refrigerante no se ha tenido en cuenta en nuestra elección debido al alto contenido de refrigerante del tipo R-22, que fue descartado en el apartado anterior.

Refrigerante R-134a

El R-134a es un freón nuevo que es muy utilizado en la actualidad , debido a su poca incidencia en la capa de ozono. Está recogido en la Instrucciones técnicas complementarias MI-IF-002 , como un refrigerante de alta seguridad, ya que está catalogado con un potencial “ 0 “ al no contener ningún átomo de cloro en su composición . Su peso molecular es de 102.0 y punto de ebullición a 1.013 bar es de – 26.4° C . Las ventajas respecto al uso del R-22 es que tiene una temperatura final de compresión más baja, los diámetros de tuberías necesarias para su instalación son los mismos, y tienen una relación de compresión muy similar. La única desventaja es que se necesita un compresor más grande, con lo cual su mantenimiento y consumo es mayor.

A diferentes concentraciones en aire debido a fugas pueden crear lesiones de diferente consideración, por ejemplo para una concentración del 7.5 % produce lesión mortal o importante en pocos minutos, a una concentración de 20% es muy peligroso y para un 5 % es inocuo. Sus síntomas más importantes es que producen sofoco y peligro de asfixia. Es incoloro , poco irritante y no inflamable.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Sin embargo, se ha demostrado que no es un refrigerante adecuado para bajas temperaturas, restringiendo su uso para aparatos de aire acondicionado en automóviles o cámaras industriales de temperatura positiva, por ello va a ser utilizado para la sala de elaboración de productos que tendrá una temperatura interna de 12 °C.

Refrigerante R-404

Es un refrigerante muy útil para su utilización en cámaras frigoríficas, debido a su poca toxicidad, ininflamable, poco reactivo. Es un refrigerante compuesta por una mezcla casi azeotrópica de R-143a, R-125, y se utiliza en unidades de refrigeración para temperaturas bajas y temperaturas de evaporación medias.

Sus principales propiedades son :

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| - Temperatura de ebullición | -46.7 °C (1013 mbar) |
| - Presión de vapor | 12.57 bar (25 °C) |
| - Temperatura crítica | 72.7 °C |

Este refrigerante es el elegido en este caso, por su nula incidencia en la capa de ozono y alto poder de refrigeración. El reglamento de seguridad de instalaciones frigoríficas lo cataloga como refrigerante de alta seguridad (grupo 1°). A diferentes concentraciones en el aire se producen distintos problemas como mareos, ansiedad, nerviosismo. En grandes concentraciones pueden producir efectos soporíferos y provocan una disminución de la capacidad de oxígeno originando sofoco y peligro de asfixia. Pero estos efectos se producen en menor proporción que en el resto de los refrigerantes de los demás grupos.

18.1.1.- Representación medioambiental del refrigerante

Debido a problemas medioambientales, en el futuro se permitirán los refrigerantes sin impacto sobre la capa de ozono y con una mínima contribución al efecto invernadero. El efecto sobre la capa de ozono se expresa mediante un factor denominado O.D.P o potencial de agotamiento de ozono. La contribución al efecto invernadero se expresa por medio del potencial de calentamiento del planeta (G.W.P.). Cada refrigerante tiene un valor de O.D.P. y G.W.P en relación con el R-11, al que se le otorga un potencial igual a la unidad.

Aún existe un concepto más que se debe tener en cuenta , además del O.D.P y G.W.P , denominado T.E.W.I o impacto total equivalente de calentamiento. Este concepto tiene en cuenta tanto el G.W.P directo, mencionado anteriormente , como el G.W.P indirecto.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Existen incluso varias ecuaciones para calcular este (TEWI) resultante de diferentes conceptos.

El GWP de un refrigerante no es un criterio adecuado para utilizarlo en la valoración del impacto producido por u sistema de refrigeración sobre el calentamiento global, por diversas razones. La principal razón es que la mayoría de los países la parte importante del calentamiento del planeta imputable a los sistemas de refrigeración (incluido el aire acondicionado) proviene del CO₂ emitido durante la producción de la electricidad requerida para su funcionamiento.

Un criterio mucho mejor para un refrigerante en un sistema concreto es el TEWI (impacto total equivalente de calentamiento)

$$\text{TEWI} = \text{GWP} \times M + (\alpha) \times (b)$$

Donde:

GWP .- GWP del fluido, en relación con el CO₂ (GWP CO₂ = 1)

M .- masa tota del refrigerante emitido (Kg)

B.- consumo de energía por el sistema a lo largo de su vida (kwh)

TEWI depende directamente de:

- Como se produce la electricidad , por ejemplo , si toda la energía procede de generación hidráulica , $\alpha = 0$, si la potencia eléctrica procede del fuel, α es aproximadamente 0,8 Kg/ CO₂ kwh (dependiendo de la central generadora)

Por consiguiente , α varía de región en región (el calentamiento del planeta en cuestión debería influir en la estrategia de las inversiones nacionales para la producción de energía eléctrica).

Valores del potencial de agotamiento del ozono (ODP) y potencial de calentamiento del planeta (GWP)		
GWP ₁₀₀ representa la relación respecto del GWP del CO ₂ y un periodo de 100 años		
Refrigerante	ODP	GWP
R-11	1	4000
R-22	0,05	1700
R-134 A	0	1300
R- 404 A	0	3360

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Nota: Los refrigerantes libres de halógenos como el R-717 (amoniaco) , R-290 (propano) y R-600a (isobutano) tienen un ODP= 0 Y GWP =0. Son alternativas a largo plazo.

Actualmente existen cerca de 57 refrigerantes registrados por ASHRAE con denominación simbólica, se está trabajando para aumentar ese numero en un futuro.

18.2.- Compresores semiherméticos

Los compresores son los dispositivos más importantes de la instalación frigorífica, y su función es extraer el refrigerante evaporado del evaporador , comprimirlo en un punto en que pueda efectuarse la condensación y volverlo a su estado liquido para poder volver a utilizarse.

Existen distintos tipos de compresores dependiendo de su estructura interna como son , compresores herméticos, pistón, rotativos, semiherméticos, etc.

La principal desventaja que presentan algunos de estos compresores son (por ejemplo los herméticos), su baja capacidad y que no se pueden acceder a los elementos internos , solamente son accesible las partes de la alimentación y protección del circuito eléctrico, que están colocados en el exterior del motocompresor.

A fin de permitir el acceso a los diversos elementos del mecanismo sujetos a reparación , o para su eventual recambio, ciertas partes del compresor quedan accesibles en el propio lugar de la instalación. Los compresores habituales que cumplen con estos parámetros son los compresores semiherméticos, cuyas partes accesibles son:

- Plato de válvulas
- Pistones
- Bielas
- Ejes
- Dispositivos de lubricación

Estos parámetros son importantes para la fabricación del propio compresor pero para nuestro estudio no es algo fundamental, por ello el criterio seguido para su elección se van ha tener en cuenta otros parámetros o factores son los siguientes:

- a) La temperatura de evaporación ,que además nos permitirá conocer la presión de aspiración a que debe trabajar. La temperatura de evaporación se deduce de la temperatura a mantener dentro de las cámaras y la sala de elaboración de productos, que quedan fijadas en $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Las temperaturas evaporación serían de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 7°C .

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- b) La presión de descarga, que se corresponde con la temperatura de condensación, se elige + 45 °C. Esta temperatura es la adecuada para el correcto dimensionado de los aparatos , ya que se trata de una temperatura normal en días calurosos de verano.
- c) La capacidad, ya que se debe utilizar un equipo de compresión que garantice la potencia frigorífica requerida por la instalación, que será expresada en kw.

Con estos tres datos , temperatura de aspiración , temperatura de descarga y capacidad , es posible seleccionar el compresor acudiendo a las típicas tablas de compresores, que facilitan los fabricantes y que corresponden a una clasificación en base a pruebas y homologaciones realizadas, según normas establecidas internacionalmente.

Debido a las características de nuestra instalación en la cual existen tres zonas a acondicionar a diferentes temperaturas , se deben elegir tres compresores diferentes que se detallan en la memoria de cálculo.



ENFRIAMIENTO DIRECTO

En los compresores de mediana y gran potencia, la aspiración de los vapores fríos se efectúa por la tapa posterior del motocompresor. Antes de penetrar en la cámara de aspiración de la culata , los vapores fríos “ bañan los bobinados del estator y los enfrían, calentándose ligeramente antes de ser admitidos en los cilindros. Con esto se consigue un triple efecto:

- Enfriamiento del bobinado del motor
- Calentamiento de los vapores de aspiración, consiguiendo así un mayor rendimiento frigorígeno.
- Eliminación de cualquier gota de líquido no vaporizado que pudiera arrastrar el gas, antes de su entrada en la cámara de aspiración.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

La cantidad de calor absorbida por los vapores del fluido frigorígeno es función del desplazamiento volumétrico, por lo que el enfriamiento total será menos eficaz si la temperatura es baja, ya que esta influye sobre la eficacia volumétrica.

Existe, también, el riesgo de calentamientos anormales de los bobinados si el motocompresor no se utiliza en la gama de temperaturas de aspiración prevista por el constructor.

El diseño y características de los compresores utilizados están especificados en la memoria de cálculo.

18.3.-Evaporadores

Los evaporadores son los dispositivos encargados de la producción del frío, objeto principal y final de la instalación. Este debe de calcularse con mucho cuidado debido a que es el que pone de manifiesto el trabajo de los demás equipos. Un mal diseño o elección de este, puede provocar un mal funcionamiento, que ha menudo se le atribuye al compresor de forma equivocada.

Los evaporadores son intercambiadores de calor al igual que los condensadores, en este caso el intercambio se realizará entre el flujo calorífico del medio y el fluido frigorígeno; este flujo calorífico tiene por finalidad la evaporación del fluido refrigerante líquido contenido en el interior del evaporador.

Por tanto la prioridad de todo evaporador es tener un buen coeficiente global de transmisión térmica a fin de que el paso del fluido calorífico del medio exterior al fluido frigorígeno se consiga, para una determinada superficie del aparato, con una diferencia de temperatura lo más reducida posible entre la temperatura del medio exterior a enfriar y la temperatura de evaporación del fluido frigorígeno.

Estos evaporadores se deben tener en cuenta:

- El coeficiente de transmisión superficial entre el aire y la superficie fría, es mucho mas bajo que su homologo en el caso de enfriamiento de líquido.
- Al igual que en los evaporadores enfriadores de líquidos , la velocidad de circulación del fluido a enfriar es un factor primordial para aumentar el valor del coeficiente global de transmisión térmica.

Un factor que debe tenerse también en cuenta un fenómeno que se produce con mayor frecuencia cuanto menor sea la temperatura de producción frigorífica, es la “escarcha”, que tiende a oponerse al intercambio de calor entre el fluido frigorígeno y el medio ambiente. Todo ello se vera en un apartado propio para ello.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva



18.3.1.- composición

Sea cual sea la forma del intercambiador, la naturaleza de los metales están en función del uso del fluido refrigerante.

El empleo del tubo de cobre es el más utilizado para los fluidos frigorígenos, de modo los evaporadores a instalar poseerán además de tubos de cobre unas aletas de aluminio insertadas hidráulica o mecánicamente. Para todos los evaporadores utilizados en nuestra instalación, a fin de obtener el mejor rendimiento termodinámico posible de

la máquina, que las pérdidas de carga deben ser lo más reducida posible, evitando un descenso importante de la temperatura del fluido frigorígeno que se evapora en el evaporador.

La experiencia demuestra que este resultado puede obtenerse si la relación entre la longitud desarrollada “L” del elemento evaporador y el diámetro interior del tubo que lo constituye d_i es inferior al valor que se indican, los cuales dependen de las características del fluido frigorígeno y de su viscosidad cinemática:

$$L / d_i \leq 1800 \text{ a } 2000$$

Por ello será indispensable separar la superficie total de estos evaporadores, si ello se hace necesario, con tantas superficies primarias como sea necesario, a fin de que cada una de ellas, se alimente separadamente, bien por distribuidor de líquido o por un colector de líquido, consiguiendo que la relación L / d_i sea conforme con los valores antes indicados.

