



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE
VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT**

Halan Eduardo Gonzalez Ruiz

Asesorado por el Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, junio de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE
VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

HALAN EDUARDO GONZALEZ RUIZ

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Inga. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 1 de marzo de 2010.



Halán Eduardo González Ruiz

Guatemala, 22 de octubre de 2010

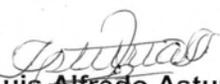
Ingeniero Julio César Campos Paiz
Director Escuela Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Julio:

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de tesis titulado **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGRO EXPORT**, presentado por el estudiante Halan Eduardo Gonzalez Ruiz.

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela, y para los efectos correspondientes me suscribo de usted.

Atentamente,


Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Colegiado No 2787
Luis Alfredo Asturias Zúñiga
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 2787

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT, del estudiante Halan Eduardo González Ruiz, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Molina Zaldano
Coordinador de Área



Guatemala, noviembre de 2010.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Térmica, al Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT**, del estudiante Halan Eduardo González Ruiz, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, junio de 2011

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 204.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA LA PRESERVACIÓN DE VEGETALES PARA LA EMPRESA SAN JUAN AGROEXPORT**, presentado por el estudiante universitario **Halan Eduardo Gonzalez Ruiz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy  Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 22 de junio de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el creador de todo, y en su voluntad permitir que esto sea posible.
- Mi madre** María Ruiz Catalán, por su paciencia, esfuerzo y constancia, que con su apoyo ha sido posible alcanzar la culminación de esta meta, que hoy, de esta forma doy un paso más al enriquecimiento como persona y a realizarme como profesional dentro del vínculo social de esta tierra que es conocida como el país de la eterna primavera, Guatemala.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ingeniero Luis Alfredo
Asturias Zúñiga**

Por su dedicación a su asesoría y amistad que me brindo durante el desarrollo de este trabajo de graduación y cuando recibí clases con él.

**Agro exportadora San Juan
Agroexport**

De quienes con sus aportes y disponibilidad obtuve la inspiración para la elaboración del presente trabajo de graduación, con el deseo que éste sea de utilidad a quien se interese en el tema citado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
1.1. La empresa	1
1.1.1. Información general de la empresa	3
1.1.1.1. Actividades que desarrolla	4
1.1.2. Reseña histórica	4
1.2. Generalidades del Sistema de distribución de la empresa	5
1.3. Contribución de la empresa en la comunidad	6
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Principios generales de refrigeración	7
2.2. Refrigerante	9
2.2.1. Definición de un refrigerante	9
2.2.2. Tipos de refrigerantes para cuartos fríos	9
2.2.3. Propiedades de los refrigerantes para cuartos fríos	10
3. PLANTA DE PRODUCCIÓN	
3.1. Ubicación de los cuartos fríos	15
3.2. Duración de los vegetales dentro del cuarto frío	19

3.3.	Responsabilidad del encargado de control del cuarto frío	19
4.	DISEÑO DEL CUARTO FRÍO	
4.1.	Condiciones del cuarto frío	21
4.1.1.	Volumen interior	22
4.1.2.	Material del piso, techo y paredes	22
4.1.3.	Ubicación	23
4.1.4.	Condiciones ambientales	24
4.2	Producto y sus condiciones para almacenamiento	25
4.2.1.	Arveja	25
4.2.1.1.	Arveja china	25
4.2.1.2.	Arveja dulce	26
4.2.2.	Ejote	26
4.2.3.	Coles de brúselas	27
4.3	Diseño del sistema de refrigeración	28
4.3.1.	Cargas por transmisión de calor	29
4.3.2.	Cargas por infiltración de aire	31
4.3.3.	Cargas de enfriamiento del producto	33
4.3.4.	Cargas de evolución	35
4.3.5.	Cargas misceláneas	36
4.3.5.1.	Calor por persona	35
4.3.5.2.	Motores	36
4.3.5.3.	Iluminación	37
4.3.5.4.	Tarimas y estanterías	37
4.4.	Hoja de cálculo de refrigeración	38
4.5.	Selección del equipo de refrigeración	42
4.6.	Características principales del equipo de refrigeración seleccionado	44
4.6.1.	Condensador	44

