

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

71

ANTEPROYECTO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA
PARA CONSERVAR POLLO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

GILBERTO ARMIENTA EMERICH

26

México, D. F.

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis
ADQ. 1926
FECHA 01-1-30
PROC. 30



QUIMICA

A MIS HIJOS

NATALIA Y KENNY BENJAMIN

con cariño.

A MI ESPOSA GEORGINA

con todo mi amor.

A mis padres

Emma y Gilberto

A mis hermanos

Jorge, María Emma, Norma,

Patricia, Héctor y Raúl

Con agradecimiento para Luis Carlos, José
Antonio, Adolfo, Fernando, Rafael, Darío,
Felipe y Alberto.

A mis maestros y compañeros.

✓
PRESIDENTE: Prof. ENRIQUE GARCIA GALEANO

VOCAL: Prof. FERNANDO MALDONADO MENDOZA

SECRETARIO: Prof. LUIS A. URIBE RODRIGUEZ

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

1er. SUPLENTE: Prof. RUBEN BERRA GARCIA
Y COSS

SEGUN EL TEMA

2do. SUPLENTE: Prof. GILBERTO VILLELA --
TELLEZ

Sitio donde se desarrolló el tema: BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE
QUIMICA.

Nombre completo y firma del sustentante: GILBERTO ARMIENTA EMERICH

Nombre completo y firma del asesor del tema: FERNANDO MALDONADO
MENDOZA

I N D I C E

Pág.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

1.- Introducción.....	2
2.- Causas de la descomposición de alimentos.....	3
3.- Medidas para evitar la alteración de alimentos...	4

C A P I T U L O II

CALCULO PRACTICO DE LA CAMARA DE CONSERVACION

a).- Dimensiones de la cámara de conservación.....	6
b).- Construcción.....	7
c).- Aislamiento.....	8
d).- Relaciones fundamentales y cálculo del coeficiente de transmisión.....	11
e).- Cálculo de la carga de refrigeración para el -- cuarto de conservación.....	12
1.- Transmisión.....	12
2.- Carga debida al producto.....	13
3.- Infiltración.....	16
4.- Carga debida al alumbrado.....	19
5.- Carga debida a los trabajadores.....	19
6.- Motores eléctricos dentro del espacio refrigerado.....	20

C A P I T U L O III

SELECCION DEL EQUIPO DE REFRIGERACION.....	23
a).- Selección del compresor.....	24
b).- Selección de los evaporadores. Descongelamiento del difusor Puerta de refrigeración	31

C A P I T U L O IV

ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	40
Cálculo de la tubería.....	41
Mantenimiento preventivo del sistema.....	44
Análisis del ciclo de refrigeración.....	46
Elementos de control.....	48
a).- Control de refrigerante	
b).- Control eléctrico	

C A P I T U L O V

COSTO, CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.....	51, 53 y 54
---	----------------

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

1.- I N T R O D U C C I O N

La conservación de alimentos es uno de los mayores problemas que ha tenido el hombre desde tiempo inmemorial. Las poblaciones urbanas modernas requieren grandes cantidades de alimentos que, en su mayor parte deben ser producidos y procesados en áreas distantes, estos alimentos deben conservarse en buenas condiciones durante el tránsito y almacenaje subsecuente hasta que finalmente se consumen, esto puede ser cuestión de horas, días, semanas o meses. Entonces resulta natural que el hombre descubriera métodos de preservación de alimentos tales como el secado, ahumado, escabechado y salado antes de que tuviese conocimiento de las causas del deterioro de alimentos.

Aunque en la actualidad se utilizan todos estos métodos, -- tienen la desventaja de producir cambios severos en la apariencia, sabor y olor de los productos. Además son limitados con respecto a tiempo. Actualmente se conservan mas alimentos por enlatado que -- por todos los demás métodos, su principal desventaja es que los -- alimentos deben ser esterilizados al calor lo que frecuentemente -- resulta en cocción excesiva por lo tanto, aún cuando los alimentos enlatados tienen con frecuencia un sabor distintivo y delicioso -- muy propio difieren generalmente en forma notable del producto original. El unico medio de conservar alimentos en su estado original es por refrigeración.

Puesto que la conservación de alimentos es una simple cuestión de evitar o retardar el deterioro independientemente del método

do usado, es conveniente el conocimiento de las causas del deterioro y estas son una serie de cambios químicos complejos que tienen lugar en los alimentos después de la cosecha o del sacrificio.

2.- CAUSAS DE LA DESCOMPOSICION DE ALIMENTOS.

Las causas de la descomposición de alimentos pueden ser internas y en consecuencia, resultado de un proceso natural o externas, los dos factores pueden ser simultáneos y dar como resultado una descomposición final.

Los agentes que descomponen los alimentos se dividen en dos grupos principales: Enzimas y Microorganismos.

a) Enzimas.-

Las enzimas son sustancias químicas complejas que se presentan generadas por las células para continuar la vida aún después de cosechado el vegetal. Hay dos formas de evitar el deterioro -- causado por las enzimas por cocimiento, destruyendo las enzimas y por temperaturas bajas reduciendo grandemente su acción.

b) Microorganismos.-

Existen tres tipos de microorganismos importantes en el estudio de la preservación de alimentos, 1) bacterias, 2) levaduras y 3) hongos.

La bacteria es la forma más simple de vida vegetal, es un organismo unicelular que se reproduce alargándose y dividiéndose en dos partes aún cuando su poder de reproducción es grande, su ciclo de vida es muy pequeño, en ocasiones de unos cuantos minutos.

La mayoría de las bacterias son destruidas a temperaturas -

elevadas y su actividad reproductora se inhibe a bajas temperaturas de -18 a -23°C . Las levaduras; al igual que las bacterias, son agentes de fermentación y deterioro y también requieren aire, alimento y humedad para su desarrollo. Son sensibles a la temperatura y grado de acidéz o alcalinidad del medio.

Los hongos son microorganismos vegetales unicelulares, para la preservación de alimentos frescos los hongos deben eliminarse a bajas temperaturas pues generan la fermentación.

3.- MEDIDAS PARA EVITAR LA ALTERACION DE ALIMENTOS.

Conocidos los agentes biológicos que intervienen en la descomposición de los alimentos, el siguiente paso será combatir estos elementos y para ello bastará con crear condiciones adversas a su desarrollo.

En la siguiente tabla se presentan una serie de condiciones favorables y desfavorables a las enzimas y microorganismos.

AGENTE	CONDICIONES FAVORABLES	CONDICIONES ADVERSAS
Enzimas	Buena temperatura Humedad	Baja temperatura Ausencia de humedad
Bacterias	Buena temperatura Humedad	Baja temperatura Ausencia de Humedad
Levaduras	Buena temperatura Humedad	Baja temperatura
Hongos	Ambiente mojado Atmósfera estancada	Sequedad

Para los fines de esta tesis, solo nos interesa un medio de conservación que como se aprecia de la tabla es el mas indicado para conservar los alimentos. Tal es el ciclo de refrigeración.

C A P I T U L O I I

CALCULO PRACTICO DE LA CAMARA DE
CONSERVACION.

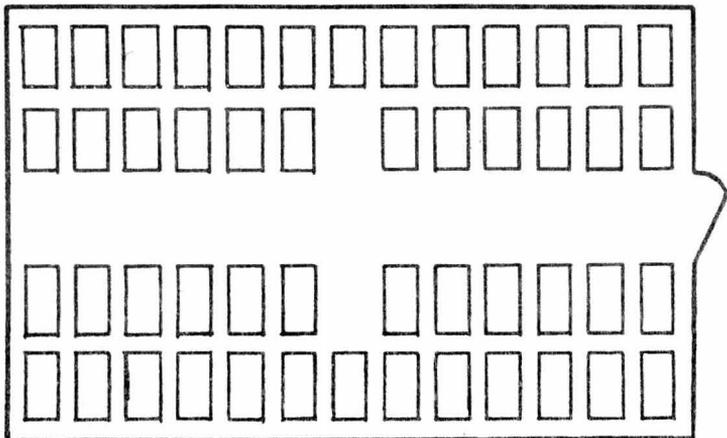
a).- DIMENSIONES DE LA CAMARA DE CONSERVACION

El cuarto de enfriamiento, se encuentra dentro de un edificio y su función será la de distribuir pollo desviscerado a los diferentes proveedores del Distrito Federal, para tal efecto recibirá 6,000 pollos diariamente en camiones debidamente acondicionados para transportar el producto a una temperatura baja.

Dentro de la cámara, los pollos irán colocados en cajas de polietileno de alta densidad.

Si en cada caja caben 20 pollos se necesitarán 300 cajas, - estas tienen de dimensiones 45 x 35 x 30 de altura todas en centímetros.