18.3.1.- SEPARACIÓN DE ALETAS

Las aletas son los elementos por los que circulan el fluido frigorígeno, por tan debido a su baja temperatura de circulación tiende a producir hielo que se van acumulando en su exterior dificultando el paso del aire entre ellos.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El sistema automático de desescarche que sea utilizado nos permite reducir la separación entre aletas hasta valores que no inferiores a los que teóricamente son adecuados.

Dichas separaciones, variables según el criterio del constructor, van a variar desde 4 a 16 mm. En nuestro caso al ser tres salas diferentes y destinadas a distinto uso, cada evaporador instalado y proyectado tendrá una separación diferente, donde la sala de congelado tendrá mayor separación, mientras la sala de 0 °C y la de elaboración de productos serán menores. Esto es debido a que la cantidad de hielo que se genera es mayor que en las de más alta temperatura.

A su vez se colocarán los tubos “a tresbolillo” en oposición al sentido de la circulación del aire, para evitar caminos preferenciales en la circulación del aire, que afecten poco a determinadas superficies frías.

Bajo esta disposición, las columnas de aire que no han tomado contacto con tubo alguno en la primera tira de tubos, lo consiguen en la segunda; la turbulencia de esta forma creada por el choque de dichas columnas sobre las superficies sólidas y remolinos que se forman, son factores favorables para el aumento del coeficiente exterior de transmisión por convección.

18.3.2.- SITUACIÓN DE EVAPORADORES

Los evaporadores se colocarán colgados del techo, a una distancia de la pared lo suficientemente alejada como para permitir un caudal de circulación de aire suficiente. Generalmente esta distancia estará comprendida entre los 700 y 1200 mm.

Para evitar congelaciones imprevistas en las bandejas de desagüe, éstas estarán provistas de resistencias eléctricas adaptadas durante el periodo de desescarche, así conseguimos que el agua formada en la fusión de la escarcha no se hiele. Se evitarán colocar los evaporadores justo encima de puertas, a fin de evitar que la humedad que penetra en las aperturas y cierres se congelen y formen escarcha en las baterías de los evaporadores, de modo, que se colocarán justo al final de los pasillos, orientados hacia los pasillos, para que proyecten el caudal de aire en dirección a las puertas.

Los evaporadores elegidos para cada una de las cámaras serán de la marca CENTAURO cuyas características están expuestas en la memoria de Cálculo.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.4.- Condensadores.

Como anteriormente se dijo en el apartado de evaporadores, el condensador también es un intercambiador de calor, por ello debe estar diseñado para que con un superficie mínima se consiga un factor de transmisión lo más grande posible.

Están formados por una batería construida con tubo de cobre y aletas de aluminio , a través de la cual se inyecta aire en circulación forzada por los ventiladores y el conjunto está encerrado en una envolvente metálica común.

El coeficiente de transmisión depende de la relación de superficie del régimen de circulación de los fluidos que circulan por el interior y el exterior del aparato, pérdida de carga en el lado del refrigerante y ensuciamiento interno y externo. A la hora del diseño hay que tener en cuenta :

- A mayor velocidad del fluido refrigerante produce un coeficiente de convección mayor, también provoca un pérdida de carga elevada, esto provoca un aumento en la presión de entrada de gas al condensador con un consumo superior.

- El caudal de aire que produce los ventiladores, mejora la capacidad del condensador por dos motivos; aumenta el coeficiente de convección exterior e incrementa el diferencial de temperatura logarítmica, con el único perjuicio que sería el aumento del consumo eléctrico, que es un dato a tener en cuenta.

Otro detalle a tener en cuenta es el lugar de ubicación de los condensadores, ya que se pueden colocar tanto dentro como fuera del recinto refrigerado, que en nuestro caso irán colocados en el exterior en la parte del tejado habilitado para ello, cumpliéndose con ello toda la normativa local, referente a ruido y bienestar. Aunque en el nuestro caso al estar alojado de zonas residenciales no presenta mayor problema.

Con todas las consideraciones expuestas nos permitirán precisar las funciones internas del condensador :

- Enfriar los vapores comprimidos de la temperatura de entrada de los gases a la temperatura de condensación del gas frigorígeno.
- Condensar los vapores enfriados
- Subenfriar el líquido condensado.

Dentro de los distintos tipos de condensadores , de agua , aire , híbridos, etc. nos hemos decantado por el de aire con circulación forzado, dado su mayor eficiencia dentro de los condensadores refrigerados por aire. El aire es un medio del que se dispone gratuitamente y en cantidades ilimitadas, pero tiene un calor específico muy bajo ($c_{pa} = 1 \text{ KJ/ Kg}$) y por otra parte el coeficiente global de transmisión térmica entre un vapor condensante y un gas es igualmente débil. Estas dos características nos obligan a mover grandes volúmenes de aire y a que deba tenerse una gran superficie de intercambio para cantidades de calor relativamente reducidas , se necesitan equipos muy voluminosos. De todos modos los condensadores refrigerados por agua, más caros ya

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

que el consumo de agua es grande y su precio es elevado, y en los últimos años se han mejorado la tecnología, consiguiendo absorber flujos de calor de hasta 2000 Kw.

El condensador elegido está incorporado o unido al compresor ya que debido a las características y los datos obtenidos por los cálculos efectuados, se ha optado por la instalación de unidades condensadoras donde condensador y compresor están diseñados conjuntamente.

Todo ello se refleja en la memoria de cálculo.

18.5.- Válvulas de expansión

Es quizás una de las partes más importantes de la instalación, a su paso por el orificio calibrado de la válvula de expansión, el líquido experimenta una caída de presión provocada, por una parte, su evaporación parcial y, por la otra, el enfriamiento hasta la temperatura de evaporación del líquido restante. La expansión del fluido es una expansión isentálpica en el curso de la cual la cantidad de calor total contenida en el líquido antes de la válvula y dentro de la mezcla líquido-vapor a su paso por el orificio no ha variado; no ha ocurrido más que la transferencia de energía y la modificación del estado físico del fluido.

La utilización de una válvula de expansión automática permite que el evaporador se llene completamente de líquido y, no se logra el máximo rendimiento del mismo, más que al final del ciclo de funcionamiento, para remediar esto se han creado válvulas para obtener la alimentación constante y máxima del evaporador en todo momento del ciclo funcional.

De los distintos dispositivos de expansión existen dos grupos según su puesta en funcionamiento de forma automática o de ajuste manual. En nuestro estudio se ha buscado la mayor eficiencia en su cálculo y tienen en cuenta la alta sensibilidad que produce el control de temperaturas se optan por los mecanismos automáticos.

Dentro de estos se encuentran las válvulas de flotador, reguladoras de presión de evaporación, termostática o de expansión electrónica, se han elegido la válvula de expansión electrónica.

Estos sistemas de expansión están formados por :

- Sensor de temperatura formado por una sonda PT100 o similar
- Sensor de presión, basado en un transmisor de presión con salida 4-20 mA o 0-10 VCC

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- Instrumento regulador o traductor , que recibe las indicaciones de los sensores y las procesa, emitido las señales de control destinadas a las válvulas de expansión.

La mayor dificultad en el desarrollo de estas válvulas viene dado por la diferencia de presiones entre la entrada y la salida de la válvula y el ajuste del obturador al grado de alimentación exigidos por los controles. Por ello se comercializan distintos tipos conocidos como válvulas de impulsos , válvulas de etapas y de apertura proporcional. En nuestro estudio se ha elegido las válvulas de impulsos.

Estas válvulas son válvulas de solenoide-expansión especiales que modulan el tiempo de apertura en periodos muy cortos (6 seg) consiguiendo aperturas inferiores al segundo. Las válvulas de expansión electrónicas, se abren y cierran una vez cada seis segundos, considerando el espacio de seis segundos un tiempo de apertura lo suficientemente corto en comparación con el tiempo de respuesta del evaporador. Esto permite un buen funcionamiento del sistema y permitir una vida útil por el número de maniobras que durante este tiempo tendrán lugar.

La principal ventaja del uso de este dispositivo es conseguir un mejor nivel de inundación de los evaporadores gracias a la posibilidad de adaptarse a las características de las válvulas a la curva de mínima señal estable (MSS) del evaporador. También cabe destacar ; la rápida amortización de la inversión como consecuencia al ahorro energético por elevar la temperatura de evaporación, unificación de dos componentes en uno (válvula expansión y solenoide), instalación sencilla, rápida y eficaz puesta en marcha y menos riesgos de retorno de líquido al compresor.

La válvula comprende : el cuerpo de latón estampado, que incorpora los racores de entrada y de salida; la bobina solenoide colocada alrededor de un tubo de metal antimagnético, con el que forma una pantalla hermética entre la parte de la válvula sometida a la acción del fluido y la bobina. En el interior de este tubo, un núcleo de hierro dulce (inducido), que juega el papel de “ buzo magnético”, incorpora en su parte inferior una pastilla de caucho sintético o de teflón, que forma el disco de la válvula abjuradora, descansando en un asiento. El aro de desfase evita el zumbido del conjunto magnético. Incluyen también un servopistón diferencial hueco en el interior del cual va emplazado el orificio piloto y el orificio para el equilibrado de presiones.

FUNCIONAMIENTO:

Hallándose cerrado el circuito de la bobina, la aguja se eleva desde el orificio piloto. El fluido aprisionado en el interior del servopistón sale por dicho piloto y su presión que, con la válvula magnética cerrada, es igual a la presión de entrada, se reduce, al ser la sección del orificio de equilibrado más pequeña que la del orificio piloto. De hecho, por esta reducción de presión encima del servopistón se crea una diferencia de presión entre el exterior del servopistón (entrada de fluido) y el interior. La presión hacia arriba, de orden superior, que actúa sobre el servopistón levanta a éste en su conducto-guía.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Si la bobina no está excitada, la aguja cae y cierra el orificio piloto, lo que permite establecer, en el interior del servopistón, y a través del orificio de equilibrado, una presión igual a presión de entrada. El servopistón cae entonces por su propio peso y cierra la válvula.

La presión mínima de apertura, en el caso del tipo con servomando forzado, es nula, por que este tipo de válvulas son perfectamente adecuadas para las tuberías de aspiración.

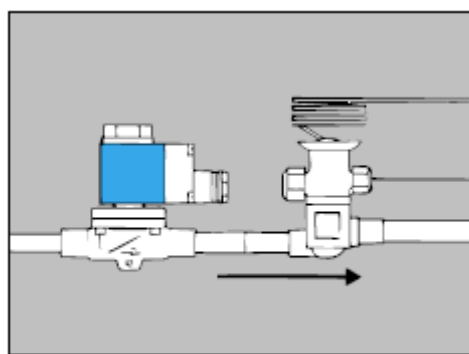
Estás válvulas, cuyas secciones nominales llegan hasta 50 mm. De diámetro, van también provistas del vástago de mando manual.

Las válvulas solenoide se utilizan siempre que se desee detener o abrir la circulación frigorígeno en una instalación. Por este hecho, pueden encontrarse indistintamente en las tuberías descarga, de líquido o de aspiración; por consiguiente, es necesario que sus elementos constitutivos sean compatibles, no solamente con el fluido frigorígeno utilizado, sino también con las temperaturas a que estarán sometidas.

