



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

FALLA DE ORIGEN

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA LA
CONSERVACION DE MANZANAS EN LA CIUDAD
DE TEZIUTLAN, PUEBLA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

BARTOLO CANUAS FRANCISCO

ESTRADA SALAS ANTONIO

ASESOR : ING. ARQUIMEDES SOLIS TELLEZ

ENEP



ARAGON

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

AGRADECIMIENTOS

Dedicamos este trabajo a nuestros padres a quienes les debemos todos los logros que hemos conseguido a lo largo de nuestra existencia.

Sr. Francisco Bartolo Calderón y Sra. Nohemí Canuas Alvarez.

Sr. Severino Estrada Astudillo y Sra. Fernanda Salas Clemente.

A nuestros hermanos:

Por habernos ayudado e impulsado a seguir siempre adelante y en todo momento.

A todos los profesores que contribuyeron en nuestro desarrollo profesional.

Al Ing. Arquímedes Solís Téllez.

Por su valiosas aportaciones en el desarrollo del presente trabajo de Tesis, así como su desinteresada asesoría.

A nuestros amigos y compañeros de trabajo.

Por habernos brindado su amistad, ayuda y cooperación de todo momento.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales "ARAGON".

Por habernos brindado la oportunidad de cursar nuestros estudios profesionales.

Francisco Bartolo Canuas.

Antonio Estrada Salas.

INDICE

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I.- PRINCIPIOS TEORICOS.	4
I.1 La Refrigeración.	5
I.2 Breve Historia de la Refrigeración.	6
I.3 Clasificación de la Refrigeración.	10
I.4 Principios Teóricos de la Refrigeración..	14
I.5 Ciclo de Refrigeración.	25
CAPITULO II.- ESTUDIO DE VIABILIDAD.	29
II.1 Introducción.	30
II.2 Importancia Comercial de Teziutlán.	30
II.3 Análisis de Mercado.	32
II.4 Elección del Lugar de Instalación.	35
CAPITULO III.- DISEÑO DE LA CÁMARA FRIGORIFICA.	37
III.1 La Conservación de Alimentos.	38
III.2 Factores que Afectan la Conservación de Alimentos.	39
III.3 Control de Agentes Destruidores de Alimentos.	45
III.4 Almacenes Refrigerados.	49
III.5 Dimensionamiento de la Cámara.	56
III.6 Elección de la Cámara Frigorífica.	72
III.7 Factores que Afectan el Cálculo de la Carga Térmica.	74
III.8 Cálculo de la Carga de Enfriamiento.	91

CAPITULO IV.- SELECCION DE EQUIPO.	99
IV.1 Introducción.	100
IV.2 Selección del Evaporador.	100
IV.3 Selección del Condensador.	103
IV.4 Selección de la Válvula de Expansión.	106
IV.5 Selección del Termóstato.	108
IV.6 Selección de la Válvula Solenoide.	110
CAPITULO V.- EVALUACION FINAL DE COSTOS.	113
V.1 Introducción.	114
V.2 Método del Valor Presente.	114
V.3 Costo de Inversión Inicial.	116
V.4 Costo de Operación.	117
V.5 Costo de Partes de Repuesto.	118
V.6 Análisis de Costos.	119
CONCLUSIONES.	128
APENDICE A.	131
APENDICE B.	148
BIBLIOGRAFIA.	154

INTRODUCCION.

INTRODUCCIÓN

Una de las más importantes actividades en nuestro País es la producción frutícola, contando con una gran variedad de productos cultivados y de excelente calidad, así como regiones en donde es posible encontrar varios de estos productos.

Sin embargo no siempre la producción frutícola es aprovechada debidamente, ni se obtiene una buena remuneración económica para las personas que se dedican a esta actividad, además existen regiones donde la naturaleza es pródiga para el desarrollo de las actividades relacionadas con la producción de fruta y que sin embargo no se han desarrollado adecuadamente debido a la falta de conocimientos de sus pobladores o por falta de apoyos tanto técnicos como económicos a esta actividad.

Una de las regiones como la mencionada en el párrafo anterior es la región ubicada en la Sierra Norte del Estado de Puebla y una parte del Estado de Veracruz que colinda con dicho Estado. Esta región tiene una gran producción en cuanto a fruta se refiere, tanto de clima frío como del clima cálido. Aquí es posible encontrar manzana, pera, ciruela, durazno, capulín, aguacate, membrillo, tejocote, naranja, limón, mandarina, papaya, guayaba, piña, sandía, melón, maracuyá, etc.

Sin embargo, aunque es posible encontrar todos estos tipos de frutas, y de excelente calidad, es de observarse que no toda la producción es aprovechada debidamente, así como tampoco ha sido optimizado al máximo el uso del suelo para obtener una cosecha más abundante y de mayor calidad, además no existe una buena comercialización de los productos, por ello productores no obtienen los mejores beneficios posibles por la venta de la fruta.

Debido a los motivos antes mencionados surge la inquietud de proponer, y en su caso crear, un medio que ayude a resolver la problemática de la producción frutícola de la región y de alguna manera ayudar a mejorar los ingresos económicos de las personas que se dedican a esta actividad, así como mejorar la producción en cuanto a calidad y cantidad se refiere. Esta propuesta incluye el diseño de una cámara frigorífica para conservación de manzana, que es una de las frutas de mayor producción en la región, y una sección de empaque de las mismas. En cuanto a la cámara frigorífica se refiere, podrá observarse que se realiza un diseño completo, desde la especificación de los materiales necesarios y adecuados para su construcción, hasta los planos donde se indica el lugar de instalación de la planta, sus dimensiones, la ubicación de equipos, circuito de tuberías, diagramas de control, diagramas eléctricos, especificación de equipos y materiales para la buena conservación del producto, etc. Además se realiza un análisis de costos para determinar la viabilidad económica de la instalación de una planta de este tipo, que comprende desde la inversión inicial, hasta el costo de operación y mantenimiento.

Por otra parte creemos que con El Tratado de Libre Comercio acordados con varios Países del Continente, una planta de este tipo, ubicada en el lugar propuesto puede tener repercusiones favorables a nivel internacional, por la alta calidad de los productos y a que el lugar de instalación se encuentra en una zona cercana a puertos marítimos y aeropuertos, además de vías ferroviarias lo que facilitaría la comercialización de productos con diversas zonas del Continente.

CAPITULO I

PRINCIPIOS TEORICOS

1.1 LA REFRIGERACIÓN

Muy poca gente, a excepción de aquellas que de alguna manera se encuentran relacionadas con la industria, están conscientes de la parte tan importante que representa la refrigeración para el desarrollo de la sociedad, aún más, no tienen noción sobre la dependencia de la sociedad con respecto a la refrigeración mecánica. Por ejemplo, la conservación de alimentos para la alimentación de una población urbana en crecimiento no sería posible si no se tienen los equipos necesarios para su refrigeración

En general se define a la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. En forma más específica, la refrigeración es la rama de la Ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que su medio ambiente inmediato, la temperatura de un espacio dado o producto. Es, también, la remoción de calor no deseado desde espacios u objetos seleccionados y su transferencia a otros espacios u objetos. La remoción de calor para bajar la temperatura, puede ser llevada a cabo mediante el uso de hielo, nieve, agua fría o refrigeración mecánica.

Para lograr lo anterior, debe absorberse el calor del cuerpo que va a ser refrigerado por otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo a refrigerar. Debido a que el calor eliminado del cuerpo refrigerado es transferido a otro cuerpo, puede observarse que refrigeración y calefacción son los extremos del mismo proceso.

Pero la refrigeración no solo tiene aplicaciones tales como la comodidad que produce el acondicionamiento del aire; y el congelamiento, almacenaje, transportación y exhibición de productos de fácil descomposición, sino también, la refrigeración, es usada en el procesamiento o fabricación de muchos artículos que son comercializados actualmente en diversos

establecimientos y que ni siquiera nos imaginamos que para poder hacer uso de ellos, antes se debió pasar por un proceso de fabricación en el cual fue utilizada, de alguna manera, la refrigeración mecánica. La lista de productos o procesos que es posible hacer o perfeccionar mediante el empleo de la refrigeración mecánica, es prácticamente infinita. Podríamos mencionar, por ejemplo, que la refrigeración hace posible la construcción de carreteras y túneles y la cimentación y construcción de tiros y minas a través de formaciones en terrenos inestables, es posible la fabricación de plásticos, de hule sintético y de muchos otros productos relacionados. En las industrias textiles y del papel permiten aumentar la velocidad de sus máquinas y obtener un mayor volumen de producción.

1.2 BREVE HISTORIA DE LA REFRIGERACIÓN.

Aún cuando los primeros antepasados del hombre, conocieron y observaron los efectos del frío, hielo y nieve sobre sus cuerpos y sobre las cosas alrededor de ellos, tales como la carne que traían de sus cacerías, no es hasta la temprana en la historia China que encontramos referencia al uso de estos fenómenos naturales para mejorar la vida de la gente ya que los Chinos fueron los primeros en recolectar y almacenar hielo en invierno empacándolo en paja o hierba seca, para utilizarlo en los meses de verano.

El hielo natural y la nieve proveyeron los únicos medios de refrigeración por muchos siglos. Los antiguos Egipcios descubrieron que la evaporación podía causar enfriamiento, así aprendieron a colocar su vino y otros líquidos dentro de recipientes de barro colocándolos en los techos durante las noches, de tal manera que las brisas frías causaban evaporación y enfriaban el contenido.

Algunos de los antiguos colonos provenientes de Inglaterra en Norteamérica desarrollaron métodos de preservar comida y bebida perecederas con hielo y nieve. Construyeron edificios de almacenamiento (casas de hielo), en las cuales podían guardar el hielo, recolectado durante los fríos inviernos, para usarlo durante los meses cálidos.

En la década de 1900 se desarrolló la refrigeración industrial mediante el uso del ciclo mecánico, empacadoras de carne, carnicerías, cervecerías y otras industrias, empezaron a hacer uso completo de la refrigeración mecánica.

Con el crecimiento de la industria eléctrica y del alambrado de las casas, los refrigeradores domésticos se popularizaron, sustituyendo a las casas de hielo, que requerían un bloque de éste diariamente.

Este creciente interés en los refrigeradores domésticos, fue ayudado por el diseño de motores eléctricos, de baja potencia, para operar compresores en cajas de hielo mecánicas. Desde 1920 estos aparatos han sido producidos en gran número llegando a ser una necesidad para todos, mas que un lujo para unos cuantos.

No solamente la conservación de alimentos en nuestras casas, sino también la preservación comercial de comida, es una de las mas importantes y comunes aplicaciones de la refrigeración.

Más de las tres cuartas partes de la comida que aparece sobre las mesas americanas cada día, pasa por todo un proceso de producción, empaclado, embarcación, transporación, almacenamiento y preservación por medio de refrigeración. Millones de toneladas de comida son almacenadas en depósitos refrigerados, otros más en almacenes congelados, específicamente diseñados para ello. Además el requerimiento de los

servicios de refrigeración se extiende a los medios de transportación a fin de conservar los productos perecederos.

No estamos limitados al gozo de frutas, vegetales y otros productos que crecen localmente en una época del año, podemos tener productos comestibles de otras partes del país, o de otros países durante prácticamente todo el año.

Por otro lado, la refrigeración ha mejorado la economía de muchas áreas, al suministrar un medio de preservar sus productos despachados a consumidores remotos. Ha colaborado en el desarrollo de regiones agrícolas a través de una mayor demanda para sus productos y ha ayudado a las áreas de productos lácteos y ganado similarmente.

Antes de 1941 la mayoría de las llantas para automóviles, camiones, aviones y similares se fabricaban de caucho natural producido en plantaciones del Sudeste de Asia. Cuando el embarque de látex desde las plantaciones de caucho en el extranjero a los EE.UU., fue restringido como consecuencia del estallido de la II guerra mundial, la industria americana y su gobierno Federal establecieron un programa cooperativo de caucho sintético basado en investigaciones previas. Los científicos apreciaron que algunos procesos de manufactura podrían hacer el caucho artificial más durable y resistente al uso, mediante la utilización de bajas temperaturas; así la refrigeración llegó a ser vital para otra industria.

A partir de la II guerra mundial se ha observado un rápido incremento de los productos que requieren la aplicación de la refrigeración, tales como la Industria Petroquímica (plásticos), Plantas Textiles y la Industria del Procesamiento de Datos. Sin la refrigeración (y el aire acondicionado), muchos de estos nuevos productos no podrían ser manufacturados y/o usados.

Uno de los más recientes desarrollos asociados con la energía, es la importación del gas natural licuado por los Estados Unidos. Se requieren temperaturas de -270° F para cambiar el gas a líquido, el cual luego es cargado en tanques refrigerados para embarque a un puerto de recibo en Estados Unidos. Permanentemente el líquido debe ser mantenido a -270° F hasta que este listo para ser gasificado.

La calefacción, refrigeración y aire acondicionado mediante la energía solar, se espera que proveerán muchas oportunidades para el desarrollo de nuevos productos y para aplicación calificada, instalación y servicio personal.

Una aplicación importante es la mejoría de los métodos de tratamientos térmicos de aceros usados en las máquinas-herramientas, y otros tipos de estos. Sin embargo, las aplicaciones antes mencionadas sólo son una pequeña parte de los cientos de aplicaciones que tiene la refrigeración y que son utilizados en la actualidad; pero además de estos, cada año se encuentran más aplicaciones nuevas. Esto demuestra que la industria de la refrigeración es creciente, lo único que frena su desarrollo es la falta de un adecuado entrenamiento del potencial humano técnico disponible.

En 1975 las casas, plantas y edificios comerciales de los Estados Unidos añadieron nuevo equipo de refrigeración y de aire acondicionado, valorado en más de 8 billones de dólares. La inversión total fue realmente mucho mayor, ya que el costo de varios productos accesorios tales como la ductulación, difusores, aislamientos y controles que van en un sistema completo no están incluidos, así pues, la refrigeración y el aire acondicionado constituyen una de las mayores industrias domésticas.

Los mercados mundiales en este campo, también han experimentado un rápido crecimiento: Canadá, Japón, Alemania, Reino Unido, Francia, México,

Irán y Venezuela están entre los mayores usuarios de refrigeración y aire acondicionado. Este mercado continuará expandiéndose cuando otros países mejoren su nivel de vida y tengan un mayor desarrollo industrial.

I.3 CLASIFICACIÓN DE LA REFRIGERACIÓN.

Para facilitar el estudio de la refrigeración, ésta ha sido clasificada en cuanto a la aplicación que se le da, y se han agrupado seis categorías generales.

REFRIGERACIÓN DOMESTICA
REFRIGERACIÓN COMERCIAL
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL
REFRIGERACIÓN MARINA Y DE TRANSPORTACIÓN
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE PARA CONFORT Y BIENESTAR.
ACONDICIONAMIENTO DE AIRE INDUSTRIAL

Sin embargo en la práctica es posible observar que no existen límites exactos que definan las áreas antes mencionadas, las cuales no están precisamente bien definidas y que existen traslapes entre ellas o se interrelacionan mutuamente.

REFRIGERACIÓN DOMESTICA.- El sector de la refrigeración doméstica se limita, principalmente, a refrigeradores y congeladores caseros. Estas unidades de refrigeración son de tamaño pequeño fluctuando sus capacidades entre 1/20 y 1/2 H.P., observándose que operan con compresor del tipo sellado hermético, condensador de serpentín aletado, válvula de expansión termostática y evaporador de superficie.

Aunque las unidades caseras son de tamaño pequeño, existe bastante desarrollo en este campo debido a que es grande el número de unidades en servicio, aumentando día con día, ya que los hogares sin este tipo de unidad, tratan de adquirir una.

REFRIGERACIÓN COMERCIAL.- La refrigeración comercial se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración de tamaño mayor al de refrigeración casera y que son utilizados, principalmente, en venta de productos al menudeo, es común observar este tipo de unidades en carnicerías, tiendas de autoservicio, cremerías, tiendas de abarrotes, panaderías, etc. También son comunes en hoteles, restaurantes, y en general, en aquellos establecimientos o instituciones que se dedican a la exhibición, procesamiento y distribución de artículos comerciales putrescibles de todo tipo.

REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL.- Esta parte de la refrigeración es, a menudo, confundida con la refrigeración comercial, debido a que no están claramente definidos sus campos. En general, las aplicaciones de la refrigeración industrial se enfoca a sistemas más grandes en tamaño que la refrigeración comercial, teniendo una característica distintiva, la cual señala que las instalaciones industriales requieren tener un empleado para el servicio y mantenimiento del sistema, por lo regular un ingeniero. Algunas aplicaciones típicas son las plantas de elaboración de hielo, cervecerías, lecherías grandes plantas de empaque de alimentos; como carne, pescado, pollo, alimentos congelados, etc. Otras aplicaciones se encuentran en

refinerías de petróleo, plantas químicas, huleras, aplicaciones de construcción industrial, tratamientos térmicos, etc.

REFRIGERACIÓN MARINA Y DE TRANSPORTACIÓN.- Las aplicaciones que caen dentro de esta área, pudieran estar, en parte, involucradas en la refrigeración comercial, y en parte, en la refrigeración industrial sin embargo el área de refrigeración de marina y de transportación ha tenido tal crecimiento que requiere especial atención.

La refrigeración marina se refiere a todo tipo de refrigeración que se efectúa dentro del barco, e incluye, la refrigeración de todos aquellos productos recolectados en el mar, productos putrescibles que deben ser transportados por barco.

La refrigeración de transportación, se refiere a los equipos o sistemas utilizados para la refrigeración en medios de transporte ; incluyéndose aquellos que se utilizan en transportación a largas distancias, así como las utilizadas para reparto local. Se incluyen también los carros de ferrocarril refrigerados, muy utilizados en la actualidad (aunque no demasiado en nuestro país).

ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.- Esta área de la refrigeración se refiere, como su nombre lo indica, al acondicionamiento del aire de algún espacio cerrado designado. El acondicionamiento del aire, no solo implica el control de temperatura dentro del espacio, sino también debe controlarse la humedad y la velocidad del aire: debe incluirse la limpieza y filtrado de este último.

El acondicionamiento del aire puede dividirse en dos grupos, de acuerdo a su propósito, aire acondicionado para confort o para uso industrial.

El acondicionamiento de aire para confort, se refiere a todas aquellas aplicaciones cuya función primordial sea la de proporcionar un ambiente de comodidad dentro de un espacio. Refiriéndose a esta sección, podemos observar aplicaciones típicas en casas-habitación, hoteles, oficinas públicas, fábricas, aeropuertos, automóviles, trenes, aviones, autobuses, barcos, restaurantes, etc.,

Por otra parte, todo aquel tipo de acondicionamiento de aire cuya función primordial no sea el de proporcionar un ambiente de confort, suele llamarse acondicionamiento de aire industrial, sin embargo esto no es indicativo de que no nos pueda proporcionar, también, confort; interrelacionándose, en este caso, ambas posibilidades del acondicionamiento de aire, las aplicaciones del acondicionamiento del aire industrial, no tiene límites y su variedad es extensa. Se pueden observar aplicaciones de este tipo, en la producción de elementos químicos, manufactura de productos de precisión, elaboración de dulces y chocolates, proporcionamiento de aire filtrado y con temperatura adecuada a centros de cómputo, centros de control eléctrico, etc. En general, las funciones de los sistemas de aire acondicionado industrial son:

- 1.- Controlar el contenido de humedad con materiales higroscópicos.
- 2.- Controlar la velocidad en reacciones químicas y bioquímicas.
- 3.- Control en el límite de las variaciones en el tamaño de la precisión de artículos manufacturados debido a la expansión y concentración térmica.
- 4.- Proporcionar aire filtrado limpio, lo cual es conveniente en determinadas operaciones y en la producción de productos de calidad.

I.4 PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LA REFRIGERACIÓN.

Para poder realizar un análisis de refrigeración, es necesario tener presente algunos conceptos teóricos que nos ayudarán a comprender mejor los procesos que se llevan a cabo durante todo un ciclo de refrigeración, el cual puede ser utilizado en cualquiera de las aplicaciones de la refrigeración.

Estos conceptos teóricos involucran principios de la termodinámica y de la transferencia de calor en los cuales se basa el diseño de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. En los siguientes párrafos se mencionan los principales conceptos teóricos aplicables a la Refrigeración.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA.

"La suma total de la energía del universo es una cantidad constante; esta cantidad no puede incrementarse, disminuirse, crearse o destruirse"

"La energía no se crea ni se destruye, solo se Transforma"

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA (ENUNCIADO DE CLAUSIUS)

"Es imposible que una máquina, actuando por si sola y sin ayuda de un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero"

LEY DE BOYLE.

"A una temperatura constante, el volumen de un peso dado de gas perfecto varía inversamente a la presión absoluta"

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_n V_n = \text{cte.}$$

Donde P= Presión absoluta (Kg/cm² abs.)

V= Volumen específico (m³/Kg)

LEY DE CHARLES.

"Cuando un gas perfecto recibe calor a volumen constante, la presión absoluta varía en forma directamente proporcional a la temperatura.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_n}{T_n}$$

Donde T= Temperatura absoluta (° K).

P= Presión absoluta (Kg/cm² abs).

LEY DE JOULE.

"Cuando un gas perfecto se expande sin hacer trabajo, su temperatura permanece inalterable, ya que su energía interna permanece también inalterable"

"La energía interna de un gas perfecto es función solamente de la temperatura"

LEY DE AVOGADRO.

"Iguales volúmenes de cualquier gas, a la misma presión y temperatura, tienen el mismo número de moléculas.

Todo aquel gas que obedezca a las leyes de Boyle, Charles, Joule y Avogadro, se dice que es un gas perfecto.

La transferencia de calor puede definirse como el flujo de calor de un cuerpo de alta temperatura a un cuerpo con menor temperatura. Este flujo de calor puede darse en 3 formas diferentes, las cuales intervienen siempre (o casi siempre) en los procesos de refrigeración. Los tres conceptos que se

mencionan a continuación se relacionan de manera amplia con la transferencia de calor.

CALOR SENSIBLE.

El calor que puede sentirse o medirse se llama calor sensible. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado. La sustancia bien sea en estado sólido, líquido o gaseoso, contiene calor sensible en algún grado, siempre que su temperatura este por encima del cero absoluto.

CALOR LATENTE.

Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiarán de un sólido a un líquido sin ningún incremento de temperatura. En este punto, si la sustancia está en un estado líquido y el calor se retira de ella, la sustancia se solidificará sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos procesos (cambio de un sólido a un líquido o de un líquido a un sólido), sin un cambio en la temperatura se conoce como el Calor Latente de Fusión. Otro tipo de calor latente que debe tomarse en cuenta cuando se realizan cálculos de calor, es el Calor Latente de Condensación. Este es el calor que una libra de líquido absorbe mientras cambia su estado a vapor. O puede clasificarse como Calor Latente de Condensación, cuando el calor sensible se remueve del vapor hasta que alcanza el punto de condensación y luego se condensa en forma líquido.

La absorción de la cantidad de calor necesario para el cambio de estado de un líquido a un vapor por evaporación y la liberación de esa cantidad de calor necesaria para el cambio de estado de un vapor a líquido por

condensación son los principales fundamentos del proceso o ciclo de refrigeración. La refrigeración es la transferencia de calor por el cambio en estado del refrigerante.

CALOR ESPECÍFICO.

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor necesario en BTU (o kcal) para cambiar la temperatura de una libra (o kg) de la sustancia en un grado Fahrenheit (o centígrado). Un BTU es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit.

La segunda ley de la termodinámica establece que sólo se puede transferir calor en una dirección, de mayor a menor temperatura; y esto tiene lugar a través de 3 modos básicos de transferencia de calor.

CONDUCCIÓN.

La conducción se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercanas de una sustancia, o entre sustancias que están tocándose o en un buen contacto una con la otra. Cuando la transferencia de calor ocurre en una sola sustancia, tal como una varilla de metal con un extremo en una llama de fuego, el movimiento de calor va hasta que hay un balance de temperatura a todo lo largo de la longitud de la varilla.

Si la varilla se sumerge en agua, las moléculas que se mueven rápidamente sobre la superficie de la varilla transmitirán algún calor a las moléculas del agua y otra transferencia de calor tendrá lugar. Cuando la superficie exterior de la varilla se enfría, hay aún algún calor dentro de la varilla y ésta continuará transfiriéndolo a las superficies exteriores de la varilla y luego al agua hasta que se alcanza el balance de temperatura.

La velocidad con la cual el calor se transfiere por medio de la conducción varía con las diferentes sustancias o materiales si estas cuentan con las mismas dimensiones. La razón de transferencia de calor variará de acuerdo a la habilidad de las sustancias o materiales para conducir calor. Las sólidos, en general son mucho mejores conductores que los líquidos; y a su vez los líquidos conducen mejor el calor que los gases o vapores.

CONVECCIÓN.

Otro medio de transferencia de calor es por el movimiento del material calentado en si mismo cuando se trata de un líquido o gas. Cuando el material se calienta, las corrientes de convección son producidas dentro del mismo y las porciones más calientes de él suben, lo que el calor trae consigo es el decrecimiento de la densidad del fluido y un incremento en su volumen específico.

El aire dentro de un refrigerador es un ejemplo primario de los resultados de las corrientes de convección. El aire en contacto con el serpentín de enfriamiento llega a enfriarse y por consiguiente se vuelve más denso, y empieza a bajar a la parte interior del refrigerador. Al hacerlo absorbe calor de los alimentos y de las paredes del refrigerador, el cual a través de conducción ha ganado calor del cuarto.

Después de que el calor ha sido absorbido por el aire, éste se expande volviéndose más liviano y sube hasta llegar nuevamente al serpentín de enfriamiento donde el calor se remueve de él. El ciclo de convección se repite siempre que haya una diferencia de temperaturas entre el aire y el evaporador.

Las corrientes de convección mencionadas anteriormente son naturales, y, como en el caso de un refrigerador, un flujo natural es un flujo lento. En

algunos casos la convección debe incrementarse con el uso de ventiladores o sopladores; en el caso de líquidos se usan bombas para forzar la circulación y la transferencia de calor de un lugar a otro.

RADIACIÓN.

Un tercer medio de transferencia de calor es la radiación por medio de ondas similares a las de la luz o a las ondas del sonido. Los rayos del sol calientan la tierra por medio de ondas de calor radiante las cuales viajan en caminos rectos sin calentar la materia que interviene en su recorrido o el aire. El calor de un bulbo de luz o de una estufa caliente es radiante por naturaleza y se siente cuando se está cerca de ella, aunque el aire entre la fuente y el objeto cuando los rayos pasan a través de él no se calienta.

A bajas temperaturas hay solamente una pequeña cantidad de radiación y, solamente se notan diferencias menores de temperatura, por consiguiente la radiación tiene pequeño efecto en el proceso real de refrigeración, pero los resultados de la radiación de los rayos solares directos pueden causar un incremento de la carga térmica en un edificio expuesto a estos rayos.

El calor radiante es rápidamente absorbido por materiales o sustancias oscuras o mates, mientras que las superficies o materiales con colores claros, reflejaran las ondas de calor radiante, como lo hacen con los rayos de luz.

AISLAMIENTO.

Ciertas sustancias son excelentes conductoras de calor, mientras que otras son pobres conductores, las cuales pueden clasificarse como aislantes. Por consiguiente cualquier material que ayude a evitar la transferencia de calor por cualquier medio, se llama y puede usarse como aislamiento. Por

supuesto, ningún material detendrá completamente el flujo de calor. Si existiera tal sustancia, sería muy fácil enfriar cualquier espacio dado a una temperatura deseada y mantenerla allí.

Sustancias tales como corcho, fibra de vidrio, lana mineral y espuma de poliuretano, son buenos ejemplos de materiales aislantes; pero otras numerosas sustancias se usan para aislar espacios refrigerados o edificios. Los materiales compresibles, tales como sustancias fibrosas, ofrecen mejor aislamiento si se instalan flojos o en forma de sabanas, que si se comprimen o se empacan fuertemente.

PROCESO

Es la transformación o cambio que experimenta un sistema termodinámico de uno a otro estado en equilibrio.

Existen dos tipos de procesos que son:

Proceso Reversible: Es el proceso constituido por una sucesión de estados en equilibrio, ya que paso a paso puede definirse el estado del sistema a lo largo de un recorrido, considerando que no existen pérdidas de energía, (gases ideales). A dicho proceso se le conoce también como proceso cuasiestático, pues se compone de una serie de estados muy próximos al equilibrio estático.

Proceso Irreversible: Es aquel que conlleva (soporta) pérdidas de energía y son los procesos reales.

Los procesos termodinámicos son aquellos durante los cuales una propiedad permanezca constante y se designa con el prefijo "ISO" antepuesto al nombre de la propiedad.

