

**CUARTOS REFRIGERADOS DE CONGELAMIENTO RÁPIDO Y SU
APLICACIÓN EN PLANTAS MANEJADORAS Y PROCESADORAS DE
CARNE EN GUATEMALA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

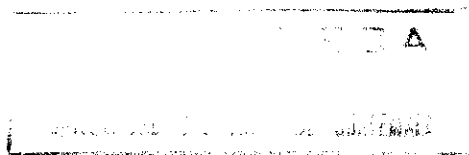
Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Mecánica



CUARTOS REFRIGERADOS DE CONGELAMIENTO RÁPIDO Y SU APLICACIÓN EN PLANTAS MANEJADORAS Y PROCESADORAS DE CARNE EN GUATEMALA

RICARDO ORDÓÑEZ CASTAÑEDA



Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Ingeniero Mecánico

Guatemala
1999

Vo.Bo.:

(f) Manuel E. Ruano
Asesor

Tribunal

(f) Manuel E. Ruano
Ing. Manuel Ruano

(f) José Joaquín Garoz
Ing. José Joaquín Garoz

(f) Ricardo Molina
Ing. Ricardo Molina

Fecha de aprobación: 3 de septiembre de 1999

CONTENIDO

	Pagina
I. INTRODUCCIÓN	1
II. IMPORTANCIA DE UN BLAST FREEZER EN LA CONSERVACION DE LA CARNE	2
III. DIFERENTES TIPOS DE CUARTOS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD	5
A. Blast Freezers	5
B. Cuartos de congelamiento convencionales	6
C. Camiones refrigerados	8
IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE BLAST FREEZERS	9
V. PARTES IMPORTANTES EN EL EQUIPO DE UN BLAST FREEZER	14
A. Condensadores	14
B. Compresores	16
C. Válvulas de expansión	17
D. Evaporadores	18
E. Controles	20
F. Accesorios	23
G. Cortinas de aire y cortinas plásticas	27
VI. GUÍA PARA EL DISEÑO DE UN CUARTO DE CONGELACIÓN RÁPIDA	28
VII. CÁLCULO DEL EQUIPO, CAPACIDADES DE LAS UNIDADES (CARGA TÉRMICA)	31
VIII. AISLAMIENTO DE PAREDES, TECHO Y PISO	39
IX. COLOCACIÓN ADECUADA DE LOS EQUIPOS	45
A. Unidad condensadora	45
B. Evaporadores	46
C. Válvula de expansión	48
X. ELECCIÓN DEL REFRIGERANTE ADECUADO	49
XI. PASOS A SEGUIR EN UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIODICO	54
XII. CONCLUSIONES	64
XIII. BIBLIOGRAFIA	72
XIV. APENDICE	66
a) Apariencias microscópicas de cristales de hielo	
b) Tabla: Calor específico y latente	
c) Diagrama refrigerante R-502	
d) Diagrama temperatura-tiempo para cortes de carne	

I. INTRODUCCION

En la era de la globalización es casi imposible competir con mercados exteriores utilizando métodos antiguos y con procesos lentos. El propósito de este trabajo es dar a conocer cómo el congelamiento rápido puede lograr un producto rápido de excelente calidad y que ayude a la preservación del mismo por más tiempo. Además, por este medio es muy fácil obtener, producto de fácil cocción.

El trabajo incluye una comparación entre los diferentes tipos de cuartos de congelamiento utilizados en la actualidad y el método de congelación rápida. El proceso de congelación rápida puede tardar no más de 10 minutos para obtener trozas de carne congelados y no más de 2 horas para obtener casi una res completa totalmente congelada. Después del congelamiento, el producto final es de muy buena calidad y con la ventaja que puede prolongarle su tiempo de duración sin entrar en el estado de putrefacción o que su consistencia y sabor cambien.

Para el buen funcionamiento de este tipo de cuarto de congelación rápida "Blast Freezer", se comienza con el detalle de cada uno de los pasos necesarios, desde la cimentación del piso, diseño del cuarto, aislamiento de paredes, así como el proceso de mantenimiento periódico para evitar daños mayores en el equipo.

Se revisa de cada una de las partes importantes en el Blast Freezer y en qué forma interactúan con todo el sistema en funcionamiento. Se recomienda el mantenimiento y qué pasos es necesario seguir, así como el tipo de utensilios a usar cuando deba repararse.

Si durante el funcionamiento del Cuarto de Congelación Rápida se presenta algún problema no previsto, se incluye una guía de las causas más frecuentes y por qué motivo suelen darse y la forma de solucionarlos por medio de tablas de mantenimiento.

II. IMPORTANCIA DE UN BLAST FREEZER EN LA CONSERVACION DE LA CARNE.

Actualmente el uso de cuartos de congelamiento rápido viene a ser de vital importancia, no sólo a nivel local sino para poder competir con mercados exteriores. Debido al desarrollo que Guatemala ha tenido en los últimos años, el uso de sistemas convencionales representan un atraso en la competencia local y extranjera, por lo que el uso de sistemas adecuados, como los cuartos de congelamiento rápido, llenan las expectativas de calidad y conservación de la misma. A continuación se detallan los puntos más importantes, tanto en la conservación como en el deterioro de la carne:

La conservación de la carne: Los principales factores que determinan la conservación de la carne fresca, son los siguientes: las condiciones sanitarias observadas durante el beneficio, el ritmo de enfriamiento de la carne caliente, y la temperatura y humedad relativa a que se haya conservado la carne durante el almacenamiento o el transporte.

Las principales causas del deterioro y corrupción de la carne son las siguientes:

- Desarrollo excesivo de microorganismos en la superficie de la carne.
- Decoloración de los tejidos superficiales y las superficies de corte en la carne.
- Rancidez de la grasa.

La rapidez con que aparecen estas diversas formas de descomposición varía considerablemente. Así, por ejemplo, en condiciones desfavorables (higiene deficiente, elevadas temperaturas de las superficies de la carne), la fermentación bacteriana se inicia a las pocas horas, mientras que en la carne enfriada mantenida a temperaturas inferiores a 14°F (-10°C), la putrefacción microbiana se inhibe y a veces pasan varios meses antes de que la grasa empiece a ponerse rancia.

I. INTRODUCCION

En la era de la globalización es casi imposible competir con mercados exteriores utilizando métodos antiguos y con procesos lentos. El propósito de este trabajo es dar a conocer cómo el congelamiento rápido puede lograr un producto rápido de excelente calidad y que ayude a la preservación del mismo por más tiempo. Además, por este medio es muy fácil obtener, producto de fácil cocción.

El trabajo incluye una comparación entre los diferentes tipos de cuartos de congelamiento utilizados en la actualidad y el método de congelación rápida. El proceso de congelación rápido puede tardar no más de 10 minutos para obtener trozas de carne congelados y no más de 2 horas para obtener casi una res completa totalmente congelada. Después del congelamiento, el producto final es de muy buena calidad y con la ventaja que puede prolongarle su tiempo de duración sin entrar en el estado de putrefacción o que su consistencia y sabor cambien.

Para el buen funcionamiento de este tipo de cuarto de congelación rápida "Blast Freezer", se comienza con el detalle de cada uno de los pasos necesarios, desde la cimentación del piso, diseño del cuarto, aislamiento de paredes, así como el proceso de mantenimiento periódico para evitar daños mayores en el equipo.

Se revisa de cada una de las partes importantes en el Blast Freezer y en qué forma interactúan con todo el sistema en funcionamiento. Se recomienda el mantenimiento y qué pasos es necesario seguir, así como el tipo de utensilios a usar cuando deba repararse.

Si durante el funcionamiento del Cuarto de Congelación Rápida se presenta algún problema no previsto, se incluye una guía de las causas más frecuentes y por qué motivo suelen darse y la forma de solucionarlos por medio de tablas de mantenimiento.

Enfriamiento inicial de la carne y el almacenamiento de la carne enfriada: La temperatura de la carne del animal recién matado es de 104°F (40°C) aproximadamente, en las partes más profundas. El principal objetivo del enfriamiento inicial mediante la refrigeración es conseguir con la mayor rapidez posible que la temperatura de la masa carnosa baje hasta un valor de 35.6 a 41°F (2 a 5°C), con el objeto de evitar la putrefacción causada por los microorganismos de la superficie o de los tejidos profundos. La carne enfriada se guarda a una temperatura de 30.2 a 39.2°F (-1 a +4°C), para facilitar su comercialización y transporte. En ciertas circunstancias se utiliza para sazonarla o madurarla, es decir, para permitir que se verifiquen en ella ciertos cambios muy complejos que, entre otras cosas, la hacen más tierna.

Pero este tipo de almacenaje limita demasiado el tiempo de vida así como la manipulación de la misma, debido que a esas temperaturas es muy fácil la aparición de microbios, los cuales son los responsables del deterioro de la carne. Por ejemplo se encuentra la putrefacción microbiana que generalmente se manifiesta por la aparición en la superficie de la carne de una sustancia viscosa o moho blanco o gris, en manchas circulares, que generalmente van acompañadas de malos olores. Si bien se reduce la temperatura de la carne y se deseca parcialmente sus superficies (como sucede en el congelamiento normal del producto), se puede retardar mucho tiempo este tipo de putrefacción, prácticamente se puede inhibir congelándola a temperaturas por debajo de los -4°F (-20°C).

La decoloración de la carne es otra de las causas del daño en la misma, la cual puede verificarse rápidamente cuando hay putrefacción microbiana. Esta se debe básicamente a la desecación excesiva, que da una apariencia de pergamino u oscurecimiento de las partes cortadas. Otra de las causas puede ser por ciertas alteraciones químicas (oxidativas) de la carne, la rancidez, la cual ocurre cuando la carne no ha sido congelada a temperaturas extremadamente bajas o en rápido tiempo sino solo congelada o bien enfriada y ha sido

dejada demasiado tiempo en el área de venta, por lo que su tiempo de vida es bastante limitado.

Congelación rápida: Es aquella que se realiza en 2 horas o menos. En el caso de producción continua de carne, el tiempo requerido es bastante menor. Se ha comprobado que cuando la velocidad de congelación de la carne es muy rápida (por ejemplo, cuando el agua de los tejidos se congela entre 20 y 40 minutos), disminuye considerablemente la pérdida de jugos en la descongelación. Si el tiempo de congelación se disminuye entre 10 y 20 minutos, la pérdida de jugos disminuye en mayor grado; en el caso de la carne procesada es posible disminuir el tiempo de congelación para proveer producto terminado de fácil cocción. Dependiendo de la forma como se emplea en la carne, las temperaturas pueden ser tan bajas como -20 a -60°F (-29 a -51°C). El comercio de cortes de carne sometidos a congelación rápida requiere equipo frigorífico especial para su producción, almacenamiento, transporte y distribución. Si se satisfacen todas estas condiciones se podrá alcanzar una mejor calidad de carne.

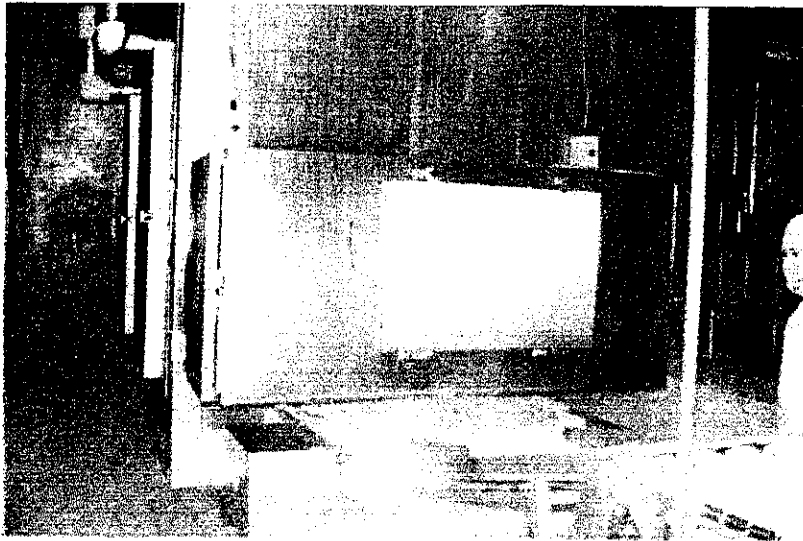
III. DIFERENTES TIPOS DE CUARTOS FRIOS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD

Aquí se mencionará de los diferentes tipos de cuartos que actualmente se utilizan y la forma en que se relacionan con el uso de Blast Freezers.

A. BLAST FREEZERS:

Entre los cuartos de congelamiento rápido cabe mencionar los túneles de congelación, que tienen, dependiendo la aplicación, entre 3 y 10 metros (10 a 50 pies) de longitud, equipados con una banda transportadora de acero inoxidable.

Los productos a congelar se pasan por el túnel por un lapso de 3 a 25 minutos. La velocidad de la banda es variable y la transferencia de calor se realiza por la circulación de aire a alta velocidad en varios puntos del túnel, transversal a la banda.



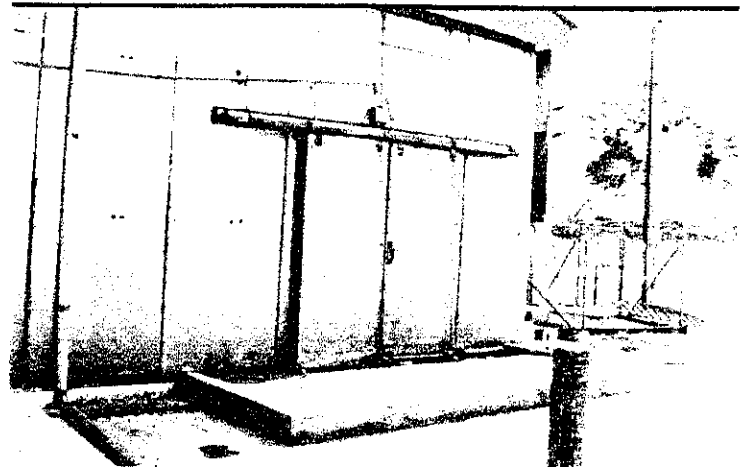
Cuando el congelamiento rápido no es un túnel, sino es un cuarto más grande, el producto a congelar es de mayor tamaño, por lo que todo el equipo, aislamiento, y dimensiones son de

mayor tamaño, es decir, el tamaño del producto rige en cierta forma el tamaño del cuarto de congelación. En ese caso, se necesita equipo especial para ingresar a ellos debido a las bajas temperaturas que se alcanzan. Por lo regular, estos cuartos llevan unos rieles para colgar el producto y que éste entre y salga sin la necesidad de ingresar a ellos, como es

el caso de congelamiento de reses, las cuales se colocan en ganchos sobre rieles, que permanecen allí por el tiempo establecido para el congelamiento rápido de la res y luego son llevados a cuartos convencionales o bien trasladados a furgones refrigerados para ser transportados a otros lugares.

B. CUARTOS DE CONGELAMIENTO CONVENCIONALES:

Este tipo de cuartos refrigerados son los más utilizados en todas partes, pues tienen grandes aplicaciones, no sólo a nivel alimenticio sino en otras áreas industriales. En el caso de los productos alimenticios pueden servir para mantener el producto fresco, como verduras, frutas y carnes no congeladas y también para congelar algunos productos. Este tipo de cuarto de congelamiento era el utilizado para el proceso de la carne, y servía para evitar que la carne se dañara rápidamente en el caso de no estar congelada, pero se pudo comprobar que su beneficio siempre se limitaba por el hecho de que el producto final solía deteriorarse por exceso de deshidratación o bien crecimiento de bacterias por el tiempo del proceso. Actualmente son muy necesarios junto con los cuartos de congelamiento rápido, ya que al congelar la carne en cuestión



de minutos, la carne es transportada del cuarto de congelamiento rápido a uno de congelación convencional, para mantener el producto ya congelado en sus condiciones necesarias y evitar que se pierdan las ventajas obtenidas en el uso de los Blast Freezers.

En el caso de mantenimiento de carne congelada egresada del cuarto de congelamiento rápido, la temperatura debe mantenerse alrededor de los -4°F (-20°C) y el cuarto debe tener

casi las mismas características de un cuarto de congelación rápida, como el aislamiento de paredes, techo, piso y puertas, capacidades térmicas, equipo, el cual puede ser de menor capacidad, dependiendo de las dimensiones del cuarto, ya que no se necesita una extracción de calor grande. Además el aire emitido por los ventiladores del evaporador o evaporadores no sea de alta velocidad, ya que lo único que se trata de lograr es mantener el producto (carne) a una temperatura constante y que no se dañe.