Si todos los elementos metálicos soportan bien las temperaturas posibles del ciclo funcional, no ocurre lo mismo con los discos de las válvulas que pueden deteriorarse por las temperaturas elevadas de descarga o desercarce eléctrico. Los materiales empleados deberán ser de naylon, neopreno o teflón, por lo que deberemos ajustarnos a las restricciones de utilización indicadas por los constructores de las válvulas. Además, la posición de las válvulas en el circuito impondrá, en determinados casos, el empleo de bobinas que tengan una cubierta estanca al vapor de agua y que la alimentación eléctrica se haga a través de un presaestopas, con objeto de evitar toda condensación imprevista de vapor de agua en bobina de la válvula.

La válvula utilizada en nuestro proyecto es de la marca “Danfoss” y el tipo utilizado es el modelo AKV. La selección de la válvula se realiza bajo tablas y parámetros que son suministrados por el fabricante. Toda la información necesaria se recoge en la memoria de cálculo y los anexos correspondientes.

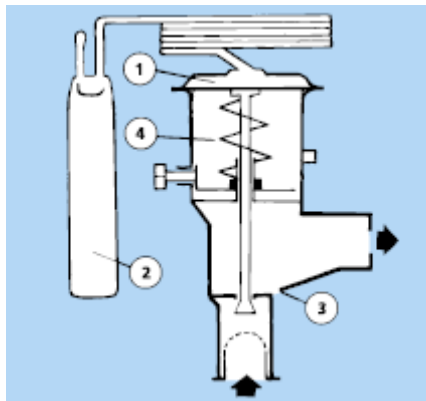
Válvula Solenoide



Af0_0001

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva



Válvula termostática

18.6.- Aparatos anexos al circuito.-

Teóricamente bastaría con añadir al compresor , condensador y evaporador , un cuarto elemento, la válvula de expansión , uniéndolos entre sí por medio de tuberías para formar una instalación frigorífica. Sin embargo, la instalación así realizada no podría lograr el servicio para el cual habría sido diseñada.

Todos los aparatos citados no son aparatos perfectos, al igual que los fluidos frigorígenos y resulta indispensable, a fin de conseguir que la instalación sea apta para obtener el servicio deseado, intercalar entre los aparatos principales otros complementarios, cuya función es la asegurar la marcha correcta de la instalación.

Los encontraremos indistintamente en los circuitos de alta y de baja presión y serán los siguientes:

- Circuito de alta presión :
 - Separador de aceite
 - Silenciador de descarga
 - Purgador
 - Deshidratador
 - Recipiente de líquido
 - Filtro
- Circuito de baja presión:
 - Filtro
 - Botella de aspiración
 - Depósito de aceite
 - Regulador del nivel de aceite
- Circuito de alta o de baja presión:
 - Válvula de retención
 - Eliminadores de vibraciones

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.6.1.- Separador de aceite.

La lubricación de los compresores se entiende por medio de la abundancia del mismo, así eliminaremos la posibilidad de que el compresor se quede en algún momento determinado sin aceite , con las gravísimas repercusiones que ello conlleva.

Esta abundancia que, en determinados casos, no ocasiona dificultad alguna para el retorno del aceite al cárter de la máquina , implica por el contrario, la fuga de aceite en los compresores frigoríficos, fuga que depende de dos factores:

- El factor mecánico que motiva el escape capilar de la película de aceite entre pistones y cilindros.
- El factor físico : naturaleza misma del fluido comprimido y las condiciones termodinámicas de su compresión.

El aceite es arrastrado por los gases comprimidos en forma de gotas extremadamente tenues que provienen bien de la acción capilar , o del rápido desgasado del aceite contenido en el cárter del compresor cuando el aceite y el fluido refrigerante son miscibles.

El aceite puede arrastrarse también en estado de vapor, pero como sea que la tensión de vapor del aceite es baja, el aceite arrastrado bajo esta forma sólo representa una íntima parte del que escapa fuera del compresor y que deba recorrer todo el circuito frigorífico antes de retornar al cárter del compresor.

Hemos de tener interés en detener el fenómeno de arrastre de aceite desde la salida del compresor con los gases comprimidos, intercalando en el circuito un separador de aceite , por tres razones:

- Para mantener un nivel de aceite conveniente dentro del cárter del compresor a fin de asegurar la lubricación abundante de los órganos en movimiento.
- Para suprimir la acumulación imprevista de aceite en determinados lugares de la instalación.
- Para mantener lo más baja la concentración de aceite con el fluido frigorígeno, que tiene como consecuencias; por una parte, la casi supresión de películas de aceite sobre las paredes del condensador y del evaporador y por otra, el efecto de aislamiento térmico de la película de aceite depositada.

Si el aceite circulase libremente por la instalación, éste se acumularía preferentemente en los puntos más fríos del circuito, ya que, a pesar de las precauciones tomadas al escoger aceites de baja viscosidad y bajo punto de floculación, la viscosidad varía en sentido inverso a la temperatura, lo que facilita la deposición de aceite en los evaporadores donde la temperatura es baja. Por lo tanto, sin el dispositivo especial de separación de aceite, en los evaporadores para baja temperatura y con regímenes de baja presiones es donde normalmente se acumula el aceite.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El aceite tiene entonces tendencias a ocupar una parte del volumen del evaporador reservado para el fluido frigorígeno y, como consecuencia, queda reducida también una parte de la superficie útil del evaporador.

De acuerdo con la naturaleza de nuestro fluido refrigerante (clorofluorado) y siguiendo la concepción del evaporador y el sistema de alimentación del fluido, la concentración de aceite en el fluido es variable, pero si el fluido no es miscible con el aceite, tendremos inevitablemente una acumulación de aceite en los evaporadores y el estrangulamiento de éstos con la consecuencia de los inconvenientes anteriormente citados.

Por todo lo expuesto anteriormente, y comparando los diferentes tipos de separadores de aceites existentes en el mercado, elegimos uno del tipo “ciclón”. Este tipo de separadores utiliza la energía cinética de los gases de descarga del compresor para provocar la separación del aceite del fluido.

18.6.2.- Silenciador de descarga

En la mayoría de las ocasiones y especialmente cuando se trata de instalaciones con condensadores en línea emplazados a distancia del compresor, deben colocarse silenciadores en la línea de descarga a fin de eliminar el ruido de las pulsaciones del compresor así como las vibraciones de la citada línea de descarga. Estos amortiguadores son tubos verticales u horizontales, en cuyo interior van dispuestas unas placas o tabiques que hacen la función de silenciadores, al cambiar la velocidad del gas descargado sin acarrear ninguna pérdida de carga perjudicial.

En nuestro caso es una de las soluciones más factibles para la eliminación del ruido que se genera en la descarga, ya que la ubicación del condensador está relativamente lejano de la cámara.

18.6.3.- Purgadores

Durante el funcionamiento de las instalaciones frigoríficas, existe la posibilidad de entrada de gases en el circuito. Estos son más frecuentes en instalaciones que trabajan a baja presión inferior a la atmosférica. La presencia de gases no condensables puede deberse a impurezas presentes en el fluido y en el aceite lubricante y puede comprobarse mediante mediciones de la presión.

La eliminación de estos gases es esencial para el correcto funcionamiento de la instalación y son una de las causas de presiones de impulsión altas, disminuyendo la transmisión de calor en el condensador. Deben estar colocados en el condensador y el recipiente de líquido donde se fijan la mayor parte de los gases no condensables.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El purgador de aire es un dispositivo cilíndrico, recorrido por un serpentín y alimentado por refrigerante líquido, que consigue el enfriamiento de los gases que provienen de la parte superior del condensador y del recipiente

Mediante el enfriamiento , se condensa el vapor de refrigerante que va al fondo del purgador y los gases no condensables se separan ascendiendo a la parte superior desde donde son descargados a un recipiente con agua. El líquido condensado es devuelto al recipiente de líquido y en el momento en los que los gases alcanzan la presión determinada se abre una válvula de sobrepresión y son evacuados. El refrigerante es conducido al recipiente de líquido por una válvula de flotador.

18.6.4.- Deshidratador

El uso de deshidratadores está recomendado para los sistemas que usan como refrigerantes compuesto halocarburos como es nuestro caso. La ubicación y el numero de elementos viene dado por el tamaño de la instalación frigorífica, si se trata de una pequeña instalación (que es nuestro caso) se instalarán en la línea de liquido , mientras que si la instalación es grande debemos utilizar un sistema en el que se introduce una desviación, evitando tener que parar la instalación en caso de rotura o cambio del dispositivo.

Su función es el eliminar toda la humedad y pequeñas condensaciones en el refrigerante que pueden ser perjudiciales para el rendimiento de la instalación. La colocación de este en nuestra instalación será la línea de líquido.

En un circuito frigorífico perfectamente estancado y deshidratado antes de su puesta en servicio , no debería aparecer ninguna señal de humedad.

En la práctica estas señales de humedad pueden aparecer en el interior del circuito, humedad que siempre perjudicial cuando se utilizan fluidos clorofluorados, ninguno de los cuales es miscible con el agua.

Las consecuencias de la presencia de humedad en el circuito son , a corto plazo, el bloqueo del punzón o aguja del elemento expansionador y , a mas largo plazo , la acción sobre los aceites y la hidrólisis del fluido frigorígeno. Ante la presencia de agua, los fluidos frigorigenos halogenados liberan ácidos fluorados, y en cantidad menor , ácidos clorados; el hierro y el aluminio, que son los elementos que componen los elementos de construcción de los compresores y motocompresores actúan como catalizadores acelerando esta reacción.

Los ácidos forman junto con los metales constituyentes se la instalación, sales metálicas y óxidos que se depositan sobre la superficie interna de los tubos del condensador y del evaporador, reduciendo los intercambios térmicos. Estos depósitos

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

provocan el engomado de las válvulas, el taponamiento de los filtros, el desgaste anormal de los cojinetes , etc. Además, en lo concerniente a los motocompresores

herméticos , el deterioro de los bobinados del motor eléctrico es el inconveniente mayor que resulta de la presencia de humedad en el circuito.

Para los deshidratadores se utilizan medios químicos ,es decir, se instalará en el circuito un cartucho, el “ deshidratador o secador “, cargado de un producto deshidratante destinado a retener la humedad con que puede estar cargado el refrigerante en su recorrido a través del circuito. Este deshidratador se destina a asegurar o dar el último toque a la sequedad de un circuito acabado de montar.

El deshidratador utilizado será del de sílice que puede regenerarse por completo si se insufla aire seco a 150°C durante unas cuatro horas a través de la envolvente.

No se debe montar el deshidratador de silicagel en sentido horizontal , el agente deshidratador está siempre bajo forma cristalina o esférica, puede apilarse en su interior durante el transporte , por lo que, si se instala horizontalmente , se forma entonces, en lo alto del elemento una cavidad que juega el papel de “ by-pass” interno, por el que pasa la mayor parte del fluido frigorígeno, que solo se encuentra parcialmente en contacto con el agente deshidratador.

Estos deshidratadores deben, montarse siempre verticalmente , aunque en esta posición existe todavía un sentido preferente para la circulación del fluido frigorígeno. La circulación del fluido es en sentido de arriba – abajo dentro del deshidratador por dos razones:

- No hace que el deshidratador se comporte como un recipiente adicional y retenga una cantidad importante de fluido frigorígeno, lo que puede tener consecuencias graves para el buen funcionamiento de la instalación si, por la naturaleza de la misma, la carga del fluido frigorígeno es pequeña o bien el deshidratador es de gran capacidad.

- Los productos deshidratantes, que pueden ser de forma cristalina o esférica, tienen tendencia a agitarse por el fluido que lo atraviesa de abajo arriba. Esta agitación de los cristales o de las perlas moleculares motiva la abrasión del agente deshidratante. De este fenómeno se deriva la formación de polvos que pueden obstruir el filtro y que , si sus partículas son lo suficientemente finas para no quedar retenidas por la malla del tamiz filtrante de estos polvos son muy duros debido a su origen silicoso.

Por último, es primordial no hacer circular el fluido al revés , cualquiera que sea su posición del deshidratador, el sentido de circulación se indica siempre por medio de una flecha marcada en el cuerpo o sobre el racor de entrada del elemento.