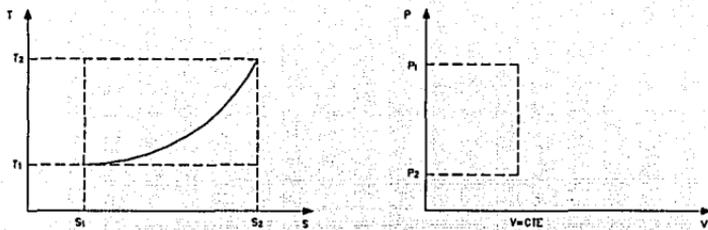


FIG. 1.1 PROCESO A VOLUMEN CNSTANTE. a) DIAGRAMA T-S b) DIAGRAMA P-V

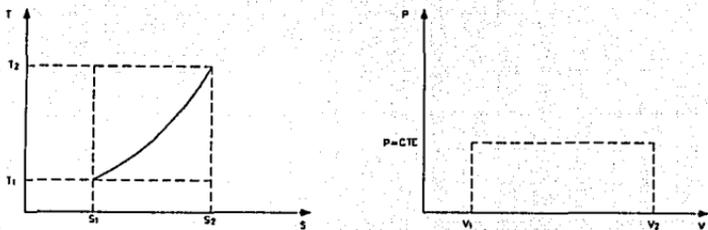


FIG. 1.2 PROCESO A PRE'SION CONSTANTE a) DIAGRAMA T-S b) DIAGRAMA P-V

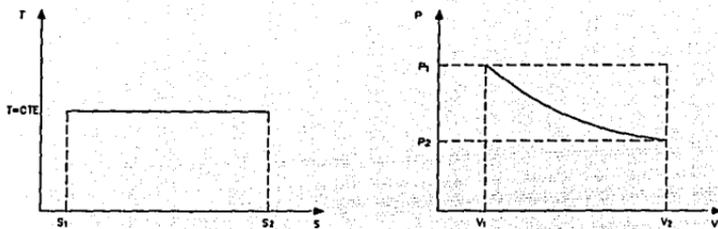


FIG. 1.3 PROCESO A TEMPERATURA CONSTANTE. a) DIAGRAMA T-S b) DIAGRAMA P-V

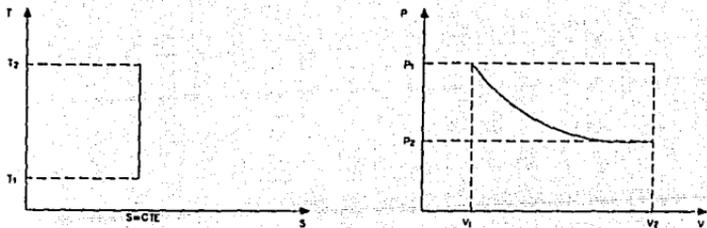


FIG. 1.4 PROCESO ISENTROPICO. a) DIAGRAMA T-S b) DIAGRAMA P-V

PROCESO A VOLUMEN CONSTANTE.

Un proceso a volumen constante es aquel en el cual el volumen permanece constante durante todo el tiempo que dura el proceso. En el plano PV, este proceso ($dV=0$), que suele llamarse, también, proceso isométrico, se representa por una recta vertical (fig 1.1). En el plano TS una línea a volumen constante para una sustancia gaseosa tiene una pendiente ascendente hacia la derecha, siendo obtenida la ecuación de la curva por la expresión:

$$S = C_u \ln T_2/T_1 \text{ con } C_u = \text{constante}$$

Como puede observarse en la fig.1.1, la energía fluye hacia el interior del sistema. Si el proceso es reversible internamente, esta energía es calor.

PROCESO A PRESIÓN CONSTANTE.

Un proceso a presión constante, llamado también proceso isobárico, es un cambio de estado durante el cual la presión se mantiene constante. Puede ser reversible o irreversible, no fluyente. En cualquier caso, para un gas ideal, la ley de Charles, $V_2/V_1 = T_2/T_1$ puede ser empleada. En el diagrama PV, (fig.1.2), el proceso está representado por una recta horizontal (isobara), y en el diagrama TS, el proceso se representa por la curva obtenida de la integral indefinida de $ds = dQ/T$, o sea, para $C_p = \text{constante}$, $S = W C_p \ln T + C$, donde C es la constante de integración. En el proceso reversible 1-2 (fig.1.2), se está añadiendo calor al sistema y éste está realizando trabajo

PROCESO A TEMPERATURA CONSTANTE.

Un proceso isotérmico es el que se efectúa a temperatura constante, $T = \text{constante}$. Para un proceso isotérmico es aplicable la ley de Boyle $PV = C$ o

$P_1V_1 = P_2V_2$. Las curvas sobre los diagramas PV y TS de este proceso, llamadas isothermas, se muestran en la fig.1.3, donde:

Si el punto de estado tiene movimiento componente hacia la derecha, se añade calor y el sistema efectúa trabajo.

Si el proceso marcha en sentido contrario, el punto de estado tiene un movimiento componente hacia la izquierda, se rechaza calor y se efectúa trabajo sobre el sistema.

PROCESO ISENTROPICO.

Un proceso adiabático es aquel en el cual no se transmite calor, $Q=0$. Un proceso isentrópico se define como un proceso reversible adiabático, que es uno de entropía constante y $Q=0$. La ecuación de un proceso isentrópico para un gas ideal en coordenadas PV es:

$$PV = C$$

La curva correspondiente es semejante en su aspecto general a la hipérbola equilátera (fig. 1.4).

CICLO DE CARNOT.

Analizando una máquina térmica que recibe calor de un depósito a alta temperatura y expide calor a otro depósito a temperatura baja. Debido a que se trata de depósitos admitiremos que las dos temperaturas, alta y baja, permanecen constantes, sin importar la cantidad de calor suministrado.

Supongamos que esta máquina térmica funciona entre los depósitos de temperaturas, alta y baja, opera en un ciclo en el cual cada proceso es reversible. Si cada proceso es reversible, el ciclo completo es reversible, y si

se invierte el ciclo, la máquina térmica se convierte en un refrigerador (ver fig. 1.5)

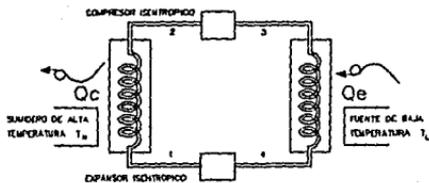
1.5 CICLO DE REFRIGERACIÓN.

El trabajo del ciclo de refrigeración es remover calor no deseado de un lugar y descargarlo en otro. Para alcanzar esto, el refrigerante es bombeado a través de un sistema completamente cerrado. Si el sistema no fuera cerrado, estaría usando refrigerante disipándolo al aire; a causa de ser cerrado, el mismo refrigerante se usa de nuevo, removiendo y descargando alguna cantidad de calor cada vez que se realiza el ciclo (fig.1.6).

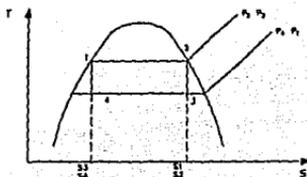
El ciclo sirve también para otros propósitos: preservar el refrigerante de llegar a contaminarse y controlar su flujo, porque este es un líquido en alguna parte del ciclo y un gas o vapor en otros sitios.

Existen dos diferentes presiones en el ciclo, la de evaporación o de baja presión en el lado de baja y la de condensación o alta presión en el lado de alta. Estas áreas de presión se separan por dos puntos de división; uno es el aparato de medición donde el flujo de refrigerante se controla y otro es el compresor donde el vapor se comprime.

Para iniciar una descripción del ciclo, el instrumento de control de flujo, es un buen lugar para iniciar. Este aparato puede ser una válvula de expansión ó un tubo capilar que controle el flujo de refrigerante dentro del evaporador o serpentín de enfriamiento a baja temperatura y a baja presión. El refrigerante que se expande se evapora (Cambio de estado) cuando va a través del serpentín de enfriamiento, donde retira el calor del espacio en el cual el evaporador está localizado.

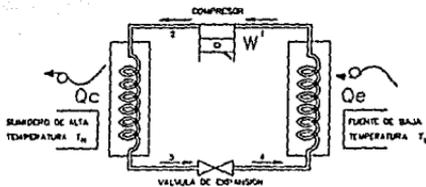


a) DIAGRAMA ESQUEMATICO

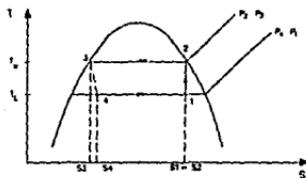


b) DIAGRAMA TEMPERATURA-ENTROPIA (T-S)

FIG. 1.5 CICLO DE CARNOT.



a) ESQUEMA DEL CICLO.



b) DIAGRAMA TEMPERATURA-ENTROPIA (T-S)

FIG. 1.6 CICLO INVERSO DE CARNOT.

FALLA DE ORIGEN

El calor viajará del aire más caliente al serpentín enfriado por la evaporación del refrigerante dentro del sistema, causando que el refrigerante hierva y se evapore.

Ahora este vapor a baja presión y temperatura es llevado al compresor donde se comprime hasta un vapor con alta presión y alta temperatura. El compresor lo descarga al condensador de tal manera que cede el calor que ha tomado en el evaporador y el calor generado en el propio compresor. El vapor refrigerante está a una temperatura más alta que la del aire que pasa a través del condensador (Tipo enfriado por aire); por consiguiente el calor se transfiere, del vapor del refrigerante más caliente al aire más frío.

En este proceso cuando el calor se retira del vapor un cambio de estado tiene lugar y el vapor se condensa a líquido, a una alta presión y temperatura.

El refrigerante líquido viaja, ahora, al aparato de control en donde pasa a través de una pequeña abertura u orificio donde una caída de presión y temperatura se presenta y luego entra al serpentín de enfriamiento o evaporador. Cuando el refrigerante hace su camino a las mayores aperturas de la tubería o del serpentín, se vaporiza listo para iniciar otro ciclo a través del sistema.

Los refrigerantes son compuestos químicos que son alternativamente comprimidos y condensados a la fase líquida y luego se les permite expandir a vapor o gas; cuando son bombeados a través del sistema o ciclo de refrigeración mecánica.

El ciclo de refrigeración se basa en el principio, conocido desde tiempo atrás, de que un líquido al expandirse a gas extrae calor del área a su alrededor. Los refrigerantes se evaporan o hierven a mucha más baja

temperatura que el agua, la cual les permite extraer calor a una razón más rápida que el agua.

CAPITULO II

ESTUDIO DE VIABILIDAD

II.1.- INTRODUCCIÓN

El lugar de instalación del almacén Refrigerado, ocupa un lugar importante dentro del diseño completo de almacenes refrigerados para conservación de productos perecederos, ya que para la elección de dicho sitio deben ser tomados en cuenta factores tales como cercanía con las zonas productivas, cercanía con las zonas de comercialización, facilidad de acceso a medios de transporte, que cuenta con vías de comunicación, cercanías con puertos marítimos, vías ferreas y aeropuertos (principalmente cuando se tiene expectativas de exportación), que el lugar cuente con servicios de agua potable, drenaje, electricidad, teléfono, servicio médico, etc, que exista en el lugar mano de obra del tipo general y calificada, etc. Estos factores influyen de manera importante, principalmente después de la puesta en marcha de la planta, ya que determinarán una buena comercialización del producto, un mantenimiento adecuado y periódico de los equipos, que redundará en un mejor funcionamiento de los mismos, precios de compra-venta del producto más competitivos, en el caso de instalarse cerca de la zona de producción, el tiempo entre la recolección y su entrada al almacén se reduce y aumentando con ello la posibilidad de conservar el producto por un mayor periodo de tiempo y con una mejor calidad.

II.2.- IMPORTANCIA COMERCIAL DE TEZIUTLAN.

La ciudad de Teziutlán se encuentra localizada al Norte del Estado de Puebla ocupando una superficie de 8420 km.² Ocupa el cuarto lugar en importancia a nivel estatal, con una población actual, aproximado, de 100000 habitantes

La distancia por carretera con la ciudad de Puebla es de 160 km. y con la capital del país de 280 km. (En el mapa M1 puede observarse la ubicación de la ciudad en el país.)

Las actividades más importantes en la región de Teziutlán son las maquila de prendas de vestir, comercio y agricultura, dentro de la agricultura destaca la producción de maíz, frijol y frutos diversos.

El distrito 003 del Estado de Puebla de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos que tiene como cabecera el municipio de Teziutlán, ubica a 31 municipios y comunidades, sin embargo, solo unos 15 de ellos son los que cobran mayor importancia dentro de la producción frutícola. Los municipios del distrito 003 son: Zautla, Zaragoza, Tlatlauquí, Atempan, Teteles, Hueyapan, Yaonahuac, Teziutlán, Chignautla, San Juan Xiutetelco, Ayototxo, Tenampulco, Hueytamalco, Zacapoaxtla, Cuetzalan, Xochiapulco, Nauzonlla, Xochitlán, Zoquiapan, Jonotla, Tuzamapan, Zapotitlán, Hueytlalpan, Zongozotla, Huitzilán, Ixtepec, Ingacio Allende, Huehuetla, Caxhuacan y Olinlla. En total este distrito ocupa el 8 % de la superficie total del Estado con 27050.83 km².

La importancia de la producción de este distrito es tal, que aporta en conjunto el 15 % de la producción total de manzana en el Estado, con un volumen de 7537 Toneladas anuales; el Estado de Puebla produce un total de 51531 toneladas anuales, que representa aproximadamente el 10 % del total de la producción nacional.

Por otra parte la producción de Pera en el Estado de Puebla es de 14 082 toneladas anuales, es decir, 32 % de la producción nacional. El distrito de Teziutlán aporta, aproximadamente el 50 % de la producción total del Estado con un volumen de 7 930 toneladas. Las tablas A-18 Y A-19 ilustran de mejor manera los datos mencionados.

II.3 ANÁLISIS DEL MERCADO

En esta región, es posible observar que de todo el conjunto de cosechas de fruta, no es aprovechada debidamente en su totalidad, y aún peor, mucha de la fruta ni siquiera es recolectada y llega a la putrefacción cuando aún se encuentra en los árboles, en otras ocasiones no se obtienen los beneficios económicos justos por la venta de frutas y en el peor de los casos hasta sirve de alimento para animales domésticos al no poder aprovechar estos recursos debidamente.

Este desaprovechamiento de recursos es debido a diversos factores que de una u otra forma contribuyen a que la producción frutícola no proporciona los beneficios adecuados para quienes se dedican a esta actividad.

Los factores son tales como el que, en ocasiones, la producción es muy elevada, ocasionando que exista una gran oferta, lo que resulta en un descenso en el costo del producto a precios en los cuales no es rentable la inversión en recolección, transporte, limpieza, etc., en cuyo caso los productores optan por no recolectar el fruto y preferir que en cuanto la fruta caiga de los árboles, sus animales la aprovechen.

Otro factor que influye en el mal aprovechamiento, es la aparición de intermediarios o acaparadores que compran el producto en grandes volúmenes pero que no pagan el precio justo por la venta, esto ocasiona que los productores no reciban la retribución justa. En ocasiones los productores optan por no vender a estas personas y tratan de colocarlo en ventas al menudeo, en donde esperan poder obtener un poco más de beneficios, sin embargo no todo el producto tendrá un final adecuado, ya que durante la espera para la venta, este puede causar podredumbre.

Por otra parte, los productores que optan por vender a este tipo de personas, al no obtener los beneficios justos por la comercialización, se sienten decepcionados y se defraudados por no ser remunerados en forma justa, por lo que en ocasiones no deseen o se alejen de la producción frutícola.

También el hecho de que los productores en pequeña escala no cuenten con los medios adecuados para el transporte y no cuenten con el apoyo necesario para la comercialización o para buscar otras opciones de venta con adecuada remuneración, ocasiona el desperdicio de productos.

Pero el hecho de que los productos no sean aprovechados correctamente y no se paguen los precios justos por su comercialización no solo queda ahí, sino que va más allá, ya que estos afectan también a los frutales al no poder dar mantenimiento a los huertos, provocando también erosión en la tierra, reducción en la calidad de la fruta, ataque de plagas, etc.

De lo expuesto en párrafos anteriores, puede observarse que es necesario crear algunos medios que ayuden a mejorar el aprovechamiento de la producción, así como ayudar a obtener los mejores beneficios posibles, por parte de los productores, en la comercialización de sus productos.

Uno de estos medios, puede ser la instalación de una planta empacadora y centro de compra-venta de fruta, en donde puedan realizarse operaciones de compra y venta de fruta fresca sin empacar, almacenamiento de exceso de producción para venta posterior, almacenamiento de producto si en ese momento el precio es bajo o almacenamiento programado para cubrir demandas de producto fuera de épocas de recolección y venta de producto empacado para traslado a largas distancias en camiones refrigerados, así como producto empacado para consumo dentro de periodos cortos de tiempo.

Este medio puede ser creado y administrado por los mismos productores de fruta, organizándose en una sociedad cooperativa o con las, actualmente, llamadas empresas en solidaridad y obtener mejores beneficios por su producción frutícola, siendo ellos mismos quienes decidan el destino de sus productos, así como las condiciones bajo las cuales debe funcionar la empresa.

Como puede observarse en las gráficas A-18 Y A-19, la región de Teziutlán tiene una buena producción frutícola, destacando por su volumen la pera y la manzana, frutos que además cuentan, por sí solos, con mayor facilidad para la comercialización, ya que su consumo es alto durante todo el año y por todo tipo de personas, por lo cual su mercado es bastante amplio. Además estos frutos pueden conservarse (en medios refrigerados) por periodos de tiempo relativamente amplios, circunstancias bajo las cuales puede esperarse el momento más adecuado para la comercialización.

Con la observación de las gráficas antes mencionadas y tomando en cuenta los datos anteriores, sería lógico considerar el diseño de una cámara frigorífica dentro de la planta para la conservación de pera. Sin embargo debemos tomar en cuenta que este tipo de fruto tiene un poder de comercialización menor que el de la manzana; además de que la calidad del producto no es muy alta; y si a esto le agregamos el que la variedad de pera que es producida en la región no es de las más reconocidas, podemos llegar a la conclusión de que lo mejor es diseñar un almacén refrigerado para la conservación de manzana, que nos ofrece mayores ventajas en todos los aspectos en comparación con la pera.

En base a la producción observada en cosechas anteriores y tomando en cuenta que el tipo de fruto a conservar tiene una gran demanda a nivel regional y nacional, así como para poder cubrir los requerimientos de

producto fuera de los tiempos de recolección, una cámara frigorífica para manzana con capacidad para 200 toneladas colocada en cajas, sería suficiente para cumplir con estos objetivos. Claro está, que aunque sólo se construya, en la planta empacadora, una cámara frigorífica para la conservación de manzana, no solo son estos productos los que deben comercializarse, sino que deben manejarse el mayor número de productos posibles que se encuentran a disposición dentro de la región, e incluso no sólo característicos del clima frío de Teziutlán, sino también de clima cálido, los cuales también se producen dentro de la región, aunque sólo sean manejables durante el período de cosecha, debido a que no se instalen cámaras frigoríficas para su conservación.

II.4 ELECCIÓN DEL LUGAR DE INSTALACIÓN.

Debido a su situación geográfica, importancia a nivel estatal, número de habitantes, producción, etc, Teziutlán, Puebla se convierte en un centro mercantil de gran importancia, tanto a nivel regional, como a nivel estatal, donde es posible encontrar todo tipo de productos naturales cultivables en la región, así como los cultivables en los cercanos municipios del Estado de Veracruz.

La ciudad de Teziutlán, Pue. cuenta con accesos y vías carreteras federales que la comunican con la capital del Estado, con la Capital del País y con Puertos Marítimos como los de Nautla, Tuxpan y Veracruz, cuenta, además, con vías de ferrocarril.

Teziutlán, cuenta también, con una buena infraestructura en cuanto a Energía Eléctrica, Servicio de Agua Potable, Alcantarillado, medios de

Transporte, Radiocomunicación y Telecomunicación, Servicio Médico, de emergencia, etc.

Es posible, también, encontrar la cantidad de mano de obra suficiente para cubrir las necesidades que se presentan, tanto en mano de obra convencional como especializada, así como personal de carácter profesionalista.

Es, entonces y sin lugar a dudas, el lugar idóneo para instalar el centro de compra-venta de productos frutícolas que otorgue la posibilidad de aprovechar al máximo la producción que se obtiene en la región mencionada.

Es de importancia señalar que de existir la posibilidad de que el ferrocarril llegue a reanudar su servicio, la planta se trate de instalarse en un lugar cercano a su instalación o a su vía para aprovechar este medio de transporte que es el más económico de los transportes terrestres.

DATOS GEOGRAFICOS

Algunos datos adicionales sobre Teziutlán son los siguientes.

Altura sobre el nivel de mar:	1990 m
Latitud norte:	19 49 30
Longitud W de G:	6 29 25.1
Temperatura extrema alta:	37° C
Temperatura extrema baja:	-3° C
Temperatura media anual:	20° C
Dirección del viento:	Sur a Norte.
Clima:	Verano: Templado y lluvioso. Invierno: Húmedo y frío.
Precipitación pluvial	3809 mm. anuales
Superficie:	8420 km ² .
Suelo predominante:	Andosol, litosol y luviosol.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA CAMARA FRIGORIFICA

III.1.- LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Este es uno de los usos más comunes de la refrigeración en la actualidad, particularmente los comestibles putrescibles más comerciales.

Actualmente, la conservación de alimentos tiene más importancia de la que podemos imaginar. Las grandes poblaciones de las actuales ciudades, necesitan de enormes cantidades de alimentos, de ellos, un alto porcentaje son producidos y procesados en lugares apartados. Para que las grandes ciudades puedan tener acceso a estos comestibles, deben conservarse en condiciones adecuadas durante su almacenamiento inicial, transportación y almacenamiento final, lo cual puede ocurrir durante horas, días, semanas, meses o incluso años. Por otro lado, muchos comestibles, especialmente las frutas y vegetales, solo se producen por temporada, es decir, su recolección es durante un período específico en el año, es por ello que debe almacenarse para tener disponibilidad de productos durante todo el año.

Desde el inicio de vida sobre la tierra, se han ido desarrollando diversas técnicas para la conservación de los alimentos, principalmente aquellos de los cuales en determinada época del año se pueden encontrar con abundancia y durante el resto del año se observa gran escasez. Se han desarrollado métodos como el secado, el ahumado, etc., los cuales aún en la actualidad son utilizados con el mismo propósito para algunos tipos de productos, tales como fruta seca, jamón ahumado, chuleta ahumada, pescado ahumado, tocino, etc.

Sin embargo, no son completamente adecuados para todo tipo de alimentos. En ocasiones, con estos tipos de tratamiento, se obtienen productos de sabor extraño, además pueden cambiar tanto color como sabor.

Estos procesos están limitados por el período de tiempo de conservación, aún suponiendo que se pudiera conservar la calidad de los productos.

En conclusión, el único método por el cual es posible conservar los alimentos en su forma fresca original es mediante un proceso de refrigeración. El conservar los alimentos de esta forma, es la ventaja que tiene la refrigeración respecto a los anteriores mencionados. Sin embargo también existen desventajas, por ejemplo, cuando un alimento va a ser conservado por medio de un proceso de refrigeración, éste debe empezar inmediatamente después de la recolección o matanza, debiendo ser continuo hasta el consumo final del alimento, representado lo anterior, a veces, gastos de consideración y equipo voluminoso, resultando, en ocasiones, inconveniente y antieconómico.

III.2 FACTORES QUE AFECTAN LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

DETERIORO Y DESCOMPOSICIÓN.- En forma simple, la conservación de alimentos consiste únicamente en prevenir o retardar su deterioro y descomposición, independientemente del método utilizado para ello.

En la mayoría de los casos, no es tan solo la conservación de los productos alimenticios, sino que va más allá, es decir, debe mantenerse tanto como sea posible una alta calidad en cuanto a color, olor, apariencia física, sabor y contenido vitamínico, lo anterior implica, en casi la totalidad de los productos, el mantenerlos lo más aproximado posible a su estado fresco original.

Lo mencionado anteriormente se torna bastante importante debido a que un cambio detectable en apariencia, color o sabor de alimentos frescos reduce de forma importante su valor comercial, lo que significa una pérdida

económica considerable. Esto puede observarse claramente en productos tales como vegetales marchitados, frutas pasadas de madurez, que aunque su comestibilidad esté poco dañada, se observa un cambio indeseable en apariencia física, lo que repercute en una reducción del valor comercial.

Para la mayoría de los casos el deterioro y eventual descomposición de los alimentos comestibles son causados por una serie de cambios químicos muy complicados que tienen lugar después de la recolección o la matanza, siendo provocados por agentes internos y externos. Los primeros son enzimas naturales las cuales son inherentes en todos los organismos vivos mientras que los últimos son microorganismos que crecen en la superficie de los productos alimenticios. Ambos agentes están por lo general en casi todos los casos involucrados en la descomposición de los alimentos. En cualquier caso, la actividad de estos agentes destructores puede ser eliminada o controlada con eficiencia si el producto se conserva adecuadamente.

LAS ENZIMAS.- En la química de los procesos vivos, las enzimas están normalmente en todos los materiales orgánicos. Estas son producidas por las células para ayudar en sus diferentes actividades tales como respiración, digestión, crecimiento y reproducción, desempeñando un papel muy importante en la germinación de las semillas, en el crecimiento de plantas y animales, en la maduración de la fruta y en el proceso digestivo de los animales, incluyendo al hombre. Sin embargo las enzimas son catabólicas así como también anabólicas. O sea, que están actuando para consumir las células muertas, así como también para mantener las células vivas en los tejidos. De hecho las enzimas son los agentes principalmente responsables del deterioro y descomposición de los materiales orgánicos, como por

ejemplo la putrefacción de la carne y el pescado y la pudrición de frutas y vegetales.

Las enzimas se destruyen con temperaturas altas, las que alteran la composición del material orgánico en el cual existen. Debido a que las enzimas son eliminadas a temperaturas mayores de 160 °F (71.11 °C), el cocimiento de sustancias alimenticias destruye por completo el contenido de enzimas en las mismas. Por otra parte, las enzimas son muy resistentes a temperaturas bajas y su actividad puede continuar lentamente aún a temperaturas menores a 0 °F (-17.77 °C). Sin embargo, es bien conocido el hecho de que la velocidad de la reacción química disminuye cuando baja la temperatura. Por lo tanto aunque las enzimas no sean destruidas su actividad se reduce en grande a temperaturas bajas, y en particular a temperaturas inferiores al punto de congelación del agua.

BACTERIAS.- Las bacterias son una forma muy simple de vida de plantas, están formadas de una célula viva simple. La reproducción se tiene a partir de la división celular. Al llegar a la madurez, las bacterias se dividen en dos células separadas iguales, cada una de la cuales crece y se divide de nuevo en dos células. Las bacterias se reproducen con enorme rapidez, pudiendo crecer y llegar a la madurez en veinte o treinta minutos; con esta rapidez una bacteria es capaz de reproducir, en 24 horas, 34 trillones de descendientes.

La rapidez de crecimiento y reproducción de las bacterias y otros microorganismos depende de las condiciones ambientales, así como también de la temperatura, luz, grado de acidez y alcalinidad, aprovechamiento de oxígeno, humedad y suministro de alimento soluble.

Muchas bacterias son saprofitas, a sea que son de vida libre y solo se alimentan de desperdicios de animales y de tejidos muertos de animales y plantas. Sin embargo, algunos son parásitos que llevan vida holgada. Casi todas las bacterias patogénicas (aquellas que causan infección y enfermedad) son de tipo parasítico. En ausencia de vida holgada, algunas bacterias parasíticas pueden vivir como soprofitas, algunas de estas pueden vivir como parásitos cuando surge la necesidad.

Las bacterias solo son capaces de alimentarse con elementos solubles, debido a ello segregan enzimas capaces de restituir compuestos insolubles a un estado soluble, con lo cual al disponer de estos materiales los usa la bacteria como alimento. El deterioro de alimentos putrescibles por el crecimiento de bacterias es el resultado directo de estas enzimas bacteriales.

Las bacterias pueden dividirse en dos grupos tomando en cuenta sus necesidades de oxígeno:

- 1) Aquellas que requieren oxígeno.
- 2) Aquellas que pueden existir sin oxígeno.

Las bacterias viviendo sin oxígeno libre, obtienen él necesario a través de una reacción química que reduce a un compuesto mientras oxida a otro. La descomposición que ocurre en presencia de oxígeno libre es conocida como deterioramiento, mientras que la descomposición que tiene lugar en la ausencia de oxígeno libre se llama putrefacción. Uno de los productos de la putrefacción es el sulfato de hidrógeno que es gas maloliente como el que se tiene de la descomposición de animales muertos.

Las bacterias son muy sensibles a la acidez o a la alcalinidad y no pueden sobrevivir en un ambiente altamente ácido o altamente alcalino. Casi

todas las bacterias requieren de alrededores neutros o ligeramente alcalinos, aunque algunas especies prefieren condiciones ligeramente ácidas.