CAMIONES REFRIGERADOS: Estos son usados actualmente para transportar enormes cantidades de producto perecedero, como la carne, para lo cual existen dos tipos principales de furgones. El primero es llamado contenedor de mantenimiento, que se mantiene a temperaturas entre 35 y 40°F (2 y 5°C), y sirve para el transporte de verduras, frutas, lácteos y un tipo de carne lista para cocinar. El otro tipo de contenedor es el llamado de baja temperatura, que se mantiene entre los 0°F (-18°C) y es usado para el transporte de hielo, helados y carne congelada, ya que evita que sufra algún daño por los cambios de temperatura debido al transporte. Este tipo de camiones debe ser bien aislado de una forma liviana, asegurándose que la constante vibración y el manejo del producto y transporte en carreteras no dañe o raje las paredes del aislamiento. El espacio de carga está determinado por el espesor y tipo de aislamiento utilizadas en las paredes de estos y por las profundidades de los estantes para colocar los trozos de carne.

Los contenedores son bastante utilizados para el transporte de carne congelada, ya que ayudan a mantener la temperatura requerida por dicho producto sin afectar sus propiedades. Pueden ser utilizados para el transporte de carga de un lugar a otro o bien de un país a otro en el caso de ser llevados por barco, para competir con mercados extranjeros y evitar que si en caso el barco posea un compartimento de baja temperatura, no sufra los cambios de temperatura de estar sacando y metiendo el producto, debido a la carga y descarga.

IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BLAST FREEZERS

El uso de los cuartos de congelamiento rápido se ha incrementado sobremanera en diferentes áreas a nivel industria, como laboratorios farmacéuticos, manejo de elementos químicos y para el manejo y proceso de carne. Existen ventajas y desventajas en el uso de este tipo de sistemas, a continuación hablaremos acerca de las diferencias básicas: entre las principales desventajas se encuentra el factor económico que es el principal y abarca la mayoría de puntos en contra. Este no es un problema a largo plazo, pues el punto crítico es el gasto inicial, el cual se compensa con la rapidez y calidad del producto final.

Se hará una comparación entre la congelación con un sistema convencional y otro con un sistema más moderno, rápido y eficiente:

Congelamiento rápido vrs. Congelamiento lento:

Los estados que afectan el tiempo de enfriamiento pueden ser agrupados dentro de dos clases: factores internos que dependen de la naturaleza de la sustancia enfriada, y los factores externos que dependen de las propiedades del medio externo. El primero incluye conductividad térmica, calor específico, calor latente, superficie específica y naturaleza de la superficie del cuerpo enfriado. La última incluye la temperatura, conductividad, calor específico, densidad y grado de agitación del medio externo.

A cualquier temperatura de congelación dada, existe un gran número de factores que afectan el rango de congelación de la carne. Esto es incrementado por: (1) el uso de métodos, que afectan la transferencia de calor, (2) el uso de materiales de empaque, que posean bajo valor de aislamiento, (3) la prevención de bolsas de aire dentro del empaque, y (4) reducir el tamaño y espesor de los cortes.

Según algunos investigadores, la carne es congelada rápidamente si es enfriada a través de un rango de temperaturas entre 41 y 23 °F (5 y -5°C) en media hora o menos.

Otros investigadores establecen que la carne puede ser congelada rápidamente si es enfriada a través de un rango de temperaturas entre 31 y 25 °F (-6 y -4 °C) en 25 minutos y describen este rango de temperaturas como una zona de máxima formación de cristales de hielo. El tamaño y localización de los cristales de hielo en la carne congelada dependen del grado al cual la temperatura de la carne es descendida justo arriba del punto de congelación (29.5 a 30 °F (-1.4 a -1.1°C) para la carne roja), a una temperatura aproximada de 25 °F(-3.9°C).

El diseño de los cristales de hielo se decide por el grado al cual es enfriada a 25°F (-3.9°C); Sin embargo, la temperatura de la carne debe ser reducida a 0°F (-18°C) o menos para obtener resultados satisfactorios. Si la temperatura de la carne se hace descender rápidamente en la zona 31 a 25°F (-0.6 a -3.9°C), los cristales de hielo serán muy pequeños que si la temperatura es descendida lentamente.

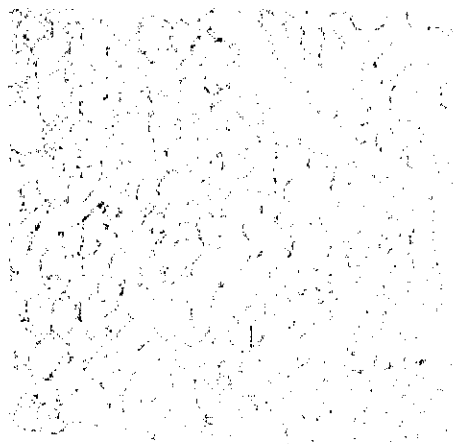


Fig. 2. Microscopic appearance of Ice Crystals in Steak Frozen at -33°F Air Flow 1400 fpm.

La figura 2 muestra que cuando los filetes de carne son congelados a -33°F (-36°C) con un aire de descenso rápido de 1400 pies por minuto, la temperatura desciende hacia la zona de máxima formación de cristales en 10 minutos. Cuando los filetes de carne de similar tamaño son congelados en aire de movimiento lento a -25, -10, 0, +10, y +20°F (-23.4, -18, -12, -6.7°C), el tiempo requerido para la

temperatura en descender a esta zona se incrementa progresivamente a 7 horas.

La relación entre la localización y el tamaño de los cristales de hielo y la temperatura de congelamiento, se muestra en las **figuras 3, 4, 5, 6 y 7** en el **Apéndice**.

Esto será observado cuando los filetes son congelados a -30°F (-35°C), sucede congelamiento entre las fibras. El agua es congelada dentro de las fibras como simples columnas de hielo (**Fig. 3**), las fibras del protoplasma son localizadas al margen de las columnas de hielo. Cuando los filetes son congelados a -10°F (-23.4°C), (**Fig. 4**), el fluido del tejido que congela a esta temperatura es congelado externamente hacia las fibras, las cuales pueden ser congelamiento extrafibrilares al término. Cuando los filetes de carne son congelados a $+20^{\circ}\text{F}$ (-6.7°C), (**Fig. 5**), la formación de hielo se localiza afuera de las fibras y son menores y largas que esas ocurridas en el tejido muscular congelado a -10°F (-23.4°C). El conjunto de fibras es forzado a formaciones en cadena, que serán de características de congelamiento lento de carne.

Además, el efecto que el grado de congelamiento tiene sobre el tamaño de los cristales de hielo, así como la longitud de tiempo entre la matanza y el congelamiento, es importante. Las figuras 5,6 y 7 muestran una apariencia microscópica de los cristales de hielo en la carne congelada a -30°F (-35°C) a $\frac{1}{4}$, 1, y 35 días después de la matanza respectiva.

Los cristales de hielo son progresivamente más largos, así como el tiempo entre la matanza y el congelamiento se incrementa. Este fenómeno es atribuido a los cambios físico-químico, los cuales suceden en los músculos durante y después de la rigidez cadavérica.

Es prácticamente imposible obtener un grado uniforme de congelamiento rápido si la unidad o pieza de carne es grande. Esto se ilustra en la **figura 8**. Cuando una pieza de carne fue congelada a -32°F (-35.6°C) en un cuarto de congelamiento rápido a 1400 pies por minuto, la temperatura del tejido muscular a $\frac{1}{2}$ pulgada desde la superficie baja desde 34 a 25°F (1.1 a -3.9°C) en media hora. En el centro de la pieza de carne son necesarias 8 horas para que la temperatura baje al mismo rango.

El congelamiento rápido del tejido superficial es color rojo claro, mucha de la luz se ve reflejada por pequeñas fibras de cristales de hielo. El congelamiento lento en el centro de la pieza se ve de color rojo oscuro, mucha de la luz se ve absorbida por largos cristales de

hielo. Como indicación a este dato, hay un rango de congelamiento de la carne magra, que se aproxima a carne magra no congelada.

Investigadores midieron la cantidad de hielo presente en los músculos de la carne de res, cordero y cerdo cuando fueron congelados a diferentes temperaturas en el punto de equilibrio. En los resultados se observa que para los tres tipos de carne se obtuvo resultados similares.

Es posible observar cómo el tiempo y temperatura de trabajo pueden dar un resultado positivo en la calidad, duración y rapidez del producto final. La desventaja principal consiste en el factor económico, el cual se basa en que para fabricar un cuarto de congelamiento rápido es necesario incluir muchos factores que en los cuartos convencionales no son necesarios, como cortinas plásticas y de aire para evitar en lo posible la entrada de corrientes de aire caliente. El gasto más fuerte lo representa el equipo, el cual, para obtener esas temperaturas, necesita un equipo de mayor capacidad de absorción de calor, principiando por la unidad condensadora que en algunos casos es necesario utilizar ambos sistemas de enfriamiento como el de aire y el de agua (torre de enfriamiento).

En el caso de los evaporadores, es necesario utilizar capacidades enormes y a su vez que los motores ventiladores sean de alta capacidad y puedan estar ubicados de una manera, donde la corriente de aire sea bien distribuida, lo que representa un problema de espacio. En un cuarto de congelación convencional se utiliza un sistema de ventilación natural, que permite la colocación de los evaporadores con un poco de flexibilidad.

La carne procesada o bien carne de pollo de fácil cocción, es necesaria la utilización de un túnel de congelamiento rápido, para obtener los mismos resultados que un cuarto de congelamiento rápido de mayores dimensiones, el cual es necesario ubicarlo en el interior de un cuarto de refrigeración convencional, que representa un gasto doble, pero al final se obtiene el mismo resultado positivo que en el uso de cuartos convencionales.

Aunque en general se ha acelerado mucho la velocidad de congelación, las características de la carne de descongelación son casi siempre las mismas, independientemente del método que se emplee. Por ejemplo, las medias canales o los cuartos de vacuno congelados, sea por los métodos más antiguos (y lentos) o por los más recientes (y rápidos), son particularmente susceptibles al escurrimiento de pérdida de los jugos musculares. El problema es menos importante cuando se trata de las canales para cerdos, carneros y corderos y, por regla general, estas carnes tienen, congeladas, una mayor aceptación comercial que la carne congelada de bovino. Todos estos problemas se han reducido con el uso de este tipo de cuartos de congelación.

V. PARTES IMPORTANTES EN EL EQUIPO DE UN "BLAST FREEZER"

- **UNIDADES CONDENSADORAS**

- **Condensadores:** El condensador en un sistema de refrigeración convierte a líquido el gas enviado por el compresor, removiendo el calor de compresión y el calor latente de vaporización para dar una fuente continua de refrigerante líquido para la expansión en el evaporador. Los condensadores son de tres tipos generales: (1)Enfriados por aire
(2)Enfriados por agua
(3)Evaporativos

1. **Enfriados por aire:** Este tipo de condensador es adecuado para aplicaciones pequeñas, ya que regularmente viene montado sobre un chasis e incluye el compresor, el motor ventilador, accesorios de control, lo que forma una "unidad condensadora" enfriada por aire. La ventaja principal es su fácil instalación, ocupa poco espacio y es de fácil manejo. Las principales desventajas es que son susceptibles a ensuciarse, por causa de la succión de aire a través del condensador, que provoca se reduzca la disipación de calor que lleva el refrigerante hacia la atmósfera. La desventaja mayor para las unidades de congelamiento rápido es su indisponibilidad en capacidades grandes, básicamente debido al tamaño del condensador, que se limita a las dimensiones del chasis, lo que hace que muy raras veces se encuentren en capacidad mayores a las 3 toneladas de refrigeración.

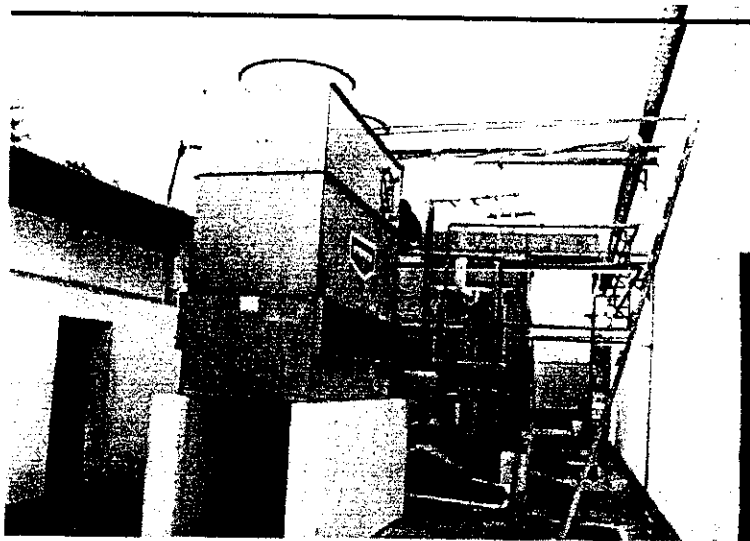
2. **Enfriados por agua:** Los condensadores enfriados por agua son de tres tipos básicos: (1) doble tubo, (2) concha y tubo, y (3) cubierta y tubo. En los sistemas que emplean condensadores enfriados por agua, el agua que abandona el condensador se lleva por medio de tubos a una torre de enfriamiento en donde se reduce su temperatura a la de la entrada, para luego circular nuevamente hacia el condensador.

Estos son los más usados a nivel industrial y aunque su costo es mucho más elevado que los enfriados por aire, se justifica por medio de la eficiencia que se obtiene y porque es posible encontrarlos en capacidades mayores a 5 toneladas. En el caso del uso de amoníaco como refrigerante, este tipo de condensador es el que mejor se adapta por su alto grado de transferencia de calor, lo que ayuda a mejorar la extracción de calor en el interior del cuarto.

3. Evaporativos: Este tipo de condensadores combina en una pieza las funciones de un condensador y una torre de enfriamiento. El agua es esparcida a través de los tubos del condensador, para condensar el gas refrigerante y por medio de la absorción de calor del agua, el refrigerante expulsa calor al exterior. No son muy utilizados en la actualidad para equipos de refrigeración grandes, su operación es básicamente para interiores y no es posible encontrarlos en capacidad mayores a las 2 toneladas.

4. Torre de enfriamiento: Son esencialmente dispositivos de conservación o recuperación de agua. El agua caliente del condensador se bombea a la parte superior de la zona

de enfriamiento, en donde se disipa el calor o es reducida la temperatura del agua hasta el depósito de la torre. La temperatura del agua se reduce, al



entregar a la torre, el calor al aire que circula por la torre. La eficiencia de una torre se ve afectada por todos los factores que influyen en la rapidez con la que se

evapora el agua en el aire. Debido a que los sistemas de congelación rápida trabajan a grandes diferencias de temperatura, el enfriamiento del condensador debe ser por medio de agua. Las torres de enfriamiento son uno de los sistemas más utilizados hoy en día para poder entregarle al condensador una temperatura que permita la libre transferencia de calor.

- **Compresores:** Existen cinco diferentes tipos básicos de compresores en la industria de la refrigeración:

(1) Recíprocantes (piston-cilindro)

(2) Rotativos

(3) Scroll

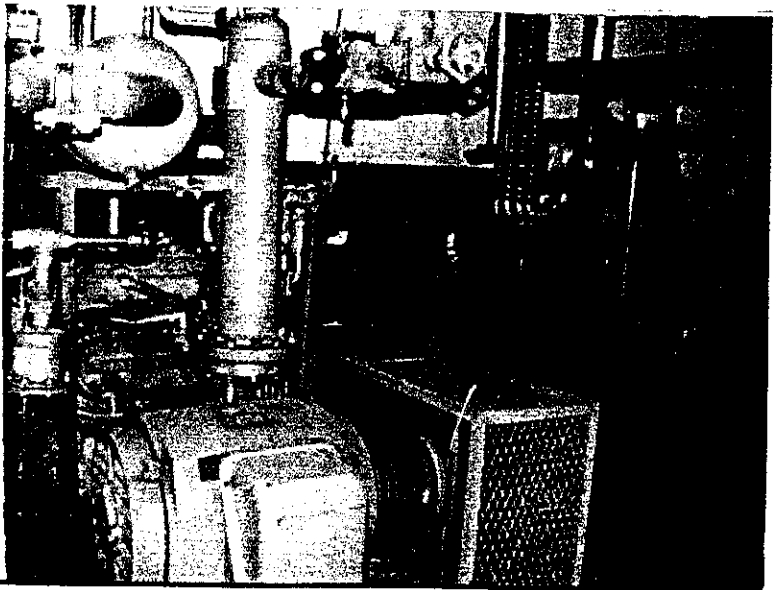
(4) Tornillo

(5) Centrifugo

Estos tipos de compresores tienen diferentes aplicaciones, pero el compresor más utilizado en refrigeración, sobretodo en sistemas de congelación rápida, es el recíprocante debido a su diversidad de usos desde compresores herméticos de 1/20 HP (caballo de fuerza), hasta

compresores semi-herméticos de 100 HP.