En caso del montaje de deshidratador de cartucho, hace falta prever:

- Un espacio suficiente que permita el recambio de los cartuchos.
- La retirada de piezas interiores amovibles antes de la soldadura final.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.6.5.- Recipiente de líquido

El fluido refrigerante condensado se admite en el evaporador a través de una válvula de mando magnético que crea una pérdida de carga al paso del líquido. El caudal de este líquido depende únicamente de la diferencia de presión entre el condensador y el evaporador. Si esta diferencia de presión es constante, así como también las aportaciones de calor al evaporador, será posible, después de algunos retoques en la puesta en marcha, regular de una vez por todo el caudal de fluido frigorígeno.

Las condiciones de marcha se hallan sujetas a factores a menudo imprevisibles (entradas de mercancías, servicios de puertas, etc.), por lo que haría falta tener que intervenir en la regulación de esta válvula magnética. Para evitar esto, inaceptable en un sistema automático, debe constituirse una reserva de refrigerante líquido entre el condensador y el evaporador.

La acumulación de líquido se efectúa en una botella de acero de concepción idénticas a las botellas horizontales propias del material comercial, aunque incorporando en sus tomas de entrada y de salida de líquido, un nivel visible por refracción, una purga de aceite y una válvula de purga de gases no condensables, así como el juego de válvulas necesarios para detener el recipiente de líquido cualquiera de los accesorios.

El nivel de líquido en la botella es muy importante, ya que sirve para facilitar una indicación precisa para el control del funcionamiento de la instalación.

Unas válvulas con bolas de seguridad evitan toda fuga de fluido en el caso de ruptura del cristal del visor de nivel.

El recipiente de líquido, desde el punto de vista constructivo, estará sometido a la actual Reglamentación de Recipientes a Presión y su capacidad útil representará solamente el 70% de su capacidad total

18.6.6.- Filtros

En instalaciones con refrigerantes como R-134a, R-22, R-507 y R-404a, la humedad produce pequeñas partículas de hielo en la válvula de expansión, cerrando el paso al evaporador. En ocasiones esa humedad es arrastrada al evaporador, depositándose en las curvas de los conductos, dando lugar a la formación de tapones de hielo que obstruyen los conductos cuando la temperatura es menor de 0° C.

Estos filtros deben instalarse justamente después de las válvulas automáticas en todos los tubos de refrigerante, pero su ubicación habitual será en la línea de líquido. Estos filtros son de gran tamaño de modo que la acumulación de material no vaya a causar una excesiva caída de presión en el refrigerante.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

En nuestro caso al ser una pequeña instalación el filtro estará colocado en la línea de líquido y sus características técnicas son estudiadas en la memoria de cálculo. Será de la marca danfoss.

Todos los fluidos clorofluorados son detergentes o disolventes muy eficaces, capaces de disolver en muy poco tiempo los depósitos de suciedad más rebeldes. Por su origen, dichos depósitos pueden dividirse en tres grupos:

- Cuerpos extraños procedentes del mecanizado (arena de fundición , óxidos de hierro u de cobre , virutas metálicas).
- Cuerpos extraños procedentes de los trabajos de montaje (virutas metálicas, abrasión del deshidratante, óxidos de hierro y cobre).
- Depósitos de impurezas durante el funcionamiento (lodos motivados por la humedad, lodos motivados por los aceites).

Los filtros se colocarán en la tubería de líquido de la instalación, lo que no excluye el empleo de filtros en las tuberías de aspiración de los compresores. Se colocarán siempre después del deshidratador, y lo más cerca posible de la válvula de expansión, y en el caso de colocarse cerca de las válvulas magnéticas se colocarán siempre encima de estos.

El sentido de paso de los fluidos se indica por medio de una flecha sobre el cuerpo de estos filtros. Este sentido debe respetarse totalmente, ya que las impurezas en lugar de ser retenidas en el interior del cartucho del filtro lo serían en su exterior.

El grado de filtrado es diferente según el tipo de filtro: filtro de aspiración o filtro de líquido. Las pérdidas de carga son más débiles en los filtros de aspiración.

18.6.7.- Filtros de aceite

Se colocará un filtro de cartucho renovable , el cual está constituido por un tubo, en uno de cuyos extremos hay una tapa abombada en la que viene soldado el racor de salida (que puede conectarse o soldarse) y, en el otro extremo, una brida soldada con racor y resorte de presión. La entrada se efectúa por medio de un portacartucho individual, estando asegurada la estanqueidad por medio de una junta comprimida por un resorte central.

Al asegurar el filtrado satisfactorio del aceite que retorna al cárter del compresor, el filtro de aceite protege a este último de los lodos y otros contaminantes que puedan dañar válvulas, cilindros, etc. Asegura igualmente el buen funcionamiento de los

dispositivos de regulación que se encuentran en el conducto de retorno de aceite y, el regulador de nivel de aceite.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.6.8.- Botella de Aspiración

La botella de aspiración, llamada también “botella contra golpes de líquidos”, tiene por objeto, en las instalaciones comerciales, evitar la aspiración accidental de fluido frigorígeno no evaporado en el compresor. Esta botella se coloca en la línea de aspiración de la instalación, lo más cerca posible del compresor.

La presencia de fluido frigorígeno en la tubería del compresor se halla siempre sujeta a la inundación del evaporador con fluido. Las causas que provocan esta inundación son múltiples, entre ellas cabe destacar, a fin de evitar el problema por parte del técnico montador:

En Marcha Normal:

- Válvula de expansión sobredimensionada en relación con el evaporador y la potencia frigorífica de la máquina.
- Válvulas de expansión demasiado abierta o bien que no cierra por alguna causa de tipo mecánico.
- Defectuosa concepción del evaporador o de su alimentación.

A la Nueva Puesta en Marcha de la Máquina:

La presencia de líquido en la tubería de aspiración se debe siempre a una alimentación inadecuada del evaporador durante la parada de la máquina, alimentación que es aprovechada, bien por defecto en sí de la válvula de expansión, o por una apertura motivada por un recalentamiento anómalo durante la parada.

El inconveniente mayor de esta acumulación de líquido y de su marcha hacia el compresor es, evidentemente, el clásico “golpe de líquido” cuyos efectos pueden ir desde la deformación permanente de las válvulas de descarga, que pierden su cierre estanco a la ruptura de las mismas, o a accidentes materiales más graves.

Los mismos efectos nocivos pueden proceder de una compresión de aceite debida a un flujo exageradamente fuerte de aceite en la aspiración del compresor debido a la presencia de tapones de aceites en el evaporador o en la tubería de aspiración.

Las gotas de líquido (ej. Aceite), mucho más pesadas que los vapores, sólo pueden ser arrastrados si estos mismos vapores circulan a una velocidad elevada en la tubería de aspiración. Por consiguiente, la separación y decantación de las gotas de líquido (o de aceite) se obtiene por medio de una brusca reducción de la velocidad de los vapores. Esta reducción de velocidad se obtiene por el aumento súbito de sección que aporta la botella de aspiración. La reevaporación del líquido así acumulado se produce por la aportación de calor procedente del ambiente exterior, ya que la temperatura del local en el que se encuentra la botella de aspiración puede acelerarse

con el calor cedido por el líquido procedente del condensador, que circula dentro de un serpentín colocado en el interior de la botella de aspiración.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

A fin de asegurar la evacuación del aceite, que sin ello se acumularía en la botella, un orificio calibrado de pequeño diámetro permite el retorno del aceite en la tubería de aspiración.

La botella de aspiración estará formada por un recipiente cilíndrico de acero estirado sin soldadura, cerrados en cada extremo por tapas embutidas en forma de acero de bóveda. Estas tapas incorporarán una toma que se conectará a la salida del evaporador, y otra de unión con la aspiración del compresor. Si la máquina alimenta diversos evaporadores, la botella incorporará varias tomas de llegada de gas. Independientemente del número de tomas fijadas sobre la botella, la toma de unión con el compresor debe colocarse de forma fijadas sobre la botella, la toma de unión con el compresor debe colocarse de forma que la aspiración de los evaporadores se efectúe en la parte superior de la botella, en cuanto se refiere a la llegada de los vapores procedentes del evaporador, penetrando en el cuerpo de la botella a fin de que la distancia entre los extremos de dichas tomas sea suficiente para evitar la reaspiración de las gotas de líquido antes de su decantación. Si el orificio calibrado para el retorno de aceite y de inyección de líquido está situado en el interior de la botella, deberá preverse un tapón sobre el cuerpo de la botella a fin de poder desobstruir dicho orificio si llegase a taponarse por causa de alguna impureza.

Como ya indicamos la botella de aspiración debe montarse lo más cerca posible de los compresores. De acuerdo con su construcción, en sentido vertical, pero siempre en un nivel superior al mismo.

La conexión será del tipo desmontable, efectuada por medio de racores con collarines cónicos.

18.6.9.- Eliminadores de Vibraciones

La instalación de este tipo de accesorios permitirá eliminar las vibraciones de las tuberías del circuito frigorífico, amortiguará el ruido que de ello resulta y absorbe las tensiones internas causadas por dilataciones y contracciones de las propias tuberías. Así eliminaremos todo peligro de ruptura de las mismas motivada por los esfuerzos importantes engendrados durante los arranques y las paradas de los compresores.

Estarán formados por un tubo metálico flexible ondulado de acero inoxidable, cuyas ondas paralelas se obtienen en un tubo soldado de extremo a extremo. Este tubo flexible ondulado irá recubierto con un tejido de hilo de acero inoxidable. El tubo flexible y su cubierta proporcionan al eliminador de vibraciones una excelente resistencia mecánica, resistencia perfecta a la corrosión y una gran flexibilidad.

Se instalarán, siempre que sea posible, en la parte recta de la tubería, horizontalmente, sin estar sujeto a tensión o compresión axial, en sentido perpendicular a la fuente de vibraciones. La longitud de la parte está relacionada con el diámetro de los tubos.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

18.6.10.- Depósito de Aceite

La finalidad del depósito de aceite consiste en asegurar una cantidad de aceite separada del fluido frigorígeno por los separadores de aceite y redistribuir este aceite a los cárteres de los compresores por medio de reguladores de nivel de aceite.

La utilización de un depósito de aceite, al formar un volumen de aceite almacenado intermedio entre el separador de aceite y los compresores, evita todo peligro de intromisión importante de fluido frigorígeno líquido en el sistema de regulación de aceite y permite la instantánea compensación de las variaciones que puedan producirse en la circulación de aceite hacia los compresores.

El depósito de aceite se instalará verticalmente en la tubería de aceite después del separador de aceite y encima de los compresores, a fin de alimentar éstos de manera regular de aceite, por gravedad.

Estará formado por un tubo de acero cerrado en cada extremo por tapas abombadas. Cada tapa dispone de una válvula con toma de presión. En la parte alta para la llegada de aceite y en la parte baja para eliminar de aceite los compresores. Una toma va soldada sobre la tapa superior la cual permite instalar una válvula tarada para asegurar la diferencia de presión entre el depósito de aceite y el cárter de los compresores. Dos visores con ojos de buey de vidrio, soldados en la parte alta y baja permiten visualizar la cantidad de aceite depositado.

18.7.- Tuberías

En nuestra instalación han utilizado un único tipo de material para las tuberías que sería el cobre, ya que es el más utilizado en instalaciones frigoríficas debido a sus excelentes cualidades para ello. Con todo ello se van a exponer a continuación todo los detalles tanto técnicas como cualidades propias que nos han inclinado a su utilización en nuestra instalación.

18.7.1.- Tubería de cobre

Los tubos utilizados para la realización de las tuberías frigoríficas, cualquiera que sea su calidad comercial, deben ser de tipo sin soldadura fabricados con cobre puro cuya materia prima debe responder a las siguientes características:

- Contenido de cobre puro . 99,90 a 99,92 %
- Contenido de fósforo: 0,007% mínimo a 0,012% máximo
- Ausencia de óxido de cobre

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Todos los tubos deben servirse sin defectos de estiramientos y sin imperfecciones internas externas.