4.6.2.	Compresor	45
4.6.3.	Evaporador	47
4.6.4.	Válvula de expansión	48
4.7.	Elaboración del plano	49
5.	NORMAS Y SEGURIDAD EN LOS CUARTOS FRÍOS	
5.1.	Normas	51
5.1.1.	Descripción	51
5.1.2.	Importancia	51
5.2	Seguridad de los cuartos fríos	52
5.2.1.	Descripción	53
5.2.2.	Importancia de las normas de seguridad	55
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	81
	APÉNDICES	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa	2
2.	Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes	11
3.	Vistas interior y exterior de los cuartos fríos	15
4.	Características de los materiales del cuarto frío	16
5.	Piso del cuarto frío	17
6.	Plano 1	18
7.	Plano 2	24
8.	Arveja china	25
9.	Arveja dulce	26
10.	Ejote	27
11.	Coles de brúcelas	28
12.	Descripción del diagrama de sicrometría	32
13.	Distribución de las tarimas dentro del cuarto frío	35
14.	Hoja de Cálculo de Refrigeración	40
15.	Hoja de Cálculo de Refrigeración	41
16.	Ubicación de los evaporadores	43
17.	Condensador	45
18.	Compresor	46
19.	Evaporador	48
20.	Plano 3	49
21.	Condiciones de las válvulas	60

TABLAS

I.	Tipos de refrigerantes	9
----	------------------------	---

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A/C	Aire acondicionado
BTU	<i>British Thermal Units</i> (Unidad Térmica Británica), unidad para expresar transferencia de energía térmica
BTU/h	<i>British Thermal Units</i> por hora. (Unidad Térmica Británica por hora) unidad para expresar transferencia de potencia térmica
Hp	Caballo de potencia (<i>Horse power</i>), 1hp = 0.746 Kw
CFC	Clorofluorocarbonos
cfm	Flujo de aire en pies cúbicos por minuto
HC	Hidrocarbano
Hfc	Hidrofluorocarbano
HCFC	Hidroclorofluorocarburos
ppm	Partes por millón, de la cantidad de unidades de sustancia

Psi	Presión en libras por pulgada cuadrada
rpm	Revoluciones por minuto
Tr	Tonelada de refrigeración = 12,000 BTU/h

GLOSARIO

Almacenamiento en frío	Acción de reunir un producto en un lugar con temperatura menor que la del medio ambiente.
Azeótropos	Mezcla de refrigerantes que se comporta como una sustancia homogénea.
Calor	Forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia.
Calor de respiración	Calor producido por la maduración de frutas y vegetales.
Calor latente	Cambio de entalpía de una sustancia cuando cambia de estado.
Calor sensible	Cambio de entalpía de una sustancia cuando cambia su temperatura pero no su estado.
Compresor	Bomba de un mecanismo de refrigeración que succiona de un vacío o baja presión en el lado de enfriamiento del ciclo de refrigeración y descarga o comprime el gas pasándolo al lado de alta presión o de condensación del ciclo.

Condensar	Efecto químico de los fluidos en el que existe un cambio de estado gaseoso a líquido.
Cuarto frío	Habitación que mantiene una temperatura menor que la del ambiente y conserva el producto en buen estado.
Diagrama de mollier	Gráfica de presión, contenido de calor y propiedades térmicas de una sustancia.
Entalpía	Magnitud termodinámica que de un cuerpo físico o material equivalente a su energía interna más el producto de su volumen para la presión a existir.
Entropía	Factor matemático que se usa en los cálculos de ingeniería. Define el grado de desorden de la materia en un sistema.
Evaporación	Término que se aplica al cambio de estado de un líquido a un gas. En este proceso se absorbe calor.
Exotérmica	Cambio de gas a líquido.
Líquido saturado	Es cuando un líquido se encuentra en contacto y en equilibrio térmico con su vapor.

Paneles de poliuretano	Son la materia prima para la construcción de los cuartos refrigerados, ya que forman las paredes, piso y techo de éste.
Refrigeración	Proceso de absorber calor no deseado en un espacio, y luego eliminarlo en donde no afecte.
Temperatura de saturación	Temperatura a la cual hierve o se condensa un fluido.
Termodinámica	Es una rama de la física que estudia los efectos de los cambios de la temperatura, presión y volumen de los sistemas físicos macroscópicos, así como la circulación de la energía y cómo ésta infunde movimiento.