El uso de compresores rotativos y Scroll son para la rama de aire acondicionado (unidades pequeñas), debido a que su tamaño permite utilizarse en lugares



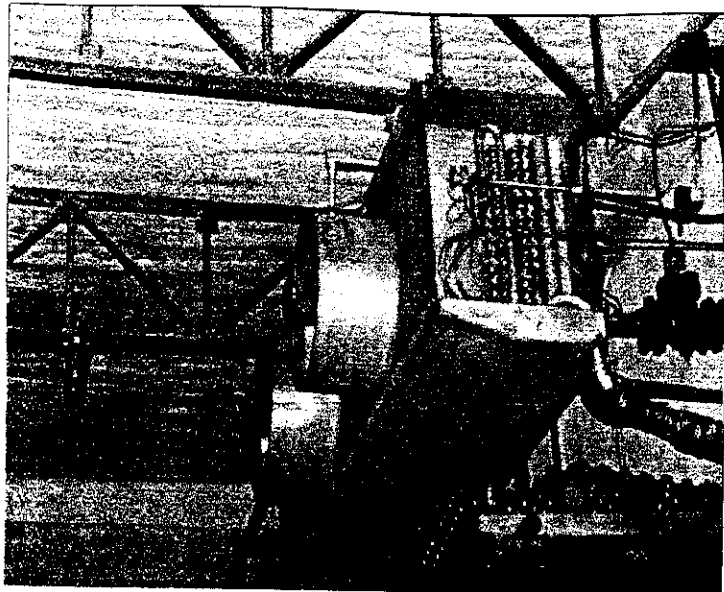
pequeños en el que desarrollan capacidades relativamente grandes. Los compresores de tornillo, así como los centrífugos se utilizan en instalaciones grandes de aire acondicionado. En la industria de la refrigeración, por su excesivo precio, no logran satisfacer las demandas de economía en un sistema de congelación, por lo cual los compresores recíprocos son de un precio relativamente más económico. Estos se encuentran fácilmente en el mercado y su instalación es bastante práctica.

Otra de las principales ventajas por la que los compresores recíprocos han tenido gran éxito, es no sólo por su amplia gama de capacidades, sino porque ofrecen grandes eficiencias para sistemas de baja y ultrabaja temperatura ya que trabajan con refrigerantes R-12, R-22, R-134a, R-502, R-404, Amoniaco y otros.

- **VÁLVULAS DE EXPANSIÓN:** Existen en tres tipos diferentes: (1) de ajuste manual (2) de ajuste automático y (3) termostática. Independientemente del tipo, la función de las válvulas de control de flujo de refrigerante tiene dos aspectos: (1) controlar el refrigerante líquido que pasa de la línea del líquido al evaporador, con un ritmo concordante con el que se tiene en la vaporización del líquido y (2) mantener un diferencial de presión entre los lados de baja y alta presión del sistema, para permitir que el refrigerante vaporice a la baja presión deseada en el evaporador condensándose al mismo tiempo a una alta presión en el condensador. En los sistemas de congelamiento rápido, la válvula termostática de expansión es la más usada para el control del refrigerante debido a su alta eficiencia y a su adaptabilidad a cualquier tipo de aplicación, además puede instalarse en cualquier posición, siempre y cuando sea lo más cerca posible del evaporador. La válvula de expansión debe mantenerse en equilibrio termostático y esto se dará sólo cuando el grado de sobrecalentamiento de vapor de succión en la localización del bulbo (parte sensora de la válvula), pueda vencer la presión ejercida por el resorte de la válvula. Este tipo de válvulas va

intimamente ligado al termostato y al control de presión, pues las válvulas de expansión no pueden controlar una temperatura deseada, sino únicamente el control de flujo de refrigerante a través de ellas. Es por eso que para mantener una temperatura y presión correctas en un sistema de congelación rápida, las cuales varían con la carga de producto del cuarto, es necesario un termostato y un control de presión para trabajar juntamente con la válvula que evita un sobrecalentamiento constante del refrigerante. En un sistema de congelamiento rápido sólo sirve para controlar el flujo del refrigerante.

- **EVAPORADORES:** son una superficie que transfiere calor, en los cuales se vaporiza un refrigerante con el objeto de retirar calor del espacio refrigerado. Los evaporadores se fabrican en una amplia variedad de tipos, formas, tamaños y diseño, por lo que pueden clasificarse por tipo de construcción, condición de operación, método de circulación, tipo de control refrigerante y aplicación. En el caso de los cuartos de congelamiento rápido, los evaporadores deben ser lo más eficientes posible en la extracción de calor, debido a la velocidad de congelación necesaria, además debe tomarse en cuenta que no sean de excesivo volumen, ya que podría afectar en las dimensiones del cuarto o túnel, o bien, que la colocación del mismo no sea la adecuada distribución del aire. Existen tres tipos básicos de construcción de evaporadores: de tubo liso, superficie-placa y con aletas. Este último es el tipo de evaporador que cumple mejor las condiciones necesarias para el uso de congelamiento rápido, debido a su eficiencia por el uso de aletas, que sirven como superficies secundarias de absorción de calor, teniendo el efecto de aumentar la superficie efectiva total del evaporador y mejorando así su eficiencia.



El tamaño y espaciado de las aletas dependen, en parte, del tipo particular de aplicación para el que ha sido diseñado el serpentín. El tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta.

En los evaporadores o serpentines para enfriamiento de aire que operan a temperaturas muy bajas, es inevitable que suceda

acumulación de hielo sobre los serpentines, y esto tiende a restringir el paso de aire entre las aletas y retardar la circulación de aire a través del serpentín. Los evaporadores diseñados para aplicaciones a bajas temperaturas, deben tener un amplio espaciado de aletas (una por cada centímetro o por cada centímetro y medio) para reducir el peligro de obstrucción en la circulación de aire.

Los evaporadores elegidos deben ser de ventilación forzada, debido a que el tiempo de congelación es menor respecto de los otros tipos y porque la circulación de aire en el espacio congelado es esencial para transportar el calor del producto al evaporador. Por lo tanto, éste debe ser elegido para obtener una ventilación adecuada, ya que la circulación de aire inadecuada produce que la capacidad del evaporador se reduzca, y el producto no se congele con la rapidez suficiente, lo que estimula al crecimiento de moho, bacterias y degeneración de la carne. Por otra parte, demasiada circulación de aire puede ser mala debido a que la rapidez de evaporación de la humedad en el producto aumenta, y el resultado es la deshidratación excesiva. La deshidratación excesiva puede ser costosa, ya que causa deterioro en la apariencia del producto, reduciendo su calidad y acortando la vida

del producto. Además, la pérdida de peso que resulta del encogimiento y de los cortes de orillas, es un factor considerable en la utilidad del comerciante y en el precio de la carne.

- **CONTROLES:**

- **Controles de temperatura:** Existen dos tipos básicos de elementos en los termostatos, para recibir y transmitir cambios de temperatura a los contactos eléctricos. Uno de ellos es un tubo o bulbo, el cual, al aumento de temperatura incrementa la presión del bulbo, lo que hace que accione o le envíe señal al compresor para que arranque. Otro tipo es el de elemento bimetalico, que a la diferencia de temperatura, abre o cierra los contactos para hacer o no funcionar el sistema.

Este tipo de controles se utiliza básicamente para controlar la temperatura del espacio congelado o productos. La diferencia entre la temperatura de conexión y desconexión se llama diferencial.

Los controles de temperatura trabajan independientemente de otros elementos de control, regularmente entre -40°C (-40°F) a -50°C (-58°F) para el congelamiento de la carne, y sirven para mantener una temperatura constante en el espacio o producto, pero no determinan si las presiones del refrigerante en el sistema están dentro de los límites permitidos, por lo que es necesario utilizar otro elemento de control (control de presión), para evitar que el equipo completo sufra algún daño, por excesiva o muy baja presión.

Independientemente del tiempo de trabajo, el termostato controla la temperatura del espacio directa o indirectamente; el ajuste apropiado de las temperaturas de conexión y desconexión es esencial a una buena operación. Si las temperaturas de conexión se ajustan muy cercanas entre sí (diferencial demasiado pequeño), el sistema presentará una tendencia a efectuar ciclos cortos (arrancar y parar demasiado frecuente). Esto reducirá materialmente la vida del equipo y puede resultar en otras condiciones desfavorables. Por otra parte, si se separan demasiado las temperaturas de conexión y

desconexión (diferencial demasiado grande), los ciclos de conexión y desconexión serán demasiado largos, y resultarán amplias fluctuaciones innecesarias en la temperatura media del espacio, lo que provocaría una congelación lenta y acortaría la vida de la carne que se dañaría por el mal crecimiento de cristales entre las fibras.

- **Controles de presión (alta y baja):** Son de dos tipos y son recomendados para diseño de sistemas enfriados por aire de 1 HP (caballo de fuerza) y más, y son indispensables en los sistemas enfriados por agua debido a sus altas presiones: (1) de acción a baja presión y (2) de acción a alta presión. Los controles de baja presión se conectan al lado de baja presión del sistema (generalmente en la succión del compresor) y operan con la presión del lado de baja. Los controles de alta presión, por su parte, se conectan al lado de alta presión del sistema (generalmente en la descarga del compresor) y actúan con la presión del lado de alta.

Los controles de alta presión se usan sólo como controles de seguridad. Conectados a la descarga del compresor, el objeto de ellos es desconectar el compresor en caso de que la presión en el lado del alta del sistema sea excesiva. Esto se hace para evitar el posible daño al equipo, ya que por alta presión en la mayoría de los casos ocurre migración de aceite del compresor hacia todo el sistema provocando, no sólo la reducción del paso de refrigerante en las tuberías, sino daño en el compresor por falta de lubricación.

Cuando la presión del lado de alta del sistema se eleva más allá de una presión predeterminada, el control de alta opera, ya que abre el circuito y para el compresor. Aun cuando los controles de presión son deseables en todos los sistemas, debido a la posibilidad de falla en el suministro de agua, son esenciales en sistemas que utilizan condensadores enfriados por agua.

Puesto que las presiones de condensación de los diversos refrigerantes son diferentes, los ajustes de conexión y desconexión del control de alta presión dependen del refrigerante empleado.

Los controles de baja presión se emplean tanto como control de seguridad como de temperatura. Cuando se usa como control de seguridad, el control de baja presión actúa al abrir el circuito, lo que ocasiona que el compresor se pare cuando la presión en el lado de baja es excesivamente baja, y cierra el circuito cuando la presión en el lado de baja regresa al valor normal, para que el compresor arranque. En unidades que operan a baja temperatura el control de presión de baja no debe ajustarse debajo de los límites de operación del compresor o del sistema, ya que es una de las causas más frecuentes de sobrecalentamiento de motor y lubricación inadecuada en la operación del compresor a esas presiones de succión.

Estos controles pueden ser utilizados como controles de temperatura pero esto es únicamente para uso comercial, por lo que no se hablará de ello.

Una combinación de controles de baja y alta presión es llamado "control de presión dual". Usa un solo juego de puntos de contacto eléctrico en el control, aun cuando se empleen fuelles separados para cada una de las dos presiones.

Este tipo de control es el más utilizado en un sistema de congelación debido a su fácil instalación por que se puede tener en un mismo elemento el control de ambas presiones y generalmente viene incluido como parte del equipo en una unidad de condensación.

- **Controles de Descongelamiento:** En el caso de los evaporadores de enfriamiento por aire que trabajan a temperaturas lo bastante bajas, es necesario descongelarlos periódicamente. La frecuencia con que deba descongelarse un evaporador depende del tipo, naturaleza de la instalación y métodos de descongelación. En general, la longitud del periodo de descongelación queda determinada por el grado de acumulación de escarcha sobre el evaporador y por la rapidez con el que pueda aplicarse calor para

fundirla. En su mayor parte, el grado de acumulación de hielo depositado dependerá del tipo de instalación, tipo de evaporador y frecuencia con que se descongela un evaporador. Por regla general, mientras mayor sea la frecuencia con que se descongela un evaporador, menor será la acumulación de hielo y menor el periodo de descongelación requerido.

Existen diferentes maneras de realizar el descongelamiento, pero para este caso en particular se hablará de los tres más usuales a temperaturas tan bajas como -40°F (-40°C) o más bajas. Uno de ellos es el llamado Descongelación por Agua, que se obtiene al atomizar agua o anticongelante (según sea el caso de temperatura) sobre la superficie de los serpentines del evaporador. Este método no es tan utilizado debido a que por trabajar con alimentos, no es recomendado el uso de productos químicos. El segundo método es el descongelamiento eléctrico, el cual necesita de un temporizador y resistencias para descongelar a espacios de tiempo determinados la escarcha formada en el evaporador. El tercer método utilizado consiste en el uso de una válvula solenoide para abrir el paso de "gas caliente", que es tomado del lado del condensador para poder fundir en un corto tiempo la escarcha formada en el evaporador.

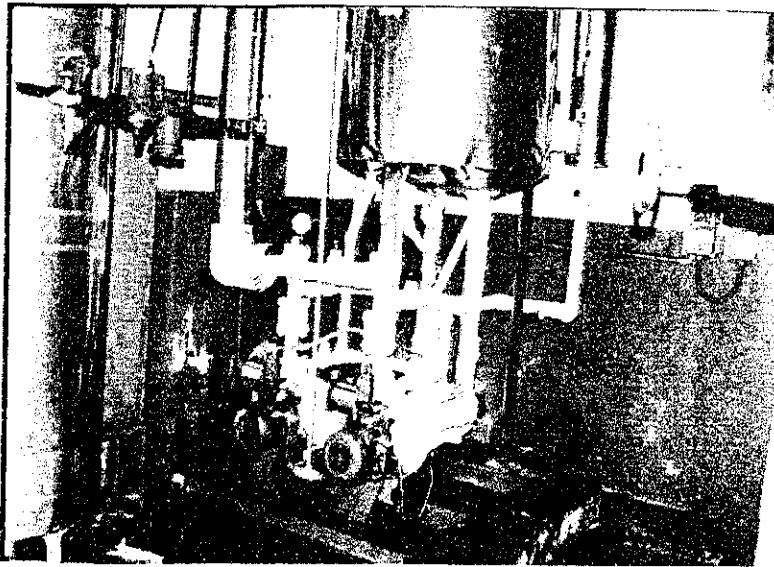
- **ACCESORIOS:**

- **Separadores de Aceite:** a temperaturas muy bajas, el descenso en la densidad del vapor de succión del refrigerante y el incremento de viscosidad del aceite de refrigeración hacen que el aceite pase a todo el sistema durante largos periodos de operación. Lo anterior hace que se corra el riesgo que el compresor se quede con un nivel de aceite no adecuado o bajo. A manera de hacer mínima la circulación de aceite en el sistema y esperar al periodo de deshielo, en que el aceite es retornado al compresor, los separadores de aceite son necesarios y más en compresores grandes o de más de una etapa. El separador de aceite proveerá algún incremento en la capacidad

del refrigerante debido al incremento de la capacidad de transferencia de calor en la superficie del evaporador por la reducción de aceite en circulación. Estos pueden servir como un silenciador que reduce la pulsación de descarga y ruidos en el sistema.

Los separadores de aceite no pueden resolver los problemas de aceite de retorno causados por malos sistemas de diseño, sobretodo en tuberías; ni tampoco resolver los problemas causados por alta presión en que el refrigerante está en forma líquida. Sin embargo, en el caso que los problemas de control del sistema no pueden ser remediados por otros medios, los separadores de aceite pueden ser de ayuda en la reducción de la cantidad de aceite que circula a través del sistema, y pueden frecuentemente hacer posible ciclos de operación seguros a través de períodos críticos hasta que el sistema de control pueda regresar a sus condiciones normales. Por ejemplo, en aplicaciones a ultra-baja temperatura o en evaporadores inundados de aceite, el aceite de retorno puede depender de los períodos de deshielo y ayudar a mantener el nivel de aceite en el compresor durante los periodos entre deshielos.