De acuerdo con el diámetro exterior del tubo, diámetro que condiciona a menudo el tipo de unión, aquel se suministra en dos calidades: “recocido” o “endurecido”. Independientemente de la calidad de la tubería, los tubos deberán ser estufados, deshidratados y desoxidados, así como sellados por sus extremos, de forma que el tubo queda rigurosamente limpio, sin humedad y exento de toda penetración de aire húmedo hasta el momento de su utilización en el montaje de la instalación.

Por ser sensibles a los choques, los tubos deben protegerse hasta el momento de su empleo, a fin de evitar deformaciones perjudiciales en la instalación. Aunque los tubos de calidad “endurecida” son más resistentes a los golpes que los de calidad “recocida” deben manipularse con cuidado a fin de evitar deformaciones por dicha causa. Las longitudes comerciales corrientes de los tubos rectos son de 4 a 7 metros, lo que facilita la manipulación y transporte de los mismos.

La presión máxima de utilización :

La presión máxima de utilización del tubo de cobre puede calcularse aplicando la fórmula:

$$P = (2t \times e) / d$$

De donde :

e = espesor del tubo en mm

d = diámetro interior del tubo en mm

P = presión máxima de utilización en bares.

t = fatiga máxima en N/mm² impuesta al metal y calculada a partir de la tasa de ruptura R del tubo recocido (22 N/ mm² , o sea 2200 N/ cm²) teniendo en cuenta un coeficiente de 5 en esta fórmula, t = 440.

La presión máxima de utilización es la misma para los tubos recocidos que los tubos endurecidos; en efecto, los tubos endurecidos sólo pueden unirse por soldadura, el tubo se recuece entonces en los puntos de unión y su resistencia mínima a la ruptura llega a ser igual en los puntos recocidos a la del tubo en toda su longitud.

18.7.2.- Determinación de las tuberías

Antes de proceder al cálculo de las tuberías necesarias para la instalación frigorífica, para conectar todos los accesorios que requiere como válvulas, codos, etc., hay que tener en cuenta:

- Los diámetros de que deban darse a las diversas tuberías.
- El recorrido de dichas tuberías

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

En la determinación del diámetro de las tuberías deben tenerse en cuenta las características de la instalación: fluido utilizado, condiciones de marcha, etc. Su recorrido debe establecerse de forma que ningún “ accidente en el recorrido “ pueda perturbar la circulación normal del fluido frigorígeno (embolsamiento de líquido, gas, aceite, etc.).

Estos dos puntos tienen una influencia primordial para el buen funcionamiento de la instalación, ya que la determinación empírica, o errónea, del diámetro de los tubos pueden tener causa del mal funcionamiento de los aparatos de automatismo, del descenso de producción frigorífica del compresor , asimismo, de averías en los órganos del compresor, sin que por ello se pueda achacar a priori a las secciones equivocadas de los tubos. Un trazado defectuoso puede ser igualmente causa de innumerables dificultades funcionales que tienden, a veces, a imputares, por error , a otros elementos constituyentes de la instalación.

18.7.3.- Cualidades de las tuberías

Como resultado de cuanto hemos enumerado y examinado vemos que , para que una tubería responda a la finalidad que se espera, es necesario que satisfaga los criterios de cualidad siguientes:

- Pérdidas de carga pequeña y limitada a un valor compatible con las condiciones de funcionamiento de la máquina y con la naturaleza de los tubos.
- Velocidad de los gases suficientemente elevada para evitar la decantación del aceite en las tuberías, si este es miscible con el fluido frigorígeno, ello es perfectamente válido para los tubos de aspiración y de descarga.
- Mantenimiento de la producción frigorífica de la máquina a un valor tan cercano como sea posible a su valor teórico merced a una conveniente limitación de las pérdidas de carga en la aspiración.
- Mantenimiento de las condiciones de funcionamiento óptimas de los órganos de alimentación de fluido frigorígeno con una alimentación continua de líquido puro.

Las pérdidas de carga varían con el cuadrado de la velocidad de circulación del fluido, por lo que hará falta limitar estas velocidades si queremos disponer de pérdidas de carga compatibles con un buen funcionamiento de la instalación. Seguidamente se dará a conocer los valores admitidos de velocidad de circulación del fluido por las tuberías, las cuales permiten limitar las pérdidas de carga a los valores indicados , respondiendo a las condiciones de funcionamiento y del destino de las tuberías.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Velocidades de circulación de los frigorígenos en metros por segundo

Fluido	Aspiración	Descarga	Líquido
Amoniaco	15 a 20	20 a 25	0,5 a 1,25
Freones	8 a 15	15 a 25	0,5 a 1,25
Anhídrido	5 a 8	5 a 6	0,5 a 1,25
Carbónico	----	-----	-----

19.- Válvulas de Equilibrio de Presiones

Algunos aspectos relacionados con el funcionamiento y manejo de las cámaras frigoríficas como son: puesta en marcha de las cámaras, descongelación de evaporadores, entradas de mercancía, introducción rápida de gases, etc., pueden provocar sobrepresiones o depresiones en el interior de las cámaras. Los daños provocados por este efecto pueden ser muy graves, por lo que deben preverse el equilibrado de presiones de manera automática entre el exterior y el interior del recinto frigorífico; con este objeto, y sobre todo, en cámaras de temperaturas negativas se instalan elementos para el equilibrado de presiones, estando provistos de válvulas móviles estancas, una de admisión y otra de escape, reguladas para actuar, generalmente, a partir de una presión de 10 mm c.d.a, permitiendo el equilibrado entre las presiones exterior e interior.

Cuando las cámaras son de temperatura negativa suele estar provista de un sistema de calentamiento para evitar la formación de hielo y facilitar su funcionamiento.

Una fórmula utilizada para el cálculo del número de válvulas para el equilibrado de presiones es la siguiente:

$$\text{Nº de Válvulas} = (1,3 \cdot V) / t' \cdot (273 - t)$$

Donde:

V es el volumen de la cámara, en m³

t' es la variación de temperatura por tiempo, en minutos/ °C

t es la temperatura en el interior de la cámara, en °C

Estas válvulas se han tenido en cuenta en la cámara de congelados, ya que la temperatura es de unos – 20 °C .

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

20.- Automatismo de la Instalación

La regulación de la temperatura, en cada una de las cámaras, se realizará automáticamente, mediante el control de la aspiración del refrigerante y de la circulación del aire.

El automatismo funciona del siguiente modo:

Se parte de una situación en la que la instalación está parada, es decir, todas sus válvulas estén cerradas.

Cuando, por cualquier causa, sube la temperatura en una de las cámaras, hasta un valor ligeramente superior al requerido, es detectado por los termostatos de ambiente instalados en cada una de las cámaras, los cuales emiten una acción sobre la válvula solenoide instalada en tubería de entrada a los evaporadores de la cámara en cuestión, siempre que los presostatos estén cerrados y los demás sistemas de control, como son los relés y magnetotérmicos.

De forma simultánea a la apertura de la válvula solenoide, que permite la circulación de refrigerante por los evaporadores, se pone en marcha los ventiladores de circulación de aire, y los compresores.

La entrada en funcionamiento de los compresores propicia una diferencia de presión en el sistema, al aspirar los vapores de los refrigerantes contenidos en la parte de baja de la instalación, es decir, el compresor “ tira “ del fluido en esta zona A su vez, los vapores comprimidos y calientes que salen del compresor “ empujan “ el líquido condensado en los condensadores, provocando un aumento de la presión en el depósito acumulador de refrigerante, favoreciendo la circulación del líquido en la zona de alta.

Este sistema hace circular el fluido refrigerante sin necesidad de utilizar sistemas de bombas para el líquido en la zona de alta. Lo que implica un ahorro, no solo en equipos, sino también en la zona de alta.

Antes del arranque de los compresores se efectúa de forma automática las siguientes operaciones:

- Comprobación de la presión de aceite de los compresores y arranque de las bombas de aceite, hasta alcanzar la presión necesaria para el arranque.
- Comprobación de las seguridades del compresor
- Apertura de la válvula de la línea de aspiración

Cuando la demanda de frío en las cámaras, por el funcionamiento de la instalación, es satisfecha, los termóstatos de ambiente detectarán que la temperatura en las cámaras es la adecuada y cerrarán las válvulas solenoides de alimentación del refrigerante (R-404 a) a los evaporadores , y parando a su vez los compresores.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Además, los preostatos de alta-baja pararán los compresores y cerrarán todas las válvulas siempre que halla una sobrepresión en el lado de alta, debido a una mala condensación normalmente, o detecte una caída de presión en el lado de baja, que indica normalmente que la cámara ha alcanzado la temperatura adecuada.

Por último el desescarche esta realizado mediante un temporizador que activará el sistema cada cierto tiempo, según sea la velocidad de la creación de escarcha, el cual dará orden de parar compresores y ventiladores y cerrar las válvulas. La función de volver a activar el sistema estará a cargo de un termostato situado junto a los evaporadores que detectará la función del hielo.

21.- Sistema de Desescarche

La formación de escarcha en el evaporador es un factor a tener en cuenta debido a que la formación de hielo en las paredes del evaporador disminuye su rendimiento o el funcionamiento. Esto es debido a que el vapor de agua se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador, cuya temperatura es inferior a la de la cámara o espacio a enfriar, inferior a 0 °C , se deposita en forma de escarcha sobre las paredes del evaporador. A este depósito contribuye las aperturas de puertas y sobre todo los productos almacenados, todo ello produce:

- Que descienda la temperatura del refrigerante en el interior del evaporador, disminuyendo la producción frigorífica.
- Una disminución del coeficiente de película exterior
- Una reducción del volumen efectivo de aire libre a través d los tubos y de las aletas dado que la caída de presión del aire aumenta y el flujo disminuye.
- Una variación del contenido de humedad adecuado para la correcta conservación del género.

Debido a estos motivos se producen un aumento del consumo de energía eléctrica, un mal funcionamiento de la instalación frigorífica. Para evitar todo esto se instalan sistemas de desescarche existiendo varias formas:

- Desercarche por aire
- Desercarche eléctrico
- Desercarche por gas caliente

Desercarche por aire:

Es el método más sencillo y se aplica en cámaras cuya temperatura está por encima de de 0 °C , por ello es el sistema elegido para la sala de elaboración de productos congelados, ya que la temperatura de la cámara es de unos 12 ° C.

El ciclo es regulado por un control de presión. Al formarse hielo en los tubos, la presión de aspiración va disminuyendo y llega a un mínimo, en que el control desconecta el compresor. Con el compresor parado y el ventilador del evaporador

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

funcionando, el aire a temperatura superior a la de congelación va quitando la escarcha. Cuando el desescarche se ha completado, se restablece la presión de aspiración y el compresor se pone en marcha de nuevo.

En sistemas con desescarche por aire el ciclo está diseñado para funcionar 16, 18 o 20 horas, por tanto el equipo desescarche durante las horas restantes.

