

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DISEÑO DE UNA BODEGA
REFRIGERADORA

CASO PRACTICO
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A
JUAN DE DIOS BENAVIDES CASTRO

MONTERREY, N. L.,

SEPTIEMBRE DE 1977

T
TP493
B4
C.1

BENAVIDES

Este libro debe ser
última fecha sellad
fecha de vencimie
multas que fija el

4 DIC. 1995

08 DIC. 1995



1080060974

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.



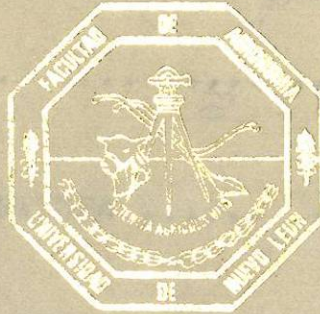
060974

4 DIC. 1995

08 DIC. 1995

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



INTRODUCCION 1

REVISION DE LITERATURA 3

MATERIALES Y METODOS 19

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42

BIBLIOGRAFIA

DISEÑO DE UNA BODEGA

REFRIGERADORA

CASO PRACTICO
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA
JUAN DE DIOS BENAVIDES CASTRO



AUDITORIA
U. A. N. L.

MONTERREY, N. L.,

SEPTIEMBRE DE 1977

5031

[Handwritten signature]

T
TP493
B4



Biblioteca Central
Mazma Solidaridad
F. Tesis



BU Raúl Rangel Fines
UAMV
FONDO
TESIS LICENCIATURA

40.725

FA1

1977

c.5

I N D I C E

	PAGINA.
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODO	19
CONCLUSIONES Y DISCUCION	42
BIBLIOGRAFIA	43

INTRODUCCION

Uno de los problemas más graves que existen en los productores de hortalizas y frutas, es que los mismos productos son perecederos y de consumo inmediato; consecuentemente las pérdidas son muy grandes para ellos y las ganancias son mayores para los intermediarios.

Todo lo anterior se mueve dentro de la ley de oferta y demanda.

Los ejidatarios, también sufren los efectos como todos, de esta ley. La especulación desmedida, la gran capacidad de compra de los intermediarios, y el bajo poder adquisitivo del pequeño consumidor, hace que a veces no se recupere ni siquiera el costo fijo y las pérdidas se hacen presentes.

En los ejidos productores de manzana (ya especificado) es ideal desde el punto de vista, mejoramiento económico del ejidatario, bodegas donde almacenar el producto perecedero y poder dejar pasar la avalancha de la alta oferta y bajo precio y esperar la demanda y un alto precio del mismo.

Actualmente se han construido bodegas refrigeradoras en diferentes ejidos y con esto se ha podido mantener el precio; estos ejidos desde luego se de

dican a la producción de manzana.

Las ganancias que se obtienen con estos metodos de almacenaje de la manzana, recuperan fácil la inversión de la bodega, porque el producto puede durar hasta 10 meses.

Ojala que los programas de desarrollo rural se extendiera en la construcción de este tipo de almacén, no sólo en manzana, sino en todos los productos.

La desventaja que esto traería consigo, sería que el precio no se abate y se castigaría más a la gente que tiene pocos recursos económicos.

Esto de todas maneras se esta viendo, puesto que los intermediarios tienen sus bodegas y el precio lo mantienen (actualmente el kilogramo de manzana Red Delicious cuesta \$28.00 y \$30.00), por consiguiente no sería ético asesorar en la construcción de un cuarto frío, a un intermediario, en una zona eminentemente ejidal y productora de alimentos perecederos.

REVISION DE LITERATURA

1.- Importancia del Frío en la Conservación de -- Alimentos.

Potter (2) Apunta que actualmente uno de los mejores indicios del desarrollo tecnológico de una sociedad, es la amplitud de sus instalaciones para el procesamiento, transporte, almacenamiento y venta de alimentos refrigerados y congelados.

Mucho antes de que se consiguieran estos logros -- tecnológicos, las tribus y naciones que habitaban en las regiones frías eran más afortunadas que los pueblos de las regiones calurosas, ya que podían almacenar sus cosechas y dedicarse a otras cosas, en tanto que, en los climas calurosos, la gente tenía que recoger gran parte de su alimento el día mismo en que lo iba a consumir. Todavía en nues---tros días prevalece esta situación en algunas ----áreas del mundo. Las regiones menos desarrolladas se caracterizan por su carencia de medios de refrigeración, lo cual vuelve más difícil aun la tarea de mejorar su alimentación.

El mismo autor (2) dice que hoy en día la refrigeración influye notablemente en las prácticas agríco-

las y comerciales y determina la condición económica de la industria alimentaria. La Gran Bretaña, -- por ejemplo, depende de Australia para su carne de reses y borrego; sin el transporte refrigerado, esta dependencia sería imposible. La misma situación --- existe en las ciudades de la parte oriental de los Estados Unidos que dependen del estado de California para una gran parte de sus frutas y hortalizas. La refrigeración y el almacenamiento en frío han hecho que los precios sean uniformes durante todo el año. Sin ellos los productos serían baratos en la época de la cosecha y mucho más caros después y en algunas épocas no podrían atenerse a ningún precio- (2).

2.- Refrigeración Mecánica.

Desrosier (1) Dice que una de las invenciones más importantes del hombre es la refrigeración mecánica.

Ver Figura.

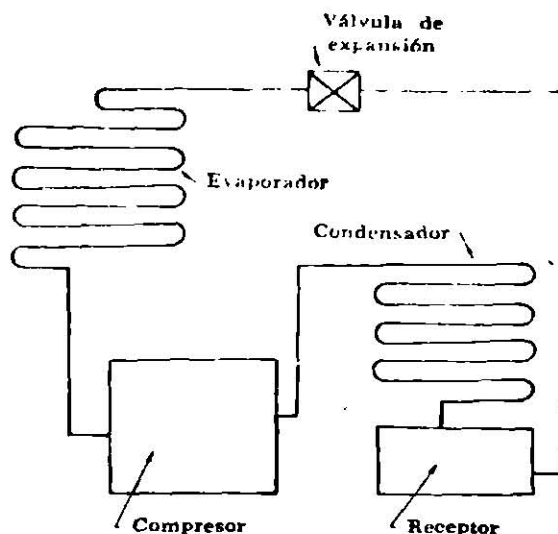


Diagrama esquemático de un sistema sencillo de refrigeración con amoníaco

La primera y la segunda leyes de la termodinámica operan aquí. El gas amoníaco absorbe energía cuando se expande. Este calor es tomado de la atmósfera, de la cámara o de los alrededores. El gas amoníaco expandido, es entonces comprimido. Esto requiere que se aplique energía al sistema. El gas comprimido está ahora caliente. El calor es eliminado del gas comprimido haciendo circular agua o aire sobre los tubos que contienen el gas caliente. El gas es licuado. El ciclo es entonces repetido. El gas es llevado a evaporar bajo condiciones-

controladas, el gas toma calor, el gas caliente es comprimido, el calor es eliminado y el gas vuelve al estado líquido.