La luz, particularmente la luz solar directa, es dañina para casi todas las bacterias. Mientras que la luz visible solo inhibe su crecimiento, la luz ultravioleta es fatal para las bacterias. Debido a que los rayos de luz ultravioleta no tienen poder de penetración, son efectivos sólo para controlar las bacterias de la superficie. Sin embargo la radiación ultravioleta cuando se combina con un proceso de secado, proporciona un excelente medio para controlar el crecimiento de las bacterias.

Para cada una de las especies de bacterias existe una temperatura óptima a la cual crece con rapidez máxima. También para cada especie de bacterias se tiene una temperatura máxima y mínima a la cual se permite su crecimiento. Con temperaturas por arriba del valor máximo la bacteria es destruida, mientras que con temperaturas inferiores a la mínima, la bacteria permanece inactiva o dormida. La temperatura óptima para casi todas las saprofitas está generalmente entre 75° F y 85° F mientras que para las parásitas, la temperatura óptima es de 99° F a 100° F. En general, la rapidez de crecimiento de las bacterias se reduce considerablemente al disminuir la temperatura.

LEVADURAS O ESPUMAS.- Las levaduras simples son plantas de célula única de la familia de los hongos, de tamaño microscópico, las células de levadura son algo mayores y más complicadas que las células bacteriales. Aunque unas pocas levaduras se reproducen por fisiparidad o por proceso sexual, la reproducción es por lo general por gemación. Empezando por una profusión pequeña de la célula madura, el brote se produce y finalmente se separa de la célula madre.

Al igual que las bacterias, las levaduras son agentes de fermentación y deterioro. Segregan enzimas que provocan reacciones químicas sobre el alimento en el cual se desarrollan. Las levaduras son identificadas por su habilidad para transformar azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Aún cuando son destructivos con los alimentos frescos, sobre todo con las frutas, granos y jugos, la fermentación alcohólica producida por la levadura es esencial en la industria panificadora, cervecera y vinatera.

Las levaduras también requieren de aire como alimento y humedad para su crecimiento, son sensibles a la temperatura y a los grados de acidez o alcalinidad que se tienen en el ambiente. La mayor parte de las levaduras prefieren temperatura moderada y acidez ligera. En general, las levaduras no son resistentes a condiciones desfavorables como las bacterias, aunque no pueden crecer en alrededores ácidos, lo que inhibe a casi todas las bacterias.

MOHO.- Estas son plantas simples de la familia de los hongos, sin embargo son de estructura más complicada que la de las bacterias y las levaduras. Mientras que las bacterias individuales o plantas de levadura consisten en una célula simple, una planta moho individual consiste de un cierto número de células que están posicionadas extremo a extremo para formar un largo ramal especie de fibras enroscadas llamado hipa. La red formada por una masa de esas fibras enroscadas se le llama micetón y fácilmente visible a simple vista. Los hipaes de la planta de moho son de dos tipos generales. Algunas son fibras vegetativas las cuales crecen bajo la superficie y actúan como raíces para tomar alimento de las plantas, mientras que otras llamadas hipaes aéreas crecen sobre la superficie y producen los cuerpos de fruta.

Aunque los mohos son menos resistentes que las bacterias a temperaturas altas, son más tolerantes a temperaturas bajas, pues crecen libremente a temperaturas próximas al punto de congelación del agua. El crecimiento de este microorganismo es inhibido por temperaturas menores 32° F (0° C) y puede ser afectado mayormente por la carencia de humedad libre. El crecimiento de todos los mohos cesa con temperaturas inferiores a 10° F (-12° C).

Las condiciones interiores en cuartos fríos de almacenaje son, a menudo apropiadas para crecimiento de moho, especialmente en la temporada de invierno. Este problema puede resolverse manteniendo una buena circulación de aire en el cuarto de almacenamiento y mediante el uso de pinturas germicidas y radiación ultravioleta y por frecuente restregamiento.

A diferencia de las bacterias, los mohos pueden prosperar sobre alimentos que contienen cantidades relativamente grandes de azúcar o ácido. Con frecuencia se les encuentra desarrollándose en frutas ácidas y sobre la superficie de tinas que contienen escabeches y son la causa más común que ocasiona los desperdicios de frutos cítricos.

III.3 CONTROL DE AGENTES DESTRUCTORES DE ALIMENTOS.

A pesar de las complicaciones que se tienen con las diferentes formas de reacción de los tipos distintos de agentes destructores que existen, con respecto a las condiciones específicas que se tienen en el ambiente, el control de estas condiciones proporciona el único medio de evitar a los agentes destructores. Por lo tanto, todos los métodos de conservación de alimentos deben, necesariamente, involucrar manipulaciones al ambiente en y alrededor del producto conservado a fin de provocar una o más

condiciones desfavorables en la actividad continua de los agentes. Cuando el producto debe ser conservado para cualquier intervalo de tiempo, las condiciones desfavorables producidas deben ser lo suficientemente severas para eliminar por completo la acción de los agentes destructores, o por lo menos volverlos inefectivos.

Existen varios métodos para el control de agentes destructores, pero sin lugar a dudas el más efectivo es aquel en el cual se somete a los agentes a altas temperaturas durante cierto periodo de tiempo, con el cual llegan a ser eliminados. La temperatura del producto debe estar en un nivel que resulte fatal para los agentes destructores y mantenerse en dicho nivel hasta lograr su eliminación. Este principio es utilizado en el proceso de conservación de alimentos envasados. Un producto procesado mediante este método podrá permanecer conservado por tiempo indefinido. Mediante este método son eliminados todos los agentes destructores, siempre y cuando se mantenga la temperatura adecuada durante el tiempo exacto.

Otro método para reducir la actividad de los agentes destructores es privarlos de humedad y/o del alimento que necesitan para sobrevivir. Con la utilización de este método, las enzimas y microorganismos limitan severamente sus actividades, debido a que requiere de humedad para realizarlas.

El proceso de eliminación de humedad llamada secado (deshidratación) es uno de los métodos más antiguos de conservar alimentos. El secado se logra con exposición al sol y al aire en forma natural o artificialmente en hornos. Los productos secados que son almacenados en frío, en lugar seco, permanecerán en buena condición durante largos periodos de tiempo.

El método de encurtido o escabeche es esencialmente un proceso de fermentación, cuyo resultado final es la extracción de sustancias que sirven

como alimento a las levaduras y bacterias. En este método, el producto es introducido en una solución de salmuera dando lugar a la fermentación durante la cual los azúcares son convertidos en ácido láctico, principalmente a través de la acción de las bacterias.

Los productos ahumados son conservados en parte por el efecto del secado y en parte por los antisépticos (principalmente creosota) que son absorbidos del ahumado.

Otros productos son curados con azúcar o sal, los cuales actúan como preservativos, creando condiciones desfavorables a la actividad de agentes destructores. Otros preservativos usados con frecuencia son vinagre, bórax, salitre, benzoato de sodio, etc. Algunos productos conservados con este método son el jamón ahumado, tocino salado, frutas picantes, ciertas bebidas, jaleas, compotas y conservación de frutas.

Otro método para la conservación de alimentos, y que ocupa nuestra atención, es la refrigeración, la cual se efectúa a temperaturas bajas con el fin de eliminar o retardar la actividad de los agentes destructores. Aunque la acción de las temperaturas bajas no es tan efectiva como la temperaturas altas en la eliminación de los agentes destructores, el almacenamiento de alimentos a bajas temperaturas reduce en grande la actividad tanto de las enzimas como la de los microorganismos, proporcionando por lo tanto un medio práctico de conservar los alimentos en su estado fresco original por periodos variables de tiempo. El grado necesario de temperatura baja, para conservar adecuadamente a los alimentos varía con el tipo de producto almacenado y con el periodo de tiempo que el producto deba estar almacenado.

Para fines de conservación, los productos alimenticios pueden agruparse en dos categorías generales:

a) Aquellos que están vivos en el tiempo de distribución y almacenamiento.

b) Aquellos que no lo están.

Las sustancias alimenticias sin vida, tales como la carne, ave de corral y pescado, son mucho más susceptibles a la contaminación y destrucción microbiana, que las sustancias alimenticias vivientes y, por lo general, requieren un método de preservación más riguroso.

Con las sustancias alimenticias que no tienen vida, el problema de su conservación consiste en proteger al tejido muerto contra las fuerzas de putrefacción y deterioro tanto enzimáticas como microbianas. En el caso de sustancias alimenticias vivas, tales como frutas y vegetales, el factor vida en sí mismo les proporciona considerable protección contra invasión de microbios y el problema de su conservación radica en el mantener con vida a las sustancias alimenticias y al mismo tiempo retardar la actividad enzimica natural a fin de evitar la rapidez de la maduración.

Los vegetales y las frutas tienen vida aún después de la recolección, como la tienen también durante el período de crecimiento. Anteriormente a la cosecha éstos reciben un suministro continuo de sustancias alimenticias de la misma planta, algo de lo cual se almacena en el vegetal o en la fruta. Después de la cosecha, cuando al vegetal o fruta le ha sido cortado su suministro normal de alimento, el proceso de vida continúa con la utilización de la sustancia previamente almacenada. Esto causa cambios en los vegetales y en las frutas que eventualmente conducen a su deterioro y completo decaimiento. El objetivo principal que se persigue al colocar tales productos bajo refrigeración es retardar la actividad enzimica, con lo que el producto se puede conservar durante un gran período de tiempo.

III.4 ALMACENES REFRIGERADOS.

Los almacenes de refrigeración pueden ser divididos en tres categorías generales:

- a) De corto tiempo o almacén temporal.
- b) De largo tiempo.
- c) Almacén congelador.

En los almacenes de corto y largo tiempo, el producto es enfriado y almacenado a cierta temperatura arriba de su punto de congelación, mientras que en el almacén congelador el producto es enfriado y almacenado a temperaturas entre 10° F y -10° F, siendo la temperatura de 0° F la más frecuentemente usada.

Los almacenes de corto tiempo o temporales, están generalmente asociados con establecimientos de venta al menudeo, en donde se espera que el producto salga rápido a su venta. Dependiendo del producto los períodos de almacenamiento varían de 1 a 2 días, en algunos casos hasta una semana o más en otros, pero raras veces es mayor de 15 días.

Los almacenes de largo tiempo son, por lo general, utilizados por mayoristas y como bodegas de almacenamiento. Al igual que en los almacenes de corto tiempo, el período de almacenaje depende del tipo de producto y de las condiciones del mismo al llegar al almacén. Los períodos de tiempo máximo varían de siete a diez días para algunos productos delicados, tales como tomate maduro, variedades de melones o brócoles, y hasta seis u ocho meses para productos durables tales como cebollas y carnes ahumadas. Cuando se almacenan productos putrescibles por períodos largos, estos deberán congelarse y almacenarse congelados. Sin

embargo, en algunos alimentos frescos tales como tomate, resulta dañino someterlos a un proceso de congelación y por lo mismo deberá evitarse.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.- Las condiciones óptimas de almacenamiento para un producto determinado, ya sea para un periodo largo o corto de tiempo, dependen de la naturaleza del producto en particular, del tiempo que va a estar almacenado y de si el producto va a estar o no empacado.

En las tablas A.1 a A.5 se observan recomendaciones referentes a las condiciones de almacenamiento para un periodo largo o corto, tiempo de almacenaje máximo para diferentes productos y otros datos útiles para diseño. Estos datos son resultado de experimentación y de experiencias obtenidas en la práctica. Los datos mencionados deben respetarse al máximo, principalmente, en periodos de almacenaje largo, para mantener un alto nivel de calidad del producto durante el almacenamiento.

TEMPERATURA DE ALMACEN.- Si se analizan con detenimiento las tablas mencionadas anteriormente, podrán observarse que la temperatura óptima de almacenamiento para casi todos los productos es ligeramente superior a la temperatura de congelación del producto. Notándose algunas excepciones.

La temperatura dentro del almacén debe estar muy bien controlada debido a que el efecto de una temperatura de almacenamiento incorrecta no solo trae como consecuencia una baja en la calidad del producto y un tiempo más corto de almacenamiento, sino también algunas frutas y vegetales son muy susceptibles a las llamadas enfermedades por frío, del almacenamiento cuando están expuestas a temperaturas por arriba o por abajo de sus

temperaturas críticas de almacenamiento. Por ejemplo, a las frutas cítricas con frecuencia se les desarrolla picadura en la corteza cuando se almacenan a temperaturas relativamente altas. Por otra parte, se escaldan (bronceamiento de la corteza) y se aguan cuando se almacenan a temperaturas inferiores a la crítica. Para casi todas las variedades de manzana las mejores temperaturas de almacenamiento son de 30° F a 32° F. Sin embargo se tienen algunas variedades que se escaldan poniéndose suaves con temperaturas de almacenamiento menores a 35° F. Otras se broncean a temperaturas inferiores a 36° F y otras más experimentan un bronceado interno cuando se almacenan a menos de 40° F.

HUMEDAD Y MOVIMIENTO DEL AIRE.- El almacenamiento de alimentos expuestos a descomponerse encontrándose en un estado natural (sin empacar) requiere de un control estricto no solo de la temperatura del espacio refrigerado sino también de la humedad del mismo y de los movimientos del aire. Unas de las principales causas del deterioro de alimentos frescos no empacados, tales como carnes, pollos, pescados, frutas, vegetales, quesos y huevos, es la pérdida de humedad en la superficie del producto por la evaporación del agua de los alrededores. Este proceso es conocido como desecación o deshidratación. En las frutas y en los vegetales, la desecación trae como consecuencia un arrugamiento y marchitamiento y los productos tienen pérdidas tanto en peso como en contenido vitamínico.

La desecación ocurre siempre que la presión del vapor del producto es mayor que la presión del vapor del aire de los alrededores, la rapidez de la pérdida de la humedad del producto es proporcional a la diferencia entre las presiones del vapor y el aire de superficie expuesta del producto.

La diferencia de presión del vapor entre el producto y el aire de sus alrededores es principalmente función de la humedad relativa y de la velocidad del aire en el espacio del almacén. En general, con una humedad relativa baja y velocidad alta de aire, se tendrá la mayor diferencia de valores de presión y una mayor rapidez en la pérdida de humedad en el producto. Lo inverso, las pérdidas mínimas de humedad se tendrán cuando la humedad en el espacio de almacenamiento se mantenga a un alto nivel con una velocidad baja de aire. Por lo tanto, las condiciones ideales para la deshidratación de 100% de humedad relativa es con aire estancado. Desafortunadamente, con estas condiciones se tendría a un crecimiento rápido de hongos y se tendría la formación de lama. Además una buena circulación de aire en el espacio refrigerado y alrededor del producto es necesaria para la adecuada refrigeración del mismo. Por estas razones, la humedad del espacio debe ser mantenida inferior al 100% y la velocidad del aire deben ser las suficientes para proporcionar una adecuada circulación del mismo. En las tablas A.6 a A.8 se observan listas de humedades relativas y velocidades de aire recomendadas en el almacenamiento de varios productos.

CONDICIONES DEL PRODUCTO ANTES DE ENTRAR AL ALMACEN.-
Para determinar el período de tiempo de almacenamiento de un producto refrigerado en particular, cobra mucha importancia la condición que tenga este al momento de entrar al almacén. No puede obtenerse una calidad si inicialmente es mala la calidad del producto. Por lo mismo, sólo vegetales y frutas en buen estado deberán aceptarse para su almacenamiento. Aquellos que estén golpeados o dañados, sobre todo si se tienen rota la corteza, han perdido mucho de su protección natural contra la invasión microbial y están,

por lo tanto, sujetos a una rápida descomposición por los agentes destructivos. Además como regla general las frutas y vegetales que van a refrigerarse deberán de cortarse antes de su completa maduración, ya que la maduración continúa después de la recolección. El tiempo de almacenaje para frutas y vegetales en completa madurez es muy corto, aún bajo las mejores condiciones de almacenamiento, por lo que es recomendable enviarlos directamente al mercado para evitar tener pérdidas excesivas.

Debido a que un producto empieza a deteriorarse fácilmente después de la cosecha o la matanza, es necesario aplicar de inmediato las disposiciones para su conservación. Para asegurar el máximo tiempo de almacenamiento con pérdida mínima de calidad, éste deberá ser enfriado hasta la temperatura de almacenamiento tan rápido como esto sea posible después que ha sido cosechado o matado. Cuando van a trasladarse a grandes distancias para su almacenamiento, deberán ser preenfriados y embarcados en un transporte refrigerado.

HUMEDAD RELATIVA Y VELOCIDAD DEL AIRE DENTRO DEL ALMACEN.-La importancia de la humedad relativa en los cuartos de enfriamiento depende principalmente de las condiciones en que se esté enfriando y de si está o no empacado. Cuando un producto se encuentra empacado a prueba de vapor, no cobra importancia la humedad relativa; aún así, durante la carga y durante los estados iniciales del enfriamiento, la humedad del almacén deberá ser alta si los envases se encuentran con humedad, pero ésta bajará con rapidez una vez que la humedad libre se haya evaporado.

Cuando son enfriados en su estado natural, pierden rápidamente humedad, con frecuencia se produce neblina en el cuarto cuando la

temperatura como la presión de vapor sean bajadas lo más rápido posible con el fin de evitar pérdidas excesivas de humedad y encogimiento.

Aunque con el aire a velocidades altas se tiende a aumentar la rapidez de la evaporación de la humedad, también se acelera en gran medida la rapidez de enfriamiento dando como resultado una reproducción más rápida de la temperatura de producto y en la presión de vapor.

Como regla general, la humedad deberá conservarse en un nivel alto cuando los productos sujetos a deshidratación estén siendo enfriados. Algunos altamente sensibles, como el pollo y el pescado, son con frecuencia enfriados poniéndolos en contacto con hielo para reducir las pérdidas de humedad durante el enfriamiento. Por la misma razón, a veces los huevos son sumergidos en un aceite mineral ligero antes de enfriarlos y almacenarlos. También los pollos, pescados y algunos vegetales con frecuencia se empacan en hielo para enfriarse y almacenarse. Cuando éstos son colocados en el cuarto refrigerado, la fusión lenta del hielo conserva húmeda su superficie previniéndose así la excesiva deshidratación.

Algunos vegetales y frutas son preenfriados por un proceso conocido como hidroenfriamiento, en el cual se someten a un inundamiento o rociamiento en agua fría, o bien por inmersión y agitación en un baño de agua fría. La inundación se logra regando al producto con un suministro liberal de agua fría la cual puede caer por gravedad desde un depósito dispuesto en la parte superior, mientras que para el rociamiento se utilizan toberas rociadoras.

Además algunos vegetales frescos, principalmente aquellos que tiene una relación grande de área superficial a volumen, son enfriados provocando rápida evaporación del agua superficial en un vacío o cámara instantánea, a este proceso se le conoce como enfriamiento al vacío. El preenfriamiento en

un enfriador de vacío (cámara instantánea) se obtiene reduciendo la presión hasta la temperatura de saturación correspondiente del agua, la cual es inferior a la temperatura del producto que está siendo enfriado, con lo que se produce la vaporización del agua de la superficie de éste cediendo su calor latente.

MATERIALES DE EMPAQUE.- La deshidratación es uno de los principales factores que limitan el tipo de almacenamiento, sin embargo esta limitación puede reducirse en gran medida si el producto es empacado.

Los que no son empacados están sujetos a pérdidas serias de humedad, no solo durante el proceso de congelación sino también durante el almacenamiento. En los productos congelados no empacados, las pérdidas de humedad al aire se efectúan de manera continua por sublimación; esto eventualmente resulta en una condición conocida como "quemado por congelamiento" que les da una apariencia blanca corriosa. Esta condición es provocada, por lo general, debido a una oxidación, que da como resultado un cambio de sabor y pérdida de contenido vitamínico.

Para proporcionar la mejor protección posible contra la deshidratación y la oxidación, los materiales utilizados para empaque deberán ser prácticamente 100 % a prueba de vapor y gas y deberán estar muy bien ajustados en torno al producto, para evitar al máximo la presencia del aire. Además, los espacios de aire dentro de lo empacado hacen efecto de aislamiento, que reduce la rapidez del enfriamiento, incrementando los costos.

El hecho mismo de que los productos congelados compitan con productos conservados mediante otros métodos, hace notar varios factores que deben ser tomados en cuenta para la selección de los materiales de empaque. Cuando se expenderán directamente al consumidor, su empaque

debe ser lo más económico posible y de fácil manejo para de esta forma reducir costos de proceso.

Algunos materiales para empaque de uso generalizado son el papel aluminio, envases de estaño, cartón fino impregnado, cartón con cubiertas a prueba de vapor, papel encerado, celofán, polietileno y algunas otras hojas de plástico

III.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA.

El diseño Arquitectónico de una cámara de conservación, se refiere al diseño del local o locales que contendrán a los productos que deben refrigerarse, además de los edificios necesarios para los procesos anteriores o posteriores a su estancia dentro de la cámara frigorífica. En el presente diseño, únicamente nos limitamos a establecer las dimensiones de la cámara para almacenar la cantidad especificada de manzana, así como considerar los materiales de construcción apropiados para el diseño; por lo tanto, no se entrará en detalle de dimensiones de columnas, construcción de cimientos, etc., ya que ello requiere de un análisis más detallado de Ingeniería Civil.

Para realizar esta parte del diseño total, existen varios factores de importancia que deben ser tomados en cuenta para obtener mejores resultados posibles en el aspecto constructivo de la cámara frigorífica.

Para iniciar con esta parte del diseño, primero debe establecerse si la cámara será de frío convencional o de atmósfera controlada. En los siguientes párrafos se explica en que consiste cada una de ellas.

FRÍO CONVENCIONAL.- Este tipo de cámara frigorífica, también conocida como frigoconservación normal o convencional, es la que se basa

únicamente en la conservación a temperaturas en torno a los 0° C, y sin que intervengan otros agentes reductores o frenantes del metabolismo; este tipo de sistema aún es el mayoritario en nuestro País. Dentro de las cámaras que funcionan bajo este principio, solo es posible controlar los factores de Temperatura, Humedad, Recirculación del aire y ventilación o renovación del aire, por lo tanto, la conservación en buen estado de los productos dependerá, únicamente, del buen control que se tenga de los factores antes citados.

ATMÓSFERA CONTROLADA.- Es una constante de la ciencia el mejorar continuamente todo tipo de técnicas, sin detenerse en una mejora conseguida sino, más bien, trabajando sobre la propia mejora; esto trasladado al campo de la conservación de la fruta, ha hecho que este proceso o técnica no se detuviese en la simple refrigeración de la misma (considerados ya los máximos avances en ella), sino que, en busca de métodos que permitan mantener íntegras las cualidades de los frutos durante más tiempo, todavía, que en la frigoconservación normal, se ha llegado, de momento, a la técnica denominada *Atmósfera Controlada*.

En los almacenes con *Atmósfera Controlada (A.C)* no sólo se regula la temperatura sino que también se restringe de tal manera la ventilación del almacén que el dióxido de carbono producido por la respiración de la fruta se acumula hasta cierta cuantía en la atmósfera del almacén. Esta y la consiguiente disminución que experimenta la concentración de oxígeno produce un retraso en los cambios que determina la maduración. Para obtener esta acumulación de dióxido de carbono los almacenes deberán ser a prueba de gas, por consiguiente estos almacenes son herméticos a las pérdidas de gases y disponen de un sistema de ventilación, que permite

regular los aumentos en la concentración del dióxido de carbono y los descensos que experimenta la concentración de oxígeno. Los almacenes de atmósfera controlada pueden ser de dos tipos: Uno simple, en el que la concentración gaseosa se regula solamente por medio de la restricción de la ventilación, y otro más complejo, provisto de un equipo adicional denominado depurador, que permite regular las concentraciones de dióxido de carbono y de oxígeno de una manera más compleja que solamente con la restricción de la ventilación.

Las frutas conservadas en Atmósfera Controlada presentan con respecto a la conservación convencional, las siguientes características o ventajas:

1.- Tienen una conservación más larga por lo que el periodo para su venta es, así mismo, más prolongado. Para periodos de conservación de 3 a 5 meses las diferencias son imperceptibles o muy poco notables; a partir de ahí, la superioridad de la A.C. es indudable en todos los aspectos.

2.- En el caso de variedades sensibles a las bajas temperaturas, permite eludir este inconveniente, elevando de 1 a 2 grados la temperatura de conservación.

3.- Tanto por la reducción de la intensidad respiratoria y la consiguiente menor transpiración, como por la humedad relativa más alta que se da en una cámara de A.C., las pérdidas de peso son considerablemente inferiores.

4.- El fruto evoluciona muy poco (mucho menos que en conservación normal) por lo que el aspecto y calidad originales se mantienen considerablemente; tanto el color de la piel, como la jugosidad, dureza de pulpa, etc., son inmejorables, aún después de 8 o 9 meses de conservación. La temperatura tiene una acción más eficaz sobre la dureza de la pulpa que el oxígeno, cuya acción se hace notar, sobre todo, cuando está por debajo del 5%. La acción del dióxido de carbono refuerza la del oxígeno sobre la

conservación y dureza de la pulpa. Por otra parte, cuando los niveles del oxígeno son inferiores al 3% pueden presentar sabor alcohólico (por la aparición de etanol y etanal).

5.- Bajo la acción de los elementos antes citados, se reducen las poluciones de microorganismos causantes de podredumbre. La temperatura actúa, sobre todo, sobre *Rhizopus*, *Trichothecium* o podredumbre amarga o *Botrytis*; también los empardecimientos de la piel (*Scald*, *Jonathan spot*, etc.) se ven inhibidos o fuertemente reducidos, bajo la acidez.

6.- Los frutos, al salir de la cámara, tienen una vida comercial más larga, a la vez que presentan una mayor resistencia a las manipulaciones.

7.- En general, en los frutos conservados en *Atmósfera Controlada* se tiene una pérdida de aromas y un aumento en la acidez.

ELECCIÓN DEL TIPO DE CÁMARA.- La elección de uno u otro tipo de cámara frigorífica dependerá, principalmente, del tiempo que la fruta deberá permanecer en conservación, además de la calidad deseable del producto al final de éste periodo, de la variedad del fruto de que se trate y de la disponibilidad económica de inversión.

El tiempo de conservación de la fruta es considerado el factor más importante para elegir el tipo de cámara de frío convencional o de *Atmósfera Controlada*, debido a que la necesidad de conservar durante un mayor periodo de tiempo los productos con una buena calidad, fue lo que motivó el desarrollo de la *Atmósfera Controlada*. Podrá apreciarse que si el periodo de conservación de la fruta es menor de cuatro meses, no existen diferencias apreciables entre la conservación normal y la de A.C. Por lo tanto, en el aspecto tiempo de estancia dentro del almacén, se deberá elegir frío

convencional si el periodo es menor o igual a cuatro meses; si el periodo fuera mayor debe elegirse el tipo de Atmósfera Controlada.

Si se requiere que el producto presente una alta calidad al salir de la cámara de conservación, puede ser más recomendable el tipo de Atmósfera Controlada. Este tipo de cámara reduce la polución de los microorganismos, debido a que evolucionan en menor proporción que en frío convencional. A la salida de la cámara, la fruta se observa con una alta calidad en el color de la piel, en su jugosidad y en la dureza de la pulpa; además las pérdidas de peso son menores en A.C. Luego entonces, si se requiere de una excelente calidad después de la conservación, además de un periodo de conservación más amplio y mayor resistencia al manejo, para mediano y largo plazo de conservación, deberá elegirse el tipo Atmósfera Controlada, mientras que si existe una mayor flexibilidad en la calidad de la fruta a mediano o corto plazo, podrá elegirse el tipo de frío convencional.

La variedad de fruta de que se trate, también influye en la elección de uno u otro tipo de cámara, debido a que en algunas variedades, tanto de Pera como de Manzana, el tipo Atmósfera Controlada es muy conveniente, pero existen otras en las cuales al aplicar A.C., resulta contraproducente. En las tablas A-16 y A-17 se observan las variedades de Manzana y Pera que permiten y no A.C.

El aspecto económico debe tomarse en cuenta, también, para realizar la elección ya que, sin lugar a dudas, el tipo A.C., requiere de una inversión más alta en comparación con el frío convencional, además el costo por mantenimiento también es más elevado. Sin embargo este factor dependerá de la flexibilidad que presenten los factores de elección precedentes, ya que los más importantes son el periodo de estancia y la calidad de la fruta al salir de la cámara.