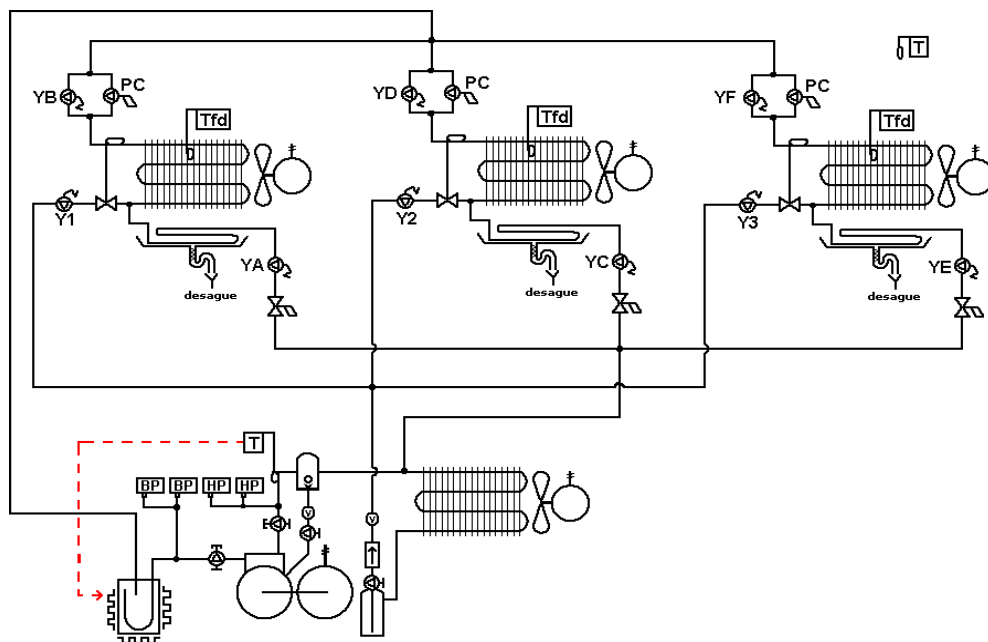
Desescarche por gas caliente:

Esta variedad de desescarche es la más eficaz, aunque también suele ser la más cara, por lo que generalmente sólo se aplica en grandes sistemas, que no es nuestro caso debido a que la cámara la cual sería la óptima su colocación tiene un volumen 25 m^3 , no merece la pena instalar este tipo de sistemas.

Existen tipos de desescarchado por gas caliente, y entre ellos el más destacado es el denominado “ ciclo invertido “, cuyo elemento esencial es la válvula inversora.

En funcionamiento normal (refrigeración), un serpentín interior actúa como evaporador absorbiendo calor, y uno exterior como condensador cediendo calor. Durante el desescarche la válvula inversora desvía el flujo de refrigerante, de modo que éste recorre el circuito en sentido opuesto, excepto a su paso por el compresor . El resultado es que el serpentín interior pasa a trabajar como condensador , mientras que el exterior es ahora el evaporador. De esta forma , el calor de compresión se encarga de calentar el serpentín interior eliminando hielo.

Hay que observar que los intercambiadores necesitan sendas válvulas de expansión, provistas de sus correspondientes by-pass para que el refrigerante no pase por ellas en sentido inverso.



INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Desescarche eléctrico:

Es el sistema cómodo, fácil de instalar y relativamente sencillo de regular y controlar, por lo que puede decirse que es el más generalizado. Es un procedimiento muy utilizado para el desescarche de evaporadores de tubos aleteados. Cuando se utiliza este sistema suele calentarse eléctricamente también la bandeja del evaporador y el tubo de drenaje para evitar una nueva congelación del hielo fundido.

Consiste en resistencias eléctricas dispuestas a lo largo de los tubos para calentar y fundir el hielo formado.

Durante el desescarche se detiene el compresor y entran en funcionamiento las resistencias, que actúan durante un intervalo de tiempo fijo o variable. En este caso un termostato detecta el momento en que el hielo comienza a fundirse y se interrumpe el paso de electricidad a través de las resistencias, entrando de nuevo en funcionamiento el

compresor. El ventilador se pone en marcha de inmediato o tras un periodo de espera, para evitar que la humedad remanente en el evaporador entre de golpe en el espacio refrigerado.

El ciclo de refrigeración en sistemas que usan desescarche eléctrico está concebido para trabajar alrededor de 20 horas al día, es decir, que el equipo desescarcha durante breves y numerosos periodos que suman unas 4 horas en total.

Existen algunos problemas en el uso de este sistema de desescarche:

- Calentamiento del refrigerante en la fase líquida que pueda existir en el evaporador.
- Que una vez terminado el deshielo permanezca las resistencias conectadas, con el peligro de que se fundan

Para evitar esto dos problemas pueden efectuarse dos medidas; para el primero se ejecuta un proceso de vacío previo y para el segundo la instalación de un control que regule el final del ciclo de descongelación.

Pero este sistema es fácilmente automatizable de distintas formas:

- a) Por la acción de un temporizador se controla el funcionamiento de una válvula solenoide, de los ventiladores y del juego de resistencias. Cuando el temporizador produzca un ciclo de desescarche, se deben parar los ventiladores y la válvula solenoide. Con un pequeño retraso pueden entrar en servicio las resistencias, de forma que el compresor esté gobernado por el prestatado de baja, hasta ocasionar por vacío el paro del compresor, aspirando el refrigerante que se haya evaporado durante el calentamiento.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

b) Otra forma es disponer de un sistema de retraso para el ventilador. Entonces el proceso consiste en parar la válvula solenoide y ventilador del evaporador. Si la presión desciende, el compresor deberá parar, se desconecta el circuito del compresor y se activa el circuito de las resistencias, las cuales van a fundir el hielo. Alcanzada la temperatura en el evaporador es importante que es las resistencias queden fuera de servicio. Según el control utilizado puede proseguir el ciclo con un período de paro total, para facilitar el drenaje del agua, del deshielo, entrando en servicio la válvula solenoide y el ventilador, poniéndose el compresor en marcha y quedar la instalación en régimen normal, o bien interrumpir el trabajo de las resistencias y poner en servicio la válvula solenoide para que una vez alcanzada la presión de trabajo, se conecten el compresor y el ventilador del evaporador.

Por todo ello es el sistema elegido para nuestra instalación, en las otras dos cámaras frigoríficas la de 0 °C y la de – 20 °C.

JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA ELEGIDO

Nos hemos declinado a la utilización del desescarche eléctrico debido a su fácil uso y eficiencia del sistema. Aunque tienes algunos inconvenientes como la continua sustitución de resistencias estropeadas que obliga a su cambio y un elevado coste energético.

Aunque parezca contradictorio, este sistema no supone una carga calorífica adicional al cálculo térmico de la cámara, ya que el calor generado por las resistencias se transforma en calor latente de fusión del hielo, que se encuentra en forma de escarcha, es decir, se transforma en convertir la escarcha en agua líquido, y no en calor para la cámara. Por este motivo y su simplicidad nos decantamos por su uso.

22.- CONTROL DE LA INSTALACIÓN

22.1.- Control de la temperatura

Son aparatos utilizados para controlar la temperatura del medio.

Pueden ser de:

- Bulbo
- Bimetálicos
- Electrónicos

Pueden trabajar en contacto con:

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- Un líquido o salmuera
- En ambiente de aire

Termostato de Bulbo.-

Su funcionamiento se basa en un bulbo cargado de gas , vapor , líquido, conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expande, la espiral tiende a desenrollarse moviendo la aguja del indicador mostrando la temperatura, consiguiendo con ello abrir o cerrar el circuito.

Termostato bimetalico.-

Es un dispositivo creado con dos metales de diferente composición que tienen un coeficiente de dilatación diferente. Estos metales se dilatan o contraen accionando el dispositivo de apertura o cierre del sistema , trasladando este a un mecanismo interruptor.

Termostato Electrónico.-

Son muy precisos y su funcionamiento se basa en la propiedad que tienen ciertas resistencias de variar su valor en función de la temperatura a que se encuentren. Son muy precisas actuando incluso con variaciones de 0,5 °C.

Las temperaturas de las cámaras se controlarán y regularán por medio de termostatos de ambiente. Estos serán de bulbo, por su bajo coste y su alta efectividad.

Estos termostatos de Ambiente regulan la temperatura entre los límites prefijados, lo más próximo posible a la temperatura real que desee obtener.

La cámara de conservación de productos congelados será de – 20 °C , la conservación de productos es de 0 °C y la de elaboración de productos es de 12 °C.

El diferencial de temperatura asociado para poner en marcha o detener la refrigeración, cuando aumenta la temperatura o se alcanza el valor deseado, es variable en cada uno de los recintos a controlar.

El elemento sensible del termóstato u órgano de detección se situará de tal manera que responderá con facilidad a los cambios de temperatura, y en lugares distantes de las salidas de los ventiladores.

Se colocarán próximos a las paredes y en lugares intermedios, ni muy bajos, ni muy altos, pues si no la medición quedaría desvirtuada.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El control de temperatura y su ajuste definitivo debe llevarse una vez alcanzado el equilibrio térmico, es decir, cuando las diferencias de duración de las paradas en sí sean pequeñas y se haya conseguido el funcionamiento estable de la instalación.

Un dato a tener en cuenta cuando las cámaras son de gran capacidad es que pueden existir gradientes de temperaturas entre un punto y otro alejados de la cámara. Para evitar esto se deberán asegurar una distribución del aire y una circulación de este

que garantice la homogeneidad del mismo, caso que no es el nuestro debido a su reducido tamaño.

Además de la colocación de los termostatos se colocarán un termómetro en el cual se verá la temperatura interna real de la cámara.

22.2.- Control de Presión

Los preostatos son dispositivos de control, que actúan sobre un circuito eléctrico abriendo y cerrando el mismo, mediante la variación de una presión previamente regulada.

Fundamentalmente en refrigeración y acondicionamiento de aire se emplean tres tipos de preostatos.

- De Alta
- De baja
- Diferenciales de aceite

El *preostato de alta* sirve para controlar la anómala subida de presión en el lado de descarga, parando el compresor cuando esta presión alcance el valor al cual lo hayamos regulado.

El *preostato de baja* sirve para evitar que la máquina trabaje por debajo de la presión que nosotros hayamos regulado parando, también el compresor en el caso de que se alcance ese valor.

El *preostato diferencial de aceite* se instala en aquellos compresores cuyo sistema de engrase sea a presión. El preostato de falta de aceite e diferencial de aceite para el compresor en el supuesto de que la presión útil de engrase baje o alcance el límite que hayamos regulado.

Control de alta presión.-

Los controles de alta presión se utilizan normalmente como control de seguridad. Se conectan en la descarga del compresor, el objetivo del control de presión alta es parar al compresor en el caso de que la presión alta del sistema llegara a tener un valor excesivo. Esto se hace a fin de prevenir posibles daños al equipo.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Cuando la presión en el lado de alta presión del sistema se eleva arriba de un valor determinado, actúa el control de presión de alta , interrumpiendo el circuito y parando al compresor. Cuando la presión sobre el lado de alta presión del sistema regresa a su valor normal, actúa el control de presión alta cerrando el circuito y poniendo en marcha el compresor.

El diseño del control de presión alta es similar al del termostato de bulbo, cuya diferencial es la procedencia de la presión la cual impulsa a los fuelles o diafragmas. Aunque este tipo de sistemas de control es muy utilizado y conveniente , se hacen necesarios en sistemas de condensadores que utilizan agua para el enfriamiento.

Debido a que las presiones condensantes son diferentes para los distintos refrigerantes , la fijación de las temperaturas de desconectar y conectar en los controles de presión alta, dependerá del refrigerante utilizado.

Control de baja presión.-

El preostato de baja actúa con los cambios que se producen en el lado de baja presión del sistema. Consiste en un fuelle metálico conectado por medio de una tubería de cobre en la línea de aspiración del sistema. Cuando está parado el compresor, y la presión de baja sube, dicho fuelle se extiende hasta que llegando al límite ajustado , hace funcionar el interruptor estableciendo el contacto que pone en marcha el motor.

Cuando el trabajo del compresor va disminuyendo la temperatura, por tanto la presión, el fuelle se encoge, retornando a su estado normal hasta llegar a un punto o presión establecida para la parada del equipo, desconectando el motor.

El punto de puesta en marcha se determina por la presión existente cuando se alcanza la máxima temperatura y el de parada se fija por la temperatura mínima requerida.