Por otra parte Vochelle (3) dice que la evaporación de un líquido proporciona los descensos de temperatura buscados.

El principio teórico de un aparato refrigerador es el que sigue: Un recipiente que contiene un líquido volátil que en momentos determinados pasa a través de una conducción abierta por el otro extremo y regulado por una válvula. El líquido vaporiza en la canalización, provocando un descenso en la temperatura. Es suficiente instalar el tubo conductor dentro de un espacio cerrado para conseguir la refrigeración de los productos que contiene.

Este esquema, puramente teórico, no es empleado en realidad, ya que conduciría a un desperdicio enorme de líquido frigorífico y a un peligro constante al dejar escapar el aire libre los vapores emanados.

Los constructores frigoríficos han dado solución al problema obligando al líquido volatilizado a licuarse nuevamente y seguir de continuo el ciclo --

transformativo. La licuación del gas producido se logra por medio de compresión.

Los elementos constitutivos de un grupo frigorífico según Vochelle (3) son:

- a) Un compresor, que puede estar compuesto de un pistón y cilindro con válvula aspirante e impelente, o ser rotativo y estar compuesto de un cárter y un rotor excéntrico. En este segundo procedimiento, más aletas móviles aseguran en todo momento el ajuste entre el rotor y el cárter.

 - b) Un condensador. Destinado a recibir los vapores del compresor y retornarlos al estado líquido. El condensador puede compararse a un radiador de un motor de explosión. Puede ser refrescado por el aire y estar compuesto simplemente de un serpentín y aletas de enfriamiento. En las instalaciones de importancia los condensadores son enfriados con agua, y en ese caso el serpentín queda sumergido en un recipiente con circulación de agua.
- El condensador es generalmente seguido de un depósito.

- c) Una válvula colocada entre el condensador y el órgano refrigerante o evaporador.

La válvula regula el paso de fluido del condensador al evaporador, de tal manera que penetre solamente la cantidad correspondiente a la que viene siendo evaporada y retornada al condensador.- El funcionamiento puede ser completamente mecánico, y también accionado por un sistema termostática.

- d) Un evaporador, en el cual el fluido frigorífico es vaporizado. El evaporador es también un radiador que absorbe el calor en lugar de emitirlo. - Un evaporador suele ser de cobre, debido principalmente a la buena conductibilidad térmica del metal.

- e) Un regulador de marcha compuesto por un termostato que corta la corriente del motor cuando es alcanzada una deseada temperatura. Por lo general es regulable.

f) Un motor, normalmente eléctrico, que ocasiona el compresor.

Desrosier (1), comenta que una vez que el hombre inventó dispositivos mecánicos para impartir movimiento, desarrolló máquinas para los aparatos de fuer--za.

La habilidad para convertir la energía eléctrica en energía mecánica dio como resultado tales dispositivos. Con los motores, el hombre desarrollo bombas y compresores, el hombre tuvo los elementos de un dispositivo de refrigeración. Aplicando su conocimiento acumulado sobre gases y vapores junto con estas herramientas mecánicas, el hombre produjo un productor mecánico de hielo.

El proceso de invención tomo 300 años.

En 1595, Galileo hizo un termómetro exacto.

En 1622, Boyle enunció sus leyes de la relación de--volumen a presión en los gases.

En 1823, Faraday encontro que podía cambiar el amoniaco gaseoso a líquido aplicandole presión. En ---1824, Carnot describió su ciclo de calor ideal llamado el ciclo de Carnot, cubriendo la expansión y -

compresión de los gases.

En 1834, Perkins inventó el sistema de refrigeración por compresión actualmente. En 1875, Linde introdujo el sistema de refrigeración de amoníaco.

Como el hombre sigue indagando en los fenómenos naturales, encuentra aplicación para la información obtenida en el mejoramiento de la humanidad.

3.- Aplicación de la Refrigeración Mecánica a los - Productos Agrícolas.

Potter (2), dice que en general la refrigeración y el almacenamiento en frío constituyen el método más benigno de conservación de alimentos. En general, ejercen pocos efectos negativos en el sabor, la textura, el valor nutritivo y los cambios globales que ocurren en los alimentos, a condición de que se observen ciertas reglas sencillas y que los períodos de almacenamiento no se prolonguen más de la cuenta.

Vochelle (3), afirma que los productos alimenticios-vegetales pueden ser conservados vivos o muertos.

Los vegetales durante su vida respiran, quemando -- sus reservas, en especial los azúcares; transpiran -- igualmente desprendiendo vapor de agua. Estos fenómenos son de más trascendencia que la temperatura, derivandose de ellos importantes pérdidas de peso y calidad.

Por otra parte, las enzimas habidas en los productos vegetales pueden continuar su alteración.

La colocación en cámara permite frenar el desarrollo de estos fenómenos y de mantener en los vegetales el frescor y todo el valor nutritivo.

Por otra parte Desrosier (1). dice que las frutas frescas y los vegetales vivos, mantienen sus procesos de vida durante el almacenamiento frío. Ellos se guardarán solamente mientras estén vivos y son capaces de resistir los organismos de la descomposición. Estando vivos oxidan el azúcar y producen calor. Este calor nulifica los beneficios de la refrigeración por lo tanto, debemos tener más capacidad de refrigeración que la requerida para el tejido -- muerto.

Necesitamos suficiente refrigeración para nulificar el calor producido, y aún más para enfriar la fruta

y disminuir la velocidad de respiración.