- **Tuberías:** En general, el tipo de material empleado para tuberías de refrigeración, depende del tamaño y naturaleza de la instalación, refrigerante empleado y costo de los materiales y mano de obra. Los materiales que más frecuentemente se emplean para tubería de refrigeración son acero negro, acero laminado, cobre y latón. Todos ellos son adecuados para utilizarse con los refrigerantes más comunes a baja temperatura, excepto que no se deben emplear cobre y latón con amoníaco, ya que en presencia de humedad, éste ataca los metales no ferrosos.



La tubería de cobre tiene la ventaja de ser más ligera en peso, más resistente a la corrosión y más fácil de instalar que el hierro laminado o el acero negro. Con todos los refrigerantes, excepto con el amoníaco, las líneas de refrigerante hasta de 4

pulgadas (107mm.) de diámetro exterior, pueden ser de cobre o de acero. Todas las líneas de más de este tamaño, deben ser de acero. Las tuberías de hierro forjado, aun cuando son más caras que el acero negro, algunas veces se emplean en vez de éste, debido a su mayor resistencia a la corrosión.

Por lo regular, la tubería debe colocarse de manera que no presente un peligro, obstruya la operación y mantenimiento normal del equipo, o restrinja el uso de espacios adyacentes. La disposición de la tubería debe ser tal, que sea fácilmente instalada y accesible para su inspección y mantenimiento. Todas las líneas deben correr rectas, paralelas a los muros, en el caso de que recorran alguna distancia. Esto se hace con la finalidad de evitar vibraciones en la línea, para lo cual es necesario instalar eliminadores de vibración, debidas más que todo por las pulsaciones de gas que producen los compresores recíprocos, lo que hace que reduzca la cantidad de ruido en el área.

La forma de unir tuberías y sus accesorios, depende el tamaño y clase de tubería que se esté utilizando. En el caso de instalaciones pequeñas, es común utilizar, ya sea, soldaduras o bien roscas, esto depende del instalador o del tipo de accesorios

encontrados en el mercado, como filtros, válvulas, uniones, etc. Por lo general, las tuberías de mayor dimensión, en el caso del cobre, se recomienda uniones y accesorios soldados, debido a que la fuerte vibración que se produce, puede llegar a aflojar las tuercas y ocasionar fugas. En el caso de tuberías de hierro o acero, se utilizan uniones roscadas o bien acoples atornillados con empaquetadora al centro. Las tuberías de succión o baja presión, deben ir instaladas térmicamente para evitar aumento de temperatura en el refrigerante y porque esta sección de tubería se humedece y gotea. El lado de alta presión o descarga, por lo general no lleva aislamiento térmico, excepto que la tubería quede expuesta al personal de trabajo y así evitar quemaduras.

Puesto que muchos de los problemas de operación que se encuentran en aplicaciones de refrigeración pueden tener su origen directamente por diseño impropio y/o mala instalación de la tubería del refrigerante y sus accesorios, la importancia de un buen diseño y una instalación apropiada son fundamentales. En general, la tubería de refrigeración debe ser diseñada e instalada de manera que:

1. Asegure un gasto adecuado de refrigerante en todos los evaporadores.
2. Asegure retorno positivo y continuo del aceite al monobloque del compresor.
3. Evite pérdidas excesivas de presión de refrigerante, que reducen innecesariamente la capacidad y eficiencia del sistema.
4. Evite la entrada del refrigerante líquido al compresor durante los periodos de operación y de descanso, o durante el arranque del compresor.
5. Evite que quede aceite atrapado en la línea del evaporador o de succión, que pueda retornar subsecuentemente al compresor, en la forma de volumen líquido, con daño posible al compresor.

- **Cortinas de aire y cortinas plásticas:** Cuando por alguna razón es necesario abrir la puerta del cuarto de congelación, se escapa cierta cantidad de aire y es reemplazado por aire exterior caliente, por lo que su colocación es básicamente en las puertas de los cuartos de congelamiento. Este aire ha de ser enfriado a la temperatura interior y constituye una cantidad considerable de la carga total. El uso de cortinas plásticas se ha incrementado sobremanera en los últimos años debido a su fácil manejo y porque no ocupan un gran espacio y son bastante eficientes en no permitir la entrada de aire caliente. La cortina plástica consiste en bandas plásticas de un ancho de no más de 12 pulgadas (30.5 cms.) y un espesor de no más de $\frac{1}{4}$ " (0.64 cms.), las cuales dependiendo de la temperatura interna deben ser traslapadas entre sí para que no se filtre o exista escape de aire. El espacio con que deben ser traslapadas depende de la temperatura interna; entre más baja es la temperatura, mayor será el área de traslape. Debido a que son colocadas en el extremo superior de la puerta, se hace posible el paso de personas a través de ellas sin ningún problema. En el caso de los túneles de congelación, las cortinas posibilitan que el producto pueda salir a través de la banda sin que ocurra un contacto directo entre el interior del túnel y el ambiente. Actualmente, las cortinas poseen tres pequeñas fibras de acero que dan a las bandas su rigidez necesaria, para evitar que la cortina se enrolle y entre el aire caliente.

El caso de las cortinas de aire, al igual que las plásticas, sirven para evitar el intercambio de aire entre el cuarto de congelación y el ambiente. Estas son colocadas externamente y también colgadas del marco de la puerta, y por medio de una turbina dirigen aire a alta presión hacia abajo en la entrada del cuarto para evitar que ingrese aire caliente hacia a él o viceversa.

VI. GUIA PARA EL DISEÑO DE UN CUARTO DE CONGELACION RAPIDA

- a) El primer paso para el diseño de un cuarto refrigerado de congelamiento rápido es recopilar todos los datos que van a formar parte del sistema deseado como: temperatura de entrada de la carne, temperatura de salida, tiempo necesario para la congelación, cantidad en libras que ingresan al cuarto, área disponible para realizar el cuarto refrigerado, la cual debe ser cuadrada o rectangular para mejorar el almacenaje y también revisar la nivelación del terreno o nivelarlo para evitar que existan malas distribuciones de la corriente de aire frío.

- b) Ya con esos datos se procede a dibujar en un plano la forma y estructura del cuarto, localización de puertas (no es recomendable más de una, para evitar entradas de aire caliente). Se dibuja y calcula el sistema de iluminación, que debe ser lo suficientemente claro y de bajo voltaje para evitar carga térmica extra que sea necesario retirar.

- c) Una vez ya recopilados datos y dibujado el plano, se calcula la carga térmica necesaria para congelar la carne en el tiempo establecido. Aquí es necesario calcular el tipo de aislamiento, así como el espesor de paredes para las temperaturas deseadas e incluir todos los factores que pueden influir en el incremento de la carga térmica. Esta debe ser expresada en BTUH (British Thermal Units per Hour) o bien en toneladas de refrigeración.

- d) Después de calculada la carga térmica es necesario seleccionar todo el equipo para sustraer toda esa carga térmica, para lo cual es necesario determinar el refrigerante adecuado, válvula de expansión (en estos casos debe ser de baja temperatura), válvulas solenoides, etc. ; considerando todos los factores económicos y de construcción como el piso, las paredes y el techo.
- e) Luego de conseguido el equipo, se selecciona la ubicación del equipo externo e interno, como las unidades condensadora y evaporadora, controles, etc. También se dibuja en el plano como quedará distribuida el área del cuarto congelado, como localización evaporadores, puerta(s) del cuarto, según sea al caso. Es necesario la ubicación de las estanterías o compartimentos para el congelamiento de la carne o bien los ganchos en donde e cuelguen las aves o reses.
- f) Por último se procede a calcular, según el plano, las distancias que serán necesarias recorrer para calcular tuberías, aislantes de tuberías, codos y demás accesorios, drenajes, así como alambrado para realizar la instalación eléctrica, tanto de la unidad condensadora, como del equipo interno, como es: sistemas de deshielo, ventiladores, controles de temperatura y presión, alumbrado interno, etc.
- g) Es necesario cuantificar todos los materiales para la fabricación, instalación y puesta en marcha del sistema. Esto se lleva a cabo al cuantificar cada uno de los equipos y materiales para su realización:

- 1) valor de la unidad condensadora.
 - 2) cuantificación de la fabricación del cuarto congelado con los espesores necesarios, puertas, cortinas aislantes, etc. (agregar todo lo necesario como lámina, aislante, madera, resistencias, empaques, etc.).
 - 3) cuantificar cualesquiera de los accesorios necesarios para el paso de refrigerante como tuberías, válvulas de expansión y solenoides, eliminadores de vibración, etc.
 - 4) Sistema de drenaje.
 - 5) Sistemas de control como termómetros y termostatos.
 - 6) Todos los consumibles como tornillos, remaches, selladores, etc.
- h) Ya ordenados todos estos datos, es posible instalar y poner en funcionamiento el sistema; esto puede ser realizado por un ingeniero especializado en el campo o bien por compañías que presten todo este tipo de servicios.

VII. CALCULO DEL EQUIPO Y CAPACIDADES DE LAS UNIDADES (CARGA TERMICA)

Para utilizar un cuarto de congelamiento rápido o cualquier cuarto refrigerado, es necesario calcular con qué capacidades de equipo es posible extraer la cantidad de calor que se genera en el interior por cualquier forma, para lo cual se suman todas las partes que puedan generarlo y se calculan.

Existen diferentes métodos para calcular la carga térmica, a continuación se detalla uno de lo más comunes. Para cualquiera de los tipos de cuartos que hay existen 4 fuentes generadoras de calor:

- a) Pérdida en paredes: las que incluyen paredes, techo, piso, puertas causadas por diferencia de temperatura.
- b) Cambios de aire: ocasionado por cargas superiores o mala ventilación de aire.
- c) Carga del producto.
- d) Fuentes varias: como maquinaria, alumbrado y cualquier otro medio de producción de calor.

- **A través de paredes:** Las ganancias de calor a través de paredes, piso y techo de un cuarto son una función del espesor y tipo de aislante, el espesor y construcción de paredes, diferencias de temperatura entre el interior y el exterior y estas pueden ser expresadas como:

$$Q = A U \Delta T$$

En donde: Q = ganancia de calor (calor)

A = área de la superficie

U = coeficiente de transferencia de calor

Delta T = diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior promedio

En donde: $\Delta T = (t_i - t_o)$ donde: t_i = temperatura interna

t_o = temperatura externa

ambas son dadas como temperaturas de bulbo seco.

- **Cambios de Aire:** Ya sea controlado como aire de ventilación regulada o carga adicional introducida sin control. El aire caliente que entra en el cuarto cuando las puertas han sido abiertas, deberá ser enfriado a la temperatura del espacio refrigerado. Además estas pueden ser infiltraciones a través de las uniones de las paredes o rajaduras en el aislamiento. Los requerimientos de refrigeración para enfriar el aire que entra depende básicamente de temperatura y humedad en el exterior e interior y consiste de (a) Calor sensible mientras se enfría el aire y (b) Calor latente de vaporización de la humedad que es condensado del aire cuando es enfriado.
- **Carga del Producto:** Este se refiere al producto que es colocado en el cuarto a una temperatura mayor que la de congelación, la cual perderá calor hasta que alcance la temperatura del cuarto congelado. La cantidad de calor que es removida puede ser calculada por el conocimiento del producto incluyendo su estado en la entrada al cuarto y estado final, que se pesa y el calor específico antes y después del congelamiento y su calor latente.

- **Fuentes Varias:** Las diferentes fuentes de calor incluyen el calor agregado a través del alumbrado, motores, maquinaria y, en raras ocasiones, paso de personas, etc.

Una manera de realizar un cálculo completo para obtener la carga total, es que cada una de las cuatro fuentes principales deben ser tratadas por separado. Para el cálculo de cuartos refrigerados de congelamiento rápido que sobrepasan los 1500 pies cúbicos (43 metros cúbicos), es necesario realizar los cálculos con una precisión mayor debido a que pueden existir pérdidas mayores por puertas abiertas.

- **Pérdidas por Paredes:** Es necesario muchas veces el aislamiento de paredes con diferentes materiales para evitar las fugas de frío o entradas de calor, por lo que se utiliza la siguiente ecuación para determinar en forma primordial el coeficiente de conductividad de la pared.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{L}{k} + \frac{1}{f_o}}$$

Donde: **U** = coeficiente de transferencia de calor
L = espesor de la pared
k = conductividad del material
f_i = conductividad de la superficie interna
f_o = conductividad de la superficie externa

f_i y f_o son relativamente usados como coeficientes 1.65 y 6, respectivamente

Ya establecido el coeficiente de conductividad (U), la ganancia de calor (Q) es calculada con la ecuación básica:

$$Q = A U \Delta T$$

En la actualidad no es necesario del uso de este tipo de cálculos, ya que el material más utilizado es el poliuretano, que puede utilizarse en cualquier tipo de cuarto y depende básicamente del espesor del aislante, cuyo dato regularmente en tablas depende de la temperatura requerida.

PERDIDAS POR PAREDES

(Para poliuretano, corcho o equivalentes)

AISLAMIENTO	BTU/(Hr ft ² °F)
3 pulgadas	0.10
4 pulgadas	0.075
5 pulgadas	0.060
6 pulgadas	0.050
7 pulgadas	0.043
8 pulgadas	0.0375
9 pulgadas	0.0333
10 pulgadas	0.0300
11 pulgadas	0.0273
12 pulgadas	0.0250

- **Cambios de Aire:** El cálculo de la ganancia de calor por los cambios de aire es bastante difícil de realizarse debido a que en estos cuartos existen puertas abiertas (túneles). Esto se debe básicamente a que el volumen del espacio refrigerado aumenta, la cantidad de aire caliente que entra en una simple abertura es constante.

Lo importante en este cálculo es que la carga adicional por los cambios de aire es calculado con base en la temperatura de bulbo húmedo.

La siguiente es la tabla que representa los valores de pérdidas en Btu/Hr por los cambios de aire debido a aberturas de puertas, en cuartos refrigerados con una y dos puertas.

PERDIDAS POR CAMBIOS DE AIRE (BTU/Hr)
 (Aberturas de puertas y movimiento)
 (Cuartos de más de 1000 pies cúbicos)

Temperatura de almacenamiento (°F)	Temperatura del aire (°F)					
	50 (10)		80 (26.7)		90 (32.2)	
	Temperatura de la pared (°F)					
	70	80	50	60	50	60
0 (-18)	1070	1125	2250	2400	2760	3000
-10 (-23.4)	1250	1310	2460	2630	3000	3240
-20 (-28.9)	1450	1500	2720	2900	3240	3520
-30 (-35)	1650	1720	2980	3160	3540	3800

Los datos de la tabla anterior están basados en cuartos con una sola puerta, para usos de servicio pesado, multiplicar los valores por 2.0. Para cuartos de dos puertas en la misma pared, multiplicar por 1.75, Para paredes opuestas multiplicar por 2.5

- **Carga del Producto:** Al igual que para los cuartos de dimensionamiento menor, es necesario obtener la cantidad de calor removido, el cual es indispensable, sabiendo que cuando un producto es de peso definitivo es congelado de un estado y temperatura inicial a otro estado y temperatura por medio de la ecuación:

$$Q = W * c * (t_i - t_f)$$

Donde: W = peso del producto
 c = calor específico
 t_i = temperatura inicial
 t_f = temperatura final debajo del congelamiento

Para ver los datos de "c" ver Tabla No. 1 en el apéndice "A"

- **Fuentes Varias:** Estas incluyen todos los factores que intervienen en la carga como alumbrado, motores, maquinaria e ingreso de personas (mínimo). Se toma como dato básico que cada Watt representa 3.42 BTUH.

PÉRDIDAS POR MOTORES ELÉCTRICOS

Motor HP	BTU / HP-hr		
	Carga conectada en el interior	Pérdidas por causas fuera del espacio	Carga conectada fuera del espacio.
1/8 a 1/2	4250	2545	1700
1/2 a 3	3700	2545	1500
3 a 20	2950	2545	400

EJEMPLO1: CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

En un cuarto refrigerado de congelamiento rápido (Blast Freezer) ingresarán aproximadamente 600 Lbs. de carne de pollo procesada a una temperatura de 65 °F (18°C), con una temperatura exterior de 80 °F (27°C) a una temperatura de -30 °F (-35°C), la cual es necesario congelar durante las 24 horas del día durante 4 horas de trabajo. El aislamiento de las paredes del cuarto son de 8" de poliuretano. La carga eléctrica entre el alumbrado, motores y maquinaria es de 190 Watts. Las dimensiones del cuarto son de: 6 pies * 20 pies * 8 pies (1.9 mts. * 6 mts. * 2.49 mts.)