RESUMEN

El trabajo de tesis final, que a continuación se presenta consta de cinco capítulos los cuales incluyen teoría y cálculos realizados en base a la actividad técnico-científica; los cinco capítulos quedan de la siguiente manera:

El capítulo 1 trata de las generalidades de la empresa, el trabajo de graduación se realizó en una empresa que se dedica a la exportación de arveja china, brucas y ejote, de la cual se hace mención su historia y crecimiento en el mercado, proyección a la comunidad, así como generalidades sobre su distribución y ventas.

El capítulo 2 comprende el marco teórico, descripción de las partes más importantes de los equipos utilizados para la refrigeración y conservación del producto que ingresa en el cuarto frío, partes de los equipos, así como los tipos de refrigerantes, seguridad en el uso de ellos, así como sus propiedades.

El capítulo 3 trata del análisis y evaluación actual en la empresa, en vista que se piensa incrementar la cantidad de productos a almacenar, se ha tomado en cuenta la implementación de otro cuarto frío. Se analiza los métodos de trabajo actuales para determinar las operaciones innecesarias y también el rendimiento que se tiene en los demás cuartos fríos para poder llegar a una mejor optimización del mismo.

El capítulo 4 trata del diseño del cuarto frío, los cálculos del diseño, tomando en cuenta la cantidad de producto destinada a almacenar, tiempo que el producto permanecerá en el cuarto frío, tipo de producto a almacenar,

dimensiones, selección de equipo a utilizar, cantidad de personas que estarán en el cuarto y su ubicación.

El capítulo 5 habla de normas de seguridad en los cuartos fríos, como los mismos son para almacenaje de alimentos, se hace una descripción de las normas que se deben cumplir para ingresar a dichos cuartos, otra norma importante es planificar los ingresos, ya que se pierde aire frío al entrar y salir; también la seguridad en el control de temperatura y por el refrigerante cuando se esté ingresando o sacando el producto por los montacargas y gatos.

OBJETIVOS

General

Hacer notar la importancia que tiene la refrigeración en los procesos industriales, especialmente el caso de conservación de alimentos, así como conocer los componentes que forman parte de un equipo de refrigeración mecánico por compresión de amoníaco para trabajo pesado.

Específicos

1. Conocer los principios fundamentales de la refrigeración para cuartos fríos.
2. Tomar en cuenta la importancia de los refrigerantes tanto como sus propiedades físicas y químicas, y de su comportamiento con el medio ambiente.
3. Conocer los componentes más importantes en los equipos utilizados en la refrigeración de vegetales.
4. Calcular las cargas de enfriamiento del producto.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de ingeniería es un documento técnico de apoyo para la elaboración de un cuarto frío, se puede utilizar para estudiar el tema así como guía de elaboración de un cuarto frío para cualquier necesidad requerida.

Los sistemas de refrigeración en cuartos fríos, tienen una amplia utilización en la industria, ya que vienen en tres tipos de temperatura que son: alta, media y baja dependiendo de la utilización que se requiera y del tipo de producto que se desea almacenar.

Los cuartos fríos tienen la facilidad de poder construirse del tamaño necesitado, también puede utilizarse una gran variedad de aislantes con diferentes propiedades. La selección de material a utilizar para construir el cuarto es de gran importancia ya que esto dará las propiedades de enfriamiento.

Los sistemas de refrigeración se componen de varios elementos para su desempeño, los cuatro más esenciales son condensador, compresor, evaporador y válvula de expansión.

En este trabajo se presentan las consideraciones para el diseño de cuartos fríos, la selección de los componentes del sistema de refrigeración, la diferencia que existe entre refrigeración de varios productos y las características de los componentes seleccionados.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

A continuación se presenta Información tomada de la página www.sjaproexport.net.

1.1. La empresa

“San Juan *Agroexport* es una empresa familiar guatemalteca, que cultiva y comercializa vegetales y frutas para mercados locales e internacionales, cumpliendo con estándares internacionales para garantizar la producción”.

Visión

“Ser la organización empresarial guatemalteca modelo y líder, reconocida a nivel nacional e internacional por la calidad y diversificación de sus productos certificados, competitivos y posicionados en los mercados. Comprometidos con la excelencia en las relaciones con clientes, productos, colaboradores y con el desarrollo de las comunidades de forma sostenible”.