Vochelle (3), aconseja que para una buena conservación de las frutas frescas, es necesario encauzarla para conseguir que al final de la misma dichos frutos posean las cualidades requeridas para su utilización. Para ello es preciso conocer con detalle todos los fenómenos que se realizan en el fruto a partir del momento de su recolección.

Las condiciones para una buena conservación de los frutos según (1, 2 y 3) son:

a) Recolección. Los frutos destinados a ser conservados por el frío deben de ser recogidos de campos no infectados, donde los arboles no hayan sido abonados de manera desequilibrada en favor -- del nitrógeno.

Los abonados han de ser ricos en ácido fosfórico y potasa.

La recolección de los frutos debe de ser efectuada en el momento favorable; no precipitada, pues ello conduce a una maduración defectuosa, ni tampoco demasiado tarde, pues así se dificulta la postrera conservación y se favorece el desarrollo de determinados mohos.

Un aspecto favorable de la recolección es el momento en que el fruto se desprende con facilidad de la rama; indica por lo general el momento favorable para las manzanas y las peras. ,

- b) **Temperatura.** De una manera general, es alrededor de los 0°C la temperatura idónea para la conservación de los frutos variando, no obstante, según las especies.

Es necesario procurar que la temperatura de almacenamiento no sea inferior a la temperatura de congelación del fruto, pues ello provocaría la pérdida del mismo al ser sacado de la cámara. La temperatura de congelación de los frutos varía según las especies.

Humedad. Una atmósfera seca provoca la deshidratación y la consiguiente pérdida de peso. La humedad favorable debe oscilar alrededor del 85 % de humedad relativa. En este ambiente se evita toda deshidratación, y el porcentaje de humedad es aún bajo para un desarrollo de mohos.

Aireación. Es precisa una ventilación, pues el -

movimiento del aire regulariza la temperatura en las diferentes zonas de la cámara.

4.- Propiedades Físicas y Químicas de un Alimento - Refrigerado.

Vochelle (3), dice que separado del árbol el fruto continúa viviendo por un cierto tiempo y culmina en tonces su maduración.

Por regla general, la composición del fruto antes de la maduración se caracteriza por la gran abundancia de ácidos: cítrico, málico, tartárico, etc., -- por la presencia de almidones (peras, manzanas), de taninos (nísperos, peras).

La maduración se caracteriza por la aparición progresiva del azúcar, que se forma a expensas de los ácidos y del almidón. Mientras la proporción sacárida aumenta gradualmente, las proporciones de ácidos y de almidón disminuyen paralelamente.

Teóricamente, el fruto está maduro cuando no contiene ya ácidos, cuando no elabora ya azúcares. Prácticamente no todos los frutos pueden alcanzar la madurez en todos los climas. La uva mantiene un resto -

ácido en los climas fríos, mientras que las peras y las manzanas maduran. En el norte de Francia, por las bajas temperaturas del otoño, el ácido málico - que contienen las manzanas y las peras se transforma, mientras el tartárico de la uva se conserva.

Al final de la maduración, los compuestos pécticos se transforman y la pectina forma una auténtica gelatina impermeable al aire, que envuelve las células aerobias, y hacen fermentar la azúcar, como la levadura alcohólica. Existe un abundante desprendimiento de carbónico y la formación de alcohol.

El color del fruto va mutando, tornándose al propio tiempo tierno y sabroso. Es en este estado cuando por lo general se consume.

Después de esta fase, la vida anaerobia se prolonga con mayor o menor intensidad según los frutos. Termina este estado por asfixia y muerte de los tejidos, dando lugar a la fase siguiente o de maduración excesiva que se propaga desde el centro a la periferia del fruto. Se diferencia notablemente de la podredumbre, que se desarrolla a la inversa de la periferia al centro.

Una madurez excesiva es un estado fisiológico; la podredumbre es un estado patológico causado por ---

unos mohos. El fruto podrido exhala un olor desagradable. Es en ese periodo como se consumen los nísperos y algunas clases de peras.

El frío moderando la respiración y la fermentación-intercelular, retarda la maduración, permitiendo -- proporcionar a los frutos las cualidades y características precisas en el momento de ser consumidas.- Para conseguirlo, la temperatura fría ha de ser --- siempre la adecuada.

El frío asegura una conservación larga para los frutos no del todo maduros, continentes todavía de ácidos, tanino y almidón. La maduración es entonces -- lenta, pues los ácidos están poco o nada activos a bajas temperaturas.

Potter (2), por otra parte dice que los cambios específicos que pueden tener lugar en los alimentos -- durante el almacenamiento en frío son muchos e in-- fluyen en ellos factores tan diversos como las condiciones de cultivo y las variedades de las plan--- tas, los metodos de alimentación de los animales, -- las condiciones de recolección y sacrificio, las -- prácticas sanitarias y el daño a los tejidos, la -- temperatura del almacenamiento en frío, la combina-

ción de alimentos almacenados juntos, y otros factores variables.

Los cambios más comunes en los alimentos durante su almacenamiento con refrigeración son: Pérdida de firmeza y vigor en las frutas y hortalizas; cambios en el color de la carne roja; oxidación de grasas; reblandecimiento de los tejidos y escurrimiento del pescado; pérdida de frescura en el pan y los pasteles; formación de terrones y costras en los alimentos granulados; pérdida de sabor; y un gran número de manifestaciones del deterioro microbiano, a menudo exclusivos a un alimento específico y causados por el predominio de algún organismo generador de la descomposición. Hay alimentos que nunca deberían de ser refrigerados. El pan es un ejemplo. La velocidad con que el pan pierde su frescura a temperaturas de refrigeración es mayor que a la temperatura ambiente, aunque esta pérdida puede ser detenida por la congelación.

Desrosier (1), afirma que nuestras frutas, hortalizas, huevos, carnes y productos lácteos, pueden ser cosechados y recolectados o elaborados algún tiempo antes de ser llevados al almacenamiento en-

frío. La descomposición del alimento puede haber em
pezado ya.

Un alimento no mejorará su calidad si es cosechado, recolectado o elaborado en una condición de alteración. Solamente los alimentos en buenas condiciones recibirán la atención requerida para tener un almacenamiento frío exitoso. Aun en condiciones óptimas, el almacenamiento en una cámara fría solamente re--
tarda la descomposición del alimento.