Para el caso motivo del presente análisis, consideraremos las siguientes condiciones, de acuerdo a la experiencia observada y la necesidades detectadas tanto de producción como de comercialización:

FRUTA	MANZANA
VARIEDAD	RAYADA DE PUEBLA
PERIODO DE ESTANCIA	5 MESES MÁXIMO
CALIDAD DEL PRODUCTO	ALTA
CANTIDAD DEL PRODUCTO	200. TONELADAS
DISPONIBILIDAD ECONÓMICA	MEDIA

Se recomienda una altura máxima del edificio de entre 4.25 m a 4.85 m, considerar un espacio entre la última caja apilada y el techo de 0.3 m, de 0.5 a 1 m de distancia entre la pared y la estiba más cercana en el extremo donde se encuentren colocados los difusores, 0.2 m de separación entre las paredes restantes y la estiba más próxima, debe considerarse espacio para colocar palets entre el piso y la primera caja apilada, además de colocar otro a cada 4 o 7 cajas estibadas para obtener una mejor circulación del aire, se recomienda colocar los estibamientos en bloques de 3x2 palet dejando entre los bloques una separación de 0.5 m para ser utilizados como pasillos y obtener una mejor circulación del aire. En la fig. IV.1 se observa este tipo de distribución de palets dentro de una cámara y el estibamiento de ellos en sección longitudinal. Son más ampliamente recomendables los palets de 1 x 1.2 m y utilizar cajas de 0.5 x 0.3 x 0.3 m con capacidad aproximada de 12.5 kg. Con lo anterior la experiencia indica un mejor rendimiento del espacio y una mejor circulación del aire, que se manifiesta en un mejor control de temperatura y humedad del producto.

Si el caso motivo de análisis debemos manejar 200 toneladas de Manzana colocada en cajas de 0.5 x 0.3 x 0.3 m con capacidad, aproximada, de 12.5 Kg., tendremos:

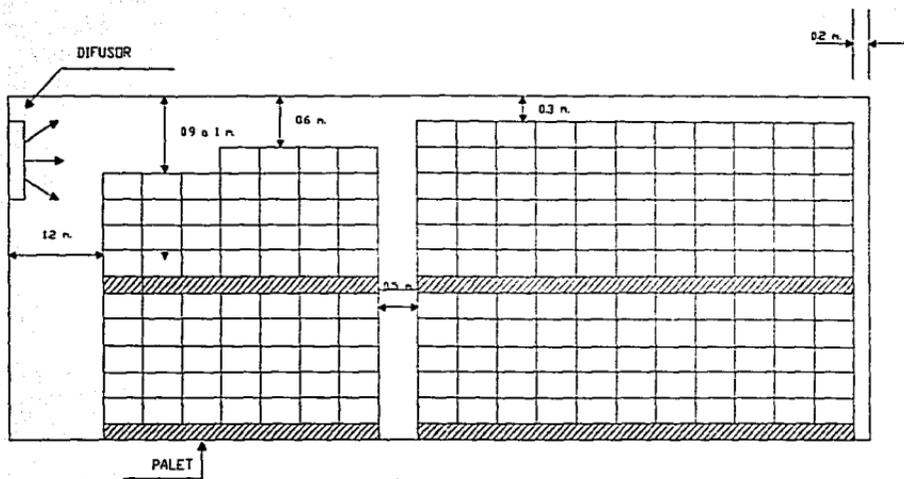


FIG. IV-1 VISTA LATERAL DE LA FORMA EN QUE DEBEN SER DISPUESTOS LOS EMBALAJES

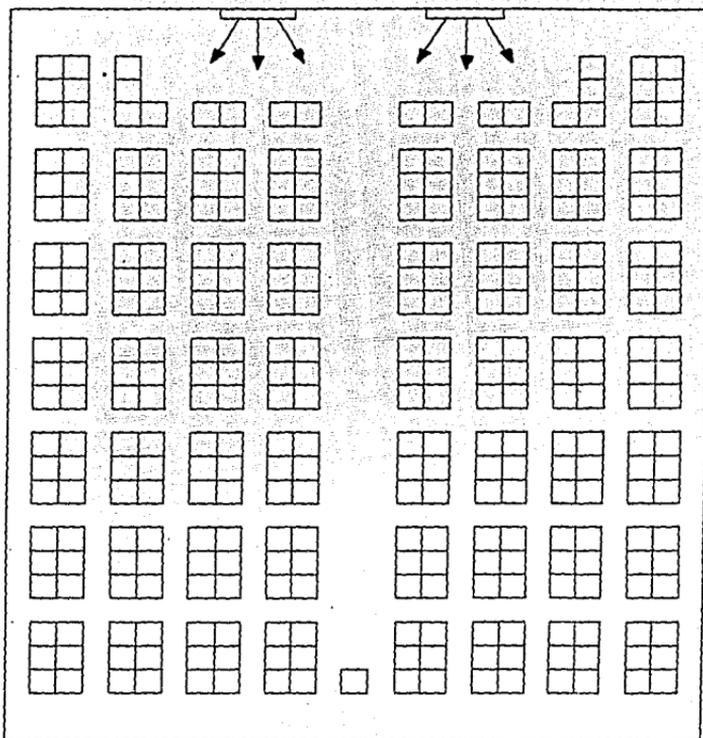


FIG. IV-2 DISPOSICION DE LOS EMBALAJES CON RESPECTO A LOS VENTILADORES

$$\text{CANTIDAD DE CAJAS} = \frac{\text{PESO TOTAL DEL PRODUCTO}}{\text{CAPACIDAD POR CAJA}}$$

$$\text{CANTIDAD DE CAJAS} = \frac{200\,000 \text{ Kg.}}{12.5 \text{ Kg.}}$$

$$\text{CANTIDAD DE CAJAS} = 16\,000$$

Ahora bien, si utilizamos el arreglo de estibamiento recomendado de 3 x 2 palets y estibamos 5 cajas hacia arriba, obtendremos:

Con las dimensiones de palets recomendadas (1 x 1.2 m) y con las dimensiones de las cajas, el estibamiento por palet tendrá en su base capacidad para 8 cajas. Luego:

$$\text{CAPACIDAD POR PALET} = \# \text{ CAJAS DE LA BASE} \times \# \text{ CAJAS DE ALTURA}$$

$$\text{CAPACIDAD POR PALET} = 8 \times 9$$

$$\text{CAPACIDAD POR PALET} = 72 \text{ CAJAS}$$

Ahora la capacidad de cada arreglo será:

$$\text{CAPACIDAD POR ARREGLO} = \text{CAPACIDAD POR PALET} \times \# \text{ DE PALETS}$$

$$\text{CAPACIDAD POR ARREGLO} = 72 \times 6$$

$$\text{CAPACIDAD POR ARREGLO} = 472 \text{ CAJAS}$$

El número total de arreglos necesarios es:

$$\text{TOTAL DE ARREGLOS} = \frac{\# \text{ TOTAL DE CAJAS}}{\text{CAPACIDAD POR ARREGLO}}$$

$$\text{TOTAL DE ARREGLOS} = \frac{16\,000}{432}$$

$$\text{TOTAL DE ARREGLOS} = 37.037$$

$$\text{ARREGLOS} = 37$$

Ahora bien, como esta cantidad no pueden ser dispuesta de una manera cuadrada o rectangular dentro de la cámara, redondearemos el número de arreglos a la cantidad de 40. Con esto, podemos realizar disposiciones de 8 x 5, 4 x 10, etc. Tomando en cuenta las figs. IV.1 y IV.2 se observa como deben disponerse los embalajes dentro de una cámara frigorífica. Tomando en cuenta las figuras mencionadas anteriormente, obtenemos las siguientes dimensiones interiores de la cámara.

$$\text{LARGO} = 23.8 \text{ m}$$

$$\text{ANCHO} = 18.5 \text{ m}$$

$$\text{ALTURA} = 3.3 \text{ m}$$

Por lo tanto, cada cámara ocupará una área libre de:

$$A = L \times A$$

$$A = (23.8 \text{ m}) (18.5 \text{ m})$$

$$A = 440.3 \text{ m}^2$$

Y un volumen libre de:

$$V = A \times h$$

$$V = (440.3 \text{ m}) (3.3 \text{ m})$$

$$V = 1452.99 \text{ m}^3$$

ESTRUCTURA DE LA CÁMARA.- La estructura del edificio destinado para cámara frigorífica, deberá estar formada por muros de carga levantados sobre cimientos adecuados para resistir el peso del edificio.

En su estructura, los almacenes refrigerados constan de una pared exterior que sujeta y protege el aislamiento; una capa impermeable al vapor para evitar que se introduzca humedad en el aislamiento; una capa aislante que impida el paso de calor a través de las paredes, techos y suelos, y una lámina protectora sobre la capa interna de la capa aislante. Solo por

mencionarlo, los almacenes de **Atmósfera Controlada** necesitan además una lámina impermeable a los gases, que recubran su superficie interior para impedir el paso de CO₂. En la fig. IV.3 se observa una estructura típica para muros de almacén refrigerado.

PAREDES EXTERIORES Y TECHO.- Esta cubierta exterior debe ser impermeable si el almacén es independiente, no siendo necesario si el almacén se construye dentro de otro edificio. En la construcción de paredes externas, han sido empleados con bastante éxito materiales como ladrillo, hormigón en bloque, bloques de coque desmenuzado, madera y metal, juntos o separados. Su resistencia depende del tamaño del almacén y del peso que deba de soportarse.

La construcción del techo varía de acuerdo al tipo que se elija, existiendo los siguientes:

- a) A prueba de intemperie todo el tejado.
- b) Una armazón sobre la que se cuelga el aislamiento, con protección a prueba de intemperie en la parte superior.
- c) Como suelo de una planta superior destinada a almacén.

Se han utilizado con excelentes resultados techos de concreto estructurados de manera similar a las paredes externas.

El piso debe ser resistente y capaz de soportar los pesos que se transporten o descansen sobre él. Por experiencia, se observa que es suficiente una capa de 0.1 m de firme de carretera apisonado y recubierto por 0.1 m de hormigón, todo esto sobre tierra compactada.

BARRERA CONTRA EL VAPOR.- Debido a que el vapor de agua atraviesa la mayoría de los materiales de construcción, pudiendo

condensarse y convertirse en un buen conductor de calor, disminuyendo la eficiencia de los medios aislantes, además de que algunos de estos últimos se pudren si permanecen constantemente húmedos, es necesario proteger el aislamiento colocando una barrera contra el vapor entre el material aislante y la superficie que la contacta. En cada caso la barrera contra el vapor deberá colocarse entre la pared externa y la capa aislante. Las barreras contra el vapor consisten en preparados a base de productos bituminosos, láminas de plástico u hojas de metal no corrosivo. El material a elegir dependerá del aislante seleccionado, debido a que algunos materiales utilizados como barrera antivapor dañan a los aislantes. Algunos materiales aislantes modernos son por sí mismos impermeables al vapor del agua, con ello es posible eliminar la instalación de la barrera contra el vapor.

AISLAMIENTO.- Para impedir la entrada de calor a la cámara, debe mantenerse una barrera térmica que recubra las superficies interiores con material aislante. El aislamiento restringe este flujo de calor hacia el interior de la cámara. Las filtraciones térmicas son provocadas por las diferentes de temperatura entre el aire del exterior y del interior del almacén y pueden aumentar notablemente a causa de las radiaciones solares que inciden sobre techos y paredes.

Los aislantes dificultan el flujo térmico a causa del aire retenido en las diminutas celdillas que presentan, y cuando más pequeñas y más separadas se encuentran, más eficaz resulta el material como aislante térmico.

Una elección de aislamiento, deberá tomar en cuenta que no debe ser excesivamente caro, debe ser fácil de preparar, ligero de peso, inodoro, no higroscópico, permanente, reducido coeficiente de expansión térmica, no debe encoger y ser resistente a mohos, bacterias, ratas y ratones.

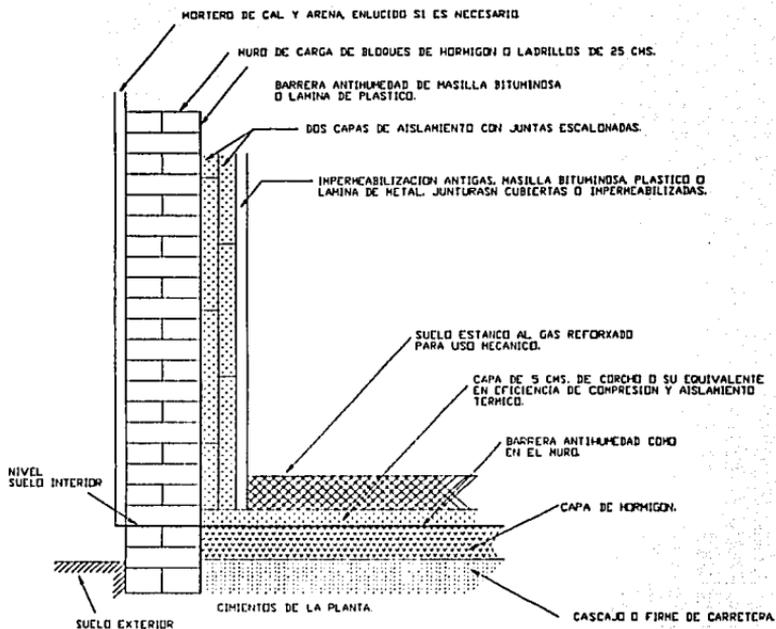


FIG. IV.3 ESTRUCTURA TÍPICA DE CONSTRUCCIÓN DE CAMARAS FRIGORÍFICAS

Recientemente han sido implementados plásticos estirados como materiales aislantes como resultados similares e incluso superiores a las planchas de corcho, tales como el poliestireno estirado, el cloruro de polivinilo y el poliuretano rígido.

Un aislamiento eficaz reduce la carga térmica que debe eliminar el equipo de refrigeración. Esto acorta su tiempo de funcionamiento, así como la cantidad de humedad que, procedente del aire, se condensa sobre el refrigerador.

TIPOS DE AISLAMIENTO.- Existen tres medios para conseguir aislamiento térmico:

1.- Planchas de materiales aislantes que se fijan sobre las superficies internas de una estructura, o se unen a una armazón de madera prensada o de otro material adecuado que se fija a la estructura. Este material puede ser corcho, plástico estirado, virutas finas de madera o productos rígidos similares en formas de plancha. Las planchas se colocan y aseguran fuertemente con un adhesivo adecuado que facilita además la implantación de una barrera antivapor con una lámina de metal, cuando es necesario.

2.- Puede utilizarse espuma aislante como relleno, inyectándolo en el hueco de la pared en forma líquida. El material de espuma se introduce en forma de una masa homogénea que rellena todos los intersticios de la cavidad. El relleno de espuma puede aplicarse directamente a una superficie a prueba de vapor con cualquiera que sea el espesor necesario. Es importante que los materiales utilizados no escojan y deben mantenerse rellenando la cavidad por completo.

3.- El relleno aislante granulado puede insertarse en la cavidad que forman dos paredes de ladrillo, hormigón u otro material, así como en la

parte superior del techo de la cámara frigorífica. El material aislante puede tomar formas diversas, por ejemplo, corcho granulado, lana de vidrio, caucho estirado o vermiculita. Este tipo de aislamiento tiende a contraerse bajo su propio peso y la construcción debe permitir un relleno periódico.

A través del tiempo, se ha observado que el medio más eficaz de aislar una cámara frigorífica es a través de planchas de materiales aislantes. El relleno de espuma aislante, junto con el relleno granulado presentan una eficacia mucho menor comparados con las planchas aislantes, además de resultar más costosos. Debido a ello se recomienda emplear, en lo más posible, las planchas aislantes. En las tablas A.11 y A.13 del apéndice se observan materiales aislantes y su valor de conductividad (K).

Generalmente se considera suficiente un valor de coeficiente global de transferencia de calor "U" de 0.07 para paredes y techos de almacenes de Manzana y un valor "U" de 0.16 para el suelo.

En algunas ocasiones no se aíslan los suelos, lo cual puede ser conveniente cuando se manejan temperaturas de almacenamiento algo elevadas, aunque este tipo de economía limita las aplicaciones que pueden tener estos almacenes.

DIVISIONES INTERNAS.- Las paredes que establecen divisiones en el interior de una cámara frigorífica deben poseer una estructura resistente, y se construirán y aislarán de la misma manera que las paredes exteriores. Cuando solamente tengan la función de dividir el almacén del departamento, y no han de soportar carga alguna, pueden estar formadas por un material aislante con un grosor adecuado y sujetas de manera que sean rígidas,

PUERTAS.- Las puertas que se coloquen en una cámara frigorífica deben aislarse de manera similar a los muros y techos del almacén. Deben cerrar contra cubrejuntas de caucho de otro material similar apropiado para reducir filtraciones de aire, e irán provistas de cierre con manivelas de cuña (las cuales es preferible colocarlas en más de un punto), que les permita cerrar herméticamente y abrir con facilidad. Debe instalarse una alarma de seguridad para accidentes, dentro del almacén. Estas puertas, generalmente, son construidas de un material aislante forrados en ambos lados con madera y una lámina de metal que se atornilla a unos bastidores de madera. Las dimensiones de estas puertas dependerán de los procedimientos de manipulación de productos que se utilicen, aunque siempre deben ser lo más reducidas posible. Las puertas del tipo deslizantes son preferibles a las puertas con bisagras, siempre que se asegure un cierre eficiente y hermético.

ALMACÉN DE EMPAQUE.- El almacén de empaque debe diseñarse para poder albergar todos los equipos necesarios o útiles para la colocación en cajas de los productos manejados. En este edificio debe contemplarse una sección para la selección del producto, además de una sección para la colocación del producto en cajas, todo esto con suficiente espacio para el libre tránsito del personal que ahí labore. También deberá tomarse en cuenta un espacio, para colocar el producto empacado en espera de embarque, dicho espacio debe considerarse lo más cerca posible de la zona de embarque, para evitar pérdidas de temperatura y humedad en caso de que vaya a ser transportado en camiones refrigerados, en cuyo caso es mejor que pasen directamente del empaque al camión. Preferentemente, el edificio de empaque debe contar con comunicación hacia el almacén refrigerado

para evitar, al igual que en el caso del espacio para espera de embarque, pérdidas de temperatura y humedad, y para obtener ahorro de tiempo y energía en el traslado. Esta comunicación puede obtenerse construyendo el almacén de empaque junto a uno de los laterales de la cámara y colocando una pequeña puerta hermética, de tamaño un poco mayor a las cajas de almacenamiento, permaneciendo abierta solo mientras se traslada el producto de un almacén a otro.

En cuanto a la estructura de este edificio, los muros pueden construirse del material mas abundante o económico de la zona donde se desee realizar la construcción el techo puede ser de concreto o lámina galvanizada o de asbesto. prefiriéndose este último y con una altura de techo a piso considerable. No es necesario aislamiento, barrera antivapor, ni reboque interno y externo, sólo en caso de obtener buena imagen o para la protección de muros contra sales, humedad, corrosión, etc. El piso debe ser de concreto y capaz de soportar los equipos que allí se instalen, además del peso de los productos en espera de ser embarcados. Por último debe contar con puertas amplias en la zona de embarque para facilitar la carga.

III.6 ELECCIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA

En base a las recomendaciones anteriores, podemos establecer la siguiente estructura para composición de la cámara. Esto sólo incluye los materiales para construcción de muros, techo y pisos sin entrar en detalles de columnas y cimientos, lo cual corresponden a un análisis detallado de Ingeniería Civil.

MUROS

Muro de carga de tabique ligero de 1600 Kg/m³.

Barrera antihumedad de lámina de plástico del lado interior del tabique.

Una capa de aislamiento con juntas escalonadas de poliuretano de 3 pulg. espesor.

Revocado con cemento-arena al interior de 1/4" de espesor.

Revocado con cemento-arena al exterior de 1/4" de espesor.

PISO

A continuación del nivel de cimentación llevará un firme de carretera de 10 cm. de espesor.

Una capa de hormigón de 10 cm. de espesor.

Barrera antihumedad en base a láminas de plástico.

Una capa de aislamiento de poliuretano de 2 pug. de espesor.

Losa de concreto de 6 pulg. de espesor.

Pulido con concreto de 1/4" de espesor.

PUERTAS.

Las puertas deberán de ser de madera maciza de 5 cm. de espesor recubiertas en lámina de acero inoxidable.

El plano final en planta y elevación de la cámara frigorífica y edificio de empaque, se observa en el plano 1. En este plano solo incluye dimensiones generales y de espesor de muros, las columnas que se ilustran solo son indicativas, ya que se requiere de un estudio más detallado de Ingeniería Civil para obtener sus dimensiones reales y ubicación.

III.7 FACTORES QUE AFECTAN EL CALCULO DE LA CARGA TERMICA

Una de las partes más importantes dentro del diseño total de un sistema de refrigeración es, sin lugar a dudas, el cálculo de la carga térmica o carga de refrigeración. Esta carga térmica es la cantidad de calor que debe retirar el sistema refrigerativo del espacio que contiene los productos que deban ser conservados. Es tal la importancia de esta parte del diseño, que del buen cálculo que se realice de esta carga depende la correcta selección, y por ende, el correcto funcionamiento de los equipos involucrados en el sistema de refrigeración. Es por ello que debe ponerse especial cuidado y atención al realizar estos cálculos tomando en cuenta todos los medios que puedan aportar calor al espacio e involucrar los factores correctos de transferencia de calor para evitar cometer errores que pudieran traer como consecuencia el seleccionar equipos que no puedan retirar toda la carga térmica que contengan el espacio, o bien, que se seleccionen equipos sobrados, es decir, equipos que puedan retirar una cantidad mayor de carga que la que contiene el espacio, en cuyo caso los costos para adquisición e instalación se eleva considerablemente sin ningún beneficio técnico real. En este capítulo analizaremos las diferentes fuentes que aportan calor al espacio, la forma en que se calcula la cantidad que aporta cada fuente y realizaremos los cálculos para el diseño particular que nos interesa.

FUENTES QUE APORTAN CALOR.- La carga total de calor a retirar del espacio, es el resultado de la suma de las cargas parciales aportadas por diferentes fuentes. Las principales fuentes que suministran la carga de refrigeración son las siguientes:

1.- Calor que pasa al interior del espacio refrigerado desde el exterior por conducción a través de paredes, pisos y techos.

2.- Calor que llega al espacio por radiación directa a través de vidrieras o de otros materiales transparentes, así como a través de paredes y techos sobre los que inciden la luz solar.

3.- Calor debido al aire exterior caliente el cual pasa a través de puertas que cierran y abren durante el trabajo normal y a través de rendijas que se tienen alrededor de puertas y ventanas así como grietas en la construcción y el aire que pueda ser introducido por razones de ventilación.

4.- Calor cedido por el producto a refrigerar. En algunos casos el calor es sensible o seco, es decir antes del punto de congelación, o una combinación de calor sensible o calor latente, si el producto debe congelarse. Algún calor es también el resultado de cambios químicos, tales como la maduración de las frutas.

5.- Calor cedido por las personas que laboran dentro del espacio refrigerado.

6.- Calor cedido por cualquier equipo localizado dentro del espacio, tales como motores eléctricos, alumbrado, equipo electrónico, monta cargas, etc.

Aunque las fuentes mencionadas anteriormente son las principales aportadoras de calor al espacio, no todas ellas intervienen en cada caso particular y la importancia de cualquiera de estas fuentes de calor con respecto a la carga de enfriamiento total varía para cada aplicación específica.

TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS.- Generalmente la capacidad de los equipos de refrigeración son expresadas en BTU por Hora, pero para aplicaciones de refrigeración la carga de enfriamiento total se

calcula para periodos de 24 horas, o sea, se expresa en BTU por 24 horas. Entonces, para calcular la capacidad requerida del equipo en BTU/hrs, se divide la carga total que corresponde al periodo de 24 hrs. entre el tiempo deseado de funcionamiento del equipo.

Ahora bien, por la necesidad de deshielar el evaporador a intervalos frecuentes, no resulta práctico diseñar los sistemas de refrigeración de tal manera que el equipo deba trabajarse continuamente a fin de manejar la carga. En muchos casos, el aire que pasa por el serpentín del evaporador es enfriado hasta una temperatura inferior a la su punto de rocío obteniéndose condensación sobre la superficie del serpentín de enfriamiento. Cuando la temperatura de éste es superior a la temperatura de congelación del agua, la humedad condensada del aire pasa de la superficie del serpentín hasta el recipiente de condensados saliendo del espacio a través del sistema de drenaje. Sin embargo, cuando la temperatura del serpentín de enfriamiento es menor a la temperatura de congelamiento del agua, la humedad condensada del aire se congela y se adhiere a la superficie del serpentín lo que origina escarcha. Debido a que la acumulación de escarcha sobre el serpentín tiende a aislarlo y reducir la capacidad del mismo, debe periódicamente ser eliminada aumentando la temperatura de la superficie del serpentín arriba del punto de congelación del agua y manteniéndola en ese nivel hasta que la escarcha sea derretida eliminándola y sacándola del espacio a través del drenaje de condensado.

Un método para deshielar el serpentín, consiste en parar el compresor y dar lugar a que el evaporador se caliente hasta la temperatura que se tiene en el espacio y conservarlo en esta temperatura por tiempo suficiente hasta que se termine el deshielo. A este método se le llama "Ciclo fuera". La experiencia ha demostrado que cuando se usa el sistema ciclo-fuera, el

tiempo máximo de funcionamiento permitido al equipo es de 16 hr. por cada periodo de 24 hrs., las otras 8 hr. se utilizan para el deshielo.

Cuando la temperatura del espacio refrigerado se mantiene a 34° F, el método de deshielo ciclo-fuera no resulta ser practico. La variación de la temperatura del espacio lo cual debiera ser necesario para tener una temperatura lo bastante alta en el serpentín de enfriamiento a fin de derretir la escarcha, pudiera ser en detrimento para el producto almacenado. Por lo tanto, en los casos en que la temperatura del espacio deba estar a menos de 34° F, generalmente se emplea algún tipo de calor suplementario para efectuar el deshielo. En tales casos, la superficie del serpentín se calienta en forma artificial, ya sea con elementos eléctricos, con agua, o con gas caliente de la carga del compresor

El deshielo por cualquiera de estos medios resulta mucho más rápido que el deshielo con el método ciclo-fuera. Entonces, el tiempo de parada requerido es menor para deshielar al usar calor suplementario. Para estos sistemas, el tiempo de funcionamiento del equipo es de 18 a 20 hrs. por cada periodo de 24 hrs., dependiendo de cada caso será la frecuencia de deshielo. Por regla general se utiliza el valor de 18 hrs. como tiempo de funcionamiento.

GANANCIA DE CALOR EN PAREDES, PISO Y TECHO.- Esta ganancia de calor, es la mediación del calor que fluye por conducción a través de las paredes, piso y techos del espacio refrigerado desde el exterior hacia el interior, debido a que la temperatura interior es menor a la temperatura del exterior.

La cantidad de calor que fluye en la unidad de tiempo a través de las paredes, pisos o techos de un espacio refrigerado, se calcula en función de tres factores cuya relación se encuentra expresada en la siguiente ecuación:

$$Q = A U \Delta T$$

Donde:

Q= Cantidad de calor transferido (BTU/HR)

A= Area de la superficie externa de la pared perpendicular a la dirección del flujo de calor (ft²)

U=Coefficiente total de transferencia de calor (BTU/hrft²*F)

ΔT= Diferencia de temperatura existente entre el exterior y el interior del espacio refrigerado.

El coeficiente total de transferencia de calor "U" es una medida de rapidez con la cual fluye el calor a través de una superficie de 1 ft² entre el aire de un lado y el aire del otro lado de la pared por cada °F de diferencia de temperatura. Este factor U esta dado en BTU/HR y depende del espesor de la pared y de los materiales que se utilizan en la construcción de las mismas. Debido a que es deseable prevenir, hasta donde sea posible, la entrada de calor al espacio refrigerado para no incrementar la carga sobre el equipo de enfriamiento, los materiales utilizados en la construcción de las paredes de los almacenes fríos deberán tener un buen aislamiento térmico de tal manera que el valor de U sea lo más bajo posible.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR U.- El coeficiente total de transferencia de calor "U" ya a sido calculado para los tipos de construcción de paredes,

pisos y techos más comunes y pueden obtenerse a través de tablas en donde han sido tabulados.

Sin embargo, no siempre son construidos los almacenes refrigerados con estos materiales, por lo tanto debe calcularse el coeficiente. Este cálculo resulta sumamente fácil si conocemos los valores de las conductancias o conductividad térmicas de todos los materiales involucrados. De hecho, se encuentran en tablas los valores de conductividad y conductancia de prácticamente todos los materiales utilizados para la construcción de almacenes refrigerados y normales. Esta información también puede obtenerse con el fabricante del material. En las tablas A-2 y A-3 pueden observarse valores de conductividad y conductancia de materiales comunes.

Los valores de conductancia térmica (k) y conductividad térmica (C), se encuentran íntimamente relacionadas ya que mientras el valor de la conductividad se encuentra expresado de tal manera que se toma en cuenta solo 1 pulg. de espesor de material, el valor de conductancia térmica puede ser expresado para cualquier espesor de material. La relación que existe entre conductividad y conductancia puede expresarse con la siguiente fórmula, con lo cual puede obtenerse una de la otra y viceversa si conocemos el espesor del material investigado:

$$C = \frac{K}{X}$$

Donde:

x= espesor del material.