SOLUCIÓN:

Reducción de temperatura: $80 - (-30) = 110 \text{ }^\circ\text{F} = \Delta T = 43.3^\circ\text{C}$

Area superficie exterior: $48 \text{ pies} (4) + 120 \text{ pies}(2) = 432 \text{ pies}^2$

(1) Pérdidas en las paredes:

$$Q = A U \Delta T$$

$$Q = 432 \text{ pies}^2 (110^\circ\text{F}) (24 \text{ horas}) (0.0375) = 42768 \text{ BTU en 24 hrs.}$$

(2) Cambios de Aire: (Aquí se calcula a una temperatura de bulbo húmedo, con humedad relativa de 50%) = HR

Cambios de aire debido a aberturas de puertas a 50% y $-30^\circ\text{F} = 2980$

$$(2980) (50\%) (24 \text{ hrs.}) = 47760 \text{ BTU en 24 hrs.}$$

(3) Carga del Producto: **(Datos calculados de Tabla No.1, Apéndice)**

- Calor específico arriba del congelamiento: 0.56
- Calor específico debajo del congelamiento: 0.34
- Calor latente de fusión: $65 = h$
- Punto de congelamiento: $28^\circ\text{F} (-2.25^\circ\text{C})$ aprox.
- Enfriamiento sensible a la temperatura de congelación:

$$(600 \text{ lbs.}) (65 - 28) (0.56) = 12432 \text{ BTU}$$

- Calor latente de fusión:

$$(600 \text{ lbs.}) (65) = 39000 \text{ BTU}$$

39,000 BTU

- Enfriamiento sensible a temperatura final después de congelación:

$$(600 \text{ lbs.}) (28 - (-30)) (0.34) = 11832 \text{ BTU}$$

11,832 BTU

Por lo tanto, la carga total del producto = 63264 BTU en 24 hrs.

107,264 BTU

- (4) Carga eléctrica:

6 motores 1/20 h.p. 230 V. = 37.3 Watts. c/u.

3 lámparas de 75 Watts

Equipo eléctrico, maquinaria: 80 Watts

Total de la carga eléctrica = 528.3 Watts

$$(528.3) (24 \text{ hrs.}) (3.42 \text{ BTU/Watt}) = 43363 \text{ BTU}$$

39,720 BTU

- (5) Carga total:

Paredes =	42,768	BTU
Cambios de aire =	47,760	BTU
Carga de Producto =	63,264	BTU
Carga Eléctrica =	43,363	BTU

TOTAL = 197,155 BTU

81,003 + 114,44

Pero esta es la cantidad que debe retirarse para ese producto en 24 hrs., pero es necesario hacerlo en 4 hrs., por lo que:

$$197,155 \text{ BTU} / 4 \text{ hrs.} = 49289 \text{ BTUH} \text{ ó bien } 4.2 \text{ Ton refrigeración}$$

49,289 BTUH

El equipo que se seleccione debe ser capaz de vencer esta carga.

VIII. AISLAMIENTO DE PAREDES, PISO Y TECHO

En los cuartos refrigerados de congelamiento rápido, el espesor del aislamiento requerido a temperaturas bajas, normalmente es mayor que a temperaturas elevadas, porque es más costoso eliminar el calor que se filtra hacia el sistema a baja temperatura que reemplazar el calor que se pierde en el exterior a temperaturas mayores que el interior ó elevadas y que se filtraría a el cuarto de congelación, como se demuestra en el ciclo de Carnot.

Algunas diferencias entre aislar un cuarto convencional que no logra congelar a la misma velocidad, que un Blast freezer son:

1. Es posible la condensación de humedad en el aislamiento para bajas temperaturas. Cuando esto ocurre, se incrementa de manera significativa la conductividad del aislamiento. Este problema se puede evitar mediante una barrera de vapor en el exterior de éste.
2. Es posible que se produzca la condensación de la humedad de la atmósfera y el lavado de la superficie de las paredes por el líquido condensado, esto puede dar lugar a una gran transferencia de calor.

A bajas temperaturas, como a otras, los modos fundamentales de transferencia de calor son la conducción y la radiación, y es contra éstas para lo que se usa el aislamiento, que elimina prácticamente la transferencia de calor. Puesto que el calor viaja siempre de una región de alta temperatura a una de más baja temperatura, existirá siempre un flujo continuo de calor, a la región refrigerada, de los materiales que forman el área circundante.

Para limitar el flujo de calor a la región refrigerada a un mínimo práctico, es generalmente necesario aislar la región del medio circundante, empleando un material de aislamiento térmico.

Las categorías del aislamiento para bajas temperaturas son: 1) al alto vacío, con o sin pantallas múltiples para la radiación, 2) polvos, 3) espumas rígidas y 4) sólidos de baja conductividad como la madera de balsa y el tablero de corcho.

En la actualidad, el material que más se utiliza debido a su baja conductividad térmica y a su bajo precio es el poliuretano, el cual pertenece a una familia de espumas rígidas, siendo aquellas de celdas más o menos cerradas. La conductividad de una espuma depende de la conducción a través del gas intracelular, de la transferencia por radiación térmica y de la conducción de sólido. Las temperaturas por debajo de la temperatura de condensación del medio encerrado hacen que el material se vuelva más denso, por lo que se mejora el aislamiento. Los gases atrapados cuando se soplan gradualmente las espumas de polímeros, se difunden hacia fuera de las celdas y son reemplazados por los gases del ambiente. La conductividad de muchas espumas sopladas con "Freon" y dióxido de carbono aumentan al transcurrir el tiempo, tanto como 30%, debido a la difusión de aire hacia la espuma, que sustituyen a los gases internos que no permiten que las espumas se vuelvan más densas. Puede utilizarse la rigidez estructural de las espumas para evitar la necesidad de soportes mecánicos. Es posible usar espumas rígidas sin recubrimientos interiores ni cubiertas exteriores. Las espumas de polímeros tienen expansiones térmicas relativamente altas, incluso mayores que las del mismo polímero sin espacios vacíos; esto hace que el agrietamiento del aislamiento sea un problema, cuando se liga al metal. Para vencer esta dificultad se ha empleado juntas deslizantes de expansión.

En el caso del uso de madera de balsa o tablero de corcho, las conductividades de estos aisladores son considerablemente más elevadas que para los otros tipos de aislamiento para temperaturas bajas. Por lo tanto, su empleo queda restringido a aplicaciones

especiales, como en aquellos casos en los que es importante su capacidad para soportar mecánicamente estructuras internas.

Es por esto que el uso de espumas como el poliuretano ha venido a tener un gran éxito en la solución de espacios y construcción de túneles de congelación y cuartos de congelamiento, ya que no es necesario hacer un gran soporte para el uso de paredes, techo y piso para obtener un cuarto de congelación adecuado y rígido. El espesor de los aislamientos, según información obtenida por el manual de datos de la American Society of Refrigerating Engineers ASRE, es recomendable para cuartos de enfriamiento o mantenimiento de verduras y carnes o cuartos de congelamiento que operan entre los 0°F y -20°F (-18°C a -29°C) es un espesor entre las 6 y 12 pulgadas (15.3 a 30.6 cm.). Ahora bien, para los cuartos de enfriamiento rápido pero arriba de la congelación, necesitan un espesor entre 3 y 8 pulgadas (7.6 y 20.3 cm.) de aislamiento.

En algunos casos especiales, como por ejemplo en túneles de congelación, en donde es necesario trabajar con bandas sin fin, es posible ganar calor hacia al interior por las aberturas del túnel y por las diferencias de temperatura tan marcadas, por lo que para estos casos es necesario, no sólo el aislamiento del túnel, sino que es recomendable instalarlos dentro de un cuarto refrigerado, que se mantendrá a una temperatura un poco más elevada, pero en la que la diferencia no sea tan grande y sea posible que los empleados puedan trabajar para empacar o clasificar el producto terminado. Es decir, que el gradiente de temperatura no sea tan marcado entre el lado de alta temperatura y el del túnel o de baja temperatura. Como un ejemplo, en túneles de congelación de este tipo, para uso de carne procesada de congelación rápida, la temperatura oscila entre -20° y -40° F (-29° y -40°C), lo que hace necesario que el túnel sea localizado en un ambiente a temperatura más o menos constante entre los 35 a 40°F (2 a 5°C), también evita que se llegue al punto de rocío y provocar la condensación.

Aunque rara vez el instalador de refrigeración es el encargado del aislamiento, con frecuencia debe especificar el tipo y espesor que se usara. El tipo de aislamiento que haya de emplearse está influido por factores como clase de construcción, margen de temperatura, resistencia al fuego, resistencia a la humedad y otras consideraciones parecidas. Las grandes instalaciones de refrigeración y congelación están comúnmente aisladas con un material rígido, como planchas de corcho, o con aislamiento de espumas aislantes como lo es el poliuretano, etc. La conductividad térmica por la que se determina el espesor necesario, es la medida de la capacidad del material aislante para conducir al calor.

La mayoría de los materiales comúnmente empleados para el aislamiento tienen conductividades que son bastante exactas. La temperatura dentro del espacio de congelación es lo primero que hay que tener en cuenta para determinar el espesor exacto del aislamiento requerido. Con más espesor en el aislamiento, menor calor se perderá, y el equipo de refrigeración será menor. Puesto que la inversa es también cierta, el espesor del aislamiento es cuestión de economía. El mínimo de espesor depende de las temperaturas interior y exterior y de la humedad. El aislamiento de cualquier cuarto de congelación no debe ser tan delgado y se forme condensación en el exterior de las paredes.

Tomando como ejemplo el poliuretano, por ser uno de los más comunes en uso, a continuación se dan los espesores recomendados para diferentes temperaturas:

Temperatura, °C (°F)	Espesor, cm. (pulg.)
7.2, (45) en adelante	5.1 (2.0)
1.7 a 7.2, (35 a 45)	7.6 (3.0)
-6.7 a 1.7 (20 a 35)	10.2 (4.0)
-9.3 a -6.7 (15 a 20)	12.6 (5.0)
-20.6 a -15 (- 5 a 5)	15.2 (6.0)
-29.1 a -20.6 (-20 a -5)	20.0 (7.9)
-37.2 a -29.1 (-35 a -20)	25.4 (10)
-45.8 a -37.2 (-50.5 a -35)	30.0 (11.8)

La impermeabilidad al vapor es un problema que debe tenerse en consideración en todas las instalaciones, especialmente las que han de estar a bajas temperaturas. La humedad del aire pasa a través de muchos materiales, incluso el aislamiento, y la proporción de su circulación depende de la presión de vapor. Esta corriente es, en general, desde la temperatura más alta a la de más baja. Si la temperatura exterior es, por ejemplo, 10°C y la temperatura interior -20°C, hay un gradiente a través del aislamiento, y en algún punto de él, la temperatura será punto de rocío, o sea la temperatura a la que se condensa la humedad. De esto se deduce que la humedad pasa a través del aislamiento en forma gaseosa (vapor) hasta que alcance el punto de rocío, y entonces se condensa y forma agua. Esto anula el valor del aislamiento.

Por lo tanto, las barreras de vapor deben ser incluidas dentro del aislamiento o dentro de las paredes. Las barreras de vapor reducen la humedad que viajan a través de las paredes. El vapor de agua fluye fácilmente a través de las sustancias porosas. Al caer la temperatura al punto de rocío, el vapor de agua se condensará en gotas, lo que formará grandes remanentes de agua.

En aplicaciones modernas se evita que el vapor pase a través de las paredes hacia las superficies donde podrá condensarse. Es muy importante que el aislamiento higroscópico (absorbente de humedad) sea herméticamente sellado. Esto puede realizarse al usar materiales resistentes a la humedad como hojas de aluminio y materiales plásticos que forman barreras de vapor. El aluminio es uno de los materiales de sellado más populares. En cualquier caso el aislamiento no debe ser afectado por la humedad, siempre que posea un sello de vapor. El aislamiento perderá sus propiedades si éste se llena de humedad; esto es particularmente importante en aplicaciones para congelación.

El aislamiento seleccionado deberá ser lo suficientemente rígido para soportarse a sí mismo y no encogerse, no debe deteriorarse en presencia de humedad ni expeler cualquier olor no grato. A su vez deberá ser resistente al fuego. La forma de colocar las barreras de vapor depende del tipo de aislamiento usado, uno de los métodos es utilizando dos planchas de aluminio y dejando un espacio al vacío entre ambas. De cualquier forma, la barrera guarda que el vapor de humedad pase de una región tibia a una fría. Las barreras de vapor deberán ser siempre instaladas en el lado tibio de la pared del espacio caliente, para evitar llegar al punto de rocío.

IX. COLOCACION ADECUADA DE LOS EQUIPOS.

La colocación adecuada de los equipos en un cuarto de congelación rápida se detallará para cada uno de los cinco puntos principales en un sistema de refrigeración, los cuales son los siguientes:

- **Unidad Condensadora:** Ya sea del tipo de condensador enfriado por aire o por agua, la instalación y colocación de la unidad requiere de mucho cuidado. Debido a que la unidad condensadora está formada por el condensador y el compresor, debe tenerse en consideración la accesibilidad desde cualquier punto durante su funcionamiento. En un sistema de congelación rápida se trabaja a presiones bastante altas, lo que produce que la condensación sea alta, por lo que las unidades enfriadas por aire deben ser colocadas en lugares abiertos, al aire libre o en habitaciones con bastante volumen. Lo anterior impedirá poca circulación de aire a través del serpentín del condensador y evitar que la transferencia de calor del refrigerante en los tubos del condensador al ambiente se obstaculice y ocurra recalentamiento del compresor. No es recomendable exponer las unidades condensadoras directamente al sol, debido a que el calor producido por éste eleva las presiones y tampoco permite que la transferencia de calor del refrigerante ocurra libremente. En las unidades condensadoras enfriadas por agua, la unidad puede ser colocada en habitaciones relativamente pequeñas, puesto que la extracción de calor es llevada en el agua enfriada. El espacio más grande en este tipo de unidades lo ocupa la torre de enfriamiento, la cual es necesario colocarla al exterior para evaporar el agua que lleva el calor de la condensación al ambiente, no importando si la torre de enfriamiento es por gravedad o ventilada. En cualquiera de las unidades de condensación, el equipo interno está bastante distante de la unidad condensadora, por lo que se recomienda que la instalación lleve eliminadores de vibración, para evitar

posibles fugas de refrigerante. En algunos países existen códigos para la instalación, aquí en Guatemala no existen, pero lo más aconsejable es colocarlas conforme a lo más práctico en accesibilidad a los equipos, controles y ruidos, etc. Esto ha de preceder a las preferencias personales.

- **Evaporadores:** Debido a que los cuartos de congelamiento rápido necesitan una temperatura bastante baja, los evaporadores deben ser colocados de tal forma que se aproveche al máximo la circulación de aire. La circulación de aire alrededor del serpentín puede ser favorecida por la elección del tipo de evaporador, por el uso de pantallas y por la colocación de los productos que han de ser refrigerados. El serpentín evaporador debe ser colocado lo más alto posible, puesto que el aire cae al dejar el evaporador.

Si no se dispone de pantallas para dirigir las corrientes de aire ascendente, se retrasará el flujo de calor por la interferencia de los productos. Si la carne que se ha de congelar se coloca muy estrechamente, se impedirá el flujo de calor.

La velocidad del aire en el serpentín del evaporador afecta considerablemente su capacidad. Una diferencia de temperatura mayor de 15°F (-9.5°C) puede producir viscosidad en algunos productos como carnes o aves, por lo que una diferencia demasiado grande de temperatura causará exceso de deshidratación en la carne. El uso de este tipo de cuartos de congelación blast freezer ayuda a evitarlo, debido a que aunque la diferencia de temperatura sea bastante grande, el tiempo tan corto de congelamiento evita la deshidratación excesiva.

Como se ha dicho, la distribución de aire es esencial para sacar la mayor utilidad al evaporador y asegurar su máxima capacidad. Es por ello que es indispensable la adecuada colocación de los evaporadores para obtener una correcta distribución de aire.