MATERIALES Y METODO

Block de 8"

ladrillo refractario 3"

piedra ciclonea

cascajo

arena

cemento

aislante frigolit

asfalto (impermeabilizante)

pintura aluminica

pintura vinilica

varilla de 1/2" y 3/8"

Cálculo de la Carga de Enfriamiento. Se llama carga de enfriamiento la capacidad que debe tener el equipo de refrigeración para mantener en un local y en un producto la temperatura deseada.

El método de cálculo de esta carga de enfriamiento se llama Balance térmico.

La carga de enfriamiento depende de los siguientes factores:

- 1.- Transmisión de calor a través de muros, pisos y techo de la bodega.
- 2.- Efecto solar.
- 3.- Infiltración.

4.- Producto almacenado.

5.- Ocupantes.

6.- Equipo y alumbrado instalado en la cámara.

Todos estos factores tienden a elevar la temperatura en la cámara y contra ellos tiene que trabajar el equipo. El balance térmico, pues, no es otra cosa que la cuantificación del calor que aportará cada uno de estos factores.

a) Transmisión del Calor por Paredes, Piso y Techo.

El fenómeno se rige por la ecuación general de la calorimetría, que se modifica un poco.

$$Q = AU\Delta t$$

donde: Q= cantidad de calor BTU/hora de preferencia o también en K cal/hora.

A= Superficie transmisora, medida en pies cuadrados o en metros cuadrados.

U= Coeficiente de transmisión de calor -- que depende del material y forma de -- construcción cuyas unidades son:
BTU/h/ft²/°F.

Δt= Diferencia de temperatura entre la superficie (interna y externa), que intercambian.

En esta ecuación merece atención el cálculo del coeficiente U. Como dijimos su valor depende de las características de construcción del muro y está dado por la siguiente ecuación.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{1}{f_2}}$$

$\frac{1}{f_1}$ y $\frac{1}{f_2}$ dependen de las capas de aire interior y exterior en contacto con la pared transmisora; los demás dependen de las capas más representativas del muro.

f_1 (exterior) está en función de la velocidad del viento, que en el interior se considera siempre igual a cero.

En los cálculos, se usa siempre la velocidad máxima observada en la zona.

En los términos (L) es el espesor del muro o capa transmisora dado en pulgadas; K es el coeficiente de transmisión de calor del material de que se trate, dado en BTU/h/pie²/°F/pulgadas. Los valores de K dependen de la naturaleza del material.

Para el cálculo se consideran como capas representativas solamente los dos muros y el aislante. Este se coloca siempre por dentro del muro para tener continuidad de paredes, piso y techo de la bodega. En los pisos se hace primero un firme de concreto simple (1:3:5 ó 1:2:4) en seguida se coloca el aislante y luego otro firme, ambos con un espesor de 10 a 15 cms.

En la transmisión de calor por los muros importa mucho la orientación del edificio.

Es preferible que por lo menos tres de los muros den hacia locales cerrados y sólo el de la entrada hacia afuera, pero de preferencia al norte donde no le da nunca el sol.

Los techos deben de impermeabilizarse con láminas de aluminio. Alas lozas de concreto debe dárseles una pendiente de 2% para eliminar el agua. Los pisos son normalmente de concreto con pendiente hacia afuera, pero a veces se instalan coladeras dentro de la bodega. El piso debe quedar 10 cms., arriba de la sala o pasillo contiguo, de modo que al cerrar la puerta, ésta selle y evite la entrada de calor.

b) Efecto Solar. El efecto solar varía de acuerdo - con la orientación del edificio y del color del muro, y es un factor de corrección que se suma a dt. Su determinación es experimental y se localiza en tablas.

El cálculo de dt' puede hacerse de la siguiente manera.

1o.- Para muros que dan al exterior y para el techo $dt = t \text{ ext.} - t \text{ int.}$

t ext. = temperatura ambiente. Debe emplearse la máxima observada en el año.

t int. = temperatura que se desee dentro de la bodega.

2o.- Para muros interiores

$$dt = (t \text{ ext.} - t \text{ int.}) 0.75$$

las literales representan lo mismo del caso anterior.

3o.- Para el piso, se acepta que la temperatura del suelo es:

$$T_s = \frac{t \text{ ext.} + t \text{ int.}}{2} \dots\dots\dots (1)$$

en este caso

$$dt = T_s - t \text{ int.} \dots\dots\dots (2)$$

Sustituyendo 1 en 2 tenemos

$$dt = \frac{t \text{ ext.} + t \text{ int.}}{2} - t \text{ int.}$$

por lo tanto

$$dt = \frac{t \text{ ext.} + t \text{ int.} - 2t \text{ int.}}{2} = \frac{t \text{ ext.} - t \text{ int.}}{2}$$

o sea que para el suelo

$$dt = \frac{t \text{ ext.} - t \text{ int.}}{2}$$

En la que los literales significan lo mismo que - en los casos anteriores.

Estos valores de dt se corrigen en su caso, por - efecto solar.

- c) Infiltraciones. Son las cantidades de aire caliente que se introducen al abrir la puerta de la bodega. Estas cantidades dependen del tamaño de la bodega, del tamaño de la puerta, de la temperatura exterior, etc. A base de experimentos, se han constituido tablas en las que se puede obtener el número total de veces que en 24 horas, se renueva todo el aire de la cámara, en función del volumen de la misma y de la temperatura.
- d) Producto. Producto es desde luego el material que

se trata de preservar en la cámara. Es el ren---
glon más fuerte que se va a determinar la carga-
de enfriamiento. Para calcular la cantidad del -
producto, si solo se va a refrigerarse se usará-
la formula básica de calorimetría.

$$Q = Wcp (t_2 - t_1)$$

Para corregir esto se debe de quitar el calor la
tente de fusión. $Q = WHL$

- e) Ocupantes. Dentro de la cámara van a trabajar --
operarios, revisando instalaciones y acomodando-
el producto. Estas personas van a generar calor-
y por ello deben incluirse en el cálculo de la -
carga total.

La cantidad de calor que genera una persona de--
pende de su actividad y de la temperatura de la-
bodega.

Existen tablas determinadas experimentalmente, -
que relacionan estas cantidades en forma empíri-
ca.

Durante el diseño se estima el número de gentes-
y las horas que van a trabajar dentro de la cáma
ra son los que calculamos el calor que vamos a -
extraer por concepto de ocupante.