Si dejamos un espacio de 5 cm. entre caja y caja para una mejor circulación de aire, estas pueden quedar distribuídas de tal manera que haya 4 filas; 2 de 78 y 2 de 72 cajas, con un pasillo intermedio, buscando la funcionalidad óptima para el movimiento de éste producto durante su periodo de enfriamiento y posteriormente durante su venta, las cajas y la puerta se han distribuído como se muestra en la figura.



por lo tanto las dimensiones finales del cuarto de conservación serán: 5.50 metros de largo por 3 metros de ancho y 2.50 metros de altura.

Una vez que se tienen las dimensiones, el paso a seguir es escoger el tipo de construcción y el aislamiento de la cámara.

b).- CONSTRUCCION

Para no tener una ganancia excesiva de calor y tener que -- utilizar un aislamiento costoso, el cuarto deberá tener paredes -- construídas de un material que sea resistente a la transmisión de calor, o sea un buen aislante.

Uno de los mejores elementos de construcción desde el punto de vista económico y además por tener un factor de conductividad térmica bastante pequeño, es el block de concreto.

Su resistencia a la compresión y su poco peso lo hace ser -- bueno para la construcción; además, como es hueco, tiene conducti-.. vidad térmica bastante baja. Por lo consiguiente las paredes se -- construirán con este elemento.

El techo será de concreto, del tipo de losa que normalmente se usa.

El piso también será de concreto, una losa de 10 a 15 centí metros será suficiente para el tipo de trabajo al que será sometido, ya que no habrá circulación de carros (montacargas) dentro de la cámara.

Esta losa de concreto se colará después de haber sido colocado el aislamiento en el piso.

El acabado exterior de la cámara podrá ser, simplemente el mismo block de concreto pintado de blanco o de un color claro (para disminuir la transferencia de calor. Aunque también se puede proteger con arena y cemento.

Por dentro, después de colocar el aislamiento, las paredes se podrán aplanar con una mezcla rica en cemento.

c).- AISLAMIENTO

En el mercado de México existen principalmente cuatro tipos de aislamientos térmicos para uso industrial:

- 1.- La fibra de vidrio $K = 0.225$
- 2.- El corcho $K = 0.336$
- 3.- El poliuretano $K = 0.150$
- 4.- El poliestireno $K = 0.238$

Nota: $K = \text{BTU} / (\text{hora}) (\text{pies}^2) (^\circ\text{F}) (\text{pulgada de espesor})$

Todos estos tipos de aislamiento podrían utilizarse para el cuarto de enfriamiento, pero cada uno tiene una cualidad especial que lo hace ser preferido para cierto tipo de aplicaciones.

La fibra de vidrio, por ejemplo, es un aislante flexible -- muy usado para forrar tuberías de vapor, de agua caliente, calderas, ductos de aire acondicionado, etc. Pero no para cuartos de refrigeración, porque su aplicación es muy molesta ya que produce una irritación al estar en contacto con la piel. Esto no quiere decir que no sea posible usarla, sino que el personal que aislara -- una cámara de refrigeración con fibra de vidrio tendría que usar -- gafas, guantes y una ropa que protegiera los brazos y las piernas--

para evitar lo mejor posible el contacto con el material.

El corcho fue usado mucho tiempo como aislante pues su conductividad es pequeña, pero el factor económico lo fue sacando del mercado al surgir el poliestireno y el poliuretano. Ahora es usado principalmente como material acústico más que como aislante.

El poliuretano tiene una grandísima ventaja sobre los dos materiales mencionados: su constante de conductividad es mejor que el de cualquiera, es rígido, pero tiene la peculiaridad de poderse inyectar en esquinas y huecos (difíciles de acceso) como una simple espuma para rasurar.

Este aislamiento es el preferido para refrigeradores domésticos y en donde se desee el máximo aislamiento en el mínimo espacio.

El poliestireno es un aislante rígido, tiene una conductividad térmica un poco mayor al del poliuretano y por consiguiente no es tan buen aislante como éste, pero cuesta tres veces menos, por lo cual es muy conveniente por económico.

El poliestireno se consigue comúnmente en placas de 50 cm x 1 metro y de diferentes espesores 1,25 cm., 2.5 cm., 3.75 cm., 5 cm., etc.

Como el factor económico es muy importante, yo propongo aislar las paredes, el piso y el techo con poliestireno.

Este aislante tiene además una resistencia a la compresión bastante buena, lo que hace posible colar una losa de concreto encima de él sin necesidad de formar una retícula de varilla para el pi

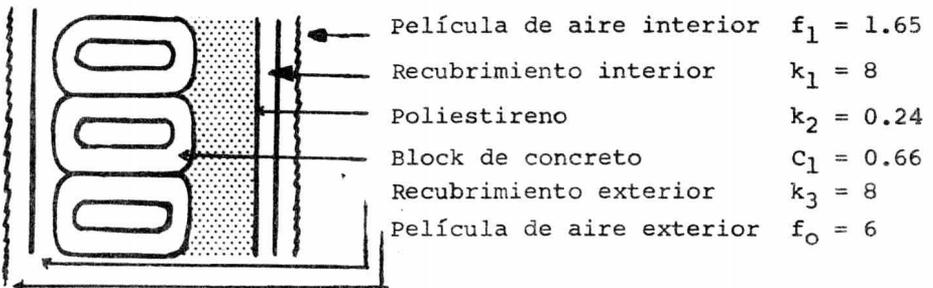
so.

ESPESOR DEL AISLANTE.

Entre más grueso sea el aislante, menor transmisión de calor tendremos en la cámara. Sin embargo prácticamente hablando, se considera una cámara bien aislada cuando su coeficiente total de transmisión es igual o menor de 0.05 BTU/ (hora) ($^{\circ}$ F) (pie^2).

Haciendo un cálculo tomando en cuenta que colocaremos 4" de aislamiento (poliestireno), cuya conductividad térmica es $K = 0.24$

Como habíamos propuesto anteriormente el muro propiamente dicho será de block de concreto y llevará una capa de impermeabilizante entre éste y el aislamiento que forma la barrera de vapor y que sirve para evitar la infiltración de humedad exterior, la parte interior y exterior de la cámara tendrá un recubrimiento protector de arena y cemento de 5 mm de espesor.



en donde: f_1, C_1, f_o están en BTU/(h) ($^{\circ}$ f) (ft^2)

k_1, k_2, k_3 están en BTU/(h) ($^{\circ}$ f) (ft^2)/pulg

d) .- RELACIONES FUNDAMENTALES Y CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMISION

$$U = \frac{1}{R_{\text{total}}}$$

$$R_t = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_0} + \frac{1}{C_1} + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \frac{X_3}{k_3}$$

en donde: C_1 = conductancia

k_1, k_2, k_3 = conductividades térmicas

X_1, X_2, X_3 = espesores en pulgadas

sustituyendo valores:

$$R_t = \frac{1}{1.65} + \frac{1}{6} + \frac{1}{0.66} + \frac{0.2}{8} + \frac{4}{0.24} + \frac{0.2}{8}$$

$$R_t = 0.606 + 0.166 + 1.515 + 0.025 + 16.666 + 0.025$$

$$R_t = 19$$

$$U = \frac{1}{19} = 0.05$$

$$U = 0.05 \text{ BTU}/(\text{hr}) (\text{ft}^2) (\text{°F})$$

Este será el valor del coeficiente total de transmisión de calor que se considerará para muros, piso y techo ya que como se puede ver el valor de la conductividad térmica del aislamiento es el factor determinante y como el espesor del aislamiento es igual en toda la cámara consideraremos este valor.

Contamos ya con las dimensiones de la cámara, así como el coeficiente de transmisión a continuación se efectuará el cálculo de la carga térmica que deberá ser extraída por el sistema de refrigeración.

e).- CALCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACION PARA EL CUARTO DE CONSERVACION.

Para efectuar el cálculo ordenado, se dividirán las fuentes de calor en seis grupos:

- 1.- Transmisión (por paredes, piso y techo)
- 2.- Carga debida al producto
- 3.- Infiltración
- 4.- Carga debida al alumbrado
- 5.- Carga debida a los trabajadores
- 6.- Motores eléctricos dentro del espacio refrigerado.

Se hará el cálculo de cada fuente de calor por separado, para despues recopilarlos en un gran total.

Para sumar todas las cargas como elementos homogéneos, se -- calculará la ganancia de calor por día.

1).- TRANSMISION

La ganancia de calor debida a la transmisión por paredes, -- piso y techo, varía con los siguientes factores: tipo de aislamiento, espesor, materiales de construcción, área exterior de las paredes, piso y techo y diferencia de temperaturas entre el espacio refrigerado y el aire exterior.

Con la ecuación fundamental de transmisión de calor obtendremos la ganancia de calor a través de las paredes, del techo y del -- piso.

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

donde:

U = Coeficiente total de transmisión

A = Area de transmisión

T = Diferencia de temperatura entre el interior del cuarto y la temperatura exterior.