La duración de los ciclos de parada y puesta en marcha del sistema depende de la temperatura que se desee obtener, del uso que se haga de la cámara y de las pérdidas por radiación de la instalación.

El control de baja presión no se puede utilizar con válvulas de expansión automática debido a que éstas generan una presión constante, por tanto no existen diferencias apreciables para que se puedan detectarse.

Puede suceder que en determinadas circunstancias que el presostato de baja no se pueda controlar de una manera satisfactoria la temperatura de una instalación. Esto se da cuando, en las zonas más frías, el compresor está instalado a la intemperie, dándose temperaturas de ambiente inferiores a la máxima del refrigerante para la que está regulado. Para ello se hace imprescindible el empleo de termostatos para la regulación de acuerdo con la temperatura interior de la cámara.

La regulación del presostato se realiza de forma mecánica mediante una tuerca reguladora que al atornillarse , oprime el resorte consiguiendo elevar el punto de parada.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

En todos los casos de apertura y cierre de los contactos se efectúa de una manera brusca a través de un dispositivo de palancas y resortes.

En nuestra instalación se ha adoptado la solución de instalar un presostato de alta-baja presión debido a su fácil adaptación del circuito y su semejanza con el sistema de baja presión.

A la hora de la instalación puede ocurrir que halla algún fallo en el accionamiento del presostato por embolsamiento de aceite procedente del compresor en la tacita. Por ello se recomienda que el control esté a un nivel más alto que el compresor y que el tubo de conexión sea largo para permitir que el aceite, que se bombea con el refrigerante tenga manera de retornar.

22.4.- Control de Estanqueidad

El control de estanqueidad es una operación indispensable que debe efectuarse durante la puesta en servicio o mantenimiento y esta sujeto al reglamento sobre recipientes a presión. Permite evitar :

- las fugas de fluido frigorígeno
- las entradas de aire húmedo

Procedimiento de detección de fugas, en los cuales se verán los varios procedimientos para controlar la estanqueidad de circuito frigorífico.

- La observación de la coloración de una llama producida por una lámpara halógena detectora . La llama (color azul) cambia hacia el verde cuando el fluido frigorígeno se halla en contacto con una pastilla de cobre puesta al rojo. Este sistema requiere que la instalación se halle bajo presión de un fluido clorofluorado.
- La formación de burbujas producidas por la pulverización de un líquido espumoso sobre el circuito. Éste debe hallarse bajo presión.
- La emisión de una señal sonora y luminosa elaborada por un detector electrónico. La instalación debe hallarse bajo presión.
- La visualización por fluorescencia: procedimiento “ spectroline”.

El método “ spectroline “ para la detección de fugas de refrigerantes se basa en la utilización combinada de una lámpara emisora UV anexa a un trazador inserto en el circuito frigorífico a controlar. La posible fuga se observa por fluorescencia, al escaparse el trazador mezclado con el fluido. Los rayos ultravioletas revelan su presencia. Este método puede utilizarse en todos los circuitos frigoríficos o de aire acondicionado que trabajan con fluidos frigorígenos clorofluorados, así como también con los sustitutivos de la nueva generación R- 404a.

Características generales:

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- Localización precisa de una anomalía gracias a la extrema sensibilidad del procedimiento
- Insensibilidad a los ambientes polucionados (humos, disolventes, espumas)
- Visibilidad tanto en la penumbra como a la luz del día
- Inocuidad del líquido trazador sobre los componentes del circuito.
- Compatibilidad con todos los lubricantes (minerales o sintéticos)
- El método está aprobado por los siguientes organismos: ASHRAE, ANSI, ASTM, y UL .
- Protección del entorno.

El aparato está formado por una fuente emisora UV (potencia 100 vatios) y un elemento de transmisión dosificador del trazador en el circuito.

22.4.- Identificación de los Circuitos de Fluidos

A fin de facilitar la identificación de los circuitos de fluidos en las instalaciones industriales en general y, en los circuitos de instalaciones frigoríficas en particular, es recomendable que todas las tuberías de la instalación están por medio de colores convencionales.

Estos colores se definen en la norma francesa NF X 08-100; son de orden general e interesan a todos los fluidos que circulan en las tuberías, cualquiera que sean las instalaciones a que conciernen.

Al utilizar los elementos que se precisan en estas normas, se pueden identificar, no solamente la naturaleza del líquido que circula por una tubería, sino también su estado físico.

PRINCIPIO DE IDENTIFICACIÓN

Los fluidos utilizados industriales están agrupados en “ familias “ y cada familia se identifica por un color de fondo con el que se pinta parte o totalidad de las tuberías correspondiente. En cada familia, cada fluido, el estado físico en que se encuentra, se identifican por medio de anillos coloreados. Se recomienda indicar el sentido circulación del fluido.

Colores convencionales:

- Colores de fondo:
 - Fluidos frigorígenos : ocre amarillo
 - Aire: azul claro
 - Aceite: marrón oscuro
 - Agua: verde
- Colores de identificación

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- Fluidos frigorigenos halogenados: verde oscuro
- Aceite : amarillo

Notas:

1.- El color marrón oscuro engloba todos los aceites, minerales, vegetales o animales, así como también los combustibles líquidos; el anillo amarillo indica que se trata de un aceite destinado a la lubricación.

2.- Se recomienda indicar bajo forma de símbolo o de número, la naturaleza del fluido frigorigeno utilizado.

3.- Indicar por medio de un número de referencia la naturaleza del líquido portador de frío. Este número puede escogerse arbitrariamente y puede variar de una instalación a otra, pero es evidente que los mismos números de identificación deben afectar siempre a los mismos fluidos enfriadores.

Colores indicativos del estado:

- Fluidos frigorigenos:
 - Líquido a alta presión : rojo
 - Líquido a baja presión : violeta
 - Gas a alta presión : naranja
 - Gas a baja presión: azul claro

Forma de emplear los colores:

En empleo de los colores convencionales se hará de la forma indicada a continuación:

Colores de fondo:

Se emplearán a todo lo largo de la tubería o en forma de bandas rectangulares iguales o superiores a sus diámetros.

Colores de identificación:

Anillos de longitud igual o superior a dos diámetros

Colores indicativos del estado:

Anillos de longitud igual o inferior a medio diámetro
Sentido de circulación del fluido

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Se recomienda que el sentido de circulación del fluido sobre del fluido figure sobre la tubería a fin de intervenir rápidamente en los grifos o válvulas de paso, en caso de urgencia. El sentido circulatorio se indica , en este caso , de la siguiente forma:

- Sobre un color de fondo continuo: Pintar del color de fondo una flecha dirigida en el sentido deseado, en color blanco o negro, a fin de obtener la mejor visión posible en contraste con el color de fondo.
- Sobre un color de fondo discontinuo: Cada banda de color que materializa el color de fondo terminará en punta de flecha en el extremo correspondiente al sentido de circulación del fluido.
- Doble sentido de circulación : en el caso de que exista un doble sentido de circulación, se pintará encima del color de fondo una doble flecha , o bien cada banda de color terminará en sus dos extremos con una punta de flecha.

23.- Circulación del aire

La circulación del aire por el interior de la cámara a enfriar, tienen una gran importancia porque es el vehiculo de transmisión del frío entre los equipos de refrigeración y el producto a refrigerar. La circulación de este debe ser regular y homogénea para garantizar la distribución correcta del frío por toda la superficie de las cámaras.

La circulación de aire se consigue con los propios ventiladores de los evaporadores. Cada evaporador tendrá un número determinado de ventiladores con un diámetro adecuado para asegurar que el aire impulsado llegue a todas las partes de la cámara. El numero y diámetros de los ventiladores del evaporador se verán en la memoria de cálculo, ya que cada evaporador será diferente según el lugar de ubicación.

Al ser cámaras de pequeño o medio tamaño el evaporador estará colocado en la parte central de la cámara, y la carga a enfriar estarán colocadas en los laterales o paredes laterales de la cámara, creando un pasillo por el cual circulará el aire, para garantizar la homogeneidad del enfriamiento.

Esta homogenización se verá favorecida por:

- Una buena disposición de almacenado, que evite pasos preferentes de aire y puntos calientes.
- Una velocidad adecuada del aire, como resultado de una buena elección de los ventiladores a instalar.

Cuando el tiempo de parada de la planta se prolongue , se retardará también de poner en marcha los ventiladores.

En general, se procurará que la relación entre el volumen de aire impulsado por los ventiladores por hora y el volumen de la cámara sea del orden de 20.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

24.- Lubricante

Los aceites tienen tres funciones esenciales:

- Lubricar las piezas mecánicas en movimiento para disminuir el efecto de los rozamientos (cojinetes, segmentos, válvulas).
- Conseguir la estanqueidad estática y dinámica
- Asegurar el enfriamiento (en particular en los compresores de tornillo)

Sus características fundamentales son las siguientes:

- Punto de fluidez y punto de oscurecimiento
- Punto de floculación
- Grado de sequedad del aceite
- Viscosidad
- Resistencia a la alteración (estabilidad)
- Punto de inflamación y punto de combustión
- Índice de acidez
- Masa volumétrica

En la elección del aceite se debe tener en cuenta una serie de propiedades particulares, teniendo en cuenta siempre que el aceite perfecto no existe:

- 1.- Bajo punto de fluidez (inferior a la temperatura más baja que exista en el circuito).
- 2.- Acidez mineral nula, ya que está es la responsable de la destrucción del bobinado)
- 3.- Contenido de agua nulo
- 4.- No debe ser higroscópico
- 5.- Viscosidad apreciable a alta temperatura
- 6.- Contenido de parafina lo más bajo posible
- 7.- Punto de inflamación superior a 140 °C
- 8.- Punto de combustión alrededor de 200 °C

Hace falta , que el aceite pueda realizar con seguridad su papel de lubricante tanto a bajas temperaturas (aspiración) como a temperaturas elevadas (descarga) que no aporten humedad que sea neutro y que no absorba fortuitamente humedad, que no produzca sedimentos a bajas temperaturas ni que exista el peligro de inflamación en el caso de alcanzar temperaturas elevadas de descarga.

Además para el buen rendimiento del lubricante, es importante que en su elección se tengan en cuenta otros elementos , como son:

- Tipo de compresor (semihérmético)
- La naturaleza del fluido frigorígeno (clorofluorado)
- Las condiciones de funcionamiento (temperaturas de evaporación , de condensación, de descarga)

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El aceite elegido para la instalación para nuestra instalación, será del tipo aceite sintético del tipo polialquileno-glicol (PAG). Se trata de un aceite nuevo que ofrece una miscibilidad con el refrigerante utilizado (R-404a) perfecta, aunque presenta un alto comportamiento hidrosκόpico.

24.1.- Análisis del aceite

Un análisis periódico del aceite nos permite determinar el estado general de una instalación y asegurar el mantenimiento preciso y preventivo del mismo. Los aspectos importantes con el fin de asegurar un funcionamiento correcto y prolongado de la maquinaria, ya que sería de extrema gravedad una parada obligada de los compresores debido a problemas mecánicos de los mismos, son:

a) Procedimiento

Debe tomarse una muestra de aceite caliente después del funcionamiento en un recipiente concebido para efectuar su análisis. Es necesario identificar a continuación la muestra en cuestión (fecha, identificación de la instalación, referencias del compresor, tipo de aceite, etc.). Esta muestra se enviará a un laboratorio de análisis.