Teniendo todo esto calculado, podemos estimar el tipo de equipo que vamos a necesitar.

f) Alumbrado. Con respecto a la iluminación se aceptan más o menos 100 watts por cada 9 mts².

Por tanto se calcula la superficie del techo o - piso y con ello se calcula el total de watts.

Para este tipo de cálculos se aceptan las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ HP} = 3,000 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ watt} = 3.415 \text{ BTU/h}$$

Con estos datos podemos conocer la (Q) por concepto de equipo y la agregamos a la suma anterior. El exceso es pequeño y el equipo calculado generalmente satisface las necesidades.

Todo lo que se calcula, debe referirse a 24 horas.

Se tendrá pues, la carga expresada en BTU por 24 horas. Esta carga se divide por el llamado factor del ritmo de enfriamiento y que se debe a -- que el equipo trabaja más al principio que al final. Este factor es específico para cada producto y se localiza en tablas.

Además para conocer la capacidad por hora, se de

be dividir la carga por el número de horas que realmente va a trabajar el equipo en 24 horas. Los difusores deben descongelarse para que no baje su eficiencia. Hay dos tipos de descongelación: la "automática" y la "fuera de ciclo".

La automática se realiza con un agente auxiliar que puede ser agua espreada sobre el serpentín, gas caliente o resistencia eléctrica. Esta descongelación dura de 4 a 6 horas, por tanto, con este sistema el equipo puede trabajar 18 horas. Aquí la carga será:

$$\text{carga en B.T.U.} = \frac{\text{B.T.U./24 horas}}{\text{Fact. X 18}}$$

Otro sistema, es dejar que los difusores se deshielen solos, por lo tanto la descongelación dura más y el equipo trabaja menos. Se estima comúnmente 16 horas.

En fin, obtendremos B.T.U./h; Kcal/h a toneladas de refrigeración (TR). Una tonelada de refrigeración es la cantidad de calor que hay que agregar a una tonelada corta de hielo (2000 libras), por hora para fundirlo en un periodo de 24 horas.

$$\text{TR} = \frac{2000 \times 144}{24} = 12,000 \text{ BTU/h.}$$

El problema.

Calcular la carga de enfriamiento con que va a operar una bodega refrigeradora en la que se van a almacenar 50,000 Kgs., de manzana envasadas en cajas de madera de 30 Kg., cada una.

Los datos importantes son los siguientes:

- 1.- Superficie de almacenamiento requerida.- como cada ^{caja} ocupa 30 Kgs., de manzana y sus dimensiones son de 0.50m X 0.30m X 0.30m, son 6 cajas por metro cuadrado y como se van a apilar 5. En tonces serian $6 \times 5 = 30$ por lo tanto se ocuparan 300 Kg de manzana por metro cuadrado.
- 2.- Temperatura de entrada de la manzana.- 68°F .
- 3.- Temperatura de la bodega.- 60°F .
- 4.- Temperatura máxima de la zona.- 95°F .
- 5.- Velocidad del viento.- 30Km/h.
- 6.- Aislamiento del Frigolit.- 4" de espesor.
- 7.- Altura de la bodega.- 3.5 m.
- 8.- Peralte de la losa del techo.- 4"
- 9.- La superficie exterior del techo es lisa y de color blanco.
- 10.- Los muros tienen 8" en el primer tabique y 3" en el tabique interior.

- 11.- La superficie exterior de los muros es rugosa.
- 12.- El muro que da al exterior vera hacia el sur,- sera de color claro y sera uno de los dos más- largos de la base.
- 13.- El aire dentro de la bodega tiene 85% de hume- dad relativa.
- 14.- Trabajarán 2 operarios durante 3 horas.
- 15.- La densidad de la manzana es de 1.1 ✓
- 16.- Su cp es igual a 0.71
- 17.- La temperatura de las jaulas es de 60°F
- 18.- Cada caja o jaula pesa 3 Kgs.
- 19.- Suponemos que la manzana va a quedar refrigera- da en 24 horas.

Solución.-

- 1.- Las dimensiones de la bodega seran:

50,000 Kg en total y caben 900/m², entonces ne-
cesitamos: $S = \frac{50,000}{900} = 55.5 \text{ m}^2$ a esto le su-

mamos 10 m². Para las pasillos que servirán pa-
ra la vigilancia del estado del producto.

Por lo tanto seran 65 m² y podemos aceptar las-
dimensiones 10 X 6.5 = 65 m².

2.- Calculo para transmisión de muros, piso y techo.

Techo

$$Q = AUdt$$

donde $A = 10 \times 6.5 = 65m^2$

$$1m^2 = 10.76 \text{ pies}^2 \quad A = 65 \times 10.76 = 699.4 \text{ pies}^2$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{1}{f_2}}$$

Por tratarse de una superficie lisa será:

$$f_1 = 1.6 + 0.3v$$

$$v = 30 \text{ Km/h}$$

Para transformarles en millas por hora:

$$1 \text{ milla} = 1.6 \text{ Km.}$$

Por lo tanto

$$v = \frac{30v}{1.6} = 18.7 \text{ millas/hora.}$$

$$f_1 = 1.6 + (0.3 \times 18.7) = 7.2$$

Para calcular f_2 se toma en cuenta que en el interior las paredes son lisas y la velocidad del aire siempre es igual a cero.

$$f_2 = 1.6 + (0.3)(0) = 1.6$$

$$L_1 = \text{es el peralte de la losa}$$

L_2 = es el espesor del aislante o sea

$$L_1 = 4''$$

$$L_2 = 4''$$

A la vez K_1 corresponde al concreto y K_2 al aislante que en este caso se usará el frigolit.

$$K_1 = 12$$

$$K_2 = 0.23$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación U tenemos:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{7.2} + \frac{4}{12} + \frac{4}{0.23} + \frac{1}{16}} = \frac{1}{0.135 + 0.33 + 17.4 + 0.14}$$

$$U = \frac{1}{18.008} = 0.054 \text{ BTU/h/ft}^2/\text{°F}$$

$$t. = t. \text{ ext} - t. \text{ int} = 95^\circ\text{F} - 60^\circ\text{F} = 35^\circ\text{F}$$