Condiciones de diseño:

Temperatura interior del cuarto 1°C (34°F)

Temperatura exterior en el D.F. 32°C (90°F)

Diferencia de temperaturas 90°F-34°F=56°F

Dimensiones de la cámara: Largo = 5.50 m

Ancho = 3.0 m

Altura = 2.50 m

$$\text{Area} = 5.50 \times 3 = 16.50$$

$$5.50 \times 2.5 = 13.75$$

$$3.0 \times 2.5 = \frac{7.50}{37.75} \times 2 = 75.5 \text{ m}^2$$

$$75.5 \text{ m}^2 \times \frac{10.75 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} = 811 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area} = 811 \text{ ft}^2$$

$$Q = 0.05 \times 811 \text{ ft}^2 \times 56^\circ\text{F} = 2271 \text{ BTU/h}$$

GANANCIA POR TRANSMISION

$$2271 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 54504 \text{ BTU/día}$$

2).- CARGA DEBIDA AL PRODUCTO:

La cantidad de calor que se necesita extraer de un producto se puede calcular a partir del conocimiento de las características del mismo, tales como: su calor específico, su peso, temperatura - de entrada y salida del producto.

La expresión general de cantidad de calor se aplica a un -- producto de la siguiente forma:

$$Q = M \times C_p \times \Delta T$$

donde:

M = peso del producto

C_p = calor específico

$$T = t_2 - t_1$$

El calor específico del pollo es de 0.79 BTU/(lb) (°F) (dato tomado del libro "Fundamentals" ASHRAE propiedades de los productos comestibles).

Temperatura de entrada del producto = 59°F (15°C)

Temperatura de salida del producto = 36°F (2°C)

Peso de cada pollo = 2.5 lb (promedio)

Calor específico = C_p = 0.79 BTU/(lb) (°F)

$$T = 59 \text{ °F} - 36 \text{ °F} = 23 \text{ °F}$$

CARGA DEBIDA AL PRODUCTO

$$Q = 6000 \frac{\text{pollos}}{\text{día}} \times \frac{2.5 \text{ lb}}{1 \text{ pollo}} = 15\,000 \text{ lb/día}$$

$$15\,000 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 0.79 \frac{\text{BTU}}{(\text{lb})(\text{°F})} \times 23 \text{ °F} = 272\,550 \text{ BTU/día}$$

CARGA DEBIDA AL MATERIAL DE EMPAQUE Y RECIPIENTES

El producto irá envuelto de bolsas de polietileno de baja densidad y estas a su vez irán colocadas en cajas con perforaciones laterales para una mejor circulación de aire, estas cajas son de polietileno de alta densidad.

El calor que estos materiales entregan al enfriarse de la temperatura de entrada a la temperatura del espacio se toma en cuenta como parte de la carga del producto.

El calor específico del polietileno es de 0.55 BTU/(lb)(°F)
 (dato tomado del libro Chemical engineer handbook de JOHN H. Perry
 sección propiedades de diferentes materiales).

Peso de cada bolsa de polietileno = 3.5 g = 0.0077 lb

Peso de cada caja de polietileno = 1000 g = 3.3 lb

CARGA DEBIDA AL MATERIAL DE EMPAQUE

$$Q = M \times C_p \times \Delta T$$

$$M = 0.0077 \frac{\text{lb}}{\text{bolsa}} \times 6000 \frac{\text{bolsas}}{\text{día}} = 46.2 \text{ lb/día}$$

$$Q = 46.2 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 0.55 \frac{\text{BTU}}{(\text{lb})(\text{°F})} \times 23\text{°F} = 584 \text{ BTU/día}$$

$$Q = 584 \text{ BTU/día}$$

CARGA DEBIDA A LOS RECIPIENTES

$$M = 3.3 \text{ lb/caja} \times 300 \text{ cajas} = 990 \text{ lb}$$

$$\text{Temperatura de entrada de los recipientes} = 32 \text{ °C} \quad (90\text{°F})$$

$$\text{Temperatura de salida de los recipientes} = 2 \text{ °C} \quad (36\text{°F})$$

$$\text{Diferencia de temperatura} = 54\text{°F}$$

$$Q = 990 \text{ lb} \times 0.55 \frac{\text{BTU}}{(\text{lb})(\text{°F})} \times 54\text{°F} = 29\,403 \text{ BTU/día}$$

CARGA TOTAL DEBIDA AL PRODUCTO

Carga debida al pollo 272 550 BTU/día

Carga debida al empaque 584 BTU/día

Carga debida a los recipientes 29 403 BTU/día

302 537 BTU/día

3).- CARGA POR INFILTRACION

Cuando se abre la puerta de un cuarto refrigerado la diferencia de densidad entre el aire frío y el aire caliente crea una diferencia de presión, motivando que el aire frío fluya hacia afuera por la parte inferior de la puerta y el aire caliente penetre por la parte superior.

Es difícil determinar esta carga con exactitud, ya que depende de muchos factores; sin embargo, estudios prácticos han determinado que el número de veces que se abre la puerta depende más que nada del volumen del cuarto refrigerado.

La tabla siguiente, tomada del libro "FUNDAMENTALS" de la ASHRAE Cap. 29 tabla 4 se basa en la experiencia práctica y da el promedio de "cambios de aire" por día para cuartos refrigerados a una temperatura mayor de 0°C (32°F), debidos a la infiltración del aire caliente por apertura de puertas.

La unidad llamada "cambio de aire" equivale al volumen total interior del cuarto.

CAMBIOS DE AIRE POR CADA 24 HORAS EN CUARTOS REFRIGERADOS
ARRIBA DE 0°C, POR APERTURA DE PUERTAS Y FILTRACION

Volumen pie ³	Cambios de aire	Volumen pie ³	Cambios de aire
200	44	15,000	3.9
500	26	20,000	3.5
800	20	30,000	2.7
1,000	17	35,000	2.5
1,500	14	40,000	2.3
2,000	12	50,000	2.0
3,000	9.5	75,000	1.6
5,000	7.2	100,000	1.4
10,000	4.9		

Para nuestro caso, el volumen del cuarto de enfriamiento se rá:

$$\text{Volumen} = 18' \times 9.84' \times 8.2' = 1452 \text{ pies}^3$$

Interpolando en la tabla obtenemos un valor de 15 cambios de aire por 24 horas lo que se traduce en:

$$1452 \text{ pies}^3 \times 15 = 21,780 \text{ pies}^3 \text{ a } 90^\circ\text{F}$$

Cuando se conoce el peso del aire externo que entra a un espacio en un periodo de 24 horas, la ganancia de calor del espacio que resulta de cambios de aire, depende de la diferencia en las entalpías del aire externo e interno y puede calcularse usando la ecuación siguiente;

$$\text{Carga de cambio de aire} = W (h_o - h_i)$$

donde:

W = peso del aire que se introduce al espacio en 24h (Kg/24 h)

h_o = entalpía del aire exterior (Kcal/Kg)

h_i = entalpía del aire interior (Kcal/Kg)

Sin embargo puesto que las cantidades de aire generalmente estan dadas en m^3 o $pies^3$ y no en Kg., para facilitar los cálculos de ganancia de calor por $pies^3$ de aire externo que entra al espacio, se utiliza la siguiente tabla en donde viene indicado el calor que se necesita extraer al aire de infiltración, para bajarlo a la temperatura del cuarto refrigerado.

BTU NECESARIOS DE EXTRAER PARA ENFRIAR EL AIRE DE INFILTRACION (BTU/PIE³)

TEMPERATURA DEL CUARTO	TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR			
	85 °F	90 °F	95 °F	100 °F
50 °F	1.32	1.62	1.93	2.28
45 °F	1.50	1.80	2.12	2.47
40 °F	1.69	2.00	2.31	2.67
35 °F	1.86	2.17	2.49	2.85
30 °F	2.00	2.26	2.64	2.95

Para las condiciones de nuestro problema: temperatura exterior de 90 °F y temperatura del cuarto de 34 °F corresponde un valor de 2.19 BTU por cada pie^3 de aire infiltrado.

$$21,780 \text{ pies}^3 \times 2.19 \frac{\text{BTU}}{\text{pie}^3} = 47,700 \text{ BTU/día}$$

CARGA POR INFILTRACION:

47,700 BTU/día

4).- CARGA DEBIDA AL ALUMBRADO

El nivel de alumbrado recomendado es de 5 Watts por metro cuadrado de piso, mismo que asumiremos, el alumbrado permanecerá en promedio 6 horas al día.