Ahora bien, la resistencia que puede ofrecer una pared o un material el flujo de calor a través de él es inversamente proporcional a su habilidad para

transmitir calor. Luego entonces la resistencia térmica total de la pared es posible expresarla como el recíproco del coeficiente total de transferencia de calor "U", al mismo tiempo que la resistencia térmica del material puede expresarse como el inverso de su conductividad o conductancia, esto es:

$$R = \frac{1}{U}$$

$$r = \frac{1}{K} + \frac{1}{C}$$

Donde:

R= Resistencia térmica total

r= Resistencia térmica particular para cada material.

$$\frac{1}{K} + \frac{1}{C}$$

Como puede observarse, para obtener la resistencia total que opone una pared al flujo de calor a través de ella es necesaria tomar en cuenta la resistencia que opone al aire al flujo de calor para ambos lados de la pared, es decir tanto interior como exterior. En la tabla A-2 se observan valores de coeficiente de película del aire o conductancias de superficie.

Generalmente las paredes no son construidas de un solo material, es decir, cada pared esta formada por varias capas de diferentes materiales, los cuales tienen diferentes resistencias al flujo de calor. Por lo tanto la

resistencias térmicas individuales de cada material de los que está compuesta incluyendo los coeficientes de película de aire tanto del interior como del exterior, es decir:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_o}}$$

Luego entonces:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_o}}$$

Donde:

$\frac{1}{f_i}$ = Coeficiente de convección o conductancia de superficie de pared interior, piso o techo.

$\frac{1}{f_o}$ = Coeficiente de convección o conductancia de superficie de pared exterior, piso o techo.

DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE INTERIOR Y EXTERIOR.-

Cuando hablamos de la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior (ΔT) nos referimos a la variación que existe entre el valor que tenemos dentro del almacén refrigerado y que se tiene fuera del almacén, este valor puede ser la temperatura ambiente del lugar, o bien, la del cuarto o habitación contigua al almacén. Estas temperaturas, también son conocidas como temperatura de diseño interior y exterior. La temperatura de

diseño interior generalmente depende del tipo de producto que va a ser almacenado y del tiempo que va a mantenerse dentro del almacén.

Las temperaturas recomendadas para almacenamiento de diferentes productos pueden observarse en las tablas A-5 a A-7, y estas han sido obtenidas en base a la experiencia que se ha tenido a través de muchos años de observación de la reacción de los productos bajo diferentes temperaturas llegando a obtenerse la ideal para cada uno de ellos, así como para sus diferentes variedades (en el caso de algunos frutos y vegetales).

Por otro lado, la temperatura exterior depende del lugar en donde se encuentre localizado el almacén; si las paredes del almacén son contiguas a otras habitaciones o se encuentra dentro de un edificio, debe tomarse como temperatura de diseño exterior la existente dentro del edificio o de la habitación contigua; mientras que si las paredes están en contacto por su parte exterior con el medio ambiente, la temperatura a utilizar será la temperatura de diseño exterior correspondiente al lugar donde se va a realizar la instalación. En la tabla A-1 pueden observarse las temperaturas de diseño exterior recomendadas para las poblaciones más importantes del país.

Cuando el techo del almacén se encuentra expuesto al medio ambiente, éste deberá considerarse como una pared (sin olvidar que tiene su propia estructura), cuando el almacén se encuentre dentro de un edificio y se tiene una adecuada separación entre la parte superior del almacén y el techo del edificio, el techo del almacén se considera como una pared interior.

GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.- Al hablar de la ganancia de calor por radiación, nos estamos refiriendo al calor que entra al espacio refrigerado debido a la incidencia de los rayos solares u otro cuerpo caliente

sobre el techo y paredes del almacén, lo que ocasiona que la temperatura en la superficie exterior sea considerada mayor que la temperatura ambiente.

La forma de realizar el cálculo para obtener esta ganancia de calor es similar en la forma en que se calcula la ganancia en paredes, es decir:

$$Q = AU\Delta T$$

Sin embargo, aquí es necesario hacer algunas observaciones respecto al valor de " ΔT ", ya que mientras los valores de "U" y "A" son exactamente los mismos, el valor del diferencial de temperatura ΔT variará de acuerdo a la incidencia de rayos solares sobre la pared. La diferencia de temperatura de superficie del muro o pared y el aire que le rodea depende de la cantidad de energía que choca contra la superficie por la incidencia de los rayos del sol y la reflectividad de la superficie; esto último debido a que las ondas de energía radiante pueden ser no reflejadas o absorbidas de acuerdo al material contra el cual choquen. Las superficies lisas y de colores claros reflejan más la energía radiante y, por lo tanto, la absorben menos mientras que en las superficies rugosas y de colores oscuros sucede lo contrario. Ahora bien, debido a que cualquier incremento de temperatura en la superficie exterior hará que el valor del diferencial de temperatura también se incremente, este debe ser corregido para compensar los efectos negativos.

El valor de diferencial de temperatura a utilizar para realizar los cálculos de carga térmica por radiación, dependerá también de la localización geográfica del lugar donde se encuentra instalado el edificio y de la orientación que tenga. Estos valores ya corregidos han sido calculados y tabulados por diversas asociaciones relacionadas con la refrigeración y el aire acondicionado, como las tabla A-4 en donde también se observan valores de diferencial de temperatura a utilizar para cálculos de radiación incidentes sobre ventanas y tragaluces.

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACIÓN DE AIRE.- La ganancia de calor por infiltraciones es la debido al aire que se introduce al espacio refrigerado por la apertura y cierre de puertas, y cuya temperatura es menor a la existente dentro del espacio. Esta ganancia de calor es bastante difícil de calcular con exactitud, ya que no es fácil conocer que cantidad de aire se introduce exactamente cada determinado tiempo, excepto en algunos casos aislados, donde es permitido el acceso de aire para ventilación y se conocen la cantidad del mismo. Cuando se conoce la masa de aire exterior que se introduce al espacio durante un periodo de 24 horas, el calor ganado dentro del espacio debido a los cambios de aire depende de la diferencia de entalpias del aire a las condiciones interiores y exteriores, calculándose de la siguiente manera:

$$Q = m(h_o - h_i)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor por cambios de aire.

m= Masa de aire que entra al espacio durante un período de 24 horas (lb/24 hr)

h_o= entalpia del aire exterior (BTU/lb)

h_i= entalpia del aire interior (BTU/lb)

Sin embargo, a excepción de aquellos casos aislados donde el aire es introducido a propósito al espacio, los cambios de aire que se presentan en el espacio son debidos principalmente a la infiltración que se tiene a través de aperturas y cierres de puertas. Esta cantidad de aire que entra al espacio, depende del número, tamaño y localización de las puertas y, sobre todo de la frecuencia y el tiempo que permanecen abiertas. Debido a que el efecto combinado de todos estos factores varía con cada instalación en particular y

a que difícilmente pueden predecirse con exactitud su comportamiento, como regla general se estima la cantidad de cambios de aire en base a la experiencia obtenida en aplicaciones similares, observándose que generalmente la frecuencia y duración de aperturas de puertas y, por ende, la cantidad de cambio de aire depende del volumen interior del espacio y del tipo de uso. En las tablas A-12 y A-13 pueden observarse valor de números aproximados de cambios de aire por período de 24 horas para enfriadores de diferentes tamaños en valores promedio. En las tablas A-10 y A-11 se observan listas de ganancias de calor por pie cubico de aire que entra al piso para diversas condiciones interiores y exteriores. La forma de calcular la ganancia de calor debido a los cambios de aire es la siguiente:

$$Q = (V_i)(\#C.A)(F.C.A)$$

Donde:

Q = Ganancia de calor por cambios de aire.

V_i = Volumen interior del espacio

#CA = No. de cambios de aire por cada 24 horas

FCA = factor de cambio de aire.

GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL PRODUCTO.- Esta ganancia se refiere a la cantidad de calor que debe retirarse al producto para mantenerlo a la temperatura óptima de conservación. Cuando éste entra al espacio, generalmente se encuentra a la temperatura ambiente y se le debe reducir hasta la temperatura de conservación, ésto se hace que se introduzca calor al espacio, el cual debe ser retirado mediante los sistemas de refrigeración. Cuando la temperatura debe reducirse hasta un valor que se encuentra por encima del punto de congelación del producto, estaremos retirandole calor

latente. En este caso, la cantidad de calor que cede el producto en su enfriamiento hasta la temperatura deseada, dependerá de la temperatura del espacio, de la masa, calor específico y de la temperatura que tenga el producto a la entrada. Cuando se tiene este caso, el calor cedido por el producto al espacio, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{prod.}} = (m) (C) (\Delta T)$$

Donde:

m= Masa del producto

C= Calor específico del producto antes del punto de congelamiento

ΔT = Cambio de temperatura en el producto desde su entrada al refrigerador hasta alcanzar la temperatura de conservación.

Cuando el producto deba ser congelado y en algunos casos almacenados a una temperatura por debajo de su punto de congelamiento, la carga de enfriamiento debe ser calculada en tres etapas. La primera consiste en calcular la carga de enfriamiento desde la temperatura de entrada hasta la temperatura de congelamiento, lo cual se realiza con la fórmula mostrada anteriormente. En la segunda etapa se calcula la carga de enfriamiento durante el congelamiento, esta parte se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = (m) (h_{if})$$

Donde:

m= Masa del producto

f= Calor latente del producto

La tercera y última parte de este cálculo representa la carga de enfriamiento debido a la reducción de temperatura desde el congelamiento hasta la temperatura de almacenaje. Este cálculo se realiza de la misma manera que el realizado para la carga antes del punto de congelamiento.

En el cálculo de esta carga térmica, existe otro factor que debe tomarse en cuenta, el que se debe a la respiración de frutas y vegetales que es un proceso en el cual, el oxígeno del aire se combina con los carbohidratos del tejido de la planta dando como resultado la formación de dióxido de carbono y calor. Esta formación es debida a que aun después de la recolección los productos continúan con vida y continúan sufriendo cambios mientras se encuentran almacenados. El calor debido a respiración, debe ser tomado en cuenta cuando grandes cantidades de producto (frutas o vegetales) se encuentran almacenados a temperaturas por encima del punto de congelación del producto. La cantidad de calor generado durante el proceso de respiración depende del tipo de producto y de la temperatura a la cual se encuentra almacenada; para ello existen tablas donde se muestran los valores de calor de respiración de diferentes productos. Su forma de cálculo es la siguiente.

$$Q_{resp.} = m \times CR \times 24 \text{ HR}$$

Donde

m= Masa del producto

CR= Calor de respiración

Debido a que el calor de respiración está dado para un periodo de 1 hora, debe multiplicarse por 24 horas para obtener la carga diaria.

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS.- La ganancia de calor debida a personas, es la que se refiere al calor que se genera por la estancia de personas dentro del espacio refrigerado. Este calor es debido al propio funcionamiento del cuerpo humano, y puesto que la temperatura normal de este es mayor que la del espacio, el cuerpo humano cederá calor

al espacio. El calor desprendido por persona en espacios refrigerados puede observarse en la tabla A-15.

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A CARGAS VARIAS.- Este ganancia es la que se obtiene por el funcionamiento dentro del espacio de cualquier equipo productor de calor, tales como alumbrado, motores eléctricos, monta cargas, evaporadores, etc. La forma de calcular cada una de las ganancias de calor de estos equipos dependerá de la particularidad de cada una de ella, tenemos los siguientes casos:

Para alumbrado

$$Q_{alum} = Watts \times Factor \times 24 \text{ hr.}$$

$$Q_{me} = Factor \times Potencia \times 24 \text{ hr}$$

Donde:

Q_{me} = Calor debido a motores eléctricos.

Potencia = Potencia del motor en H.P.

FACTOR DE SEGURIDAD.- La ganancia de calor total para un periodo de 24 hr., es la suma de todas las ganancias de calor particulares mencionadas anteriormente. Generalmente se agrega de un 5 a un 10 % del valor total calculado como factor de seguridad. El valor a usar, dependerá de la confiabilidad que presente la información manejada durante los cálculos de la carga de enfriamiento y usando un valor de 10 %.

La división del valor de la carga de enfriamiento para un periodo de 24 hr. entre el tiempo deseado de funcionamiento de los equipos para obtener la carga promedio por hora debe realizarse después de haber aplicado el factor

de seguridad correspondiente. La carga promedio por hora es la que se utiliza para la selección de los equipos.

CONDICIONES DE DISEÑO PARA EL PROYECTO.- Para poder iniciar con el cálculo de la carga térmica o carga de enfriamiento que debe retirarse de los almacenes refrigerados, primero deben establecer las condiciones bajo las cuales estarán funcionando. Algunas de estas condiciones son:

- Temperatura exterior de diseño.
- Temperatura interior del almacén.
- Humedad relativa dentro del almacén.
- Capacidad de almacenamiento de producto en el almacén.
- Dimensiones del almacén.

La Temperatura Exterior de Diseño se refiere a la temperatura recomendada para realizar diseños de refrigeración en el lugar de instalación de los almacenes. Para ello existen tablas en las cuales se observan estas temperaturas para diferentes lugares del país, como las tabla A-1.

La Temperatura Interior del almacén, es la que debe mantenerse dentro del almacén con los equipos de refrigeración, esta temperatura es la recomendada para el tipo de producto así como de la variedad de que se trate. Para este aspecto también existen tablas de temperaturas recomendadas para diferentes productos y sus variedades, como las tablas A-5 a A-7.

La Humedad Relativa se refiere a la cantidad de humedad que debe mantenerse en el interior del almacén para conservar en buen estado el producto almacenado. La cantidad de humedad que deba mantenerse depende del tipo de producto que se maneje en el almacén. Valores de H.R.

también han sido tabulados para diferentes tipos de productos, como pueden observarse en tablas A-5 a A-7.

La Capacidad de Almacenamiento, se refiere a la cantidad de producto que pueden mantenerse en el interior del almacén bajo las condiciones especificadas.

Las Dimensiones del Almacén se refiere a las dimensiones de paredes, pisos y techos que este debe poseer para poder albergar la cantidad de producto necesaria.

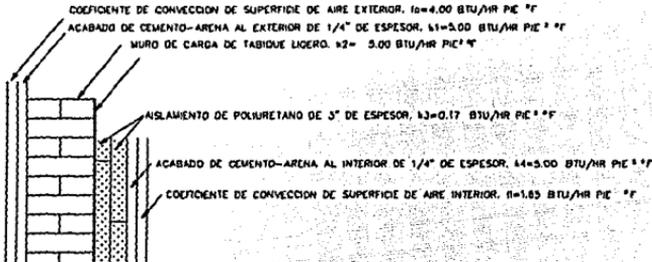
Otro aspecto importante es la cantidad de producto que debe enfriarse diariamente. Esto debido a que, aunque el almacén tenga capacidad para una capacidad específica de producto, puede ocurrir que no se sature en un solo día su capacidad, o bien, que el producto puede entrar paulatinamente hasta llegar a su saturación en una cierta cantidad de días.

La estructura de la cámara se refiere a la utilización de diversos materiales que son necesarios para obtener una pared, piso o techo con características adecuadas para la construcción del almacén refrigerado. Esta composición, por lo regular, siempre viene detallada en el plano arquitectónico del proyecto.

III.8 CÁLCULO DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN Y CONVECCIÓN DETERMINACIÓN DEL FACTOR U

a) PARA MUROS EXTERIORES.



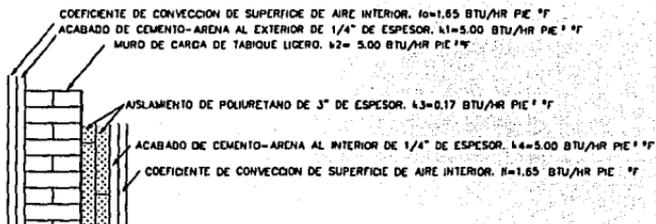
$$U= 1/(1/h_i)+(X_1/k_1)+(X_2/k_2)+(X_3/k_3)+(X_4/k_4)+(1/h_o)$$

$$U=1/(1/1.65)+(0.25/5)+(8/5)+(3/0.17)+(0.25/5)+(1/4)$$

$$U=1/20.46$$

$$U=0.0489 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ °F}$$

b) PARA MUROS INTERIORES



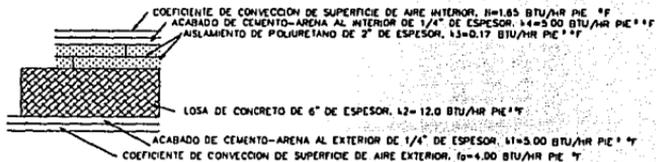
$$U = 1/(1/h_i) + (X_1/k_1) + (X_2/k_2) + (X_3/k_3) + (X_4/k_4) + (1/h_o)$$

$$U = 1/(1/1.65) + (0.25/5) + (8/5) + (3/0.17) + (0.25/5) + (1/1.65)$$

$$U = 1/21.07$$

$$U = 0.0475 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ °F}$$

c) PARA EL TECHO.



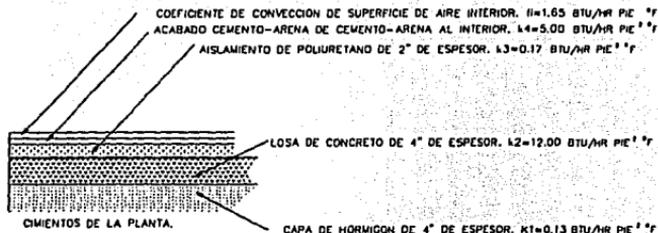
$$U = 1/(1/h_i) + (X_1/k_1) + (X_2/k_2) + (X_3/k_3) + (X_4/k_4) + (1/h_o)$$

$$U = 1/(1/1.65) + (0.25/5) + (6/12) + (2/0.17) + (0.25/5) + (1/4)$$

$$U = 1/13.47$$

$$U = 0.0742 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ °F}$$

d) PARA EL PISO



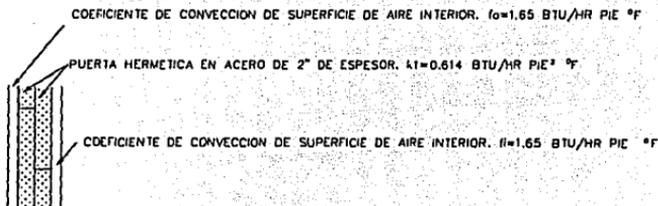
$$U = 1/(1/h) + (X1/k1) + (X2/k2) + (X3/k3) + (X4/k4) + (1/h_0)$$

$$U = 1/(4/0.13) + (2/0.17) + (4/12) + (0.25/5) + (1/1.65)$$

$$U = 1/43.773$$

$$U = 0.023 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ °F}$$

d) PARA PUERTAS



$$U = 1/(1/h) + (X1/k1) + (1/h)$$

$$U = 1/(1/1.65) + (2/0.614) + (1/1.65)$$

$$U = 1/4.98$$

$$U = 0.2 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ °F}$$

CÁLCULO DE AREAS

MURO	ORIENTACION	DIMENSIONES(ft)	AREA(ft ²)
EXTERIOR	NORTE	60.7 X 10.8	655.56
EXTERIOR	SUR	60.7 X 10.8	655.56
INTERIOR	ESTE	75.5 X 10.8	815.40
INTERIOR	OESTE	75.5 X 10.8	815.40
TECHO		60.7 X 75.5	4582.85
PISO		60.7 X 75.5	4582.85
PUERTA INT	ESTE	4.9 X 8.2	40.18
PUERTA INT	OESTE	2 X 2	4.00

GANANCIA DE CALOR POR CONDUCCIÓN

$Q_c = AU\Delta T$					
MURO	ORIENTACION	AREA	"U"	ΔT	Q_c
EXTERIOR	NORTE	655.56	0.0489	52.2	1673.37
EXTERIOR	SUR	655.56	0.0489	52.2	1673.37
INTERIOR	ESTE	815.40	0.0475	46.8	1812.63
INTERIOR	OESTE	815.40	0.0475	46.8	1812.63
TECHO		4582.85	0.075	52.2	17941.86
PISO		4582.85	0.023	31.2	3288.65
PTA.INT(2)	ESTE	40.18	0.2	46.8	752.17
PTA.(2)	OESTE	4.00	0.2	46.8	74.88

$$Q_c = A U \Delta T$$

$$Q_c = 1673.37 + 1673.37 + 1812.63 + 1812.63 + 17941.86 + 3288.65 + 752.17 + 74.88$$

$Q_c=29083.23\text{BTU/hr}$

$Q_c=697997.52\text{ BTU/ 24 hr}$

GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

$$Q_r=AU\Delta T_{eq}$$

DETERMINACIÓN DE ΔT_{eq} .

PARA MURO ESTE

$$T_{eq}=52.2+6=58.2\text{ °F}$$

PARA MURO SUR

$$T_{eq}=52.2+4=56.2\text{ °F}$$

PARA MURO OESTE

$$T_{eq}=46.8+6=52.8\text{ °F}$$

PARA TECHO

$$T_{eq}=52.2+15=67.2\text{ °F}$$

Realizando cálculos, tenemos:

MURO	ORIENTACION	AREA	"U"	T_{eq}	QR
EXTERIOR	NORTE	NO EXISTE	INCIDENCIA	SOLAR	DIRECTA
EXTERIOR	SUR	655.56	0.0489	56.2	1801.6
INTERIOR	ESTE	NO EXISTE	INCIDENCIA	SOLAR	DIRECTA
INTERIOR	OESTE	NO EXISTE	INCIDENCIA	SOLAR	DIRECTA
TECHO		4582.85	0.075	67.2	23097.56
PTA (2)	ESTE	NO EXISTE	INCIDENCIA	SOLAR	DIRECTA
PTA (2)	OESTE	NO EXISTE	INCIDENCIA	SOLAR	DIRECTA

$$Q_{rad}=1801.6+23097.56$$

$$Q_{rad}=24899.16 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{rad}=597579.84 \text{ BTU/ 24 hr}$$

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACIÓN DE AIRE

$$Q_{ca}=(V_{int}) (N_{o} C:A) (F:C:A)$$

$$N_{o} C:A = 3$$

$$F:C:A = 2.9288$$

$$V_{int}= 60.7 \times 75.5 \times 10.83= 49605.97 \text{ ft}^3$$

$$Q_{ca}= (49605.97) (3) (2.9288)= 435857.89 \text{ BTU/ 24 hr}$$

$$Q_{ca}= 18160.75 \text{ BTU/ hr}$$

GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL PRODUCTO

$$Q_p= m C T$$

$$m= 30 \text{ TON}=30000 \text{ Kg}= 66139.024 \text{ lb.}$$

$$C=0.89 \text{ BTU/ lb } ^\circ\text{F}$$

$$T= 29 \text{ } ^\circ\text{C} = 84.2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q_p=(66139.024)(0.89 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F})(84 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q_p=4956326.2 \text{ BTU/ 24 hr}$$

$$Q_p=206513.59 \text{ BTU/hr}$$

GANANCIA DE CALOR POR REACCIÓN

$$m=200 \text{ TON} =200 \text{ 000 Kg}= 440926.84 \text{ lb}$$

$$C:R=0.018 \text{ BTU/ hr lb}$$

$$m=200 \text{ TON} =200 \text{ 000 Kg}= 440926.84 \text{ lb}$$

$Q_{resp} = (m) (C:R) (24 \text{ hr})$

$Q_{resp} = (440926.82)(0.018)(24 \text{ hr})$

$Q_{resp} = 190\,480.39 \text{ BTU/24 hr}$

$Q_{resp} = 7936.68 \text{ BTU/hr}$

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS

$Q_{per} = (\text{No Personas}) (C:E) (24 \text{ hr})$

No personas = 4

$C:E = 908.2 \text{ BTU/hr}$

$Q_{per} = (4)(908.2)(24)$

$Q_{per} = 87187.2 \text{ BTU/24 hr}$

$Q_{per} = 3632.8 \text{ BTU/hr}$

GANANCIA DE CALOR DEBIDO A CARGAS VARIAS

$Q_{alum} = \text{Wattage} \times \text{Factor} \times 24 \text{ hr}$

Wattage=4255 W

Factor= 3.42 BTU/watt-hr

$Q_{alum} = (4255 \text{ W}) (3.42 \text{ BTU/ watt-hr}) (24 \text{ hr})$

$Q_{alum} = 349250.4 \text{ BTU/24 hr}$

$Q_{alum} = 14552.1 \text{ BTU/hr}$

GANANCIA DE CALOR TOTAL

$QT = 697997.52 + 597579.84 + 435857.89 + 4956326.2 + 190480.39 +$

$87187.2 + 349250.4$

$QT = 7314679.4 \text{ BTU/24hr}$

QT= 304778.31 BTU/hr

UTILIZANDO FACTOR DE SEGURIDAD

$$QT_{fs} = (QT)(F:S)$$

$$QT_{fs} = (7314679.4)(1.1)$$

$$QT_{fs} = 8046147.3 \text{ BTU/ 24 hr}$$

$$QT_{fs} = 335256.14 \text{ BTU/ hr}$$

TOMANDO EN CUENTA EL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE
LOS EQUIPOS

$$QTT = QT_{fs}/16 \text{ hr} = 8046147.3 \text{ BTU/ 24 hr/ 16 hr}$$

$$QTT = 502884.21 \text{ BTU/hr}$$

$$QTT = 41.9 \text{ T.R.}$$

$$QTT \approx 42 \text{ T.R.}$$

Como puede observarse, nuestra carga térmica calculada tomando en cuenta todos los factores que intervienen, nos da un total de 64 toneladas de refrigeración, y es con este valor, con el cual debemos entrar a catálogos y seleccionar los equipos que debemos instalar para eliminar la carga térmica del local a refrigerar.

CAPITULO IV

SELECCION DE EQUIPO

IV.1 INTRODUCCIÓN.

La selección del equipo para es una parte importante del diseño, ya que estos deberán retirar la carga térmica que se produzca dentro del local refrigerado, y dependiendo de la selección que hagamos, será el buen funcionamiento de nuestro sistema de refrigeración.

Enfocándonos a nuestro diseño, en este capítulo elegiremos los equipos que consideramos más idóneos para funcionar en nuestro sistema, así como dar sus especificaciones y mencionar los motivos que nos llevaron a realizar la elección.

IV.2 SELECCIÓN DEL EVAPORADOR.

El evaporador se describe como la parte de un sistema de refrigeración donde el refrigerante se convierte de líquido a vapor mediante el proceso de evaporación. Esto sucede cuando el calor del producto o carga térmica es absorbido por el refrigerante. Existen tres diferentes tipos de evaporadores que son:

- a) De tubo desnudo.
- b) De tubo aletado.
- c) De placa.

De éstos, el de tubo aletado posee una ventaja definitiva sobre el de tubo desnudo, ya que la carga de calor manejada por el evaporador alcanza al serpentín de enfriamiento en uno o más de los tres tipos de transferencia de calor: conducción, convección o radiación, pero este calor es transferido al refrigerante por uno solo de estos medios, la conducción. El área extra que

se adiciona al tubo desnudo permite un grado más alto de transferencia de calor del aire que rodea al serpentín.

Existen evaporadores diseñados para facilitar la convección natural del aire a través del serpentín. La capacidad de este se basa principalmente en el flujo no restringido del aire. Si está localizado en forma inapropiada o si su diseño e instalación es tal que la circulación de aire alrededor y a través del mismo es restringida, el serpentín no puede operar con eficiencia.

La circulación de aire por convección natural es, generalmente, ayudada con el uso de deflectores. Estos se colocan de tal modo que las corrientes de aire sean forzadas a moverse en ciertos caminos para dar la transferencia de calor óptima.

Los evaporadores que utilizan circulación forzada de aire, generalmente tienen tubos aletados, complementados con uno o más ventiladores de flujo axial para lograr la circulación de aire. En tal caso, los deflectores no son estrictamente necesarios para proveer un camino para la circulación requerida, pero a menudo son usados.

En los evaporadores de circulación forzada, el ventilador debe ser capaz de:

- a) Hacer circular suficiente aire para retirar el calor del producto.
- b) Distribuir el aire a una velocidad satisfactoria alrededor del cuarto o espacio acondicionado.
- c) Asegurar que no existen espacios muertos.

En cámaras frigoríficas, generalmente, son usados evaporadores de serpentín aletado de convección forzada. Estos equipos son conocidos comercialmente con el nombre de difusores; existiendo una gran cantidad de ellos para diferentes aplicaciones, por ejemplo baja, media o alta

temperatura; para instalarse en el techo o en la pared; con deshielo con resistencia eléctrica, con gas caliente o con aire; etc.