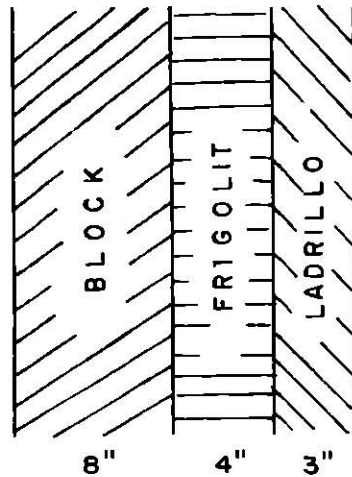
Este valor debe ser corregido por el efecto solar, que para techos de color blanco vale 9°F

$$dt = 35 + 9 = 44^\circ\text{F}$$

Por lo tanto podemos calcular Q del techo

$$Q \text{ techo} = 699.4 \times 0.054 \times 44^\circ\text{F} = 1661.77 \text{ BTU/h}$$

Muros: Según especificaciones de los datos, los muros serán construidos así:



Se calcula en primer lugar el valor de U ya que éste es común para los cuatro muros.

$$K \text{ del tabique} = 5.0$$

$$K \text{ del frigolit} = 0.23$$

$$f_1 = 2.1 + (0.5) (18.7) = 11.45$$

$$f_2 = 1.6 \text{ (las superficies interiores siempre son lisas)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{11.45} + \frac{8}{5} + \frac{4}{0.23} + \frac{3}{5} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = \frac{1}{0.087 + 1.6 + 17.4 + 0.6 + 0.625}$$

$$U = \frac{1}{19.712} = 0.051$$

$$U = 0.051$$

Uno de los muros largos es el que da hacia el -- sur y para el sera:

$$A = 10 \times 3.5 \times 10.76 = 376.6 \text{ pies}^2$$

$$dt = 95 - 60 = 35^\circ \text{F}$$

Teniendo en cuenta que da hacia el sur y es de color claro, encontramos en la tabla respectiva una corrección por efecto solar de 2°F ó sea:

$$35^\circ \text{F} + 2^\circ \text{F} = 37^\circ \text{F}$$

$$Q \text{ muro ext.} = 376.6 \text{ pies}^2 \times 0.051 \times 37^\circ \text{F} \\ = 710.6 \text{ BTU/h.}$$

Para los 3 muros restantes sera:

$$A = (10 + 6.5 + 6.5) (3.5) (10.76) =$$

$$A = (23) (3.5) (10.76) = 866 \text{ pies}^2.$$

$$dt = \text{muros int.} = (95 - 60) 0.75 = 26.25^\circ \text{F}$$

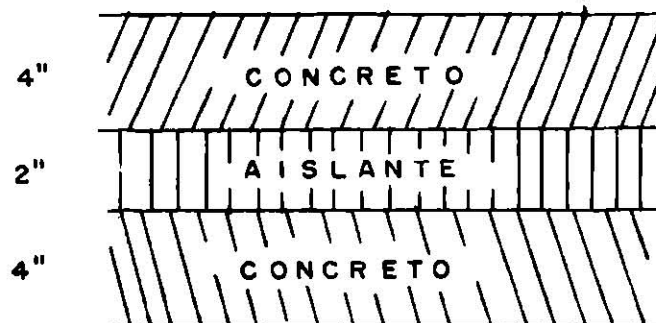
$$Q \text{ muros int.} = 866 \times 0.051 \times 26.25 = 1,159 \text{ BTU/h}$$

por lo tanto:

$$Q \text{ muros ext.} + Q \text{ muros int.} = 710.6 + 1,159 = \\ = 1869.6 \text{ BTU/h.}$$

Piso.- El calor transmitido a la cámara a través del piso de la misma se calcula de la siguiente manera:

Como se dijo antes el piso se construirá así:



La superficie del piso será lisa, y la velocidad del viento en el interior y exterior valdrá cero. Entonces:

$$f_1 = 1.6$$

$$f_2 = 1.6$$

$$K_1 = 12 \text{ para el concreto}$$

$$K_2 = 0.23 \text{ para el frigolit}$$

y así podemos calcular el valor de U.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{4}{12} + \frac{4}{0.23} + \frac{4}{12} + \frac{1}{1.6}}$$

$$U = \frac{1}{0.625 + 0.333 + 17.4 + 0.333 + 0.625}$$

$$U = \frac{1}{19.316} = 0.0518$$

$$A = 10 \times 6.5 \times 10.76 = 699.4 \text{ pies}^2$$

$$dt = \frac{95 - 60}{2} = \frac{35}{2} = 17.5$$

Entonces:

$$Q = 699.4 \times 0.0518 \times 17.5$$

$$Q = 634.0 \text{ BTU/h (del suelo)}$$

Infiltraciones: Según las dimensiones de la cámara tenemos el siguiente volumen:

$$V = 10 \times 6.5 \times 3.5 = 227.5 \text{ m}^3$$

$$1\text{m}^3 = 35.5 \text{ pies}^3$$

$$V = 227.5 \times 35.5 = 8,076 \text{ pies}^3$$

$$V = 8076 \text{ pies}^3$$

Consultando las tablas correspondientes, vemos -- que para este volumen hay 5.5 cambios totales de aire en 24 horas. Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Total de aire intercambiado} &= (8,076) (5.5) = \\ &= 44,418 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

Como el aire tiene 85% de H.R. y una temperatura -- de 95°F; y la cámara esta a 32°F, vemos que cada -- pie cúbico de este aire llevará, según la tabla -- respectiva 2.24 BTU/pie³

Por lo tanto tendremos:

$$Q \text{ inf.} = 2.24 \times 44,418 \text{ pies}^3 = 99496.32$$

$$Q \text{ inf.} = 99,496.32 \text{ BTU/24 horas}$$

Ocupantes.- Según la tabla respectiva a 32°F cada -- hombre produce 928 BTU/h y como se ocuparan 2 ver-

sonas tenemos:

$$\text{Ocupantes} = 928 \times 2 = 1856 \text{ BTU/h.}$$

Producto.- Tenemos 50,000 Kg. de manzana, y trans
formadas a libras serian:

$$50,000 \times 2.2 = 110,000 \text{ libras de manzana}$$

$$W = 110,000 \text{ libras}$$

$$C_p = 0.71$$

$$L = 68^{\circ}\text{F}$$

$$T = 32^{\circ}\text{F}$$

$$dt = 36^{\circ}\text{F}$$

$$Q \text{ producto} = 110,000 \times 0.71 \times 36 = 2;811,600$$

$$Q \text{ producto} = 2;811,600 \text{ BTU.}$$

Madera.- La madera de las jaulas no entra en el -
cálculo, porque se le va a dar un margen de segu-
ridad del 10%.