Cada Watt representa una carga térmica de 3.41 BTU

Area iluminada: $5.5 \times 3 = 16.5 \text{ m}^2$

Calor disipado:

$$Q = 5 \frac{\text{Watts}}{(\text{m}^2) (\text{h})} \times 16.5 \text{ m}^2 \times 3.41 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt}} \times \frac{6 \text{ h}}{\text{día}}$$

$$Q = 82.5 \frac{\text{Watt}}{\text{h}} \times 3.41 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt}} \times \frac{6 \text{ h}}{\text{día}}$$

CARGA DEBIDA AL ALUMBRADO:

$Q = 1688 \text{ BTU/día}$

5).- CARGA DEBIDA A LOS TRABAJADORES

El cuerpo humano genera calor constantemente, dependiendo de la temperatura que le rodea, el tipo de trabajo que esté ejecutando, del tipo de ropa, edad, etc.

Para el tipo de trabajo que efectúa una persona dentro de una cámara de refrigeración se han obtenido valores promedio de su calor generado, la siguiente tabla fue tomada del ASRE Data book - design Volume de la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

TEMPERATURA DEL CUARTO REFRIGERADO	CALOR GENERADO POR PERSONA
40 °F	840 BTU/hora
30 °F	950 BTU/hora
20 °F	1050 BTU/hora
10 °F	1200 BTU/hora
0 °F	1300 BTU/hora
-10 °F	1400 BTU/hora

Podemos considerar que tendremos una carga de 906 BTU/hora- por cada trabajador. Asumiendo 2 trabajadores en 6 horas por día:

$$Q = 906 \frac{\text{BTU}}{\text{h x persona}} \times \frac{6 \text{ horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ personas}$$

CARGA DEBIDA A LOS TRABAJADORES:

$$Q = 10,872 \text{ BTU/día}$$

6).- CARGA DEBIDA A LOS MOTORES ELECTRICOS DENTRO DEL ESPACIO REFRIGERADO.

Como a esta altura del cálculo todavía no se sabe el tipo, ni el número de difusores que se colocará en el cuarto refrigerado, se puede aproximar un número arbitrario de motores y de H.P. Normalmente los difusores que se utilizan para este tipo de aplicaciones tienen 2 motores de 1/4 H.P. cada uno.

Supondré un número de 2 difusores con 2 motores de 1/4 H.P. cada uno por lo tanto serán cuatro motores de 1/4 H.P. o sea 1 -- H.P. en total.

Al terminar los cálculos de carga térmica, se regresará a -
 corregir esta suposición, si es que existe diferencia con el equi-
 po seleccionado.

$$Q = 1 \text{ H.P.} \times \frac{760 \text{ Watts}}{\text{H.P.}} \times 3.41 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt} \times \text{h}} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}}$$

CARGA DEBIDA A LOS MOTORES ELECTRICOS:

$$Q = 62,198 \text{ BTU/día}$$

GRAN TOTAL:

1).- TRANSMISION	54,504	BTU/día
2).- PRODUCTO TOTAL	302,537	BTU/día
3).- INFILTRACION	47,700	BTU/día
4).- ALUMBRADO	1,688	BTU/día
5).- TRABAJADORES	10,872	BTU/día
6).- MOTORES	62,198	BTU/día
<hr/>		
TOTAL:	479,499	BTU/día

C A P I T U L O I I I

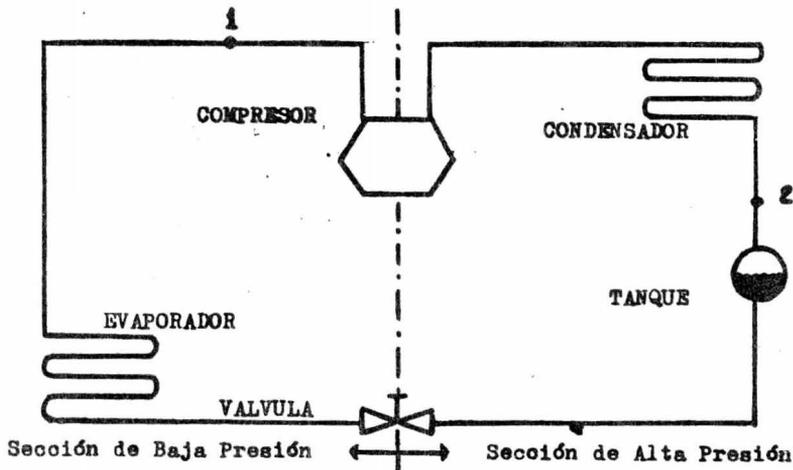
SELECCION DEL EQUIPO DE REFIGERACION.

SELECCION DEL EQUIPO DE REFRIGERACION

Ya contamos con la carga térmica total por día que el equipo de refrigeración tiene que extraer. Ahora vamos a seleccionar los principales componentes del sistema de refrigeración.

Básicamente, un sistema de refrigeración consta de los siguientes elementos: compresor, condensador, tanque almacenador, un aparato de control, (válvula) y evaporador.

Estos elementos van interconectados por medio de tubería para formar un ciclo; el ciclo de refrigeración.



El gas refrigerante circula por cada uno de los elementos, cambiando su estado físico y cumpliendo su función de acarrear la energía calorífica absorbida en el lado de baja presión hacia el lado de alta presión, donde es disipada por el condensador.

Partiendo del punto 1, el refrigerante se halla en forma gaseosa a baja presión, llega al compresor donde es comprimido y elevado a una temperatura y presión altas. Pasa al condensador donde

el refrigerante se condensa cambiando al estado líquido, y la temperatura se reduce pero se mantiene la misma presión.

El refrigerante en forma líquida (punto 2) llega al tanque y sale rumbo a la válvula; en ésta sucede el cambio más importante del ciclo: la caída de presión a través de la válvula, hace que el gas (en forma líquida) se expanda y se evapore; cuando esto sucede, el refrigerante absorbe el calor del medio cercano a él, produciéndose "EL EFECTO DE LA REFRIGERACION".

A).- SELECCION DEL COMPRESOR:

El compresor deberá seleccionarse para la capacidad requerida, a las condiciones de operación deseadas y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para el refrigerante que se haya escogido.

Aunque el compresor es un elemento que está diseñado para trabajar continuamente, se selecciona un cierto número de descansos al día, durante los cuales se efectúa el deshielo de los evaporadores.

Un número práctico de horas de trabajo para el compresor es 18, por lo tanto la carga total deberá dividirse entre 18.

Carga Total Por día:

$$\frac{479,499 \text{ BTU/día}}{18 \text{ h}} = 26,639 \text{ BTU/hora}$$

$$26,639 \text{ BTU/h} \times \frac{1 \text{ Kcal/h}}{3.97 \text{ BTU/h}} = 6710 \text{ Kcal/h}$$

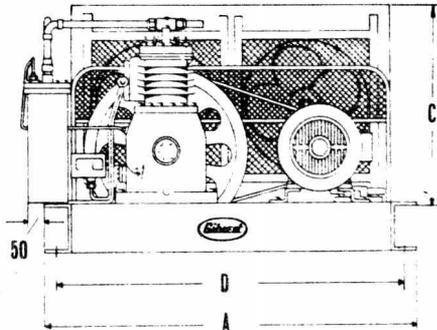
La capacidad del compresor deberá ser de 6710 Kcal/h.

Esta unidad tiene las siguientes características:

COMPRESOR MODELO	RA - 500 - A
Capacidad	7615 Kcal/h
R.P.M.	280
Número de cilindros	2
Desplazamiento Máximo	19.85 m ³ /h
Motor	3/60/220
Potencia	5 H.P.
Temperatura de Succión	- 5 °C
Carga de Aceite	5 litros
Refrigerante	R - 12

Por lo que satisface la carga del cuarto frio que es de - -

6710 Kcal/h



UNIDAD DE CONDENSACION

Escogí el compresor tipo abierto en vez del hermético por razones de servicio principalmente:

1.- Un motor abierto puede repararse o cambiarse fácilmente en cambio, un motor hermético cuando se quema afecta a todo el sistema de refrigeración, puesto que el refrigerante está en contacto directo con los embobinados.

2.- Si se quema un motor hermético, además de quitar el embobinado para repararlo, habrá que evacuar y limpiar el sistema de refrigeración (ya que el refrigerante contaminado por el barniz -- quemado del motor, acarreo impurezas a todo el circuito).

Seleccioné una unidad con condensador enfriado por aire como resultado del siguiente análisis:

SISTEMAS CON CONDENSADOR ENFRIADO POR AGUA

Se pueden dividir en dos categorías:

- 1.- Sistemas de agua de desperdicio.
- 2.- Sistemas de agua recirculada.

En los sistemas de agua de desperdicio, la fuente de agua comúnmente se toma de la alimentación municipal y se desagua a la alcantarilla después de pasar por el condensador, naturalmente la disponibilidad y costo del agua además de las restricciones severas que aplican los municipios son factores importantes que limitan este tipo a instalaciones muy pequeñas.