Colocar dos evaporadores uno frente al otro produce turbulencia en el aire que sale de ellos y causa que no exista un congelamiento rápido y adecuado. La figura siguiente nos muestra cómo es la forma más adecuada de colocar los evaporadores para obtener el máximo beneficio:

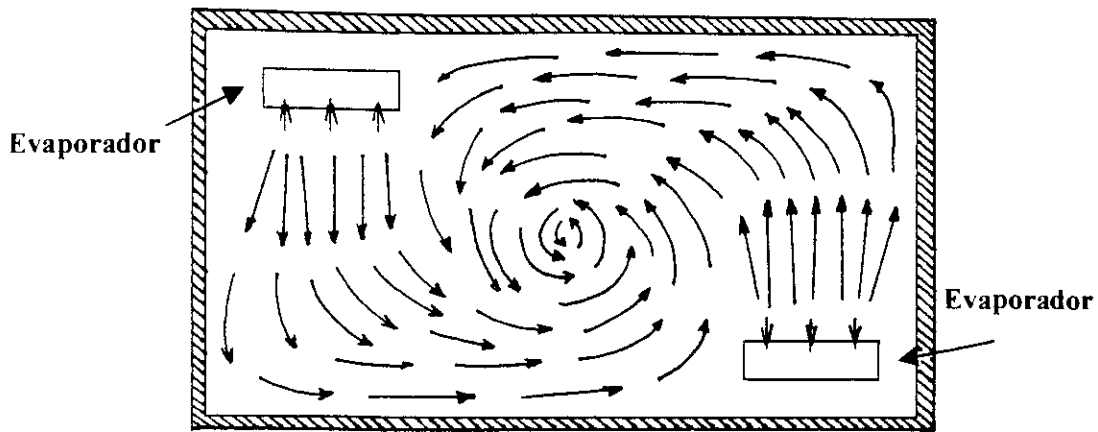


Figura A

Distribución de corrientes de aire

El serpentín o evaporador en una instalación visible debe sujetarse firmemente al techo, de tal forma que no se suelte en el transcurso del tiempo, debido a las vibraciones que los ventiladores producen. Para el caso de los Blast Freezer, los serpentines son casi siempre de alta capacidad, que los hace pesados, por lo que son necesarios pernos pasantes. En estos casos es necesario soldar o sellar los taladros para impedir la entrada de humedad.

- **Válvula de expansión:** Una válvula de expansión debe ser elegida, de modo que limite la presión de succión y de acuerdo con la capacidad del equipo. Esto es indispensable en aplicaciones a baja temperatura y deseable en casos comerciales.

Para la instalación y colocación de las válvulas de expansión son necesarios los siguientes pasos:

1. Usar válvulas del tamaño y del tipo correcto para su aplicación.
2. Asegurar el bulbo térmico a la parte alta de la tubería de succión con una abrazadera metálica. El alambre o cintas adhesivas no son de ayuda.
3. Enrollar el tubo capilar de la válvula sin que toque la tubería de succión o el serpentín.
4. Instalar el ecualizador de la misma, si lo posee.
5. Tomar en cuenta que la válvula sea del refrigerante indicado en el sistema.
6. Si se utiliza un intercambiador de calor o un control de presión en la tubería de succión, colocar el bulbo térmico en el evaporador.

Aunque el bulbo térmico se coloca generalmente en la tubería de succión lo más cerca de la salida del evaporador, existen algunas consideraciones que requieren especial atención. El bulbo debe colocarse en el espacio refrigerado, de manera que no se vea afectado por la temperatura en el ambiente del cuarto frío. No debe colocarse tan cerca de la pared del cuarto refrigerado, para que el calor pueda ser conducido a lo largo del tubo capilar de la válvula. Tampoco debe colocarse en un codo o a la salida de la expansión donde pueda estar sometido a mayor enfriamiento, debido al producido por el líquido refrigerante. En algunos casos no es posible colocar el bulbo en las posiciones arriba indicadas, no existen reglas exactas que se apliquen a todas las válvulas de expansión; entonces es mejor seguir las instrucciones del fabricante, siempre que se tengan a mano.

X. ELECCION DEL REFRIGERANTE ADECUADO

Los refrigerantes son los fluidos de transporte que llevan la energía calorífica del nivel de baja temperatura hacia el de alta, en donde, en términos de la transferencia de calor, entrega su calor.

Cuando se diseña un sistema de refrigeración, son varios los refrigerantes que pueden elegirse, como clorofluorocarbonados CFC (actualmente en Guatemala están en proceso de desaparición), amoníaco, hidrocarburos (propano, etano, etileno, etc.), dióxido de carbono y agua (utilizado en aplicaciones arriba del punto de congelación). La elección del refrigerante adecuado depende de la situación específica. En el caso de los cuartos de congelación rápida, los refrigerantes deben tener la capacidad de tener buena absorción de calor por diferencia de presiones y que sus presiones lleguen a determinar temperaturas bastante bajas.

Para el uso de temperaturas bajas, existen dos tipos de refrigerantes que son los más usados, por su gran absorción de calor a bajas presiones, lo que evita la migración del aceite al sistema.

- **Refrigerante R-502 (mezcla azeotrópica):**

El refrigerante R-502 es una mezcla azeotrópica compuesta de 48.8% de Refrigerante R-22 (CHClF_2) y 51.2% de refrigerante R-115 (CCl_2CF_3). Este ha sido usado desde 1961. Es un líquido no-flamable, no-corrosivo y prácticamente no-tóxico. Este es buen refrigerante para obtener temperaturas medias y bajas. Es adecuado para uso donde las temperaturas de 0 a -60°F (-18 a -51°C) son necesarias. Es muy usado en plantas procesadoras, congelación de alimentos, cuartos de almacenamiento y para congelación de helado. Su uso es únicamente para compresores de tipo reciprocante.

El punto de ebullición es -50°F (-46°C) a presión atmosférica. La presión de condensación es de 191 libras por pulgada cuadrada atmosférica (1318 Kpa) ó 177 libras por pulgada manométrica (1221Kpa) a 86°F (30°C). La presión de evaporación a 5°F (-15°C) es 50.6 libras por pulgada cuadrada atmosférica (349 Kpa) ó 35.9 libras por pulgada cuadrada manométrica (248Kpa). Su calor latente a -20°F (-29°C) es 70.8 btu/lb. (165 kj/kg). Esto se muestra en la tabla de propiedades dada a continuación.

Temp ^o F (°C)	Presión		Volumen de vapor	Densidad de líquido	Contenido de calor	
	Psia	Psig	Pie ³ /lb	Lb/Pie ³	Líquido	Vapor
-100 (-73)	3.261	23.281*	10.461	97.857	-12.548	65.885
-75 (-60)	7.281	15.097*	4.959	95.234	-7.597	68.919
-50 (-46)	14.602	0.190*	2.596	92.513	-2.251	71.928
-20 (-29)	30.006	15.310	1.317	89.088	4.693	75.442
-10 (-23)	37.256	22.560	1.073	87.898	7.133	76.577
-5 (-20)	41.349	26.653	0.973	87.293	8.376	77.137
0 (-18)	45.775	31.079	0.889	86.681	9.633	77.690
5 (-15)	50.553	35.857	0.801	82.862	10.906	78.237
10 (-12)	55.697	41.001	0.731	85.434	12.193	78.777
20 (-7)	67.155	52.459	0.602	843.152	14.809	79.836
50 (10)	112.12	97.42	0.367	80.058	22.977	82.800
75 (24)	163.81	149.11	0.248	76.269	30.122	84.958
100 (38)	230.89	216.19	0.171	71.967	37.563	86.711
150 (66)	423.06	408.35	0.079	60.092	53.850	87.757

* pulgadas de mercurio debajo de 1 atmósfera

Figura No. 9 Propiedades del líquido y vapor saturado refrigerante R-502

El refrigerante R-502 combina muchas de las mejores propiedades de refrigerante R-12 y R-22. Esto da a una máquina la capacidad de absorción de calor del refrigerante R-22. La temperatura de condensación de un sistema es muy parecida a la usada por el refrigerante R-12. Un diagrama Presión-Entalpía se muestra en la (**Figura No. A-1, Apéndice**) Una temperatura de condensación de 30°F (-1°C) es común en alimentos congelados. Cuando el refrigerante R-502 es usado en estas aplicaciones, la vida de las válvulas del compresor y otras partes se incrementa. A bajas temperaturas de condensación es posible una mejor lubricación debido al incremento de viscosidad del aceite.

El refrigerante R-502 tiene todas las cualidades encontradas en otros refrigerantes (fluorocarbonados) halógenos. Pueden ser detectadas fugas con una solución de jabón o con un detector electrónico. Este soporta 1.5 veces más humedad a 0°F (-18°C) que el refrigerante R-12 (12.0 ppm). Su uso se limita a sistemas enfriados por aire, por consiguiente no es posible utilizarlo en grandes instalaciones.

- **Amoníaco:** (refrigerante no-fluorocarbonado)

Entre los refrigerantes más utilizados no-fluorocarbonados o dañinos a la capa de ozono se encuentra el **Amoníaco NH₃**, este refrigerante es empleado en maquinaria de gran tamaño para procesos. Es un gas incoloro y con un fuerte olor característico. Ebulle a una temperatura a presión normal atmosférica de -28°F (-33.5°C) y con un punto de congelación a -107.86°F (-77.7°C). Este es bastante soluble en agua, 1 volumen de agua absorbe 1.148 volúmenes de amoníaco a 32°F (0°C). Es combustible o explosivo cuando se mezcla con aire a ciertas proporciones (acercas de 1 volumen de amoníaco por 2 volúmenes de aire) y mucho más cuando se mezcla con oxígeno. Debido a su alto valor de calor latente [555 BTU's a 18°F(-7.8°C)], son posibles grandes efectos refrigerantes, con equipo relativamente pequeño en tamaño. Es bastante tóxico y requiere uniones y sellos de acero pesados. Presiones de 125 a 200 libras por pulgada cuadrada (862 a 1379Kpa) no son comunes y se utilizan esencialmente con unidades de enfriamiento por agua.

Existen dos métodos comunes para la detección de pequeñas cantidades de fuga de amoníaco. Uno es con el uso de candela de sulfuro, la cual emitirá un espeso humo blanco si entra en contacto con el amoníaco, y el otro método es con una prueba de papel de fenoltaleína. El trazo de éste con vapor de amoníaco causará que franjas de papel húmedo se vuelvan moradas, ahora si se expone por un largo tiempo, cambiará aun fuerte color púrpura. El papel de fenoltaleína es bastante utilizado por los productores de amoníaco. Ambos métodos son convenientes y recomendados.

El sector industrial ha estado y está muy satisfecho con el amoníaco, aunque este compuesto es tóxico. Las ventajas del amoníaco sobre otros refrigerantes es su bajo costo, altos coeficientes de operación (y en consecuencia menores costos de energía), propiedades termodinámicas y de transporte más favorables, y por ello coeficientes de transferencia de calor más altos, mayor detectabilidad en el caso de una fuga y ningún efecto en la capa de ozono. La principal desventaja del amoníaco es su toxicidad, que lo hace inadecuado para el empleo doméstico. El amoníaco se utiliza predominantemente en las instalaciones de refrigeración de alimentos como la preservación de frutas frescas, vegetales, carnes y pescado; La refrigeración de bebidas como la cerveza y el vino, y de productos lácteos como la leche y el queso; el congelamiento de helados y otros alimentos; la producción de hielo, y la refrigeración a baja temperatura en las industrias farmacéuticas y otros procesos como el de la carne.

En resumen, tomando en cuenta cualesquiera de los refrigerantes, no importando si son los más utilizados como los anteriormente mencionados, los parametros importantes que necesitan considerarse en la selección de un refrigerante son las temperaturas de los dos medios (el espacio refrigerado y el ambiente), con los cuales el refrigerante intercambia calor.

Para tener una transferencia de calor a una relación razonable, debe mantenerse una diferencia de temperatura de 41 a 50 °F (5 a 10°C) entre el refrigerante y el medio refrigerado con el cual intercambia calor. Si un espacio refrigerado va a mantenerse a 14°F (-10°C), por ejemplo, la temperatura del refrigerante debe mantenerse en -4°F (-20°C), mientras absorbe calor en el evaporador. La presión más baja en un ciclo de refrigeración sucede en el evaporador, y esta presión debe estar por arriba de la atmosférica para evitar cualquier filtración de aire dentro del sistema de refrigeración. Por tanto, un refrigerante debe tener una presión de saturación de una atmósfera o mayor a -4°F (-20°C) en este caso particular. El amoníaco, el R-12 y el R-502 que es una mezcla, son tres de esas sustancias que necesitan este tipo de características.

La temperatura (y por tanto la presión) del refrigerante en el lado del condensador depende del medio hacia el cual se rechaza el calor. Las temperaturas menores en el compresor (y por ello coeficiente de operación más altos) pueden mantenerse si el refrigerante se enfría con agua líquida, en lugar de aire. Sin embargo, el enfriamiento con agua es bastante más caro, por lo que sólo resulta justificable en grandes sistemas de refrigeración industrial, como los cuartos refrigerados de congelamiento rápido para el uso de carne.

XI. PASOS A SEGUIR EN UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIODICO

El mantenimiento preventivo periódico adecuado de cualquier equipo alarga el tiempo de su vida útil. En cualquier tipo de cuarto refrigerado es necesario que se realice un plan de mantenimiento, ya que de él dependerá su vida de servicio y evitará problemas más grandes, que nos obliguen a parar la planta y tener no sólo pérdidas a nivel mecánico, sino en producción.

Para establecer un buen programa de mantenimiento, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Hacer un análisis respecto de cuál es la función de cada equipo o pieza, las condiciones en que opera y qué partes son más importantes en el proceso.
- Revisar el sistema en forma general para buscar posibles defectos e identificarlos.
- Elaborar un programa de mantenimiento donde se describa cada equipo, localización y orden de cada pieza, trabajo que se puede realizar, y precauciones a tomar en cuenta.
- Cálculo aproximado del tiempo de mantenimiento, así como tener existencia de repuestos más comunes en un posible daño o por tiempo de trabajo, de la pieza.

En el caso de un cuarto de congelamiento rápido, es necesario realizar el programa de mantenimiento cada tres meses, haciendo siempre un chequeo general mensual. Para efectuar este mantenimiento deberá detenerse el funcionamiento de los equipos, por lo que se debe paralizar la producción, y evitar que el producto se dañe por la mala cristalización.

de las fibras musculares, debido a la ganancia de temperaturas y grasas o bien la corrupción de la carne por el uso de algunos químicos en la limpieza y lubricación de los evaporadores.

Unidad condensadora: El mantenimiento de cualquier equipo de blast freezer debe iniciarse por ésta. En las unidades enfriadas por aire debe hacerse una limpieza general al condensador para que deje libre la circulación de aire y baje la presión del refrigerante. En el caso de los condensadores enfriados por agua, es necesario realizar la limpieza en el interior de los tubos de agua, y evitar que se formen sedimentos, para lo cual se utiliza algunos químicos especiales o bien se reemplaza toda el agua del sistema de enfriamiento.

Se revisa cualquier clase de fuga que pueda existir en uniones y acoplamientos, a la vez es necesario el chequeo de nivel de aceite del compresor y evite posible recalentamiento o daño a la caja completa de cigüeñal y bielas. Es necesario determinar si los controles aquí ubicados están en perfectas condiciones como el control de presión y de aceite, los cuales pueden provocar que el motor-compresor reciba señales erróneas, y provoque trastornos en el sistema o bien incremento en la temperatura del cuarto refrigerado.

Evaporador: al igual que la unidad condensadora, los evaporadores deben limpiarse periódicamente para impedir que el polvo, la sangre y grasa de la carne se acumulen y cierren los espacios entre las aletas. Esto evitaría que exista libre circulación de aire. Debido a que para obtener un descenso mayor de la temperatura es necesario determinar si los motores ventiladores de las unidades están funcionando a su máxima capacidad. Esto se puede lograr al determinar la cantidad de hielo o escarcha que se acumula en los serpentines, ya que ésta no debe exceder de $3/8''$ (9.53mm), lo que puede llegar a causar que se forme un tipo de aisladores por los excesos de hielo.

Otra de las causas para la formación de escarcha o hielo debe ser el exceso o faltante de gas refrigerante, que debe de estar adecuado al equipo, sin alzas ni bajas, ya que el exceso en la carga produce una expansión excesiva de refrigerante y puede llegar a provocar aislamiento térmico. La falta de refrigerante en el sistema puede lograr que la tubería no escarche debido a la pobre expansión del refrigerante, lo que causaría que la tubería "sude", y no daría la temperatura necesaria, provocando humedad en el ambiente. La escarcha que se forma en el exterior debe ser lo suficientemente gruesa para descender la temperatura del producto por medio de la circulación de aire en el sistema sin llegar a un máximo de 3/8 y producir aislamiento térmico, ni tan delgada para que, al paso del aire por los tubos sea posible desaparecerla.