Ahora consideremos Q total a la suma de todos los
valores obtenidos hasta aquí, expresados en BTU/h.

Q muro	=	1,869.60
Q techo	=	1,661.77
Q piso	=	634.00
Q infilt.	=	99,496.32
Q ocupantes	=	1,856.00
Q producto	=	<u>2;811,600.00</u>
Qtotal	=	2;917,117.69

Q total = 2;917,117.69 BTU/hora.

Con estos datos se recurre al catálogo o al fabricante y nos informamos del tipo de difusor necesario.

Motores.- El fabricante nos informa que debemos de utilizar un motor de 7,5 H.P., entonces tenemos que:

$$1 \text{ H.P.} = 3,000 \text{ BTU/hora.}$$

por lo tanto:

$$\begin{aligned} 7.5 \text{ H.P.} \times 3,000 \text{ BTU/hora} \\ = 22,500 \text{ BTU/hora.} \end{aligned}$$

Alumbrado.- Calculamos que en 65.5 m^2 se necesitan 7 lámparas de 100 watts cada una entonces:

$$Q \text{ lámpara} = 7 \times 3.415 = 23.9 \text{ BTU/hora.}$$

Calculo en Toneladas de Refrigeración.-

Para este cálculo necesitamos conocer el valor de Q total en 24 horas, pero debe tenerse en cuenta que todos los factores de calentamiento operan las 24 horas.

Vamos a considerar que los motores trabajaran 21 horas, los operarios trabajaran 3 horas y los demás factores trabajaran las 24 horas.

Y por lo tanto tendremos lo siguiente:

Q muros	=	44,870.40
Q techo	=	39,882.48
Q piso	=	15,216.00
Q infilt.	=	2,387,911.68
Q ocupantes	=	44,544.00
Q producto	=	67,478,400.00
Q motores	=	540,000.00
Q alumbrado	=	<u>717.00</u>
Q total	=	70,551,542.16

como el equipo trabajará 21 horas, deberá de ex-

pulsar: $\frac{70,551,542.16}{21} = 3,359,597.24$

= 3,359,597.24 BTU/hora

Por lo tanto si una tonelada de refrigeración es-
igual a 12,000 BTU/hora tenemos:

$$\frac{3,359,597.24}{12,000} = 280 \text{ T.R.}$$

con esto agregamos el 10% sobre el total por segu-
ridad y porque se despreció el Q de la madera de-
las jaulas.

Equipo.- Con los datos obtenidos se procedió a --
consultar al fabricante y sugirió lo siguiente:
Que como ellos consideran el producto o las 50 to-
neladas de manzana, no se almacenen en forma si--

multánea; entonces recomiendan lo siguiente:

1 unidad de 7.5 H.P.

2 difusores S C 1348

1 condensador remoto D C - 85

1 tambor de emulsión asfáltica para barrera de vapor

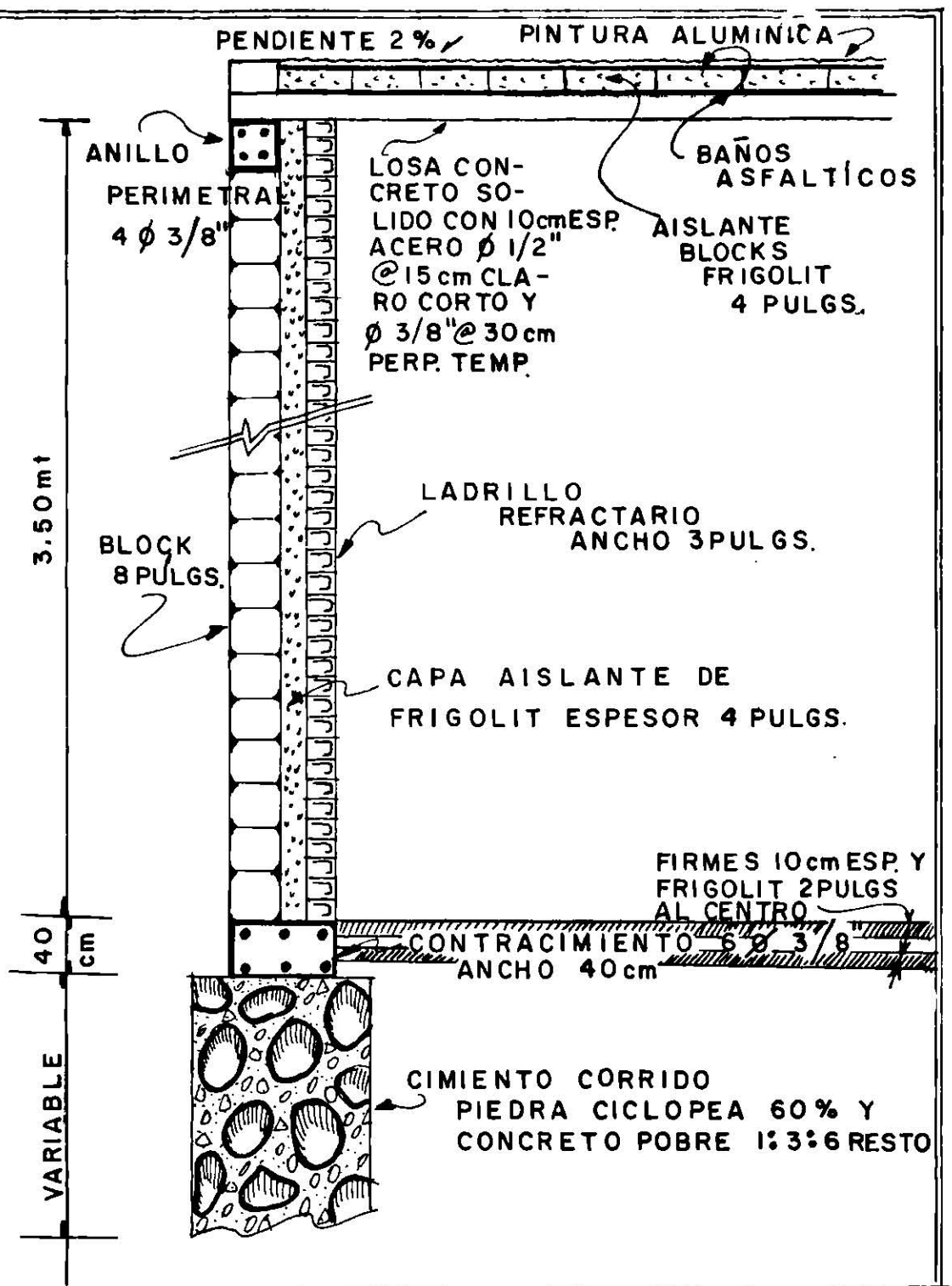
1 puerta especial de 1m. X 2m.