En los sistemas de recirculación el agua que abandona el condensador se lleva a una torre de enfriamiento de agua, en donde se reduce su temperatura después de lo cual el agua es bombeada -

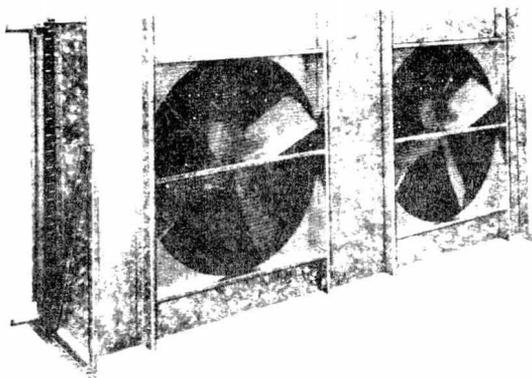
nuevamente al condensador.

Desde el punto de vista económico, este sistema requiere -- equipo adicional lo cual elevaría nuestros costos, además si consideramos la calidad del agua utilizada, ésta puede contener impurezas como sólidos minerales que ocasionan la formación de sarro en la superficie de los tubos, reduciendo el coeficiente de transferencia, el área del tubo y aumentando la presión de condensación.

SISTEMAS CON CONDENSADOR ENFRIADO POR AIRE.

El condensador más comúnmente usado es el de tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor al aire ambiente.

La transferencia de calor se lleva a cabo en forma eficaz -- forzando grandes cantidades de aire a través del condensador además son fáciles de instalar, baratos de mantener, no requieren --- agua.



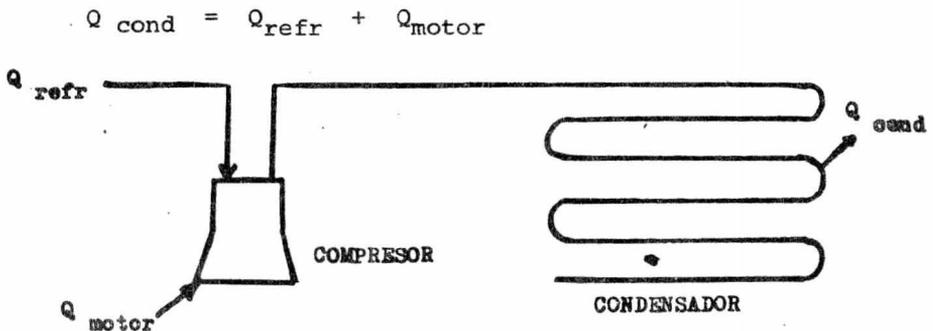
CONDENSADOR ENFRIADO POR AIRE

El aire al ser forzado a través del condensador absorbe calor y eleva su temperatura pasando finalmente a la atmósfera.

Conforme el calor es cedido por el vapor del refrigerante - de elevada presión y temperatura, ésta desciende al punto de saturación y el vapor se condensa convirtiéndose en líquido.

El condensador de la unidad de refrigeración seleccionada - está montado sobre un chasis común con el compresor y el motor, el ventilador se encuentra unido a la flecha del motor.

Este condensador ya viene diseñado de fábrica para disipar una carga (Q_{COND}) equivalente a la suma de la carga de refrigeración mas el calor de compresión cedido por el motor.



Le energía del motor convertida en energía calorífica se obtiene multiplicando los H.P. al freno por el equivalente mecánico-del calor 2545 obteniéndose BTU/hora.

$$Q_{motor} = \text{BHP} \times 2545 \text{ (BTU/hora)}$$

Por lo tanto la energía total que necesita disipar el condensador será:

$$Q_{motor} = 4.8 \times 2545 = 12216 \text{ BTU/hora}$$

$$Q_{\text{cond}} = 26639 \text{ BTU/h} + 12216 \text{ BTU/h} = 38855 \text{ BTU/h}$$

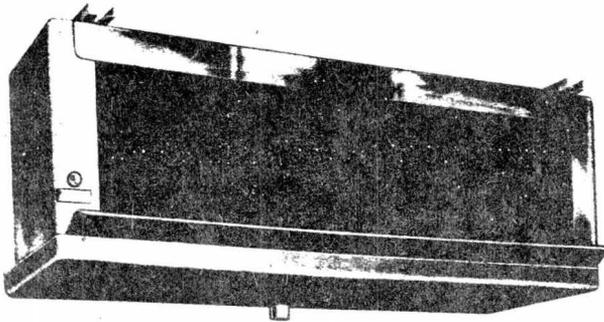
B).- SELECCION DE LOS EVAPORADORES:

El evaporador es la parte del lado de baja presión del sistema de refrigeración en la que el refrigerante líquido hierve o se evapora, absorbiendo el calor a medida que se convierte en vapor. Con ello se logra el objetivo del sistema, la refrigeración.

TIPO DE EVAPORADORES

Los evaporadores se fabrican en gran variedad de formas y estilos para satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación.

El tipo mas común es el evaporador de serpentín ventilador o de convección forzada en el que el refrigerante se evapora dentro de tubos con aletas extrayendo el calor del aire que pasa a través del serpentín mediante un ventilador.



EVAPORADOR DE TECHO

Los evaporadores de expansión directa son aquellos en los-- que el refrigerante se alimenta directamente al serpentín de refri-- geración a través de un dispositivo de control que es una válvula-- de expansión o un tubo capilar.

Si el aire al pasar por el evaporador, además de enfriarse, puede humedad, el producto al estar en contacto con el aire tam-- bien perderá humedad.

La diferencial de temperatura (ΔT) entre el aire y el - evaporador, determinará la humedad que se le extraerá al produc-- to.

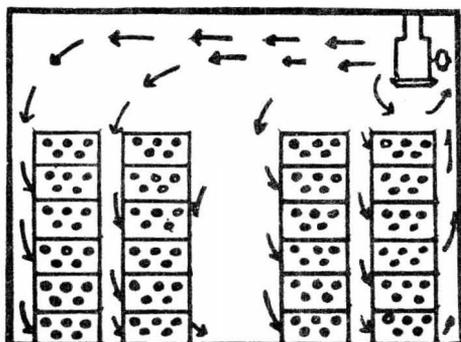
Nuestras condiciones de diseño son de 90% de humedad rela-- tiva, entonces con un diferencial pequeño (5° C a 6° C) el eva-- porador extrae poca humedad, por consiguiente, así se selecciona-- rá para este caso particular.

La capacidad requerida es de 6710 Kcal/h. Basándonos en el manual técnico de la fábrica de Frigotherm que parcialmente repro-- duzco a continuación, selecciono dos evaporadores modelos HD - 360 Hidromático capaces de absorber 3600 Kcal/h cada uno a condición - de un diferencial de 6° C.

MODELO	KCAL / HN		Ø VENT mm	AIRE MCM	VENT HP	LARGO A-mm	ANCHO B-mm	ALTURA C-mm	ANCLAS MM		L O LIQ.	S Ø SUCC.
	1° C DT	2° C DT							LARGO-D	ANCHO-E		
HIDROMÁTICO PARA TEMPERATURA BAJA - ABAJO DE 0° C DESCARCHE AGUA												
HD- 90	180	980	305	21	1/20	540	500	510	500	420	13	18
HD- 132	220	1320	305	28	1/20	690	600	610	650	420	13	18
HD- 180	300	1800	408	48	1/4	800	680	610	700	470	13	18
HD- 270	480	2700	408	58	1/4	800	750	610	700	550	16	18
HD- 360	600	3600	(2) 408	80	(2) 1/4	1400	650	610	1300	470	16	36
HD- 640	900	7400	(2) 408	112	(2) 1/4	1400	750	610	1300	550	16	36
HD- 784	1178	7840	(3) 408	180	(3) 1/4	1500	800	710	1400	580	16	42
HD- 1200	1900	10000	(3) 408	228	(3) 1/4	1610	830	690	1780	678	16	42

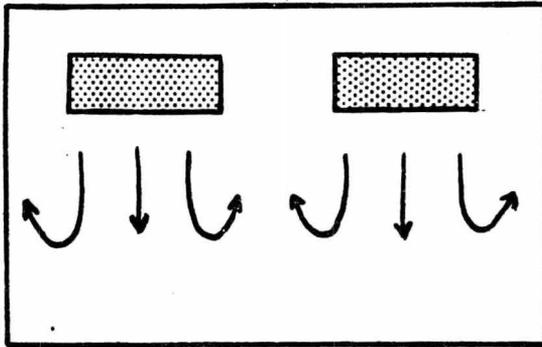
Cada evaporador tiene dos ventiladores de 1/4 de H.P. y puede mover 90 MCM de aire.

La localización de los evaporadores en el cuarto de enfriamiento es muy importante, en la figura siguiente se muestra un arreglo recomendable. El aire frío deberá distribuirse por arriba de las cajas para que descienda proporcionalmente alrededor de las hileras.