Al obtener un espesor adecuado de escarcha en el exterior de la tubería, se obtiene en el interior de la misma una humedad constante, lo que comúnmente se llama mojado, lo cual representa una máxima eficiencia, debido a que el transporte de calor es mayor de aire a líquido que de aire a vapor.

Servicio preventivo de motores: Dependiendo del tipo de equipo que se esté utilizando, es necesario darle el mantenimiento y supervisión a los motores de las unidades evaporadoras y condensadora, según sea el caso. Un encargado puede con frecuencia prevenir las perturbaciones eléctricas al observar las características del motor y otras partes del equipo cuando realice un chequeo general. Se debe suministrar de aceite y grasa al motor y cojinetes y observar sus niveles. Será necesario comprobar las tensiones y ajustes del montaje del motor, por lo que si existe alguna vibración anormal, debe determinarse su causa. Además, comprobarse la tensión y alineación de las fajas de la unidad condensadora.

En el caso de los motores de la unidad evaporadora, estos trabajan a baja temperatura, por lo que es importante que el aceite de lubricación no desprenda cera. Tanto el gas "freon", como otros refrigerantes clorados poseen propiedades disolventes para separar la cera del aceite. El caso crítico es en las unidades donde se emplea otro tipo de refrigerante como amoníaco, dióxido de carbono, nitrógeno, etc. Con una mezcla de refrigerante y aceite se necesitan dos condiciones para separar la cera del aceite, que son: bajas temperaturas y alto porcentaje de aceite en la mezcla. El uso de un aceite preparado en alto grado para refrigeración a baja temperatura y el uso de separadores de aceite, reducen al mínimo, si no elimina la formación de cera.

El funcionamiento de una válvula de expansión u otro control de refrigerante, en el cual ha habido formación de cera, es en cierto modo semejante al de una en que haya helado la humedad. Con formación de cera, la válvula quedará "suelta" a una temperatura más baja de 32°F. Si se desmonta la válvula, puede verse la cera en la entrada y en la salida. En general, para seguir un programa de mantenimiento se hace por eliminación de problemas de refrigeración, como se hace un sistema eléctrico, y seguir una aproximación sistemática, hacer reparaciones y ajustes con una cuidadosa observación y comprobación.

En los chequeos preliminares, así como en los servicios de mantenimiento deben hacerse las siguientes observaciones generales:

- Temperatura del espacio refrigerado: Midiendo con un termómetro fuera de corrientes de aire o en contacto con paredes para obtener una temperatura promedio y comprobar si hay una desviación de la temperatura.

- Temperatura del serpentín o el refrigerante: Es un excelente indicio del funcionamiento en la región de baja presión del sistema. Además debe tomarse cuando el compresor esté funcionando y debe notarse la congelación y exudación del serpentín.
- Temperatura de tuberías de líquido, succión y descarga: En un sistema que funciona normalmente, la tubería de líquido está caliente al tacto. La temperatura de la tubería de succión varía con la longitud de la línea y la succión del sistema. En unidades de baja temperatura que no posean un intercambiador de calor, la temperatura de succión debe ser menor. La temperatura normal de descarga es considerablemente mayor que la de la habitación.
- Presión de succión: La presión de succión a la cual funciona la unidad de condensación durante el ciclo de acción, se puede emplear para determinar la temperatura del serpentín, en vez de usar termómetros. A mayor longitud de tubería de succión, mayor pérdida de presión.
- Presión de descarga: La presión normal principal para un refrigerante varía con la temperatura y la cantidad de medio que se ha de enfriar, con la presión de succión y la limpieza del condensador.
- Sonidos: Los sistemas para este tipo de cuartos de congelamiento lo hacen con relativa suavidad. Los ruidos más comunes son un libre ruido y sonido de repiqueteo, más bien apagado, de las válvulas del compresor. Un compresor que golpea tiene aceite que pasa por las válvulas o padece de algún defecto mecánico.

- **Funcionamiento general:** Debe observarse el funcionamiento del cuarto de congelación completo. Debe anotarse las anomalías tales como la marcha irregular o continua, ciclos cortos o sobrecalentamiento o congelación de la tubería de succión. Con frecuencia, la temperatura del motor auxilia a la localización de las perturbaciones. Un motor que está en buenas condiciones eléctricas, pero que se nota caliente con la mano, puede indicar sobrecarga, sobrecarga de refrigerante o aire en el sistema. Un motor frío indica poca carga que puede ser debida a un compresor ineficaz o a un mal ajuste de la válvula de expansión. La temperatura normal del compresor merece atención y debe ser ligeramente superior a la de parada. Si el compresor está con rocío o frío, es casi seguro de que hay presente líquido refrigerante. Si el compresor está caliente, indica escasez de aceite. El tiempo de funcionamiento de un compresor es de poco valor para localizar la perturbación, a no ser que se conozca el tiempo medio para determinadas aplicaciones.

Puesto que el tiempo de funcionamiento depende del tamaño del equipo con relación a la carga de servicio, en cualquier caso puede ser de 20 a 80% el tiempo transcurrido.

Es importante siempre en un programa de mantenimiento hacer unos cuadros de servicio, los cuales son útiles para analizar perturbaciones y especialmente cuando ingresen a planta nuevos jefes de mantenimiento o encargados de servicio, que no conozcan de que tipo de equipos o funciones poseen. Los cuadros deben estar basados en conocimientos fundamentales y en experiencia y deben estar organizados de tal manera que den una aproximación lógica para cada problema.

Ejemplo de unos cuadros para distintas aplicaciones:

ESPACIO CONGELADO DEMASIADO CALIENTE

(La unidad condensadora funciona continuamente)

OBSERVACIONES	PROBLEMA	SOLUCION
Presión de succión: aumenta rápidamente cuando para el compresor. Evaporador: tubería de succión congelada. Presión principal: congelada	El compresor lleva refrigerante con más rapidez que se puede evaporar, debido a la corriente de aire restringida, o hielo en el evaporador.	Quítese el obstáculo a la corriente de aire. Descongélese.
Silbido en la válvula de carga y temperatura decreciente por obstrucción.	Filtro o deshidratador parcialmente taponados o demasiado pequeño.	Límpiese el filtro. Sustitúyase la carga del deshidratador o bien el filtro.
Descarga de agua muy caliente y excesivamente abundante.	Temperatura del agua demasiado elevada.	Instálese condensador evaporativo.
El calentamiento del bulbo de contacto aumenta la presión de succión y disminuye el sobrecalentamiento.	El elemento de potencia de la válvula de expansión ha perdido parte de su carga.	Sustitúyase la válvula de expansión.
Velocidad demasiado baja del compresor.	Voltaje bajo en la línea.	Disminúyase la carga o aumentese el diámetro de la línea.
Sale aire seco y caliente del condensador de agua.	La bomba no funciona, no hay agua.	Ver tubería, válvula y reparar.
Tubería más fría que lo normal	Válvula de servicio de tubería de líquido, cerrada	Abrase.
La culata del compresor y la tubería de líquido muy fríos	Las fajas del compresor resbalan	Auméntese la tensión.

ESPACIO CONGELADO MUY FRIO

(La unidad condensadora funciona demasiado tiempo)

OBSERVACIONES	PROBLEMA	SOLUCION
Compruébese el hielo, déjese la válvula calentar hasta fundir el hielo o perfórese ligeramente. Compruébese la cera o la suciedad.	El hielo, suciedad o cera cierran parcialmente la válvula de expansión	Límpiese la válvula. Instálese deshidratador. Sustitúyase el aceite por otro con menor contenido de cera.
La presión del receptor, baja. El motor y la culata del compresor, calientes.	El tubo del condensador reducido.	Límpiese o cámbiese
Evaporador: sobrecalentamiento normal	Se han dejado abiertas las puertas.	Instrúyase a los empleados del uso conveniente.
El elemento de potencia calorífica, corregido a mano, perturba de cuando en cuando.	La válvula de expansión se halla en un sitio demasiado frío. El elemento de potencia está más frío que el bulbo de contacto.	Variéase de situación la válvula a otro lugar más caliente.

GASTO DE AGUA DEMASIADO ELEVADO

(Unidades enfriadas por agua)

OBSERVACIONES	PROBLEMA	SOLUCION
Caudal de agua normal. Altura de presión normal	1. La válvula de agua pierde cuando se corta el servicio. 2. La unidad condensadora funciona demasiado tiempo.	1. Repárese. 2. Chequear problemas de exceso de funcionamiento.
Caudal de agua elevado. Altura de presión normal	1. Presión de agua demasiado elevada. 2. Válvula de agua desajustada. 3. Válvula abierta y descajada. 4. Condensador sucio por lo que hay poco transporte de calor.	1. Instálese válvula reguladora de presión 2. Ajustese. 3. Repárese 4. Límpiese o sustitúyase.

GASTO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

(Cualquier sistema)

PROBLEMA	SOLUCION
Suministro de voltaje bastante irregular ó régimen eléctrico defectuoso.	Ponerse en contacto con la compañía que presta el servicio y regular las caidas de voltaje.
Las maquinas funcionan demasiado tiempo	Chequear problemas de exceso de funcionamiento de la unidad.

RUIDOS Y OLORES

(Cualquier sistema)

OBSERVACIONES	PROBLEMA	SOLUCION
Compresor, ruidoso	1. Los pernos de apoyo del compresor sueltos. 2. La faja produce ruido 3. No se han quitado las maderas de envío. 4. El compresor bombea el aceite. 5. Excesivo refrigerante. 6. Aire en el sistema.	1. Apriétense 2. Alinear poleas o aumentar la tensión 3. Quitarlas 4. Quítese el exceso de aceite. 5. Eliminar algo de refrigerante 6. Púrguese el sistema.
Olor en el espacio congelado	Fugas de refrigerante	Localicense y repárense
Olor en el interior del cuarto	La superficie del serpentín está sucia.	Lávese con una solución de sosa.
Olor en el exterior del cuarto	Fuga de refrigerante	Localícese la fuga y repárese
Olor en la unidad	Faja quemada por deslizamiento	Auméntese la tensión o sustituyase si es necesario
Olor en la unidad	Motor recalentado	Localícese la causa del problema. Instálese un relé de sobrecarga.

Algunas veces, durante el mantenimiento, aparecen dificultades o trabajos que no se habían tomado en cuenta o bien no se habían notado en los chequeos generales mensuales, por lo que es necesario realizarlos, aunque retrase el tiempo de mantenimiento estipulado. Ya terminado el mantenimiento, es necesario hacer una inspección general a todo el equipo antes de poder dar el visto bueno. Aquí es necesario repasar lo siguiente:

- Observar que todo el equipo esté en su lugar
- Verificar si fueron realizadas las reparaciones previstas
- Chequear que todas las conexiones eléctricas estén bien, así como que los motores estén bien ajustados para evitar vibraciones.
- Comprobar el nivel de aceite del compresor
- Asegurarse que las válvulas de succión y descarga del compresor estén debidamente abiertas.
- Arrancar el sistema
- Chequear si las líneas de succión y de descarga están funcionando, es decir expansionando y condensando con normalidad.
- Comprobar si en funcionamiento todo está perfecto o si no solucionarlo lo más pronto posible.

XI. CONCLUSIONES

- Para el diseño de un cuarto de congelación rápida es muy importante seguir los lineamientos aquí descritos para evitar errores en el aislamiento, colocación del equipo, uso de refrigerantes, etc.
- La temperatura de congelación de la carne, así como la velocidad del aire de enfriamiento, debe ser precisa y exacta. El uso de controles de presión del refrigerante y temperatura en el cuarto, ayudan a estabilizar este requerimiento.
- El uso de cuartos convencionales y medios de transporte va íntimamente relacionados con el uso de Blast-Freezers para mantener el producto (carne) en sus condiciones finales de congelamiento rápido.
- La producción de carne requiere de un control de limpieza e higiene sumamente grande, por lo que se debe evitar que los equipos estén demasiado expuestos al producto para evitar contaminaciones.
- Los túneles de congelación van por lo regular instalados dentro de un cuarto convencional para evitar que el túnel sufra una gran transferencia de calor debido a las diferencias de temperaturas tan marcadas.

Es necesario realizar un mantenimiento preventivo periódico al sistema completo para evitar que se obstruyan los equipos o bien el daño de los mismos por exceso de resiones.

El efecto de la congelación rápida en la congelación de la carne es mejor en calidad, sabor textura y tiempo de vida en comparación con el congelamiento lento (ver microscopías en el Apendice)