En nuestro caso seleccionaremos difusores para instalarse en la pared con deshielo por aire o por resistencia eléctrica, que son los que mejor satisfacen con los requerimientos para utilizarse en cámaras de conservación de carnes, lácteos, frutas y legumbres, debido a su fácil manejo e instalación, bajo costo en el deshielo; y además si cuentan con rejillas direccionales, podemos confiar en que el aire frío llegará a todo el producto.

Ahora bien, con base en la carga térmica calculada en el capítulo anterior, que es de 42 T.R. = 127,008 Kcal/Hr y utilizando el catálogo de difusores frigotherm; observamos que son necesarios 15 difusores con capacidad para 10070 Kcal/Hr cada uno con las siguientes características.

DIFUSOR PARA REFRIGERACIÓN.

TIPO: INSTALACIÓN EN PARED

MARCA: FRIGOTHERM.

MODELO: RUA-037.

CAPACIDAD: 10070 Kcal/Hr.

No. DE VENTILADORES: 1

CAPACIDAD DEL VENTILADOR: 148 MCM.

DIAMETRO DEL VENTILADOR: 610 mm.

TIRO DE AIRE DEL VENTILADOR: 15 m.

MOTOR ELÉCTRICO: 1 HP, 1140 RPM, 220 V, 3F, 60 Hz.

PESO APROXIMADO: 123 Kg.

CANTIDAD: 15.

IV.3 SELECCIÓN DEL CONDENSADOR

El condensador es otro de los componentes del sistema de refrigeración, este se encarga de transferir el calor desde el refrigerante a un medio que pueda absorberlo o removerlo como el aire o el agua.

Existen tres diferentes tipos de condensadores:

Enfriados por aire.

Enfriados por agua.

Evaporativos.

De los enfriados por agua existen cuatro tipos básicos:

De doble tubo. Este consiste en dos tubos concéntricos, uno dentro de otro, por el tubo interior fluye agua, y el refrigerante fluye en sentido opuesto al agua y en el espacio existente entre el tubo exterior y el interior. Tiene como ventajas una alta eficiencia y flexibilidad en cuanto a tamaño y adaptabilidad en arreglo.

De carcasa y tubo vertical de tipo abierto. Aquí el agua se distribuye sobre la cabeza del condensador, entra a cada tubo y fluye hacia abajo de la superficie interior. Este condensador es el menos eficiente de todos y se requiere de una unidad mayor para una capacidad equivalente.

De carcasa y tubo horizontal. Este tipo de condensador. Tiene un circuito cerrado de agua, lo que permite que esta sea redirigida a través del condensador más de una vez, aumentando su eficiencia.

De carcasa y serpentín. Este tipo consiste en una carcasa soldada que contiene un serpentín de tubos con aletas, este serpentín es continuo y sin juntas. Es el más barato de todos los condensadores y uno de los más eficientes y compactos.

De los condensadores enfriados por aire existen dos tipos:

De tiro natural. En este tipo, el aire fluye sobre el condensador por convección natural. Cuando se pone en contacto con el condensador caliente, absorbe calor y sube, esto le permite al aire que enfría, circular sobre el condensador. Este condensador tiene un uso muy limitado a causa de que el aire se mueve muy lentamente y no es capaz de retirar el calor rápidamente; por consiguiente son necesarias superficies relativamente grandes.

De tiro forzado. Este condensador es básicamente igual al anterior, sólo que se le ha añadido un ventilador para forzar el flujo de aire a través de él con lo que se incrementa su capacidad. Este tipo, generalmente es de tubo aletado y es más práctico para mayores cargas de enfriamiento en comparación con el de tiro natural. Pueden usarse ventiladores de flujo axial o del tipo centrífugo; la selección del mismo dependerá de factores de diseño tales como resistencia al flujo, nivel de ruido, requisitos de espacio, etc.

Generalmente no son usados los condensadores por sí solos, sino más bien son más utilizadas las unidades condensadoras autocontenidas, ya sea enfriadas por aire o enfriadas por agua. Estos equipos consisten en un conjunto que contiene al condensador y al compresor. En el caso de los enfriados por aire, además, los ventiladores y, en algunos casos, un recipiente externo para refrigerante.

Las condensadoras autocontenidas enfriadas por aire, varían desde unidades de refrigeración comercial de pequeño tonelaje usados en vitrinas para carnes o productos lácteos, hasta unidades con grandes cargas de refrigeración utilizadas en plantas congeladoras, plantas con procesos congelados y equipos de aire acondicionado. Algunas de las ventajas que poseen son:

Todo el equipo mecánico de trabajo pesado está al exterior y no ocupan mucho espacio. El ruido y la vibración se retira del interior.

Los elementos de potencia y control se preseleccionan y alambran en un panel.

La tubería de refrigeración es reducida, ya que la línea de descarga se monta en fábrica.

El conjunto completo puede ser probado en fábrica aumentando la confiabilidad.

Generalmente, las unidades condensadoras enfriadas por agua son utilizadas en grandes aplicaciones, mientras que las enfriadas por aire son empleadas en aplicaciones medias y pequeñas, debido a que en las primeras equipo enfriado por aire sera muy grande y voluminoso, lo cual no es conveniente en la mayoría de los casos.

En nuestro caso, seleccionaremos unidades condensadoras autocontenidas enfriadas por aire del tipo semihermético, las cuales son las más recomendadas en aplicaciones de media capacidad.

Con base en la carga térmica a retirar del espacio y tomando en cuenta que cada equipo debe manejar un cierto número de difusores, seleccionamos:

UNIDAD CONDENSADORA.

TIPO: ENFRIADA POR AIRE CON COMPRESOR SEMIHERMÉTICO.

MARCA FRIOMOLD.

MODELO: UFS-1500-M-3.

CAPACIDAD: 32,258 Kcal/Hr.

COMPRESOR MODELO: 9RS1-1505-TFC

MOTOR-VENTILADOR: 2, 1 HP, 220 V, 3F, 60 Hz.

DIMENSIONES: L=1225 mm, A=1055 mm, H=1140 mm.

REFRIGERANTE: R-22.

ACCESORIOS:CALEFACTOR DE CARTER, SEPARADOR DE ACEITE, CAJA DE CONEXIONES CABLEADA, DESHIDRATADOR, INDICADOR DE LIQUIDO, VALVULA DE PASO, CONTROL DE ALTA Y BAJA PRESION Y ELIMINADOR DE VIBRACION EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR.

PESO: 410 Kg.

CANTIDAD: 5.

IV.4 SELECCIÓN DE LA VALVULA DE EXPANSIÓN

Existen seis tipos básicos de control de flujo de refrigerante, entre ellos los más comunes son el tubo capilar y la válvula termostática de expansión. Independientemente del tipo de control de flujo, las funciones básicas son: controlar el suministro de refrigerante al evaporador proporcionando la cantidad necesaria de acuerdo a la carga térmica, atomizar el refrigerante para crear una mayor área de transmisión de calor y separar el lado de baja presión para llevar a cabo la evaporación y el lado de alta presión para que se realice la condensación.

De todos los tipos de control de flujo existentes, el más utilizado es la válvula termostática de expansión por las dos razones siguientes:

- 1.- Controlan automáticamente la cantidad de líquido admitido en el serpentín evaporador de acuerdo a la demanda de carga térmica.

- 2.- Permiten que cualquier número de evaporadores sean operados en paralelo con un solo o varios compresores, teniendo cada evaporador su propia válvula de expansión.

La válvula termostática de expansión es accionada por la temperatura y presión del vapor refrigerante que sale del evaporador. La válvula no responde a la temperatura o a la presión por separado sino que es accionada por los dos efectos, lo cual significa que la válvula responde solamente al sobrecalentamiento del vapor refrigerante que sale del evaporador. Si se admite suficiente refrigerante líquido al evaporador para cubrir toda la superficie interna del serpentín, la temperatura del vapor saliente será cercana a la temperatura de ebullición del refrigerante líquido. Sin embargo, si el suministro de líquido es insuficiente, se evaporará mucho antes de llegar a la salida del serpentín. La sección del serpentín que sigue a ese punto, estará seca, ya que no habrá líquido en contacto con ella. Esta porción seca del serpentín, recalentará al vapor. Entre menos líquido se suministre al evaporador, mayor será el sobrecalentamiento del vapor.

Dado que la válvula está ajustada para mantener el vapor a cierto grado de sobrecalentamiento, se abrirá y admitirá líquido solamente si el sobrecalentamiento es mayor que la cantidad a la cual se tiene el ajuste. Por otra parte, si el sobrecalentamiento fuera menor, la válvula se cerraría para restringir el flujo de líquido refrigerante preestablecido.

Cualquier número de evaporadores puede ser conectado a un solo compresor, pero cada uno debe tener su propia válvula de expansión y un tramo de tubería de descarga lo suficientemente largo para acomodar el bulbo sensor de la válvula. La presión de succión del compresor, será determinada enteramente por la carga compuesta de todos los evaporadores, pero solamente se admitirá en cada válvula el líquido suficiente para mantener el sobrecalentamiento preestablecido en cada evaporador.

Ahora bien, con base en la capacidad de enfriamiento de cada difusor seleccionado igual a 10 070 Kcal/Hr, y utilizando el catálogo de HERMETIK para componentes de refrigeración, de la página 19 seleccionamos la válvula termostática de expansión de las siguientes características:

VALVULA TERMOSTATICA DE EXPANSIÓN.

TIPO: CON IGUALADOR INTERNO.

MARCA HERMETIK

MODELO: VT-200.

CAPACIDAD: 10,000 Kcal/Hr.

CANTIDAD: 15

IV.5 SELECCION DEL TERMOSTATO.

Para que el sistema de refrigeración opere satisfactoriamente y en las condiciones deseadas, deben existir ciertos instrumentos que regulen su funcionamiento. El control básico del ciclo es un aparato que para y arranca, y regula y protege el ciclo de refrigeración y sus componentes. Aunque puede tomar casi cualquier forma y ser operado por diferentes fuerzas tales como temperatura o presión, la función de control del ciclo es casi siempre la misma.

Hay dos categorías de controles de ciclo, primario y secundario. Un control primario realmente arranca y para el ciclo, bien sea directa o indirectamente, como lo dicten los requisitos de temperatura o humedad. Los controles secundarios regulan y/o protegen el ciclo cuando son requeridos, bien sea por controles primarios o condiciones dentro del ciclo.

Existen tres tipos de controles primarios. El primero operado por temperatura llamado Termostato; el segundo accionado por la presión llamado Presostato y el tercero que responde a la humedad llamado Humidostato.

En cuartos de almacenamiento donde la humedad es importante; el humidostato se diseña para arrancar el ciclo de refrigeración cuando la humedad sube de un punto predeterminado, y detener el ciclo si las condiciones dentro del cuarto son satisfactorias

Los termostátos responden a las variaciones de temperatura si las condiciones preestablecidas son excedidas, el termostato arranca el ciclo y cuando son satisfactorias lo detiene.

Dentro de nuestro diseño es de vital importancia controlar la temperatura existente dentro de la cámara frigorífica para mantener en buenas condiciones al producto almacenado, por ello debemos seleccionar un termostato adecuado a nuestras necesidades de control del ciclo. También es importante la cantidad de humedad que debe existir dentro de la cámara frigorífica, sin embargo con una buena selección de los equipos puede garantizarse un rango de humedad dentro de los límites especificados o recomendados para conservación del tipo de fruta considerada.

Tomando en cuenta la temperatura a la cual debe mantenerse el interior de la cámara frigorífica que es de 1 °C, del catálogo del grupo Calfer, pág. 22 seleccionamos:

TERMOSTATO DE CUARTO.

TIPO: EQUIPADO CON CAPILAR DE BRONCE

MARCA: RIMSA-SAGINOMIYA

MODELO: ALS-C1050

RANGO: -10 A 50° C

DIFERENCIAL DE TEMP.: 2.5° C

INTERRUPTOR: IP2T

CANTIDAD: 5

IV.6 SELECCIÓN DE LA VALVULA SOLENOIDE

Las válvulas solenoides se utilizan de muchas formas para controlar el flujo de fluido, pero uno de los usos más comunes es colocarla en la línea de refrigerante líquido. Aquí se usa la válvula solenoide para detener el flujo de líquido al evaporador una vez que los requisitos de refrigeración son satisfechos. Cuando requiera esta de nuevo, la válvula solenoide se abre y el líquido fluye al evaporador.

Para controlar el flujo de líquido refrigerante en la línea de refrigerante al evaporador, debemos seleccionar válvulas solenoides para funcionar dentro de nuestro sistema de refrigeración. En este caso, debemos seleccionar una válvula solenoide por cada línea de líquido refrigerante hacia cada difusor:

VALVULA SOLENOIDE.

MARCA: HERMETIK

MODELO: VS-38

CAPACIDAD: 5.7 T.R. MAXIMO

FLUJO DE LIQUIDO: 1.0 m³/Hr

REFRIGERANTE: R-22

CANTIDAD: 15

Hasta aquí, hemos seleccionado los equipos necesarios para el funcionamiento del ciclo, así como los instrumentos que controlarán dicha operación, sin embargo son necesarios otros tipos de equipos, materiales y aparatos para el completo y eficaz funcionamiento del ciclo de refrigeración y cumplir con los objetivos de reducción de temperatura dentro de la cámara frigorífica. Todos los equipos, aparatos o materiales no seleccionados o mencionados en el presente capítulo y que son necesarios para el funcionamiento de el sistema, son especificados en los planos de diseño y han sido seleccionados en base a las necesidades de los equipos principales y de los requisitos de enfriamiento.

Los planos de diseño elaborados para el proyecto de la cámara frigorífica son cinco:

El primero corresponde a la sección arquitectónica, donde pueden observarse las dimensiones de la cámara frigorífica y del almacén necesario para el empaque de los productos. Las dimensiones de la cámara frigorífica fueron determinadas en base a la capacidad de enfriamiento de producto necesaria.

El segundo plano corresponde a la instalación de los equipos de refrigeración; la ubicación de los difusores dentro de la cámara frigorífica, ubicación de las unidades condensadoras en el cuarto de máquinas, detalles de instalación de equipos y trayectorias de tubería de refrigerante.

El plano No. 3 corresponde a los dibujos isométricos de una trayectoria típica de tubería de refrigerante dentro de nuestro sistema y que corresponde a la sección de tubería más larga.

En el plano No. 4 se observa un diagrama de control y fureza típico que corresponde a la forma de controlar el funcionamiento de los equipos que

trabajan conjuntamente con la unidad condensadora UC-O1, así como ella misma.

El plano No. 5 corresponde a la instalación eléctrica que debe llevarse a cabo en el almacén refrigerado, así como el cuarto de máquinas para el alumbrado y suministro de corriente eléctrica a los equipos en funcionamiento.

CAPITULO V

EVALUACION FINAL DE COSTOS

V.1 INTRODUCCIÓN.

Ya teniendo la obra civil que fue construida con las especificaciones mencionadas en los capítulos anteriores y bajo las condiciones del lugar de su instalación procederemos a tomar un valor aproximado de la construcción ya que esta parte le corresponde a un ingeniero civil hacer su valoración, por esto nosotros procedimos a obtener un valor aproximado.

Una vez diseñada la parte técnica de la cámara frigorífica y seleccionado los equipos , procederemos a realizar la evaluación económica del proyecto, tomando en cuenta los factores económicos mas importantes.

Una evaluación económica se determina mediante un análisis de costos , que tomara en cuenta todos los factores que intervienen en el proyecto, el procedimiento para llevarla a cabo sera el Método del Valor Presente.

La importancia de esta evaluación radica en que nos permite estimar el costo del proyecto tomando en cuenta el tiempo de vida del equipo que sea seleccionado para este proyecto.

V.2 METODO DEL VALOR PRESENTE.

Considerando que existen varios métodos para realizar una evaluación económica o un análisis de costos, todos ellos tienen algo en comun, esto es que nos permite conocer el valor del dinero en el tiempo.

Entiéndase al término de valor presente que significa una cantidad de dinero en una fecha inicial el cual es equivalente a una programación particular futura de desembolso y/o ingresos

Los gastos futuros son convertidos a su valor actual, multiplicandolos por el factor apropiado del valor presente. Estos pueden ser la suma de una serie de gastos repetidos que ocurriran en el período de vida del equipo.

En este método tendremos que recurrir a dos ecuaciones que estas nos conducirán a la evaluación de costos finales:

1) Para calcular el valor presente cuando se conocen los gastos futuros o la inversión del proyecto.

Ecuación 5.1.

$$P = F \frac{1}{(1+i)^N}$$

2) Para realizar el cálculo del valor presente cuando se conocen las anualidades.

Ecuación 5.2.

$$P = A \frac{(1+i)^N - 1}{i(1+i)^N}$$

DONDE:

P= Valor presente.

F= Cantidad futura de dinero

A= Anualidades.

i= Tasa de interés (%).

N= Número de períodos.

Los factores involucrados para realizar el análisis mediante este método son:

- 1.- Costo de inversión inicial.
- 2.- Costo de operación.
- 3.- Costo de partes de repuestos.

V.3 COSTO DE INVERSIÓN INICIAL.

Para el costo de inversión inicial se considera los siguientes puntos:

- a) Obra civil.
- b) Suministro de equipos y materiales.
- c) Mano de obra.
- d) Pruebas y puesta en operación de equipos.

En la tabla V.1 se listan los equipos y materiales con sus respectivos costos . A continuación se procedió a enlistar los costos de inversión inicial.

-Obra civil	N\$ 250 000.0
-Equipos y materiales	N\$ 417 939.2
-Prueba y puesta en operación	N\$ 30 000.0
-Mano de obra	N\$ 150 000.0

El costo total de inversión inicial (CI) es la suma de lo anterior:

$$CI=250\ 000 + 417\ 939.2 + 30\ 000 + 150\ 000$$

$$CI= 847\ 939.2$$

V.4 COSTO DE OPERACIÓN

Generalmente esto se calcula como el total en un año de operación del equipo. En este costo de operación nos basaremos en el costo por KW-HR.

Se toma en consideración que los equipos trabajarán 180 días al año, la unidad condensadora (UC) trabajará 16 horas y los difusores (D) trabajarán 8 horas al día. Entonces el costo de operación del sistema se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Coa} = \text{KW} \times \text{TOA} \times \$/\text{KW-HR.}$$

Donde:

Coa: Costo de operación anual

TOA: Tiempo de operación anual (horas)

KW: Potencia en kilo-watts requerida por el equipo.

\$/KW-HR: Costo del kilo-watt por hora.

El tiempo de vida de los equipos esta estimado entre 5 a 10 años dependiendo de las condiciones de operación y del mantenimiento que se de a estos. Para nuestro caso tomaremos un tiempo promedio de 7 años.

Para hacer el cálculo de costo anual de operación nos basaremos en los datos que se ilustran a continuación:

- Potencia UC	15.0 HP // 11.2 KW
- Potencia D	1.0 HP // 0.75 KW
- Costo de KW-HR	0.30 (\$/KW)
-Tiempo de operación UC	2880 Hrs.
-Tiempo de operación D	1440 Hrs.
-Tasa de interés	50.0%
-Tiempo de vida útil	7 años.

Con la ayuda de la fórmula anterior obtendremos los costos de operación.

Costos de Operación de la Unidad Condensadora.

$$COa (UC) = 11.2 \text{ Kw} \times 5600 \text{ Hr} \times 0.30 \text{ \$/Hr} = \text{N\$ } 18\,816.00$$

Pero como son 5 tendremos N\$ 94 080.00

Costo de Operación del Difusor.

$$COa (D) = 0.75 \text{ Kw} \times 5600 \text{ Hr} \times 0.30 \text{ \$/Hr} = \text{N\$ } 1\,260.00$$

Pero como son 15 tenemos N\$ 18 900.00

Costo Total de Operación Anual (CTOa):

$$CTOa = 94\,080.00 + 18\,900.00 = 112\,980.00$$

$$CTOa = \text{N\$ } 112\,980.00$$

V.5 COSTO DE PARTES DE REPUESTO.

Los costos de las partes de repuesto, incluyen las refacciones para dos años de operación continua de las 5 Unidades Condensadoras (UC) y de los 15 Difusores (D).

UNIDAD CONDENSADORA (UC)

DIFUSOR (D)

El costo estimado de las refacciones es el siguiente:

-Refacciones UC.....N\$ 25 000.00

-Refacciones D.....N\$ 10 000.00

Costo de partes de repuesto (CPR)= 25 000.00+10 000.00

CPR= N\$ 35 000.00

V.6 ANALISIS DE COSTOS.

El análisis se iniciará con un cuadro, el cual muestra todos los costos, así como la vida útil de los equipos.

- Costo de inversión inicial.....N\$ 847 939.20
- Costo de operaciónN\$ 112 980.00
- Costo de partes de repuesto.....N\$ 35 000.00
- Vida útil de los equipos.....7 años.

El horizonte económico de evaluación al iniciar el análisis esta representado por el siguiente diagrama en el que las flechas representan los gastos o salidas de dinero.

CI= COSTO DE INVERSIÓN INICIAL

CPR= COSTO DE PARTES DE REPUESTO

CO= COSTO ANUAL DE OPERACIÓN

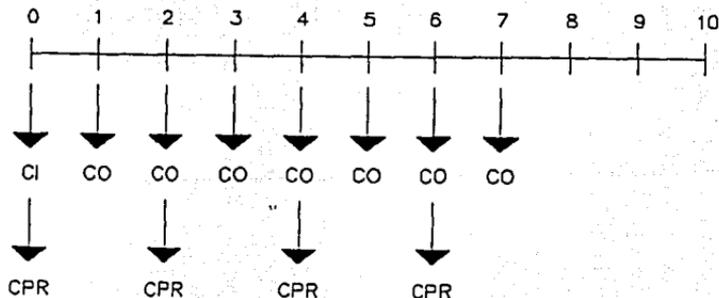


DIAGRAMA No. 1 "HORIZONTE ECONOMICO DE EVALUACIÓN"

El diagrama anterior muestra que el pago del equipo y las partes de repuesto forman parte del costo de inversión inicial y que los costos de operación se presentan a partir del primer año. Además las partes de repuesto deben reponerse cada dos años. A continuación se desglosa los cálculos para encontrar el valor presente del PROYECTO que es lo que se pretende en este capítulo.

El valor presente del proyecto es:

$$PT = P1 + P2 + P3 + P4 + P5$$

DONDE:

PT= VALOR PRESENTE DEL PROYECTO:

P1= COSTO DE INVERSIÓN INICIAL MAS COSTO DE PARTES DE REPUESTO.

P2= VALOR PRESENTE DE COSTO DE PARTES DE REPUESTO EN 2 años.

P3= VALOR PRESENTE DE COSTOS DE PARTES DE REPUESTO EN 4 AÑOS.

P4= VALOR PRESENTE DE COSTO DE PARTES DE REPUESTO EN 6 AÑOS.

P5= VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN.

SUSTITUYENDO VALORES TENEMOS:

$$P1 = CI + CPR$$

$$P1 = 847\,939.20 + 35\,000.00 = \text{N}\$ 882\,939.20$$

$$P1 = \text{N}\$ 882\,939.20$$

Mediante la ecuación 5.1 obtenemos los valores de los costos de las partes de repuesto P2, P3, P4.

$$PN = \frac{CPR}{(1+i)^N}$$

$$P2 = \frac{35\,000.00}{(1+0.5)^2} = \text{N\$ } 15\,555.56$$

$$P2 = \text{N\$ } 15\,555.56$$

$$P3 = \frac{35\,000.00}{(1+0.5)^4} = \text{N\$ } 6\,913.58$$

$$P3 = \text{N\$ } 6\,913.58$$

$$P4 = \frac{35\,000.00}{(1+0.5)^6} = \text{N\$ } 3\,072.70$$

$$P4 = \text{N\$ } 3\,072.70$$

Con la ecuación 5.2 obtendremos el valor presente del costo de operación.

$$P5 = CO \frac{(1+i)^7 - 1}{i(1+i)^7}$$

$$P5 = 112\,980.00 \frac{(1 + 0.5)^7 - 1}{0.5 (1 + 0.5)^7} = \text{N\$ } 212\,735.09$$

$$P5 = \text{N\$ } 212\,735.09$$

Sustituyendo los valores en la ecuación del valor presente del proyecto tenemos.

$$PT = 882\,939.20 + 15\,555.56 + 6\,913.58 + 3\,072.70 + 212\,735.09 =$$

$$PT = \text{N\$ } 1\,121\,216.13$$

Tabla No. V.1 Lista de costos de equipos y materiales

No	Especificación y descripción del contenido	Cent	Unidad	Precio unitario N\$	Importe N\$
01	Unidad condensadora autocontenida marca Frimold o similar, modelo USF-1500-M-3, con compresor semihermético de 15 HP con una capacidad de 128 000 BTU-Hr para una temperatura de evaporación de 25 °F, modelo USF-1500-M-3, dos ventiladores de 1 HP a 1200 RPM, 220 V, 3F, 60 Hz. Incluyendo lo siguiente: calefactor de cárter, separador de aceite, caja de conexiones cableada, deshidratador, indicador de líquido, valvula de paso, control de alta y baja presión de aceite y eliminador de vibraciones en la descarga del compresor.		5 PIEZA	30,576	152,880
02	Difusor para cámara frigorífica con deshielo por aire para aplicación de media temperatura marca Frigothem o similar modelo RUA-037 con capacidad para 10 070 Kcal/Hr a una ΔT de 6 °C con temperatura en el evaporador de -4 °C con un ventilador de 1 HP a 1140 RPM, 220 V, 3F, 60 Hz, con tiro de aire de 15 m.		15 PIEZA	5,581	83,715
03	Valvula termostática de expansión con igualador interna marca Hermetik o similar modelo VT-300 con capacidad para 15 000 Kcal/Hr, para manejo de refrigerante R22.		15 PIEZA	178.2	2,673

04	Válvula selenoide marca Hermetik o similar modelo VS-38 con capacidad para 5.7 ton, manejando refrigerante R22, 220 V, 3F, 60 Hz.	15	PIEZA	400	6,000
05	Termostato de cuarto para refrigeración, marca Johnson controls o similar modelo ALS-L1050 con rango -10 a 50 °C, 120 V, CA, con protector de metal y placa para mantenerse en pared.	5	PIEZA	341.5	1,707.5
08	Termostato limite de bulbo remoto con una longitud capilar de 8 pulg., termopozo Well 114-80-R rango de operación de -34 a 38 °C, 120 V, CA, marca Johnson controls o similar modelo A19ABC-24.	5	PIEZA	217	1,085
07	Tubería de cobre tipo "L" marca Nacobre o similar de 1 3/8 pulg. de diámetro.	530	METRO	13	6,890
08	Tubería de cobre tipo "L" marca Nacobre o similar de 5/8 de pulg. de diámetro.	500	METRO	8	4,000
09	Codo de 90°, de bronce, inserto soldable, marca Nibro o similar de 1 3/8 pulg. de diámetro.	90	PIEZA	6	540
10	Codo de 90°, de bronce, inserto soldable, marca Nibro de 5/8 pulg. de diámetro.	90	PIEZA	4	360
11	Tee de bronce, inserto soldable, marca Nibro o similar de 1 3/8 pulg. de diámetro.	10	PIEZA	7	70
12	Tee de bronce, inserto soldable, marca Nibro o similar de 5/8 pulg. de diámetro.	10	PIEZA	5	50

13	Aislamiento térmico para tuberías de refrigerante, a base de elementos preformados de fibra de vidrio en medias cañas de una y media pulg. de espesor para aplicarse en tuberías de 1 3/8 pulg. de diámetro, con protección de lamina lisa de aluminio calibre 26.	530	METRO	40	21,200
14	Aislamiento térmico para tubería de refrigerante a base de elementos preformados de fibra de vidrio en medias cañas de una y media pulg. de espesor para aplicarse en tubería de 5/8 pulg. de diámetro, con protección de lamina lisa de aluminio calibre 26.	500	METRO	50	25,000
15	Tablero de distribución eléctrica para servicio normal marca Square-D o similar modelo Q0420L125,3F,4H, 220-127 V, zapatas principales.	1	PIEZA	648	648
16	Tablero de distribución eléctrica para servicio de emergencia marca Square-D o similar modelo Q0412L125,3F, 4 H, 220-127 V, zapatas principales.	1	PIEZA	454	454
17	Tablero para sistema de control.	5	PIEZA	3,024	15,120
18	Arrancador magnético marca Square-D o similar modelo SAG-12-B4.65,3F 220 V, Hz.	15	PIEZA	2,573	38,595
19	Arrancador magnético marca Square-D o similar modelo SEG1B-79,3F, 220 V, 60 Hz.	5	PIEZA	2,573	12,865

20	Interruptor de transferencia automática marca Square-D o similar de 3F por 200 A, modelo Q0370.	1	PIEZA	2,445	2,245
21	Caja de conexiones de 4 entradas para tubería conduit de 2 pulgadas.	8	PIEZA	28.4	211.2
22	Tubería conduit de pared gruesa galvanizada.	300	METRO	5	1,500
23	Interruptor termomagnético de 3F, por 200 A, marca Square-D KA38200.	1	PIEZA	2,245	2,445
24	Conductor eléctrico 4-0000 AWG marca Conduxmex o similar.	47	METRO	100	4,700
25	Conductor eléctrico 1-0 AWG marca Conduxmex o similar.	25	METRO	50	1,250
26	Conductor eléctrico calibre 12 AWG marca condumex o similar.	7500	METRO	1.76	1,320
27	Conductor eléctrico calibre 16 AWG marca condumex o similar.	150	METRO	6	900
28	Planta de emergencia de 30 Kw, 3F, 4H, 220-127 V, combustible diesel marca Kohler o similar.	1	PIEZA	120,000	120,000
29	Transformador para control de 220-125 V de 60 Hz a 150 VA, clase 909-70 marca Square-D o similar modelo E0-3.	5	PIEZA	280	1,400
30	Juego de botones paro- arranque 125 V, marca Square-D o similar, clase 90-10, tipo DRWAIH.	5	PIEZA	120	600
31	Fusible para protección de circuito de control de 15 A a 120 V, CA.	5	PIEZA	20	100

32	Interruptor termomagnético en caja moldeada clase 150 tipo FA modelo FAL-36070 de 70 amperes, marca Square-D o similar.	5	PIEZA	1,500	7,500
33	Interruptor termomagnético clase 730 tipo Q0B, modelo Q0b115, un polo 15 A. marca Square-D o similar.	20	PIEZA	50	1,000
34	Interruptor termomagnético en caja moldeada clase 730 tipo Q0B, modelo Q0B130, un polo 30 A. marca Square-D o similar.	5	PIEZA	100	500
35	Un lote de soportería para difusores.	1	LOTE	1,000	1,000
36	Un lote de soportería para tubería de refrigeración.	1	LOTE	500	500
37	Obra civil valuada aproximadamente.	1	OBRA	326,917.5	326,917.5
	COSTO TOTAL APROXIMADO				847,939.2

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Como puede observarse durante el desarrollo de la presente tesis, la instalación de una planta como la propuesta requiere de una alta inversión inicial para lograr los objetivos planteados. Sin embargo, conociendo la región propuesta para la instalación y sabiendo que la naturaleza es benévola con ella en cuanto a producción frutícola se refiere, y si aunado a ello aplicamos un adecuado programa de comercialización, estamos seguros de que la instalación se tornará redituable a mediano-largo plazo.