LOCALIZACION DEL EVAPORADOR PARA UNA BUENA DISTRIBUCION DEL AIRE.

Como en este caso son dos evaporadores, ambos deberán descargar el aire en la misma dirección para no formar turbulencias en ciertas zonas del cuarto.



DISTRIBUCION DE LOS EVAPORADORES EN EL CUARTO DE REFRIGERACION.

DESCONGELAMIENTO DEL DIFUSOR.

Como los evaporadores de este estudio estaran a una temperatura abajo del punto de congelación del agua (temperatura de evaporación - 5°C), se deberán descongelar periodicamente.

Existen varios métodos para descongelar los evaporadores:

- 1.- Por aire
- 2.- Gas caliente
- 3.- Electricamente
- 4.- Con agua

El primero utiliza el mismo aire del cuarto para descongelar el evaporador; se suspende la alimentación del refrigerante y se dejan los ventiladores girando hasta que desaparezca todo el hielo formado entre las aletas del serpentín.

Este método es bueno para evaporadores con temperaturas arriba de congelación como en los cuartos de verduras y frutas.

El segundo método utiliza el gas caliente de la descarga del compresor para descongelar el evaporador, se necesita un reloj con varios contactos para iniciar el deshielo, una válvula solenoide para desviar el gas caliente de la descarga hacia el evaporador y un termostato para finalizar el ciclo de deshielo.

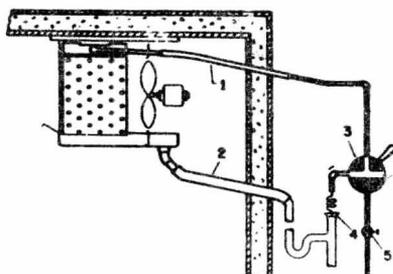
El tercer método utiliza una resistencia colocada entre los tubos del evaporador. La energía disipada por la resistencia derriete el hielo que tenga el evaporador.

El descongelamiento por medio de agua es sencillo y eficiente.

te; utiliza agua común y está considerado como el más económico de todos los sistemas de descongelamiento, puede aplicarse a diversas cámaras hasta temperaturas de -50°C .

La acción del agua deshielando los serpentines es tan rápida, que aún durante el ciclo, el producto podría continuar congelándose. Ofrece además otra ventaja: limpiar los evaporadores en cada ciclo de deshielo.

La instalación de este sistema de descongelamiento es bastante sencilla, como se muestra en la figura siguiente:

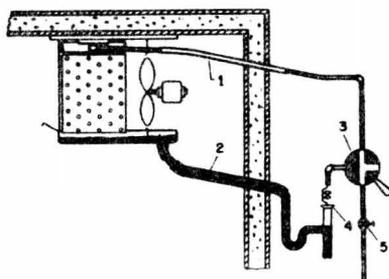


- 1.- Alimentación
- 2.- Drenaje
- 3.- Válvula de 3 vías
- 4.- Línea de desagüe
- 5.- Válvula de paso

Este sistema puede controlarse manualmente por el método -- descrito a continuación:

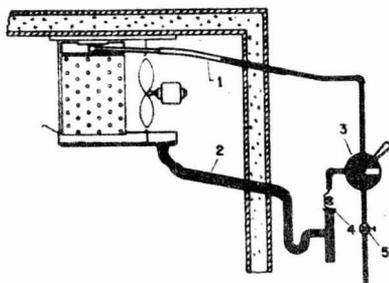
1.- En el esquema anterior se muestra la posición de operación con el compresor y los ventiladores trabajando (operando), la válvula del agua está cerrada.

2.- En el siguiente dibujo se representa la posición de deshielo, el compresor y los ventiladores parados. La válvula de agua está abierta y la charola de distribución del evaporador se llena y empieza a mojar la superficie del serpentín.



- 1.- Alimentación
- 2.- Drenaje
- 3.- Válvula de 3 vías
- 4.- Línea de desagüe
- 5.- Válvula de paso

3.- Se ha completado el deshielo, la válvula del agua está cerrada. El agua que quedó en la tubería de alimentación se escurre hacia el drenaje y un poco después el compresor y los ventiladores vuelven a trabajar. Esto se muestra en la siguiente figura:



- 1.- Alimentación
- 2.- Drenaje
- 3.- Válvula de 3 vías
- 4.- Línea de desagüe
- 5.- Válvula de paso

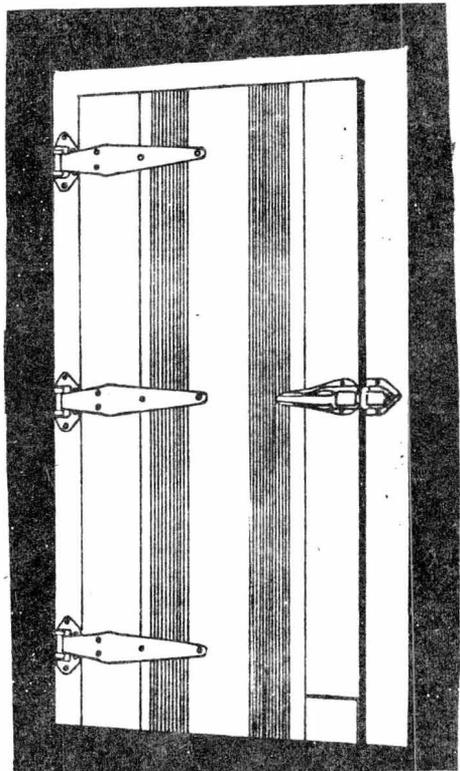
PUERTA DE REFRIGERACION:

Las puertas que se emplean en las camaras frigorificas para temperaturas arriba de 0°C estan construidas de madera bien seca, en su interior se coloca material aislante (poliestireno) en forma de placas con dimensiones de 1.0 x 0.50 m.

Dichas placas van sobrepuestas hasta formar un espesor total de 10 cm. La puerta va forrada con lámina de aluminio o acero, llevan en su parte inferior el llamado "hule de arrastre" que impide la entrada del aire exterior.

Sus dimensiones son para cubrir un claro de 1.80 x 0.90 m, estan provistas de herrajes muy sólidos con cierre a presión de tal manera, que se puede abrir o cerrar por la parte exterior o interior.

La siguiente figura muestra una puerta típica de refrigeración provista de chambrana.



C A P I T U L O I V

ELEMENTOS DEL SISTEMA

CALCULO DE LA TUBERIA

Se deben de tomar las siguientes consideraciones:

1) El sistema debe diseñarse enfocado a una caída de presión mínima, ya que las pérdidas de presión disminuyen considerablemente la capacidad térmica y aumentan el gasto de energía.

2). El refrigerante cambia de estado cuando circula.

3). Como el aceite es miscible con el refrigerante, se deben tomar precauciones para regresar el aceite al compresor (en la misma proporción en que lo abandona).

OBJETIVOS DEL DISEÑO

Las tuberías de refrigeración deben diseñarse para cumplir - las siguientes funciones:

1). Asegurar una buena alimentación de refrigerante a los -- evaporadores.

2). Suministrar un tamaño práctico de tubería para evitar -- una gran caída de presión.

3). Proteger al compresor

a) Manteniendo un nivel satisfactorio de aceite

b) Previniendo la entrada de refrigerante en forma líquida al compresor durante la operación y los descansos.

Para encontrar los diámetros de las líneas de refrigerante - se utilizan gráficas, las cuales están basadas en la fórmula de Darcy:

$$h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

En donde:

h = Caída de presión en pies de fluido

f = Factor de fricción

L = Longitud de tubería en pies

D = Diámetro de la tubería en pies

V = Velocidad en pies por segundo

g = Aceleración de la gravedad = 32.17 Ft/seg²

El factor de fricción depende de la rugosidad de la superficie de la tubería y del número de Reynolds. En este caso el número de Reynolds y la gráfica de Moody son usados para determinar el factor de fricción.