APENDICE

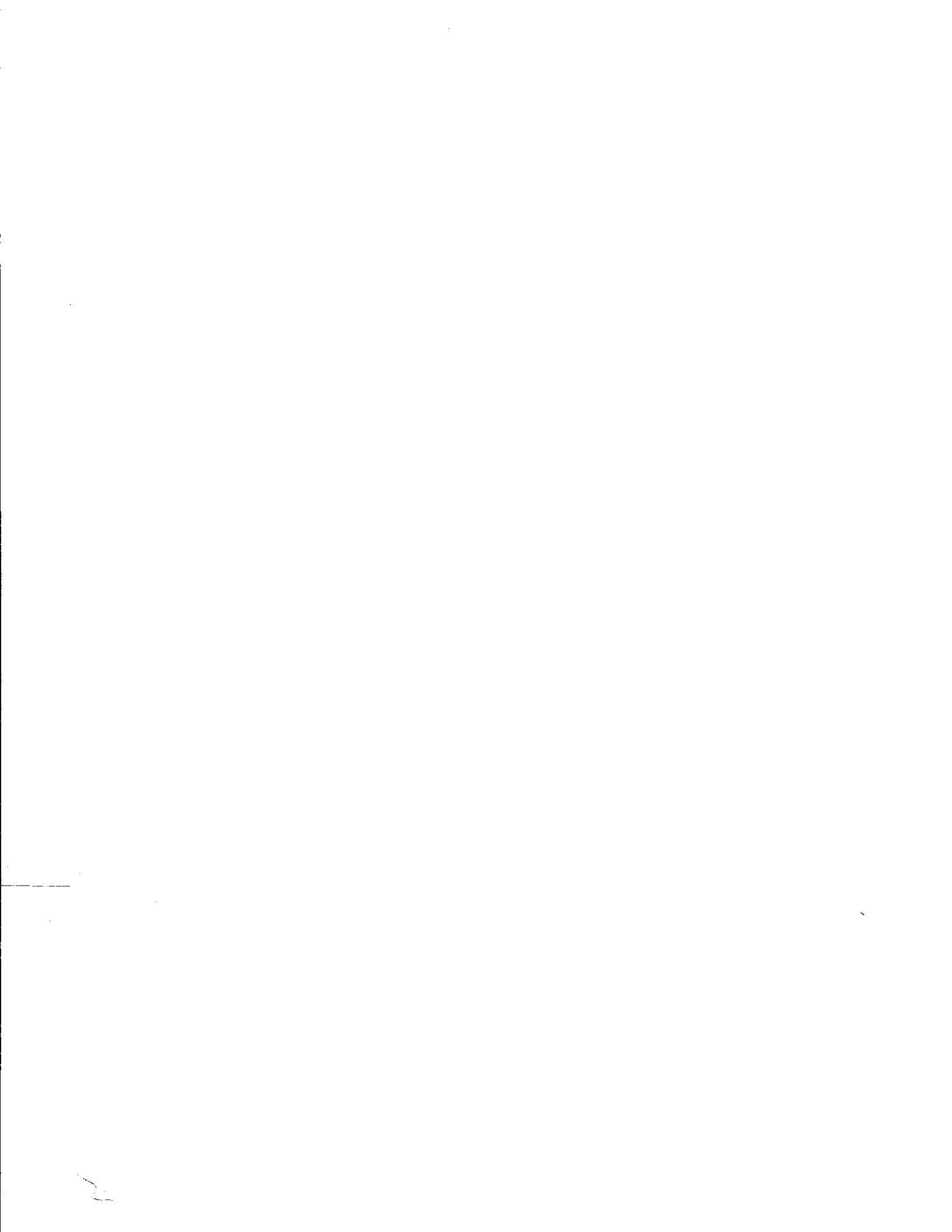


Diagrama Presión-Entalpía REFRIGERANTE R-502

Temperatura en. °F, Entropía: Btu/(lb)(°R), Volumen en: pies cúbicos/libra

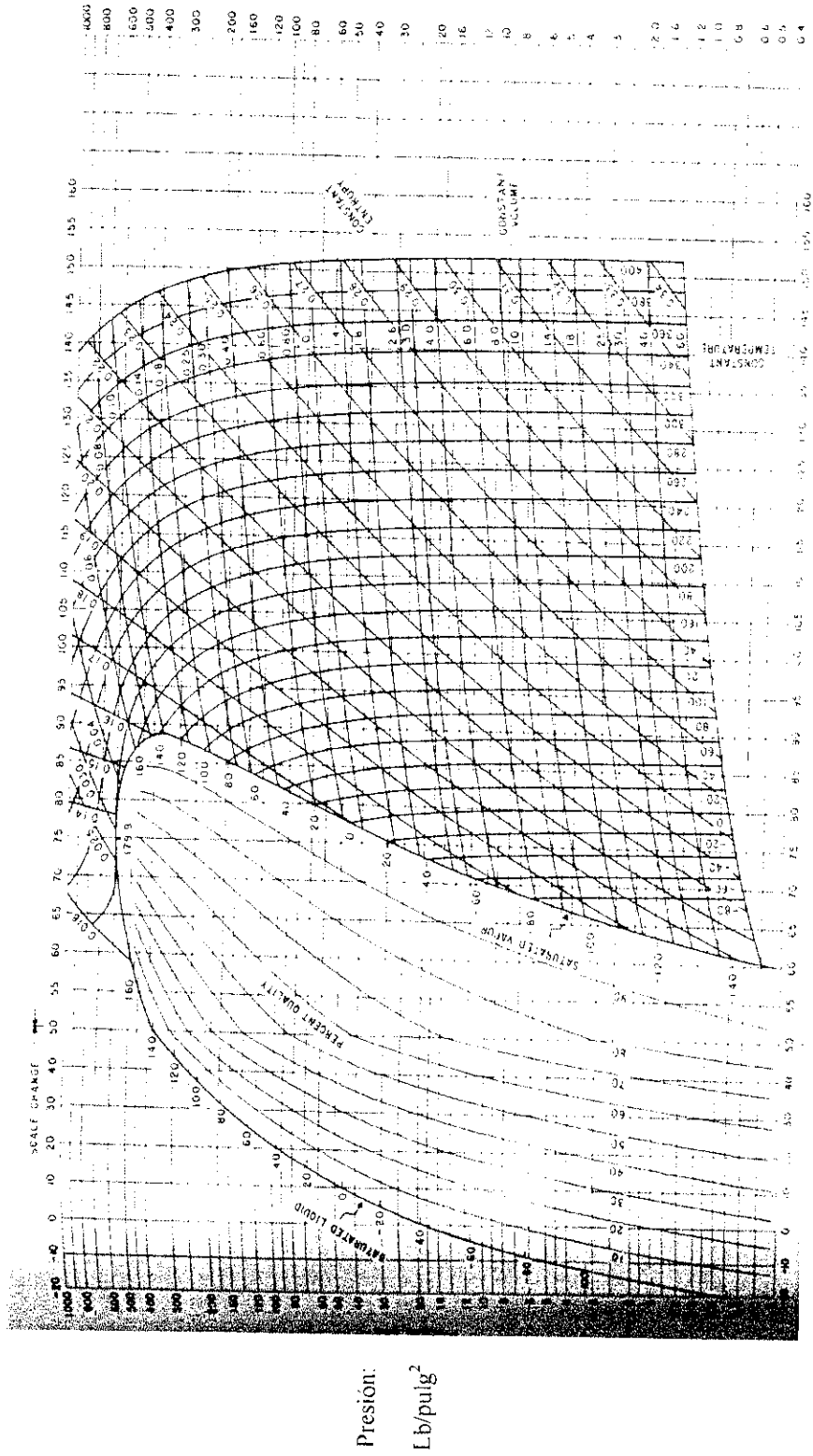


Figura A-1

Diagrama Temperatura- Tiempo

Curvas de Congelación para cortes

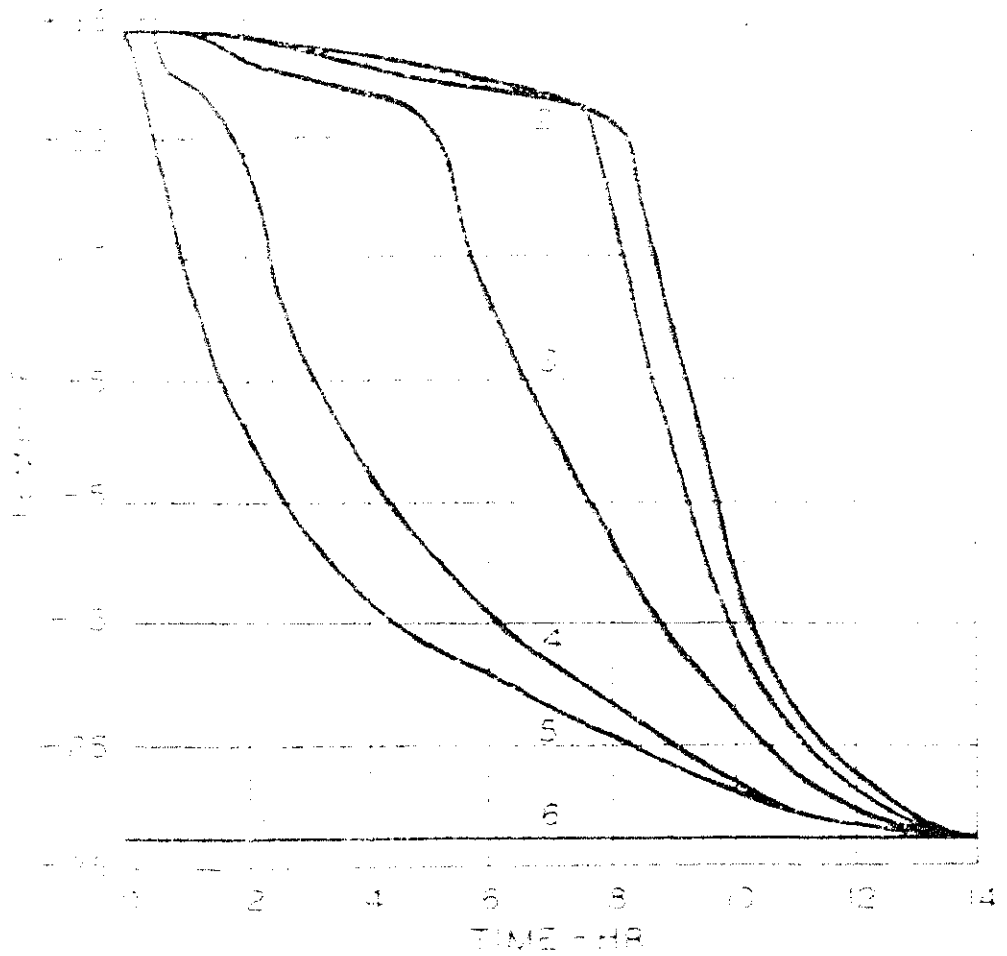


Figura No. 8

Grueso de la carne (1) Con hueso ; (2) 4 pulgada (10.16 cm.) ; (3) 2 pulgadas (5.08 cm) ; (4) 1 pulgada (2.54 cm) ; (5) 1/2 pulgada (1.27 cm)

CALOR ESPECIFICO "c" Y CALOR LATENTE "h"

Producto	Coeficiente de Congelación	Coeficiente de Congelación	Coeficiente de Congelación	Coeficiente de Congelación
Tocino	0.50	0.30	28	
Carne Fresca sin grasa	0.77	0.40	100	
Carne Fresca con grasa	0.60	0.35	79	
Carne Seca	0.34	0.25	21	28.0 (-2.2)
Pescado Fresco	0.82	0.41	109	
Pescado Seco	0.56	0.34	65	
Cerdo Fresco	0.60	0.38	66	
Cerdo Salitrado	0.46	0.38	66	
Lomito	0.74	0.40	97	30.2 (-1.0)
Jamones	0.67	0.42	66	

Tabla No. A-1

APARIENCIAS MICROSCOPICAS DE CRISTALES DE HIELO

En trozos de carne a diferentes temperaturas

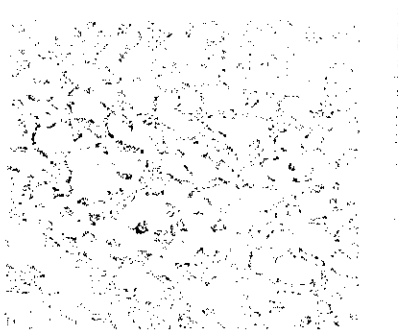


Fig. 3. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at -10°F in Natural Air Movement After Slaughter (1963).

Figura No. 3

Congelamiento de trozos de carne a -10°F (-23°C)
Con enfriamiento por corriente de aire por Gravedad.

Figura No.4

Congelamiento de trozo de carne a 20°F (-7°C).

Congelamiento por medio de aire por gravedad.
Cristales de hielo demasiado grandes dispersos y mal distribuidos, debe comerse en el momento



Fig. 4. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at 20°F in Natural Air Movement After Slaughter (1963).

Figura No. 5

Congelamiento de trozo de carne a -30°F (-34°C).

Congelamiento por aire por gravedad
6 horas despues de matado el animal.

Cristales de hielo de tamaño regular pero en cantidad

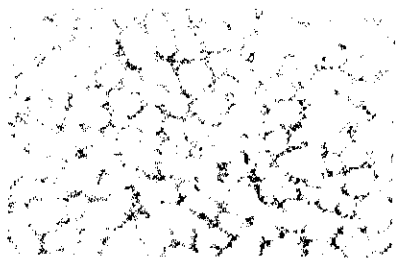


Fig. 5. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at -30°F in Natural Air Movement 6 hr After Slaughter (1963).

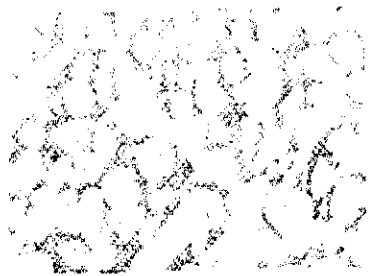


Fig. 6. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at -30°F in Natural Air Movement One Day After Slaughter (C-33).

Figura No. 6

Congelamiento de un trozo de carne a -30°F (-34°C)

Congelacion por aire frio por gravedad despues de 1 día de matado el animal.

Cristales de hielo bastante grandes, poco tiempo vida útil.

Figura No. 7

Congelamiento de un trozo de carne a -30°F (-34°C)

Congelamiento por aire frio por gravedad despues de 35 días de matado el animal

Cristales de hielo demasiado grandes y muy dispersos, debe comerse en el momento.

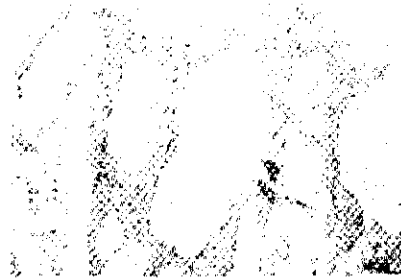


Fig. 7. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at -30°F in Natural Air Movement 35 Days After Slaughter (C-33).

Figura No. 8

Congelamiento de un trozo de carne a -30°F (-34°C)

Congelamiento rápido por medio de un Blast Freezer

Cristales de hielo, de pequeño tamaño y bien ordenados.

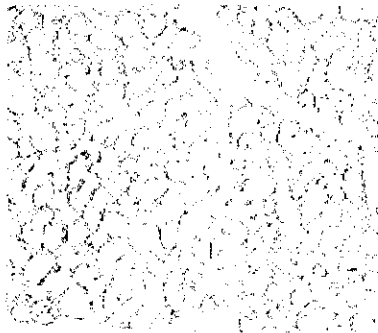
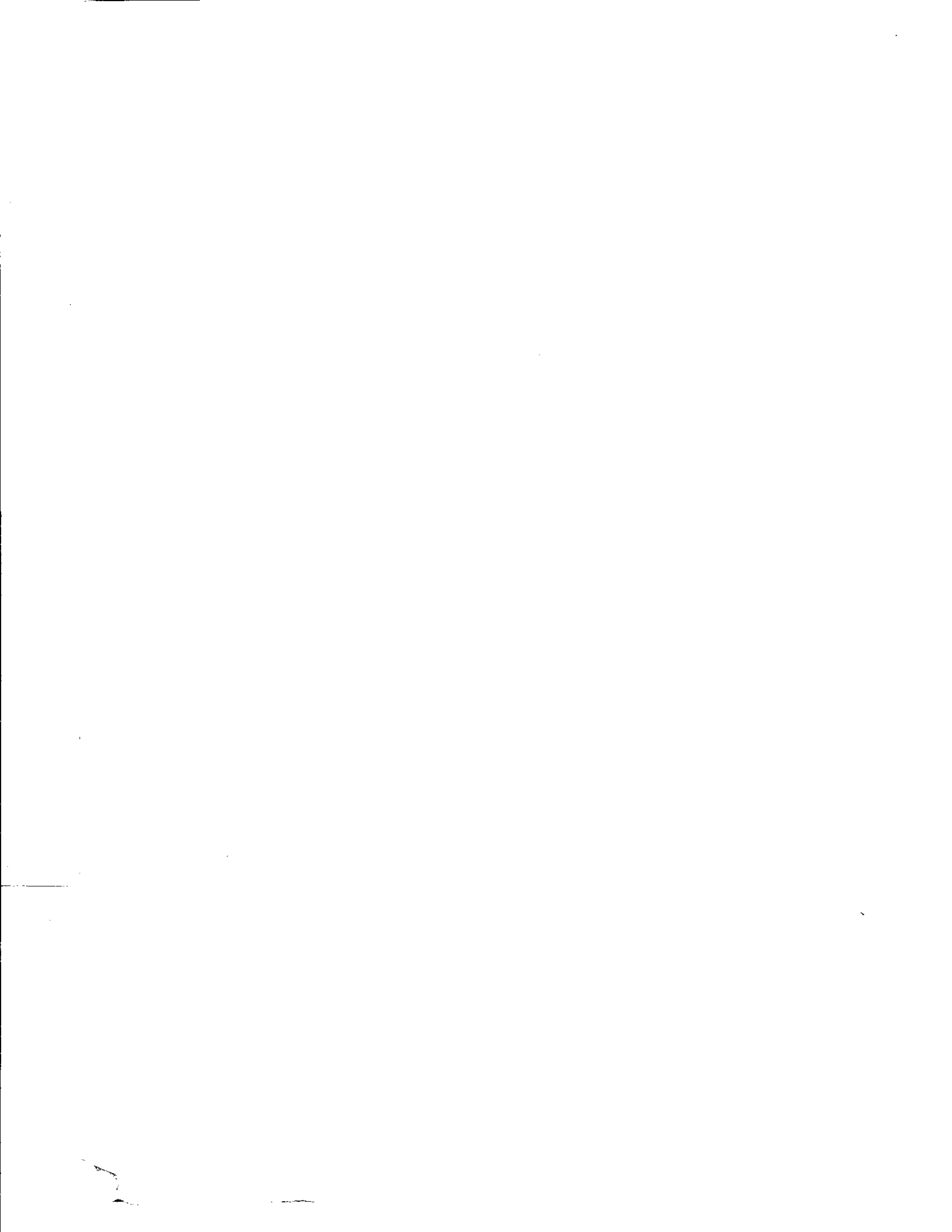


Fig. 8. Microscopic Appearance of Ice Crystals in Steaks Frozen at -30°F Air Blast (C-33).



XIII. BIBLIOGRAFIA

- Abbot, J.; Burdette, R. La comercialización del ganado y de la carne. USA:
1984 ONU para la agricultura y la alimentación, 228p.p.
- Althouse, Turnquist, Bracciano. Modern Refrigeration and Air Conditioning.
1996 Illinois, Goodheart Willcox Co., 5th Edition, 1217 p.p.
- Avalon, E.; Baumeister, T. Manual del Ingeniero Mecánico. (Marks), México,
1995 Mc Graw Hill, 9ª Edición.
- Dossat, R. Principios de Refrigeración. México, Compañía Editorial Continental
1989 8va. Edición, 967p.p.
- ASRE Refrigerating Data Book. Menasha Wisconsin, American
1990 Society of Refrigerating Engineers, 684p.p.
- ASRE Refrigerating Data Book: Fundamentals, Menasha Wisconsin,
1989 American Society of Refrigerating Engineers.
- Nelson, C. Refrigeración Comercial e Industrial. Madrid, Editorial Dossat,
1987 4ta. Edición, 516p.p.