Lo anterior considerando que actualmente el País vive una época de recesión y crisis económica bastante difícil. Pero si pensamos de manera optimista y creyendo que el País pueda tener una rápida mejoría económica y que se recupere la confianza de los inversionistas tanto nacionales como extranjeros, la instalación puede tornarse redituable a un menor plazo.

Por otra parte, como se mencionó durante el desarrollo del presente trabajo, en la instalación no solo puede comercializarse el producto propuesto para almacenarse en la cámara frigorífica, sino cualquier otro producto que se coseche en la región. Aunque la cámara frigorífica está diseñada para la conservación de manzana, también pueden almacenarse otro tipo de productos, siempre y cuando sea realizado un estudio previo de capacidad de la cámara con cambio de producto y condiciones de almacenamiento, así como realizar las adecuaciones temporales pertinentes en la operación de los equipos.

En otro aspecto, una parte que consideramos sería de mucho beneficio, tanto para la instalación como para los productores, es la elaboración y aplicación de un programa de apoyo para el mejoramiento de la fruta y control de plagas. Con lo que se obtendría mejor calidad, mayor producción,

no erosión del suelo y por consiguiente mayores ingresos económicos, tanto para los productores como para la planta.

Ahora bien, durante el desarrollo del presente trabajo puede observarse que mencionamos los aspectos más importantes que intervienen en el diseño de una cámara frigorífica para conservación de frutas, así como criterios para selección del tipo de cámara y equipos más adecuados para diferentes aplicaciones, lo que de alguna manera puede servir como guía para la construcción de cámaras frigoríficas similares o de base para diseños mayores.

APENDICE A

TABLAS

TABLA. A-1

TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO EN VERANO

(La temperatura de diseño de techo seco y suelo húmedo representa la temperatura elevada a velocidad durante el 1% de las horas en verano)

LUGAR	B. S.		B. H.		Altitud Mts.
	OC	OF	OC	OF	
AGUASCALIENTES	34	93	19	66	1879
Aguas Calientes					
BAJA CALIFORNIA					
Ensenada	34	93	26	79	13
Mexicali	43	109	28	82	1
La Paz	38	97	27	81	18
Tijuana	35	95	26	79	29
CAMPECHE					
Campeche	36	97	26	79	25
Ciudad del Carmen	37	99	26	79	3
COAHUILA					
Matamoros	34	93	21	70	1120
Monclova	38	100	24	75	586
Nueva Rosita	41	108	25	77	430
Piedras Negras	40	104	26	79	220
Saltillo	35	95	22	72	1609
COLIMA					
Colima	36	97	24	75	494
Manzanillo	35	95	27	81	3
CHIAPAS					
Tapachula	34	93	25	77	168
Tuxtla Gutiérrez	35	95	25	77	536
CHIHUAHUA					
Camargo	43	109	23	73	1853
Caas Grandes	43	109	25	77	1478
Chihuahua	35	95	23	73	1423
Ciudad Juárez	37	99	24	75	1137
Parí	32	90	20	68	1652
DISTRITO FEDERAL					
México Tacubaya	32	90	17	63	2309
DURANGO					
Durango	33	91	17	63	1828
Guadalupe Victoria	43	109	21	70	1982
Ciudad Lerdo	38	97	21	70	1140
Santiago Papasquiaro	38	100	21	70	1740
GUANAJUATO					
Celaya	38	100	20	68	1754
Guanajuato	32	90	18	64	2030
Irapuato	35	95	19	66	1724
León	34	93	20	68	1609
Salvatierra	35	95	19	66	1761
Silán	36	97	20	68	1777
GUERRERO					
Acapulco	33	91	27	81	3
Chilpancingo	33	91	23	73	1250
Iguala	39	102	22	72	735
Taxco	34	93	20	68	1755
HIDALGO					
Pachuca	29	84	18	64	2445
Tulancingo	32	90	19	66	2181
JALISCO					
Guadalajara	33	91	20	68	1589
Lagos de Moreno	39	102	20	68	1880
Puerto Vallarta	38	97	26	79	2
MEXICO					
Texcoco	32	90	19	66	2216
Toluca	26	79	17	63	2675
MICHOACAN					
Apatzingán	39	102	25	77	682
Morelia	30	86	19	66	1923
La Piedad	34	93	20	68	1775
Uruapan	34	93	20	68	1611
Zamora	33	93	20	68	1631

LUGAR	B. S.		B. H.		Altitud Mts.
	OC	OF	OC	OF	
Zacapó	32	90	19	66	2000
MORELOS					
Cuautla	42	108	22	72	1291
Cuernavaca	31	88	20	68	1538
NAYARIT					
Acaponeta	37	99	27	81	25
San Blas	33	91	26	79	7
Tepec	38	97	26	79	918
NUEVO LEON					
Linares	38	100	25	77	684
Montemorelos	39	102	25	77	425
Monterrey	38	100	26	79	534
OAXACA					
Oaxaca	35	95	22	72	1563
Salina Cruz	34	93	26	79	56
PUEBLA					
Huachinango	37	99	21	70	1600
Puebla	29	84	17	63	2150
Tehuacán	34	93	20	68	1676
Tezcuilán	39	97	22	72	1990
QUERÉTARO					
Querétaro	33	91	21	70	1642
QUINTANA ROO					
Coximel	33	91	27	81	3
Payo Obispo	34	93	27	81	4
SAN LUIS POTOSÍ					
Matehuala	36	97	22	72	1597
San Luis Potosí	31	93	18	64	1877
SINALOA					
Culiacán	37	99	27	81	53
Escuinapa	33	91	26	79	14
Mazatlán	31	88	26	79	78
Topolobampo	37	99	27	81	3
SONORA					
Ciudad Obregón	43	109	28	82	40
Empalme	43	109	28	82	2
Guaymas	42	108	28	82	4
Hermosillo	41	106	28	82	211
Navojoa	41	106	28	82	38
Nogales	37	99	26	79	1177
S. Luis Río Colorado	51	124	30	86	40
TABASCO					
Villahermosa	37	99	26	79	10
TAMAULIPAS					
Matamoros	36	97	26	79	12
Nuevo Laredo	41	106	25	77	140
Tampico	36	97	28	82	18
Ciudad Victoria	38	100	26	79	321
TLAQUEALA					
Tlaxcala	28	82	17	63	2252
VERACRUZ					
Alvarado	35	95	26	79	9
Córdoba	36	97	23	73	871
Jalapa	32	90	21	70	1399
Orizaba	34	93	21	70	1248
Tuxpan	37	99	27	81	14
Veracruz	33	91	27	81	16
YUCATAN					
Mérida	37	99	27	81	22
Progreso	36	97	27	81	14
ZACATECAS					
Fresnillo	36	97	19	66	2250
Zacatecas	28	82	17	63	2612

FALLA DE OPIBEN

TABLA A-2 Conductividad térmica de materiales usados en paredes de almacenes fríos

Material	Descripción	Conductividad Térmica (k)*	Conductancia térmica (C)*
Mampostería	Ladrillo, común	5.0	
	Ladrillo, de fachada	9.0	
	Concreto mortero o mezcla	5.0	
	Concreto, agregado de arena	12.0	
	Bloque de concreto		
	Agregado de arena 4 plg		1.40
	Agregado de arena 8 plg		0.90
	Agregado de arena 12 plg		0.78
	Agregado de escoria 4 plg		0.90
	Agregado de escoria 8 plg		0.58
	Agregado de escoria 12 plg		0.53
	Yeso de estucar 1/2 plg		3.12
	Barro bloque hueco 4 plg		0.90
Barro bloque hueco 6 plg		0.66	
Barro bloque hueco 8 plg		0.54	
Maderas	Arce, roble, maderas duras similares		1.10
	Abeto, pino, maderas suaves similares		0.80
	Madera contrachapada 1/2 plg		1.60
	Madera contrachapada 3/4 plg		1.07
Techado	Techado con rollo de asfalto	6.50	0.15
	Techado armado 3/8 plg	3.00	0.33
Materiales de aislamiento	Bloque o rollos de fibra, mineral o de vidrio	0.27	
	Tabla o placa		
	Vidrio celular	0.40	
	Placa de corcho	0.30	
	Fibra de vidrio	0.25	
	Poliuretano expandido	0.20	
	Poliuretano expandido	0.17	
	Relleno		
	Papel prensado o pulpa de madera	0.27	
	Aserrín o virutas	0.45	
	Lana mineral (roca, vidrio, escoria)	0.27	
	Cortaza de pino	0.28	
	Fibra de madera (madera suave)	0.30	
Conductancia en la superficie (coeficiente de convección)	Aire tranquilo		1.85
	Aire en movimiento (7.5 mph)		4.00
	Aire en movimiento (15 mph)		6.00
Vidrio	Una hoja		1.13
	Dos hojas		0.46
	Tres hojas		0.29
	Cuatro hojas		0.21

De ASHRAE Data Book, Fundamentals Volume, Edición 1972 con permiso de the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

TABLA A-3 Coeficientes típicos de transmisión de calor

MATERIAL	DENSIDAD lb/pie ³	TEMP.		CONDUCC. TIBILIDAD A'	CONDUCC. TANCIA C'	RESISTENCIA	
		MEDIA °F	RANG.			PAR PLG.	TOTAL
<i>Materiales aislantes</i>							
Manta de lana mineral	0.5	75	0.32				1.12
Manta de fibra de vidrio	0.5	75	0.32				1.12
Lámina de corcho	6.5- 9.0	0	0.25				4.0
Lámina de fibra de vidrio	9.5- 11.0	-16	0.21				4.75
Ureano expandido, R11		0	0.17				5.88
Poliestireno expandido	1.0	0	0.24				4.17
Lámina de lana mineral	15.0	0	0.25				4.0
Aislamiento para techo, 3 pulg Lana mineral, empacada floja	2.0- 5.0	0	0.23		0.18		4.35
Perlite, expandida	5.0- 8.0	0	0.32				3.12
<i>Materiales de mampostería</i>							
Concreto, arena y grava	140		12.0				0.08
Ladrillo común	120	75	5.0				0.20
Ladrillo a la vista	130	75	9.0				0.11
Bloque hueco, dos cavida, 6 pulg		75			0.66		1.52
Bloque de concreto, arena y grava, 8 pulg		75			0.90		1.11
Bloque de concreto de cenizas, 8 pulg		75			0.58		1.72
Estuco	105	75	5.6			0.18	

Incremento para el efecto del Sol.
TABLA A-4

Tipo de estructura	Pared este	Pared sur	Pared oeste	Techo plano
<i>Superficies con color oscuro</i>				
Pizarra, alquitran, adalfo pintura negra	4	5	5	20
<i>Superficies con color medio</i>				
Ladrillo bloque rojo, madera sin pintar, cemento oscuro	6	4	6	15
<i>Superficies con colores claros</i>				
Piedra Piedra blanca, cemento con color claro, pintura blanca	4	2	4	4

TABLA A-6 Datos de diseño para almacenaje de carne

CARNES	TIPO DE ALMACENAJE	CONDICIONES DE ALMACENAJE				Permisos	DATOS DE ALMACENAJE				CARGO ESTIMADO				Carga total (kg)	Carga total (lb)
		Temperatura (°C)	Humedad (%)	Ventilación (m³/h)	Luz (lux)		Carga (kg)	Carga (lb)	Carga (kg)	Carga (lb)	Carga (kg)	Carga (lb)	Carga (kg)	Carga (lb)		
Carne de resaca	Carne	15	80-90	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	3130
	Carne	20	70-80	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	25	60-70	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
Carne de resaca	Carne	15	80-90	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	20	70-80	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	25	60-70	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
Carne de resaca	Carne	15	80-90	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	20	70-80	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	25	60-70	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
Carne de resaca	Carne	15	80-90	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	20	70-80	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	25	60-70	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
Carne de resaca	Carne	15	80-90	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	20	70-80	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	
	Carne	25	60-70	15	15-30	11.7	2.5	5.6	12.3	27	60	133	293	650	1430	

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

TABLA A-7 Datos de diseño para almacenaje de vegetales

VICI- ALIS	TIPO DE ALMACEN ALIMENTO	CONDICIONES DE DISEÑO					Tem- peratura de almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad de circulación del aire (m/s)	Caudal de aire (m³/h)	Consumo de energía (kWh/m³)	Consumo de agua (litros/m³)	Consumo de gasolina (litros/m³)	Consumo de gas natural (litros/m³)	Consumo de gas (litros/m³)	Consumo de gas (litros/m³)	
		Temperatura		Humedad		Velocidad											
		Inicio	Fin	Inicio	Fin												
Espinaca	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Mazorca	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.11	0.47	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.11	0.47	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.11	0.47	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Frijol	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Zanahoria	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Cebolla	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Zanahoria con hoja	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.11	0.49	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Cajón	Caja	40	40-45	70	95-100	12.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	32	32-36	70	95-100	22.7			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	32	32-36	70	95-100	33.3			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Ajo	Caja	30	30-35	70	95-100	16.0			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	22	22-24	70	95-100	33.3			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	22	22-24	70	95-100	50.0			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Maíz	Caja	30	30-35	70	95-100	16.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	22	22-24	70	95-100	33.3			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	22	22-24	70	95-100	50.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Papa	Caja	30	30-35	70	95-100	16.0			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	22	22-24	70	95-100	33.3			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	22	22-24	70	95-100	50.0			1.0	0.11	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
Espinaca con hoja	Caja	30	30-35	70	95-100	16.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Larga	22	22-24	70	95-100	33.3			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150
	Franja	22	22-24	70	95-100	50.0			1.0	0.10	0.46	1.00	50.0	29.0	70	150	150

TABLA A-7 (Continuación)

CATEGORÍA	TIPO DE CARGA	CARGA DE TRABAJO										CARGA DE TRABAJO				CARGA DE TRABAJO				CARGA DE TRABAJO
		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO		CARGA DE TRABAJO				
		TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR	TIPO	VALOR			
CARGA DE TRABAJO	Carga	25	25.00	40	40.00	25.0	25.00	2.0	2.00	0.00	0.00	1.00	1.00	2.0	2.00	2.0	2.00			
	Carga	25	25.00	40	40.00	25.0	25.00	2.0	2.00	0.00	0.00	1.00	1.00	2.0	2.00	2.0	2.00			
	Carga	25	25.00	40	40.00	25.0	25.00	2.0	2.00	0.00	0.00	1.00	1.00	2.0	2.00	2.0	2.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	45	45.00	60	60.00	45.0	45.00	3.0	3.00	0.00	0.00	1.50	1.50	3.0	3.00	3.0	3.00			
	Carga	45	45.00	60	60.00	45.0	45.00	3.0	3.00	0.00	0.00	1.50	1.50	3.0	3.00	3.0	3.00			
	Carga	45	45.00	60	60.00	45.0	45.00	3.0	3.00	0.00	0.00	1.50	1.50	3.0	3.00	3.0	3.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	35	35.00	50	50.00	35.0	35.00	2.5	2.50	0.00	0.00	1.25	1.25	2.5	2.50	2.5	2.50			
	Carga	35	35.00	50	50.00	35.0	35.00	2.5	2.50	0.00	0.00	1.25	1.25	2.5	2.50	2.5	2.50			
	Carga	35	35.00	50	50.00	35.0	35.00	2.5	2.50	0.00	0.00	1.25	1.25	2.5	2.50	2.5	2.50			
CARGA DE TRABAJO	Carga	55	55.00	70	70.00	55.0	55.00	4.0	4.00	0.00	0.00	2.00	2.00	4.0	4.00	4.0	4.00			
	Carga	55	55.00	70	70.00	55.0	55.00	4.0	4.00	0.00	0.00	2.00	2.00	4.0	4.00	4.0	4.00			
	Carga	55	55.00	70	70.00	55.0	55.00	4.0	4.00	0.00	0.00	2.00	2.00	4.0	4.00	4.0	4.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	65	65.00	80	80.00	65.0	65.00	5.0	5.00	0.00	0.00	2.50	2.50	5.0	5.00	5.0	5.00			
	Carga	65	65.00	80	80.00	65.0	65.00	5.0	5.00	0.00	0.00	2.50	2.50	5.0	5.00	5.0	5.00			
	Carga	65	65.00	80	80.00	65.0	65.00	5.0	5.00	0.00	0.00	2.50	2.50	5.0	5.00	5.0	5.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	75	75.00	90	90.00	75.0	75.00	6.0	6.00	0.00	0.00	3.00	3.00	6.0	6.00	6.0	6.00			
	Carga	75	75.00	90	90.00	75.0	75.00	6.0	6.00	0.00	0.00	3.00	3.00	6.0	6.00	6.0	6.00			
	Carga	75	75.00	90	90.00	75.0	75.00	6.0	6.00	0.00	0.00	3.00	3.00	6.0	6.00	6.0	6.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	85	85.00	100	100.00	85.0	85.00	7.0	7.00	0.00	0.00	3.50	3.50	7.0	7.00	7.0	7.00			
	Carga	85	85.00	100	100.00	85.0	85.00	7.0	7.00	0.00	0.00	3.50	3.50	7.0	7.00	7.0	7.00			
	Carga	85	85.00	100	100.00	85.0	85.00	7.0	7.00	0.00	0.00	3.50	3.50	7.0	7.00	7.0	7.00			
CARGA DE TRABAJO	Carga	95	95.00	110	110.00	95.0	95.00	8.0	8.00	0.00	0.00	4.00	4.00	8.0	8.00	8.0	8.00			
	Carga	95	95.00	110	110.00	95.0	95.00	8.0	8.00	0.00	0.00	4.00	4.00	8.0	8.00	8.0	8.00			
	Carga	95	95.00	110	110.00	95.0	95.00	8.0	8.00	0.00	0.00	4.00	4.00	8.0	8.00	8.0	8.00			

De Carrier Design Data. Reproducida con permiso de Carrier Corporation.

TABLA A-8 Calor de reacción de frutas y vegetales

FRUTAS			VEGETALES		
Artículo	Temperatura Grados F	Btu por libra por lb	Artículo	Temperatura Grados F	Btu por libra por lb
Manzanas	32	.016	Esparagos	32	.055
	40	.010	40	.176	
	60	.130	Frutas, Hadas	32	.170
Damecos	32	.013	40	.020	
	40	.018	60	.130	
	60	.170	60	.470	
Patatas Cajones Mazandosa Enfrandosa	34	.048	Brécol	32	.058
	40	.100	40	.055	
	70-84	1000	60	.190	
Avoñon	34	.115	Chilones	32	.059
	60	.145	40	.095	
			60	.280	
Cerezas	32	.022	Cardato	32	.059
	40	.030	40	.095	
	60	.130	60	.280	
Arándanos	32	.014	Carrot	32	.059
	40	.018	40	.095	
	60	.074	60	.280	
Dátiles, Frescos	32	.014	Zapachos	32	.045
	40	.019	40	.071	
	60	.074	60	.170	
Frijoles	32	.024	Apo	32	.054
	40	.029	40	.095	
	60	.104	60	.280	
Jotes	32	.0075	Maíz dulce	32	.035
	40	.014	40	.110	
	60	.050	60	.328	
Limones	32	.013	60	.391	
	40	.015	60	.135	
	60	.042	60	.200	
Limoncillo	32	.012	Eschaga	32	.140
	40	.017	40	.187	
	60	.042	60	.290	
Naranas	32	.017	Lechuga	32	.018
	40	.029	40	.041	
	60	.104	60	.175	
Quercos	32	.023	Maíz	32	.130
	40	.034	40	.170	
	60	.170	60	.325	
Papas	32	.014	Pimientos	32	.047
	40	.030	40	.180	
	60	.130	60	.480	
Cruetas	32	.032	Porotos	32	.014
	40	.050	40	.030	
	60	.150	60	.060	
Vendados	32	.016	Eschaga	32	.140
	40	.020	40	.187	
	60	.070	60	.290	
Fresas	32	.048	Tomates	40	.070
	40	.120	60	.130	
	60	.380	60	.227	
			Maíz	32	.040
			60	.280	

De Carrier Design Data. Reproducido con permiso de Carrier Corporation.

TABLA A-9 CORRECCION DE TEMPERATURA POR EL EFECTO SOLAR

(Grados Fahrenheit que han de añadirse a la diferencia de temperatura normal en los cálculos de transmisión de calor para compensar el efecto solar.

Esta tabla no es aplicable para diseños de acondicionamiento de aire)

Tipo de Superficie	Pared Este	Pared Sur	Pared Oeste	Techo Plano
Superficies de color oscuro tales como: Techo de arcilla negra Techo de chapopote Pintura negra	8	5	8	20
Superficies de color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Losa roja Cemento oscuro Pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficies de color claro tales como: Piedra blanca Cemento de color claro Pintura blanca	4	2	4	9

(Tomado del Manual de Fundamentos ASHRAE, 1967, y copiado con autorización)

TABLA A-10

tu por pie cúbico de aire eliminado en enfriamiento para condiciones de almacenaje
de 30

Temp. cuarto almacén °F	Temperatura aire de entrada °F									
	85			90			95		100	
	Humedad Relativa aire Int. %									
	50	60	70	50	60	70	50	60	50	60
65	0.65	0.85	1.12	0.93	1.17	1.44	1.34	1.54	1.58	1.95
60	0.85	1.03	1.26	1.13	1.37	1.64	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.57	1.41	1.66	1.93	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.78	1.62	1.87	2.15	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.97	1.80	2.06	2.34	2.12	2.42	2.47	2.85
40	1.69	1.92	2.16	2.00	2.26	2.54	2.31	2.62	2.67	3.06
35	1.86	2.09	2.34	2.17	2.43	2.72	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.49	2.26	2.53	2.82	2.64	2.94	2.95	3.35

Reimpreso de *Refrigeration Engineering Data Book* por cortesía de American Society of Refrigerating Engineers.

TABLA A-11

tu por pie cúbico eliminado en enfriamiento para condiciones de almacenaje abajo
de 30.

Temp. cuarto almacén °F	Temperatura aire de entrada °F									
	40		50		80		90		100	
	Humedad Relativa aire de entrada, %									
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
30	0.24	0.29	0.38	0.66	1.69	1.87	2.26	2.53	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	1.86	2.05	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.04	2.22	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.20	2.39	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.38	2.52	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	2.51	2.71	3.12	3.40	3.84	4.27
0	1.12	1.17	1.48	1.56	2.68	2.86	3.28	3.56	4.01	4.43
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	2.79	2.98	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	2.93	3.13	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.93	3.05	3.25	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.24	3.44	3.88	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	3.38	3.56	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.90	1.95	2.29	2.38	3.55	3.76	4.21	4.51	5.00	5.44

Reimpreso de *Refrigeration Engineering Data Book* por cortesía de American Society of Refrigerating Engineers.

TABLA A-12 Cambios de aire promedio por 24 horas para cuartos de almacenaje arriba de 32°F debido a abertura de puertas e infiltración

(No se aplica a cuartos que tienen ductos de ventilación o rejillas)

Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr
150	38.0	1 000	17.5	6 000	6.5	30 000	2.7
300	34.5	1 500	14.0	8 000	5.5	40 000	2.3
400	29.5	2 000	12.0	10 000	4.9	50 000	2.0
500	26.0	3 000	9.5	15 000	3.9	75 000	1.6
600	23.0	4 000	8.2	20 000	3.5	100 000	1.4
800	20.0	5 000	7.2	25 000	3.0		

Nota: Para cuartos de almacén con antesala, se reducen los cambios de aire a 50% de los valores dados en la tabla.

Para uso de servicio pesado, agregar 50% a los valores dados en la tabla.

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949 con permiso de The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

TABLA A-13 Cambios de aire promedio por 24 horas para cuartos de almacenaje abajo de 32°F debido a abertura de puertas e infiltración

(No se aplica a cuartos que tienen ductos de ventilación o rejillas)

Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr
250	29.0	1 000	13.5	5 000	5.6	25 000	2.3
300	26.2	1 500	11.0	6 000	5.0	30 000	2.1
400	22.5	2 000	9.3	8 000	4.3	40 000	1.8
500	20.0	2 500	8.1	10 000	3.8	50 000	1.6
600	18.0	3 000	7.4	15 000	3.0	75 000	1.3
800	15.3	4 000	6.3	20 000	2.6	100 000	1.1

Nota: (1) Para cuartos de almacén con antesala, se reducen los cambios de aire a 50% de los valores dados en la tabla.

Para uso de servicio pesado, agregar 50% a los valores dados en la tabla.

(2) Para cuartos en plantas que tienen gavetas, doblar los valores dados en la tabla.

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1949 con permiso de The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

TABLA A-14 Calor equivalente de motores eléctricos

Motor hp	°Btu/hp-h		
	Carga conectada en Espacio ¹ Ref.	Pérdidas exteriores por motor Espacio ¹ Ref.	Carga conectada exterior Espacio ² Ref.
1/2 a 1	4 250	2 545	1 700
1/2 a 3	3 700	2 545	1 150
3 a 20	2 950	2 545	400

¹ Para utilizarse cuando tanto la salida útil y pérdidas del motor son disipadas dentro del espacio refrigerado; motores impulsando ventiladores para unidad de enfriadores con circulación forzada.

² Para usarse cuando las pérdidas del motor son disipadas fuera del espacio refrigerado y el trabajo útil del motor es aprovechado dentro del espacio refrigerado; sistema de bomba para circulación de salmuera o de agua fría, motor instalado fuera del espacio refrigerado impulsando a ventilador para circulación de aire dentro del espacio refrigerado.

³ Para usarse cuando las pérdidas de calor son disipadas dentro del espacio refrigerado y el trabajo útil se tiene fuera del espacio refrigerado; motor dentro del espacio refrigerado impulsado a una bomba o ventilador instalada fuera del espacio refrigerado.