Para la línea de succión, la longitud equivalente es igual a:

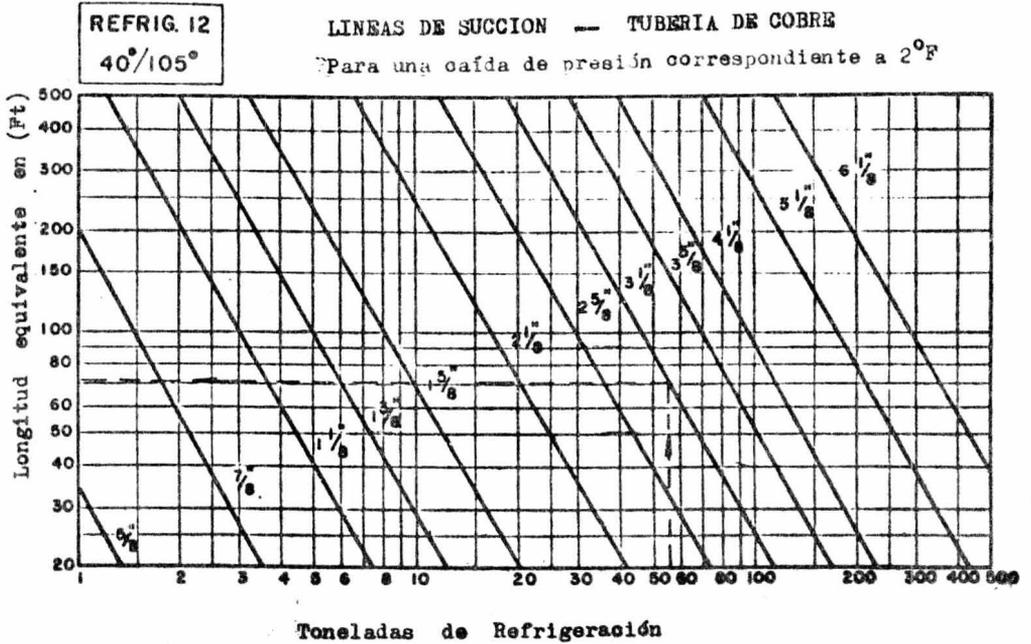
$$5 \times 1.50 = 7.5 \text{ m} \times \frac{1 \text{ Ft}}{0.305 \text{ m}} = 24.6 \text{ Ft}$$

Las toneladas de refrigeración a nuestras condiciones de operación son:

$$\text{T.R.} = 2.52 \times 1.3 = 3.3$$

$$\text{T.R.} = 3.3$$

Al entrar en la gráfica, encontramos para la línea de succión un diámetro exterior igual a 1 1/8 pulgada



La longitud equivalente de la línea de líquido es similar a la línea de succión ya que están interconectando las mismas unidades, las toneladas de refrigeración a las condiciones de operación son:

$$2.52 \times 1.02 = 2.6 \text{ T.R.}$$

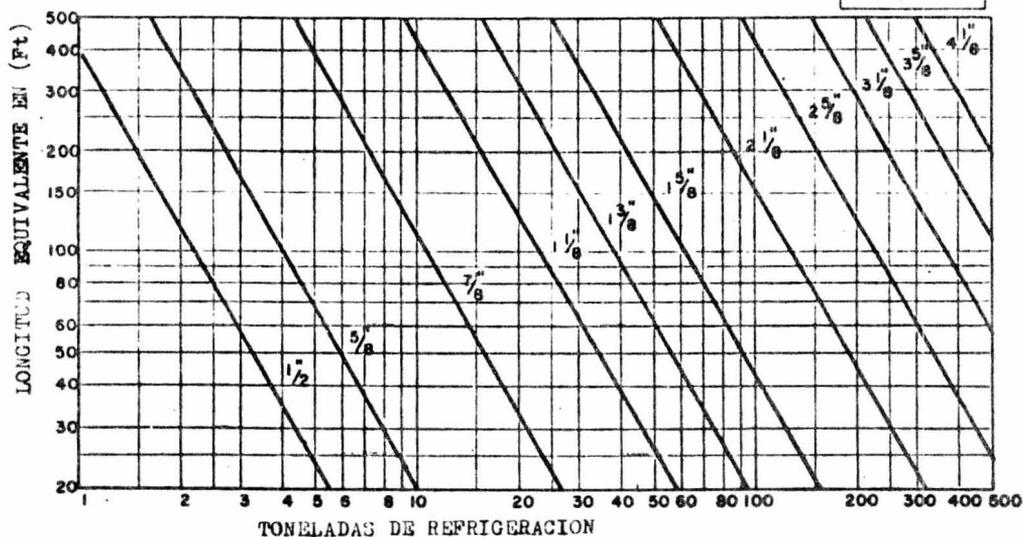
Al entrar en la gráfica siguiente encontramos para la línea de líquido un diámetro exterior igual a 1/2 pulgada.

LINEAS DE LIQUIDO -- TUBERIA DE COBRE

REFRIG. 12

40°/105°

Para una caída de presión correspondiente a 1° F

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

El mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración es bastante sencillo, pero es importante que se realice con regularidad mensual.

El mantenimiento puede dividirse para cada uno de los elementos del sistema:

EVAPORADOR: Requiere poco mantenimiento, revisar y aceitar - los motores de los ventiladores, apretar los tornillos de sujeción de las aspas y limpiar cualquier basura de las aletas del serpentín.

MOTOR Y COMPRESOR: Revisar y aceitar el motor, tensar bandas corregir cualquier vibración y fugas de aceite o de refrigeración.

Revisar la carga de refrigeración en el indicador de la línea de líquido y la carga de aceite en la mirilla de nivel que tiene el

compresor.

TUBERIA: Deberá corregirse cualquier vibración que se encuentre en las tuberías, apretando los soportes o colocando nuevas abrazaderas con un elemento acojinado.

Se revisará si las tuberías de desagüe de los evaporadores se encuentran limpias, observando detenidamente el proceso de deshielo.

Cada cuatro o cinco meses deberán tomarse las presiones y temperaturas de evaporación y condensación. Estas lecturas deberán graficarse en el diagrama Presión-Entalpia correspondiente al refrigerante 12.

En esta gráfica se podrá observar el comportamiento de todo el sistema. A continuación reproduzco el diagrama Presión-Entalpia para el Refrigerante 12, en el cual trazo el comportamiento del sistema de refrigeración en funcionamiento normal.

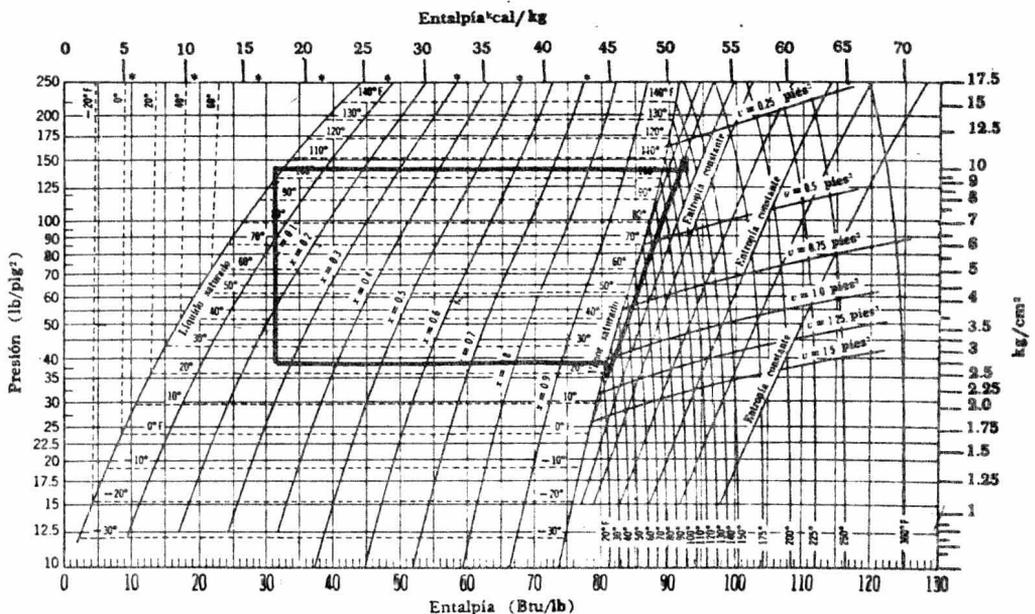
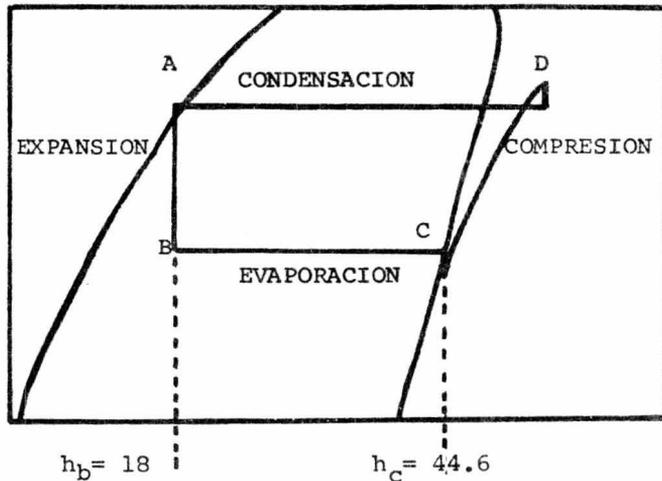


DIAGRAMA PRESION-ENTALPIA PARA REFRIGERANTE 12

ANALISIS DEL CICLO DE REFRIGERACION

A continuación analizará los pasos comprendidos en el ciclo de refrigeración, representados en el mencionado diagrama Presión--Entalpia.