Accesorios como: válvulas, deshidratadores, higrómetro, etc.

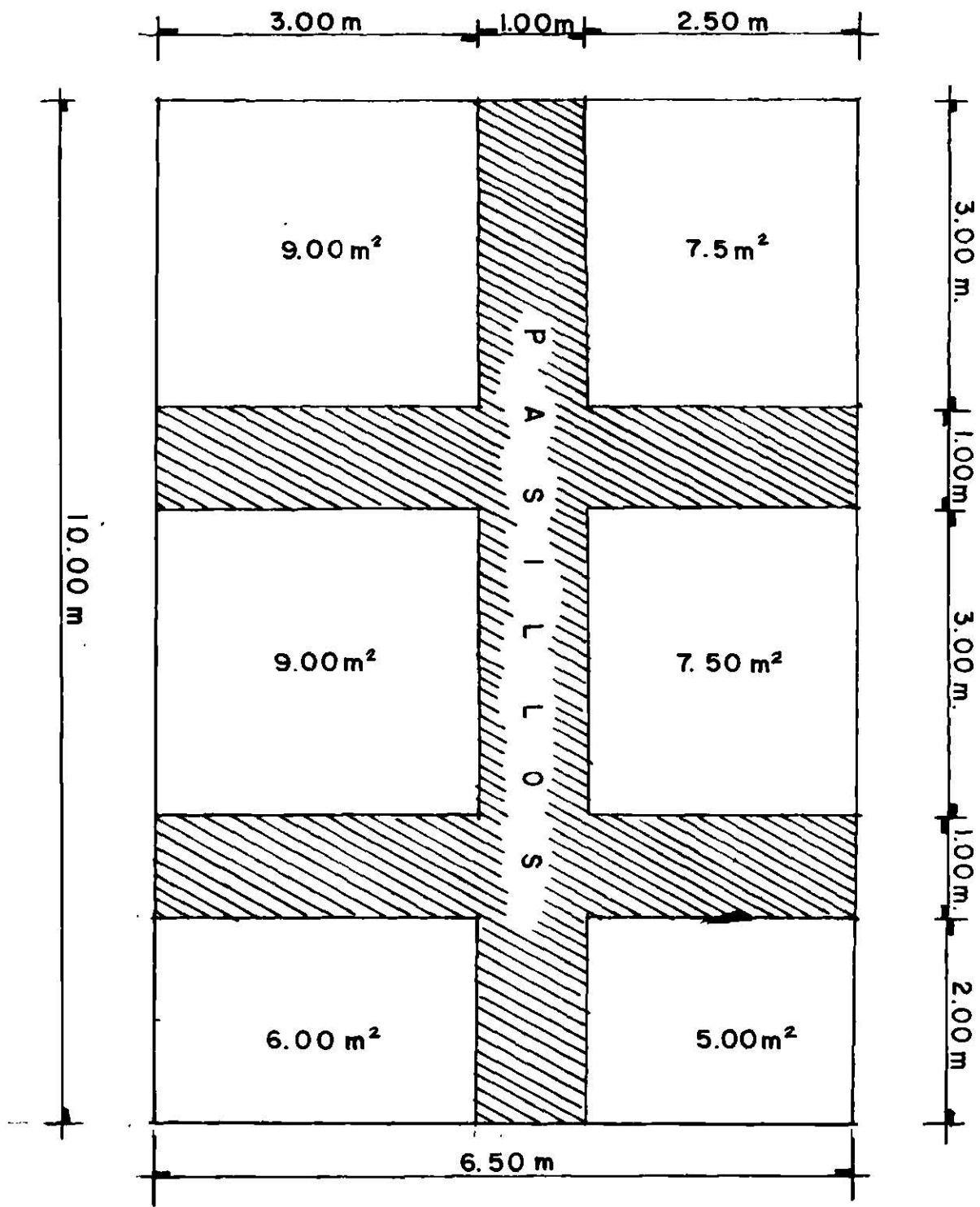
Mano de obra para instalación del equipo.

La cotización fue la siguiente:

\$ 163,000.00



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON		
FACULTAD DE AGRONOMIA		
CORTE TRANSVERSAL GENERAL		
BODEGA REFRIGERADORA		
ESC VAR.	J D B C	12 SEPT 77



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE AGRONOMIA

PLANTA GENERAL

BODEGA REFRIGERADORA

ESC. 1:0.625

J D B C

12 SEPT 77

CONCLUSIONES Y DISCUSION

1.- Se debe de levantar una ruta crítica en la zona donde se produce manzana, como complemento para un diseño completo.

2.- Considerando que el metro cuadrado de construcción cuesta aproximadamente \$3,000.00. El costo total de la bodega refrigeradora sera de: - - - \$359,000.00.

3.- El porcentaje de calor en BTU/hora producido --, por cada uno de los factores son los siguientes

muros	0.06%
techo	0.56%
piso	0.02%
infiltración	3.38%
ocupantes	0.06%
producto	95.64%
motores	0.76%
alumbrado	0.0008%

4.- Tomando en cuenta el precio de la manzana cuando llega la demanda, si se considera remunerativo el hacer una inversión de tal naturaleza.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Desrosier N. W. 1977. "Conservación de Alimentos". C.E.C.S.A., México. Pp. 71, -- 72, 73, 74, 78 y 93.
- 2.- Potter N. N. 1973, "La Ciencia de los Alimentos". EDUTEX. S.A., México. Pp. 204, 206 y 221.
- 3.- Vochelle J. 1969, "Frío Industrial y Domestico" Ed. AEDOS; Barcelona. Pp. 130, 131, - 132, 133, 134, 145, 146 y 147.