TABLA A-15 Equivalentes de calor por personas dentro del espacio refrigerado

Temperatura enfriador F	Calor equivalente/Persona Btu/hr
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

De *ASRE Data Book*, Volume, edición, 1949, con permiso de The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

TABLA A-16 Condiciones o regímenes de conservación

		CONSERVACION A TEMPERATURA							Almacén controlado +A, C-	Observaciones
		Constante			Decrecente (2)		Intermitente -Dual tem- peratura-			
Características de la fruta y preferencias sobre su conservación		De -1 a +0.5	De 0 a +1	De 1 a 2	De 2.5 a 3	De 4 a 5 a 0 a +1	De 0 a 2+3 De 0 a 2+3 De 0 a 2+3	De 3 a 5 % CO ₂ De 2 a 5 % O ₂		
MANZANAS -Cortina y similares										
Maduración óptima	Larga conservación		X						X (1 a 2°C)	—Excepto en A.C., son de esperar problemas de "scald" en variedades rojas poco coloradas. Mejor tratar contra "scald", y subir la temperatura y/o aceptar el período de conservación.
	Conservación media			X			X			
	Conservación corta				X	X				
Demasado verdes	Larga conservación	X (2 ¹)	X (2 ¹)			X (1 ¹)				—Para evitar un exceso de marchitamiento, conviene trabajar con una HR alta. Muy conveniente tratar contra "scald" (1)
	Conservación media		X (2 ¹)	X (2 ¹)	X (2 ¹)	X (1 ¹)				
	Conservación corta				X	X				
Demasado maduras	Larga conservación		X							—Muy difícil de conseguir. Con este estado de madurez solo debiera intentarse una larga conservación con A.C. Controlada
	Conservación media	X								
	Conservación corta		X	X						
MANZANAS -Golden y similares										
Maduración óptima	Larga conservación		X						X (1 a 2°C)	
	Conservación media			X						
	Conservación corta				X (2 ¹)	X (1 ¹)				
Demasado verdes	Larga conservación		X (2 ¹)			X o X (1 ¹)			X (2 a 3°C)	—Muy propensas a fuerte marchitamiento, por lo que debe trabajarse con HR tan alta como sea posible. En A.C. se evitara, en buena parte, esta alteración, aunque no se mejora al estado de madurez
	Conservación media			X (2 ¹)	X (2 ¹)	X (1 ¹)				
	Conservación corta				X (2 ¹)	X (1 ¹)				
Demasado maduras	Larga conservación					X				—Imposible. Excesiva maduración. Bastante marchitamiento. Sensibilidad alta al glosporium y al "soft scald". Tratar con HR alta
	Conservación media					X o X (1 ¹)				
	Conservación corta		X (1 ¹ o 2 ¹)							
Manzanas -Granny Smith										
Variedades russet	Larga conservación		X						X (2 a 3°C)	—En todo lo de tiempo es muy parecido a "Golden". Presencia, a diferencia de ella, una considerable sensibilidad al "scald" y una menor sensibilidad al marchitamiento
	Conservación media			X						
	Conservación corta				X (2 ¹)	X (1 ¹)				

(1) Conservar a la temperatura más alta posible y/o reducir el período de conservación por problema serio de "scald" cuando hay poco calor. Por razones similares la A.C. sólo se refiere para las largas conservaciones.

(2) En todo el desarrollo de conservación de esta fruta en cuanto al estado de madurez y no almacenadas para estas cosas. (Referencia de Conservación).

(3) El modo de tiempo, dentro de lo que se puede hacer, debe ser el más alto posible en el momento de la fruta más alta o la más baja de ella. Se debe considerar todo el factor conservado en la mejor de las condiciones óptimas y a la temperatura más baja o más alta posible. Esto es válido para todos los aspectos y de forma similar para los otros.

FALLA DE ORIGEN

CULTIVO : PERA
CICLO : CULTIVOS PERENNES 1991

TABLA A-19

ESTADO	PRODUCCION (Ton.)			PRECIO MEDIO RURAL (\$/Ton.)			VALOR DE LA PRODUCCION CANTOS DE PESOS		
	BIENO	TEMPORAL	TOTAL	BIENO	TEMPORAL	TOTAL	BIENO	TEMPORAL	TOTAL
BAJA CALIFORNIA	25	0	25	800,000	0	800,000	20,000	0	20,000
COAHUILA	84	0	84	1,337,000	0	1,337,000	113,988	0	113,988
CHIAPAS	0	20	20	0	920,000	920,000	0	18,400	18,400
CHIHUAHUA	2,576	0	2,576	1,984,000	0	1,984,000	5,121,064	0	5,121,064
DISTRITO FEDERAL	0	137	137	0	2,000,000	2,000,000	0	274,000	274,000
DURANGO	266	0	266	1,043,000	0	1,043,000	277,970	0	277,970
GUANAJUATO	112	0	112	700,000	0	700,000	76,400	0	76,400
HIDALGO	24	86	110	2,621,479	1,627,927	1,993,552	76,000	140,000	216,000
JALISCO	16	16	32	1,300,000	1,300,000	1,300,000	24,000	34,000	58,000
MEXICO	228	629	857	1,073,814	1,221,781	1,109,024	344,820	709,600	950,420
MICHOACAN	105	21,220	21,325	800,000	800,000	800,000	84,300	18,098,000	19,192,300
MORELOS	0	2,096	2,096	0	1,000,000	1,000,000	0	2,096,000	2,096,000
NUEVO LEON	482	120	602	325,770	646,492	549,614	231,421	77,379	331,000
OAXACA	0	40	40	0	800,000	800,000	0	34,000	34,000
PUEBLA	6,434	7,644	14,062	499,706	345,947	343,179	1,152,727	5,090,499	6,343,226
QUESETARO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SONORA	0	80	80	0	2,041,263	2,041,263	0	122,477	122,477
TAMAULIPAS	122	14	144	1,000,000	1,000,000	1,000,000	132,000	16,000	148,000
VERACRUZ	0	1,273	1,273	0	348,427	348,427	0	999,999	999,999
ZACATECAS	80	0	80	2,232,500	1,000,000	2,766,250	220,200	18,000	238,200
TOTAL NACIONAL	10,372	33,343	43,977	728,124	621,213	866,754	6,112,124	28,404,054	38,216,172

Fuente : Dirección General de Estadística, S.A.R.H.

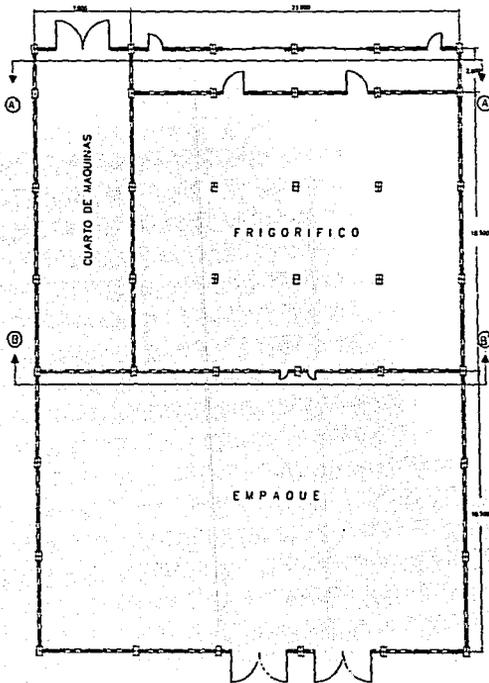
FALLA DE ORIGEN

MAPA M-1

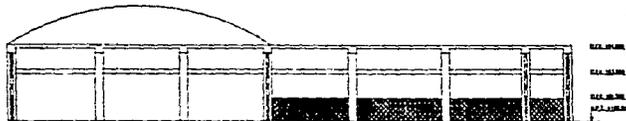


APENDICE B

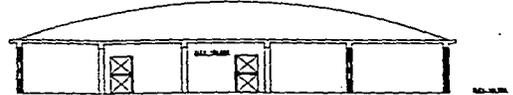
PLANOS DE DISEÑO



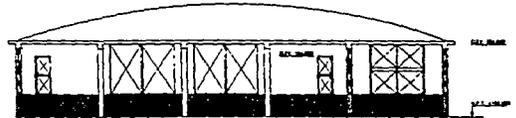
PLANTA



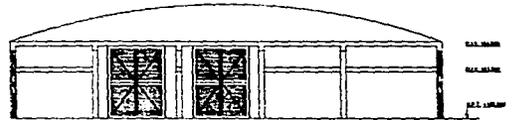
FACHADA SUR



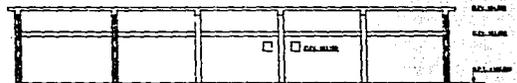
CORTE A - A'
PUERTAS FRIGORIFICOS



FACHADA ORIENTE



FACHADA PONIENTE



CORTE B - B'
ENLACE FRIGORIFICO-EMPAQUE

DATOS DEL PROYECTO

LUGAR DE INSTALACION: TETZUTLAN, PUEBLA
 PRODUCTO A CONSERVAR: MANZANA
 CAPACIDAD DEL FRIGORIFICO: 200 TONELADAS
 DIMENSIONES DEL FRIGORIFICO: 16.5 x 23.0 x 3.3 m.
 ALTURA SOBRE NIVEL DEL MAR: 1,190 m.

NOTAS

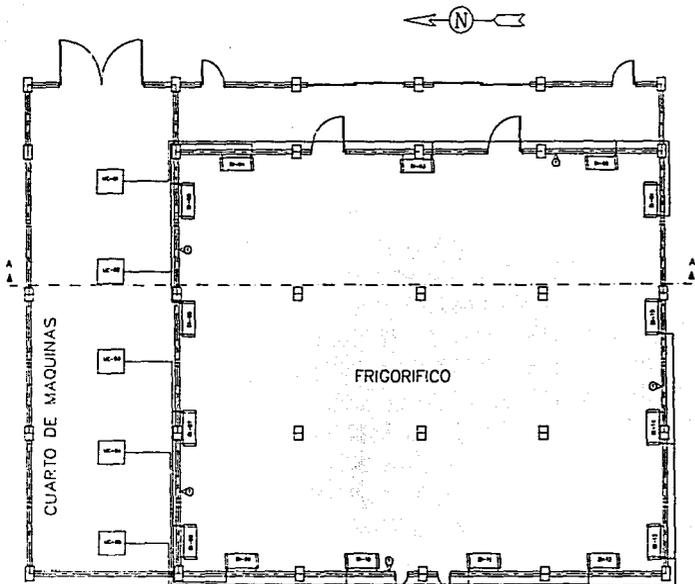
LA SECCION SOMBRREADA CORRESPONDE A LA RAMPA DE CARGA Y DESCARGA.
 LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCION A UTILIZAR SE OBSERVAN EN EL CAPITULO II.

TESIS: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA CONSERVACION DE MANZANAS EN LA CIUDAD DE TETZUTLAN, PUEBLA

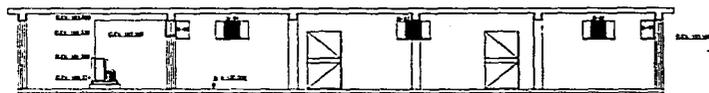
PLANO ARQUITECTONICO

AUTORES: ING. JOSE LUIS GONZALEZ GARCIA ASesor: ARQUITECTO SOLIS TALLER
 TETZUTLAN, PUEBLA, MEXICO 1982

FALLA DE ORIGEN



PLANTA



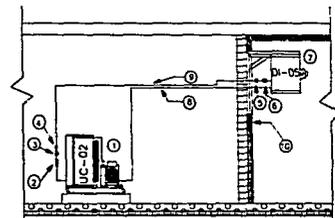
CORTE A - A'

NOTAS

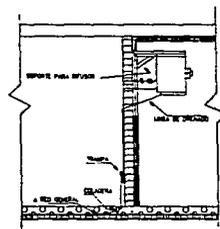
- DETALLES Y TUBERIA SE ENCUENTRAN SIN ESCALA.
- LA CAMARA CUENTA CON CINCO SISTEMAS DE REFRIGERACION.
- CADA SISTEMA CUENTA CON 3 DIFUSORES RUA-037.
- CADA DIFUSOR DEBE CONTAR CON UNA VALVULA VT-300 R-22.

NOMENCLATURA

- UC UNIDAD CONDENSADORA AUTOCENTENIDA
- DI DIFUSOR
- T TERMOSTATO



DETALLE DE EQUIPO Y ACCESORIOS



DETALLE DE DESAGUE DE DIFUSORES

CONCEPTOS

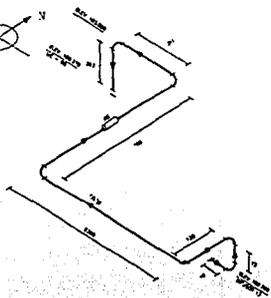
- (1) UNIDAD CONDENSADORA AUTOCENTENIDA
- (2) FILTRO DESHIDRATADOR
- (3) VALVULA DE PASO
- (4) INDICADOR DE LIQUIDO
- (5) VALVULA SOLENOIDE
- (6) VALVULA TERMOSTATICA DE EXPANSION
- (7) DIFUSOR
- (8) TUBERIA PARA GAS
- (9) TUBERIA PARA LIQUIDO
- (10) AISLAMIENTO

TESIS ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA CONSERVACION DE MANZANAS EN LA CIUDAD DE TETUAN DE VUENGA

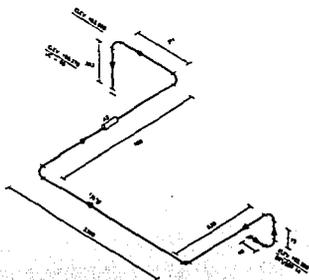
PLANO DE INSTALACION DE EQUIPO

AUTOPROYECTO DEL INGENIERO CARLOS ALBERTO GARCIA GONZALEZ ASESOR: INGENIEROS SOLIS TRUJILLO
 ESCUELA DE INGENIERIA EN REFRIGERACION Y CLIMATIZACION TETUAN DE VUENGA, CANTON TETUAN DE VUENGA, PROV. TETUAN DE VUENGA

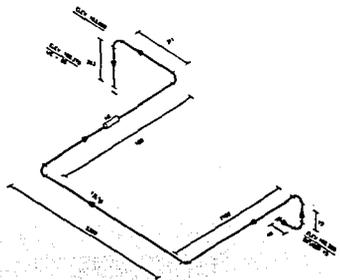
FALLA DE ORIGEN



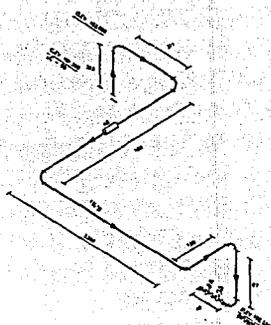
LINEA DE GAS REFRIGERANTE DE DI-13 A UC-05



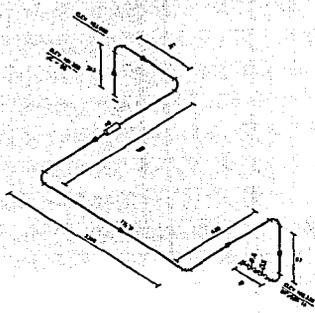
LINEA DE GAS REFRIGERANTE DE DI-14 A UC-05



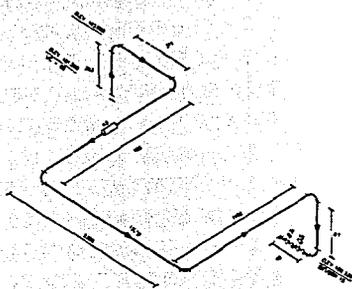
LINEA DE GAS REFRIGERANTE DE DI-15 A UC-05



LINEA DE LIQUIDO REFRIGERANTE DE UC-05 A DI-13



LINEA DE LIQUIDO REFRIGERANTE DE UC-05 A DI-14



LINEA DE LIQUIDO REFRIGERANTE DE UC-05 A DI-15

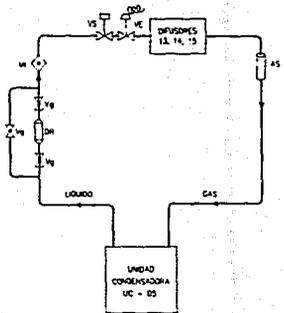


DIAGRAMA DE FLUJO

REQUISITOS ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA MATERIALES

1	El material de construcción de las tuberías debe ser de acero inoxidable.
2	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
3	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
4	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
5	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
6	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
7	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
8	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
9	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.
10	El material de construcción de los accesorios debe ser de acero inoxidable.

NOMENCLATURA

- AS AISLAMIENTO
- DR DESHIDRATADOR DE REFRIGERANTE
- M MANGUERA
- UC UNIDAD CONDENSADORA AUTOCOMPLETA
- VE VALVULA TERMOSTATICA DE EXPANSION
- VS VALVULA SOLENOIDE

NOTAS

- 1) DESHIDRATADOR DE REFRIGERANTE Y MANGUERA INCLUIDAS EN LA UNIDAD CONDENSADORA
- 2) LAS TUBERIAS PARA LIQUIDO Y GAS REFRIGERANTE SERAN DE COBRE TIPO T2
- 3) EN LA TUBERIA DE REFRIGERANTE SE USARAN CONEXIONES TIPO MOTO SOLDABLE

TESIS: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA CONSERVACION DE MANTANAS EN LA CIUDAD DE TETULCAN, PUEBLA

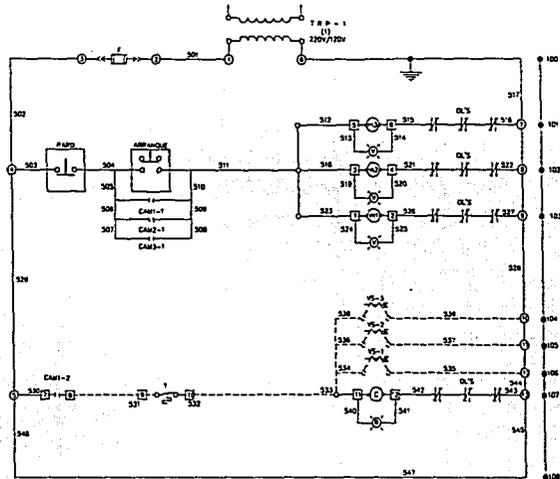
ISOMETRICOS DE TUBERIA

ESQUEMAS TÍPICOS

ELABORADO POR: [Nombre] REVISADO POR: [Nombre] ASESOR ARGUMENTAL: [Nombre]

FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA DE CONTROL ELECTRICO



SECUENCIA DE OPERACION

- ① CON EL BOTON DE ARRANQUE SE ENERGIZAN LAS BOBIINAS m1, m2 Y m3 DE LOS DIFUSORES D-01, D-02 Y D-03, CERRANDOSE LOS CONTACTOS AUXILIARES CA1-1, CA1-2 Y CA2-1.
- ② SI EL TERMOSTATO DETECTA UN AUMENTO DE TEMPERATURA EN LA CAMARA FRIGORIFICA, T CIERRA Y ENERGIZA A LA BOBINA DE LA UNIDAD CONDENSADORA, ASI COMO LAS VALVULAS SOLENOIDE. EL SISTEMA ENTRA EN OPERACION.

No. ITEM	ESPECIFICACION DE EQUIPOS Y/O MATERIALES
1	1 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE CARGA NOMINAL 3 POLOS, MARCA SIEMENS O SIMILAR
2	1 ARRANCADOR TERMOMAGNETICO A TENSION NOMINAL DE C.A. 3 POLOS, MARCA "C" CON ELEMENTO TERMICO DE ALERACION FUSIBLE, MARCA SIEMENS O O SIMILAR
3	1 TRP TRANSFORMADOR PARA CONTROL DE 220 A 220 VOLTS 60 HZ CAPACIDAD 150 VA. CON TENSION CLASE 90VA, MARCA SIEMENS O O SIMILAR, MODELO ED-3
4	1 CB LISTA DE BOTONES PARR-ARRANQUE, 120 VOLTS, MARCA SIEMENS O O SIMILAR, CLASE 90VA, TPO 20x12x14
5	1 FUSIBLE PARA PROTECCION DE CIRCUITO DE CONTROL DE 15 AMP., 120 VOLTS C.A.
6	1 CONDUCTOR ELECTRICO TIPO AWG CON AISLAMIENTO TYPN, CALIBRE 12 PARA CONECTAR A LOS DIFUSORES Y A LA VC CON EL TABLERO DE CONTROL
7	1 CONDUCTOR ELECTRICO TIPO AWG CON AISLAMIENTO TYPN, CALIBRE 12 PARA CONECTAR A LOS INT TRANSISTOS AL TABLERO DE CONTROL
8	1 MURERA CONDUMAT DE REEF CALIFICADA CON COPLE, SEGUN LA NOMBA NOM-B-708-188A, ESCALA NO. EN TAMAÑO DE 3 METROS

No	BOBINA	DESCRIPCION
1	T	TERMOSTATO DE CUARTO
2	A	ARRANCADOR TERMOMAGNETICO
3	VS	VALVULA SOLENOIDE
4	VE	VALVULA TERMOSTATICA DE EXPANSION
5	D	DIFUSOR
6	TRP	TRANSFORMADOR PARA CONTROL

NOMENCLATURA

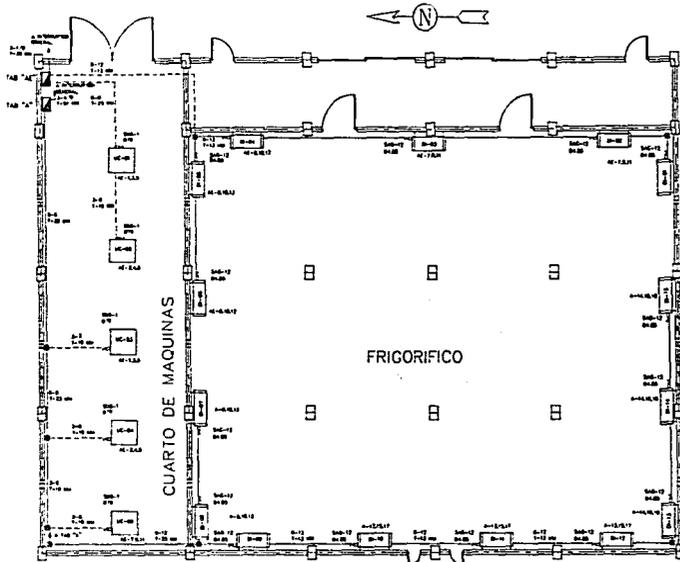
A	ARRANCADOR TERMOMAGNETICO	T	TERMOSTATO DE CUARTO
C	BOBINA DE CONDENSADORA	TRP	TRANSFORMADOR PARA CONTROL
F	FUSIBLE	UC	UNIDAD CONDENSADORA AUTOCOMANDO
QL'S	PROTECTOR DE SOBRECARGA	V	VENTILADOR DE DIFUSOR
R	LUZ INDICADORA COLOR ROJO	V	LUZ INDICADORA COLOR VERDE
CA1	CONTACTO AUXILIAR	VS	VALVULA SOLENOIDE
---	ALAMBRO FUERA DE TABLERO DE CONTROL	*	TABLERO DE CONTROL LOCAL, SIN-NESTRADO COMO PARTE DEL EQUIPO

TESIS: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA ENERGIZACION DE BARRIOMAS EN LA CIUDAD DE TERCERAN, PUERTO RICO.

DIAGRAMAS DE CONTROL Y FUERZA
ESQUEMA TYPICO

ELABORADO POR: [NOMBRE] | ASESOR: [NOMBRE] | FECHA: [FECHA]

FALLA DE ORIGEN



PLANTA

RESUMEN DE CARGAS			
SERVICIO	NORMAL	EMERGENCIA	TOTAL
TIPO DE CARGA	(KW)	(KW)	
FUERZA	46050	30700	76750
TOTAL	46050	30700	76750
FACTOR DE SERVICIO	0.8	0.8	0.8
CARGA DEMANDADA	36840	24550	61400

TABLERO "A" TIPO 00-20,125, 3F, 4W, 220/127V, ZAPATAS PRINCIPALES									
C.T.O. No	INT. TEMP.	TOTAL (A)	1 (B)	2 (B)	F A S E S			A	
					A	B	C		
1, 3, 5	3P x 100A	12360	1		4286	4287	4287	4287	
2, 4, 6	3P x 100A	12360	1		4287	4286	4287	4287	
7, 9, 11	3P x 100A	12360	1		4287	4287	4286	4286	
8, 10, 12	3P x 20A	2490		3	830	830	830	830	
13, 15, 17	3P x 20A	2490		3	830	830	830	830	
14, 16, 18	3P x 20A	2490		3	830	830	830	830	
19	DISPONIBLE								
20	DISPONIBLE								
TOTALES		46050	3	9	15350	15350	15350		

TABLERO "A2" TIPO 00-2,125, 3F, 4W, 220/127V, ZAPATAS PRINCIPALES									
C.T.O. No	INT. TEMP.	TOTAL (A)	1 (B)	2 (B)	F A S E S			A	
					A	B	C		
1, 3, 5	3P x 100A	12360	1		4286	4287	4287	4287	
2, 4, 6	3P x 100A	12360	1		4287	4286	4287	4287	
7, 9, 11	3P x 20A	2490		3	830	830	830	830	
8, 10, 12	3P x 20A	2490		3	830	830	830	830	
TOTALES		30700	2	6	10233	10233	10234		

NOTAS

- LA TRAYECTORIA NO INDICADA SERA DE 3-12 EN TUBERIA DE 13 MM.
- LA UBICACION Y TRAYECTORIA DE TUBERIAS ES INDICATIVA Y SERA AJUSTADA EN OBRA.

SIMBOLOGIA

- TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO NORMAL
- ▣ TABLERO DE DISTRIBUCION SERVICIO DE EMERGENCIA
- ARRANCADOR MAGNETICO
- ⊠ CAJA DE CONEXIONES
- TUBERIA CONDUIT PARED CRUESA GALVANIZADA POR PISO
- TUBERIA CONDUIT PARED CRUESA GALVANIZADA VISBLE

TESIS: ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA LA CONSERVACION DE MANZANAS EN LA CIUDAD DE TETZULAN, PUEBLA

PLANO ELECTRICO

AUTORES: ING. MARIANO GARCIA GARCIA Y ING. JUAN CARLOS GARCIA GARCIA
ASESOR: INGENIERO SOLIS TELLO

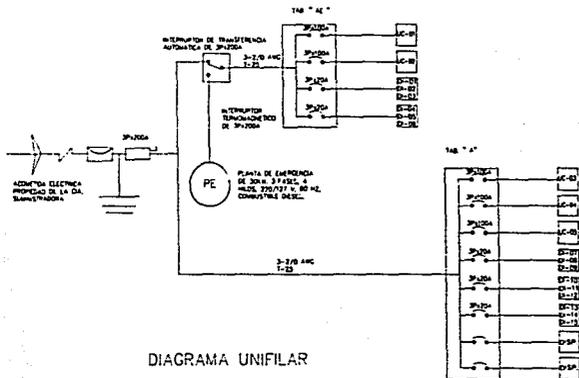


DIAGRAMA UNIFILAR

FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- POHLMAN, WALTER.
MANUAL DE TECNICA FRIGORIFICA.
1a. EDICION.
EDICIONES OMEGA, ESPAÑA, 1964, 628 pp.

- WARK, KENNETH.
TERMODINAMICA.
1a. EDICION EN ESPAÑOL. (4a. EDICION).
INTERAMERICANA, MEXICO, 1984, 905 pp.

- MORNING, FAIRES, VIRGIL/MAX SIMNANG, CLIFFORD.
TERMODINAMICA.
6a. EDICION.
U.T.E.H.A., MEXICO.

- STOECKER, W. F.
REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO.
1a. EDICION.
Mc GRAW-HILL, MEXICO, 1981, 406 pp.

- MANRIQUEZ, CARLOS A.
TRANSFERENCIA DE CALOR.
1a. EDICION
LIMUSA, MEXICO.

- MANRIQUEZ, CARLOS A.
TERMODINAMICA.
1a. EDICION.
LIMUSA, MEXICO.

- HERNANDEZ GORIBAR, E.
FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO.
LIMUSA, MEXICO, 1975.

- DOSSAT, R.
PRINCIPIOS DE REFRIGERACION.
C.E.C.S.A., MEXICO, 1973.

- JENNINGS, B. / LEWIS, S.
AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION.
C.E.C.S.A., MEXICO, 1975.

- CARRIER
MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO.
MARCOMBO, S.A., ESPAÑA 1980.

- AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE.
REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO.
PRENTICE HALL INTERNATIONAL, MEXICO, 1979.

- TRANE
AIR CONDITIONING MANUAL.
THE TRANE COMPANY, 1972.

- DE LA CRUZ H. JUAN.
INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO.
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.

- INSTITUTO YORK
CURSO INTRODUCTORIO DE REFRIGERACION Y AIRE
ACONDICIONADO.
YORK, MEXICO, 1985.

- G. DE RAVEL D'ESCLAPON.
VARIEDADES AMERICANAS DE MANZANA.
OIKOS-TAV, S.A. EDICIONES.
BARCELONA, ESPAÑA.

- FRIGORIFICOS PARA FRUTAS Y VERDURAS.
G. MANN Y OTROS.
EDIT. ACRIBIA.
ZARAGOZA, ESPAÑA.

- REFRIGERACION DE MANZANAS Y PERAS.
J.C. FIDLER Y G. MANN.
EDIT. ACRIBIA.
ZARAGOZA, ESPAÑA.

- FRIGOCONSERVACION DE LA FRUTA.
SEBASTIAN DURAN TORRELLARDONA.
EDIT. AEDOS.
BARCELONA, ESPAÑA.