La cantidad de calor absorbido por el refrigerante en el evaporador (efecto refrigerante) es la diferencia entre las entalpías del refrigerante en los puntos B y C.

$$Q = h_c - h_b$$

En donde Q = efecto refrigerante en Kcal/Kg

Sustituyendo los valores de las entalpías correspondientes:

$$Q = 44.6 - 18$$

$$Q_{ref} = 26.6 \text{ Kcal/Kg}$$

El flujo de refrigerante que debe mover el compresor puede calcularse a partir del efecto neto de refrigeración.

$$\text{Flujo de Refrigerante} = \frac{\text{T.R.}}{\text{E.N.R.}}$$

en donde:

T.R. = Toneladas de Refrigeración

E.N.R. = Efecto Neto de Refrigerante ($h_c - h_b$)

$$= \frac{2.51 \text{ T.R.}}{26.6 \text{ Kcal/Kg}} \times \frac{3022 \text{ Kcal/h}}{1 \text{ T.R.}} \times \frac{1 \text{ h}/60 \text{ min}}{1}$$

$$= \frac{2.51}{26.6} = 50.4 = 4.76 \text{ Kg/min.}$$

Flujo de Refrigerante = 4.76 Kg/min.

El desplazamiento teórico del compresor puede obtenerse a -- partir del flujo de refrigerante multiplicado por el volumen específico del gas a la entrada del compresor (V)

Desplazamiento del compresor = Flujo de Refrigerante X Vol.

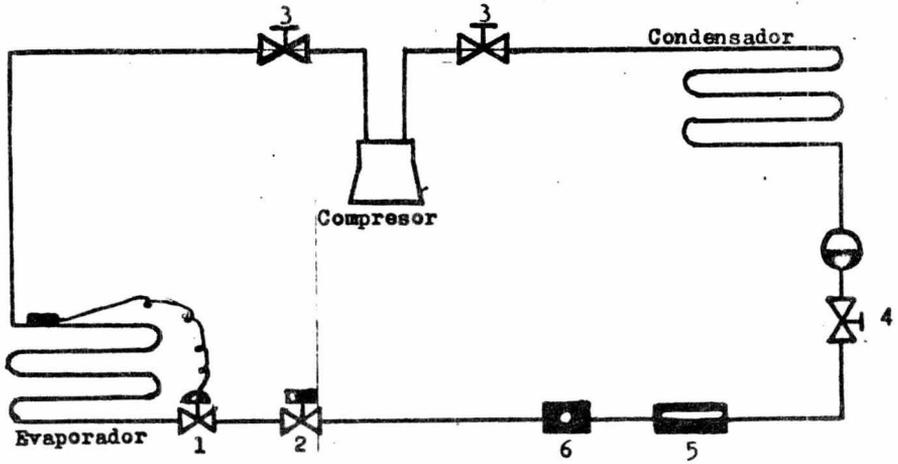
$$V = 1.1 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}} \times \frac{0.028 \text{ m}^3}{1 \text{ ft}^3} \times \frac{1 \text{ lb}}{0.454 \text{ Kg}} = 0.068 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\text{DESPLAZAMIENTO} = 4.76 \frac{\text{Kg}}{\text{min}} \times 0.068 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}} =$$

$$\text{DESPLAZAMIENTO} = 0.324 \text{ m}^3/\text{min.}$$

ELEMENTOS DE CONTROLA). CONTROL DE REFRIGERANTE:

Los dispositivos de control de refrigerante utilizados en el sistema de este estudio se representan en el siguiente esquema:



- 1). Válvula de expansión termostática
- 2). Válvula solenoide de la línea de líquido
- 3). Válvula de servicio del compresor
- 4). Válvula de servicio del tanque
- 5). Filtro deshidratador
- 6). Indicador de líquido

B) CONTROL ELECTRICO:

Los dispositivos eléctricos de control y de protección son los siguientes:

- 1) Control de baja presión
- 2) Control de alta presión

- 3) Arrancador del motor de la unidad, con protección de sobrecarga en las tres líneas.
- 4) Interruptor de cuchillas con fusibles.

C A P I T U L O V

COSTO, CONCLUSIONES,
BIBLIOGRAFIA.

COSTO DE EQUIPO INSTALADO

La unidad condensadora, que es un equipo compacto constituido por el motor eléctrico, condensador, compresor, recipiente, ventilador y las válvulas de servicio de succión y descarga tiene un costo total neto de\$58.700.00

Los difusores hidromáticos, con serpentín de cobre y aletas de aluminio, gabinete y charola de desagüe incluyendo los motores que mueven los ventiladores tienen un costo unitario de \$14050.00 por dos unidades tendremos \$28,100.00.

La puerta de refrigeración provista de todos sus accesorios para su correcto funcionamiento \$7,000.00.

Una válvula solenoide que irá colocada en la línea de líquido \$1230.00.

Una válvula termostática de expansión colocada antes de la entrada al difusor para Freon - 12 \$300.00

Un indicador de líquido para observar la carga de líquido refrigerante \$160.00

Un eliminador de vibraciones para la línea de succión del compresor \$450.00

Un control de alta y baja presión \$570.00

Un termostato tipo ambiente para controlar automáticamente la temperatura de la cámara \$350.00

Un termómetro con bulbo remoto \$200.00

Un filtro deshidratador para disminuir la humedad del sistema \$130.00

Un separador de aceite con válvula flotadora para el retorno automático del aceite al cuerpo del compresor \$1,050.00

La carga completa de refrigerante 12 para el sistema \$400.00

Dos tramos de tubería de cobre 6.10 m cada uno, conexiones y soldadura de plata para interconectar todo el sistema de refrigeración \$1000.00

El equipo eléctrico formado por un arrancador magnético para el motor del compresor, interruptor de cuchillas o interruptor para motor de potencia fraccionaria, dos elementos térmicos, los cables y tubería eléctrica necesaria para interconectar el equipo eléctrico \$3000.00

El aislamiento en placas de poliestireno expandido en muros, techo y piso de la cámara colocado en dos capas para dar un total de 10 cm (4") de espesor, el metal desplegado que va colocado después del aislamiento como preparación para el repellado de arena y cemento, se consideran 80 metros cuadrados de aislamiento en 10 cm de espesor. Si cada placa de 5 cm de espesor tiene un costo de \$25.00 y en cada m² hay cuatro placas tendremos que el metro cuadrado costará \$100.00 que multiplicados por los 80 m² totales nos dan un costo de \$8000.00 por concepto de armellas, taquetes, alambre galvanizado para fijar mecánicamente las placas y papel asfáltico impermeabilizante se añaden \$600.00

La mano de obra de los instaladores y técnicos \$6000.00 la suma de todos estos precios nos darán el costo total del equipo de refrigeración instalado en la cámara que es: \$117,240.00 M.N.

C O N C L U S I O N E S

Debido al aumento de población en el Distrito Federal y el crecimiento mismo de la ciudad, es necesario contar con éste tipo de cámaras frigoríficas - depósitos en puntos adecuados de acuerdo a la densidad de población de la ciudad, para mejorar así la distribución de pollo a los diferentes centros de consumo.

El mejor elemento de construcción desde el punto de vista -- económico y térmico por tener una constante de conductividad térmica pequeño, resultó ser el tabique hueco de concreto.

El hecho de seleccionar dos difusores en lugar de uno que -- diera la capacidad total requerida ofrece la ventaja de que en caso de una falla mecánica de uno de los difusores, el otro seguirá trabajando y la temperatura de la cámara podrá mentenerse fría hasta -- que el difusor dañado sea reparado.

Por ser de gran importancia la presentación del pollo en su -- aspecto físico, resulta definitiva la diferencia existente entre la temperatura interior del cuarto y la temperatura de evaporación del refrigerante en el difusor; éste margen nos dará un equilibrio adecuado de transferencia de calor que mantendrá al producto en las mejores condiciones.

Como una conclusión final, podemos considerar que para el -- aprovechamiento de almacenes frigoríficos por productos económicos, es necesario disminuir al mínimo la inversión inicial, tanto en la -- construcción civil como en el equipo de refrigeración, obviamente -- con objeto de no encarecer excesivamente los productos con el costo de almacenamiento.

B I B L I O G R A F I A

La bibliografía a la que se recurrió para éste trabajo es la siguiente:

Principles of Refrigeration

ROY J. DOSSAT

Reciprocating Refrigeration Manual Trane

The Trane Company; La crosse, Wisconsin

Copeland Refrigeration

Parte 1 Principios de Refrigeración

Parte 2 Componentes de un sistema de Refrigeración

Parte 3 La Carga de Refrigeración

Bulletin R - 1101a de Recold Corporation

Fundamentals of ASHRAE

Tratado de Refrigeración Automática

por JOSE ALARCON

Handbook of Air Conditioning System Design

for CARRIER CORPORATION