A fin de disponer de un seguimiento de la instalación debe hacerse análisis periódicos y regularse (2 por año, como mínimo).

b) Elementos analizados

- La presencia de humedad: ésta favorece la formación de ácidos, el fenómeno de hidrólisis y la formación de espumas. Valor máximo alrededor de 25 ppm.
- La viscosidad: ésta permite la detección de oxidaciones, de mezcla y de posibles contaminantes.
- La acidez: permite seguir la evolución de las cualidades del aceite. Esta acidez es, en general, la consecuencia de sobrecalentamiento del aceite, oxidación y descomposiciones del fluido frigorígeno.
- La rigidez dieléctrica: es una información importante para los compresores herméticos y los semiherméticos.
- La presencia de los elementos metálicos: la interpretación de esta prueba nos conduce a los siguientes puntos:
 - o Desgaste de piezas
 - o Determinación de aditivos al aceites
 - o La presencia de contaminantes

c) Resultados

Los resultados del análisis conducen a:

- Las propiedades físicas
- Los elementos de desgaste
- Los aditivos del aceite

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

d) Ventajas

Las diferentes ventajas de los estos controles son:

- Permite vigilar el nivel de desgaste de los componentes.
- Optimiza la vida del compresor y del aceite.
- Determina el nivel de contaminación del circuito frigorífico
- Reduce el riesgo de averías
- Permite recomendar el tipo de mantenimiento
- Disminuye los costes de las reparaciones y el servicio

Pruebas	Dictamen		
	Bueno	Aceptable	Defectuoso
Aspecto : Coloración Olor Impurezas	<input type="checkbox"/> claro <input type="checkbox"/> sin olor <input type="checkbox"/> sin partículas	<input type="checkbox"/> oscuro <input type="checkbox"/> algunas partículas	<input type="checkbox"/> turbio <input type="checkbox"/> con olor <input type="checkbox"/> numerosas partículas
Contenido de agua	<input type="checkbox"/> débil	<input type="checkbox"/> mediano	<input type="checkbox"/> alto
índice de acidez	<input type="checkbox"/> nulo	<input type="checkbox"/> débil	<input type="checkbox"/> alto
Viscosidad	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> limitada	<input type="checkbox"/> débil
Rigidez	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> limitada	<input type="checkbox"/> débil
Aditivos	<input type="checkbox"/> normales	<input type="checkbox"/> limitados	<input type="checkbox"/> débiles
Elementos de desgaste	<input type="checkbox"/> nulos	<input type="checkbox"/> débiles	<input type="checkbox"/> altos

Las recomendaciones que se hacen para cualquier instalación es:

- Cambiar el aceite (vaciado y limpieza del cárter, separador y filtro de aceite)
- Cambiar el deshidratador
- Cambiar el filtro
- Limpiar la instalación
- Deshidratación de la instalación
- Verificar el desgaste del compresor
- Verificar las condiciones de funcionamiento.

25.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA ELEGIDO

La principal ventaja del sistema elegido es su simplicidad que contrasta con la eficiencia del equipo instalado, ya que el uso del unidades condensadores implica que el condensador y el compresor están integrado en el mismo equipo y por tanto la longitud de la tubería de liquido es pequeño y la perdidas de cargas también. Además de no necesitar controles para medir la presión interna, separadores, etc.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Otra ventaja es la fácil colocación de estos dispositivos, teniendo tan solo que instalar el Evaporador en las cámaras correspondiente, ahorrando tiempo y dinero en la instalación.

La Desventaja es que este tipo de instalaciones no están indicadas para grandes cámaras, debido a que su producción frigorífica está bastante limitada, aunque en nuestro caso sí están indicadas.

26.- CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

Para su cálculo hay que hallar el coeficiente espacial del local, K, para que, y con ayuda de la tabla, obtengamos el factor de mantenimiento y coeficiente de utilización:

$$K = (0,2 \cdot L + 0,8 \cdot A) / H$$

Siendo:

H la altura de la nave, en metros

A la anchura de la nave, en metros

L la longitud de la nave, en metros

Tabla para el cálculo de coeficiente de utilización y factor de mantenimiento

Reparto Luminoso	Factor de mantenimiento	Techo %	70			50			30	
		Paredes %	50	30	10	50	30	10	30	10
		K	Coef. η (%)			Coef. η (%)			Coef. η (%)	
Directo	<u>Abiertos</u>	1	46	43	41	46	43	41	43	41
	Bueno 75	1.2	54	51	49	53	51	48	50	48
	Medio 70	1.5	59	56	53	58	55	53	55	53
	Malo 65	2	63	60	57	62	59	57	59	57
		2.5	65	63	60	65	62	60	62	60
		3	69	67	65	68	66	64	65	64
	<u>Cerrados</u>	4	71	69	67	70	68	67	68	66
		6	73	71	69	72	70	68	69	68
	Bueno 80	8	75	73	71	73	72	71	71	70
	Medio 77	10	76	75	73	75	73	72	72	71
	Malo 73									

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

El siguiente paso es elegir el nivel de iluminación exigido para nuestro local, para ello nos ayudamos de la tabla siguiente, que depende de la labor desarrollada en la cámara, que en nuestro caso es almacén de productos.

ALUMBRADO DE INTERIORES		
Clase de trabajo	Niveles de iluminación, en lux	
	Bueno	Muy bueno
1.- Oficinas:		
Salas de dibujo.....	750	1.500
Locales de oficina(mecanografía).....	400	800
Lugares de trabajo discontinuo (pasillo)...	75	150
2.- Escuelas		
Aulas	250	500
Laboratorios	300	600
Salas de dibujo	400	800
Talleres	250	500
3.- Industrias		
Gran precisión (relojerías, grabados,etc)...	2.500	5.000
Precisión (ajuste, pulido,etc)	1.000	2.000
Ordinaria (taladros, torneados).....	400	800
Basto (forja, laminados, etc.)	150	380
Muy basto (almacenaje, embalaje, ect)...	80	150
4.- Comercios		
Grandes espacios de venta	500	1.000
Espacios normales de venta	250	500
Escaparates grandes	1.000	2.000
Escaparates pequeños	500	1.000

Por último, hallaremos el número de lúmenes totales para nuestro local, para dividirlo por los lúmenes que nos proporciona cada luminaria elegida para tal fin, y que nos la proporciona el fabricante.

$$\Phi = (E \cdot L \cdot A) / (f_m \cdot \eta)$$

Siendo:

- E el nivel iluminación, en lux
- L la longitud de la nave, en metros

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

- A el ancho de la nave, en metros
- f_m el factor de mantenimiento, en %
- η el factor de utilización , en %

$$\text{Nº de luminarias} = \eta_{\text{total}} / \eta_{\text{luminaria}}$$

29.- INSTALACIÓN ELECTRICA

Cuadro eléctrico.- El cuadro eléctrico formado por un armario en chapa de acero con puertas frontales debidamente aislado y protegido. En él irán centralizada todas las instalaciones, ubicándose en su interior los siguientes elementos:

- Interruptor general
- Réles diferenciales por cada servicio por compresor y servicios
- Interruptores paro-marcha por compresor y servicios
- Contactores guardamotores con regulación térmica por cada motor
- Reloj temporizadores para desescarche
- Lámparas de señalización
- Regletas de conexiones
- Autómata programable, par control de marcha de compresor

Todos los elementos indicados irán debidamente cableados con la sección correspondiente a la potencia de cada motor. Por el interior del armario, los cables discurrirán por conducciones plásticas del tipo canaleta, en su parte inferior se situará la regleta de conexiones numeradas, para todos los motores y automatismo tales como preostato, válvulas solenoide, etc.

En las puertas frontales se situarán los interruptores paro-marcha de cada servicio, así como los indicadores luminosos de funcionamiento (verde), disparo térmico y presión de alta (rojo) y desescarche (ámbar).

Líneas eléctricas.- Las líneas eléctricas se montarán sobre canaletas de chapa y tubo flexible. Los emplazamientos de las cajas de registro se afectarán de manera que sea facilitada la retirada y sustitución de los conductores después de colocada, sin que pueda perjudicar en aislamiento o reducir su sección.

Las instalación de hará de forma que no se crucen con la instalación de agua.

Todos los motores y elementos eléctricos llevarán toma de tierra que se conectarán a una red , para ello, las cajas de registro serán de chapa plastificada.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

Todas las secciones de los conductores se han establecido de acuerdo con las normas dictadas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión , estando todos los conductores sometidos a una densidad de corriente por debajo de los límites establecidos, siendo la caída de tensión de las líneas interiores inferior al 3 % en el caso del alumbrado y del 5 % en los usos restantes.

Para los cálculos eléctricos emplearemos las siguientes fórmulas:

SISTEMA TRIFÁSICO

$$I = Pc / 1,732 \times U \times \cos \varphi \times R \quad \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times Pc / K \times U \times n \times S \times R) + (L + Pc \times Xu \times \sin \varphi / 1000 \times U \times R \times \cos \varphi)$$

voltios (V)

SISTEMA MONFÁSICO

$$I = Pc / U \times \cos \varphi \times R \quad \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times Pc / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times Pc \times Xu \times \sin \varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos \varphi)$$

Voltios (V)

En donde:

Pc = Potencia de Cálculo en Vatios (W).

L = Longitud de Cálculo en metros (m)

e = La caída de tensión en Voltios (v)

K = Conductividad . cobre o aluminio

I = intensidad en Amperios (A)

U = Tensión de servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica)

S = Sección del conductor en mm²

Cos φ = Coseno de φ . Factor de potencia

R = Rendimiento (para las líneas de motor)

n = N° de conductores por fase

Xu = Reactancia por unidad de longitud en mΩ / m

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

FORMULAS CORTOCIRCUITOS

$$I_{pccI} = C_t U / 3 Z_t$$

Siendo:

I_{pccI} .- intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

C_t .- Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

U .- Tensión trifásica en V, obtenida de condiciones generales de proyectos

Z_t .- Impedancia total en ohmm , aguas arribas del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio

$$I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo:

I_{pccF} .- Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t .- Coeficiente de tensión obtenido de condiciones generales de c.c.

U_F .- Tensión monofásica en V, obtenida de condiciones generales de proyecto

Z_t .- Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo:

R_t .- $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t .- $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c)

$$R = L \cdot 1000 \cdot Cr / K \cdot S \cdot n \quad (\text{ mohm})$$

$$R = X_u \cdot L / n \quad (\text{ mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm

X: Reactancia de la línea en mohm

L: Longitud de la línea en m

Cr: Coeficiente de resistividad, extraído de condiciones generales de c.c.

K : Conductividad del metal ; $K_{Cu} = 56$; $K_{Al} = 35$

S : Sección de la línea en mm^2

X_u : Reactancia de la línea , en mohm , por metro

n: nº de conductores por fase.

INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS

Memoria descriptiva

$$t_{mcicc} = C_c \cdot S^2 / I_{pcc} F^2$$

Siendo:

t_{mcicc} .- Tiempo máximo en seg que un conductor soporta una I_{pcc}

C_c .- Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento

S .- Sección de la línea en mm^2

$I_{pcc} F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A

$$t_{ficc} = cte.fusible / I_{pcc} F^2$$

t_{ficc} .- El tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito

$I_{pcc} F$.- Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = 0,8 U_F / 2 \cdot I_{F5} \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}$$

Siendo :

L_{max} .- Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (para protección por fusibles)

U_F .- Tensión de fase (V)

K .- Conductividad .- $Cu = 56$, $Al = 35$

S .- Sección del conductor (mm^2)

X_u .- Reactancia por ud. de longitud (mohm/ m). En conductores aislados suele ser 0,08

n .- nº de conductores por fase

I_{F5} .- Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 seg

C_t .- 0,8. Es el coeficiente de tensión de condiciones generales de c.c.

C_r .- 1,5 ; Es el coeficiente de resistencia.

Las curvas de protección para los sistemas eléctricos están basados en las gráficas que se recogen en el Reglamento electrotérmico de baja tensión, las cuales son denominadas de diferentes formas:

CURVA B	IMAG = 5 I_n
CURVA C	IMAG = 19 I_n
CURVA D Y MA	IMAG = 20 I_n

**INSTALACION DE CÁMARAS FRIGORÍFICAS PARA LA CONSERVACIÓN
DE PRODUCTOS CONGELADOS**

Memoria descriptiva

**MEMORIA
DESCRIPTIVA**