Misión

“Es una organización empresarial que produce, procesa y comercializa vegetales y frutas de calidad, para el mercado local e internacional cumpliendo con normas y estándares mundiales. Nuestra imagen y prestigio están fundamentados en la satisfacción de nuestros clientes, la credibilidad, liderazgo y experiencia, así como en la innovación, productividad y competitividad

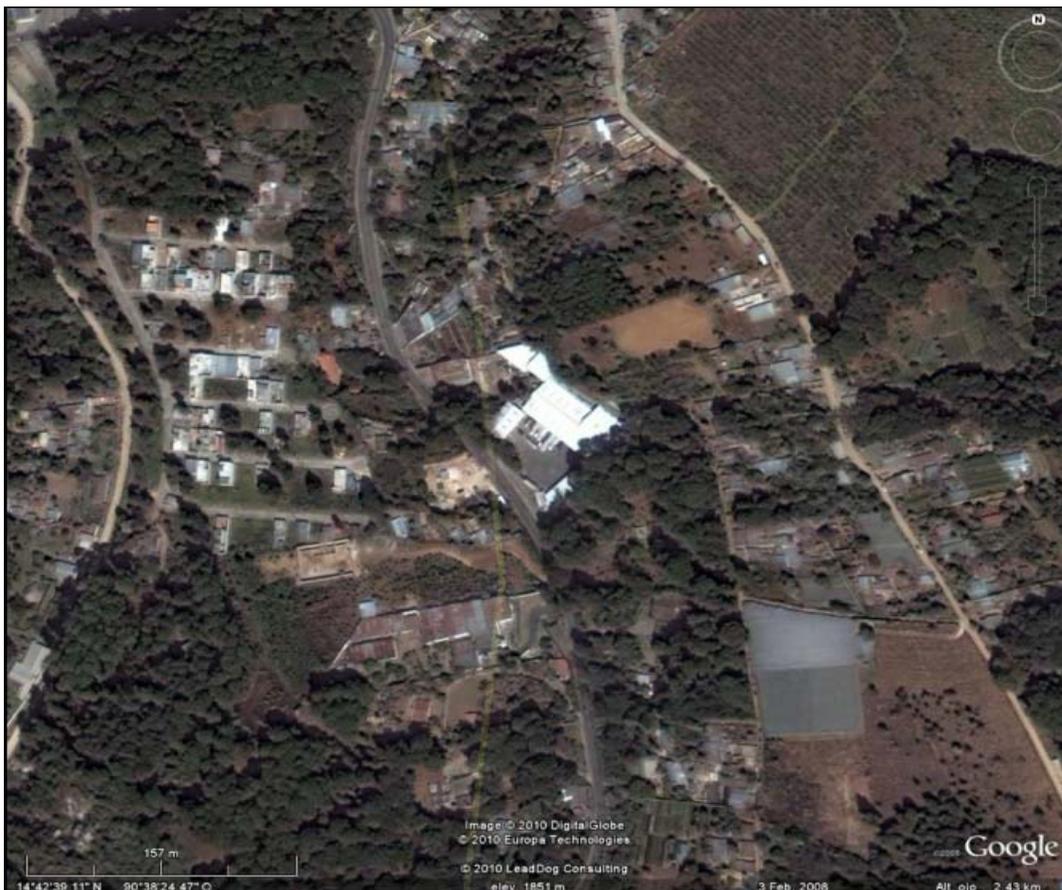
logradas a través de capacitación y desarrollo, responsabilidad económica compartida y responsabilidad social empresarial”.

Son miembros de *Sedex*, considerando la importancia de compartir información ética y facilitar la información sobre la mejora continua de las condiciones laborales”.

Ubicación de la empresa

El área blanca que se encuentra en la figura 1 es el techo de la empresa a 1 km del parque de San Juan Sacatepéquez

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: Google earth.

1.1.1. Información general de la empresa

San Juan *Agroexport* es una empresa que exporta vegetales: arveja china, dulce, ejote, brócoli, coles de brúselas. Frutas congeladas tales como: mango, piña, melón y papaya. Estos productos vienen en bolsas de diferentes tamaños.

- “Las alianzas nacionales e internacionales, públicas y privadas nos permiten lograr mayoría exportaciones, diversificar nuestra oferta y expandir a nuevos mercados.
- Posee una gran extensión de tierra certificada bajo estándares internacionales. Los procesos, tecnología y logística permiten ofrecer la mayoría de los productos todo el año.
- Auditorías de parte de los terceros, y el programa continuo de capacitación y capacitación para los empleados son algunas de las cosas que se hacen para el compromiso con la calidad.
- El sistema de calidad está basado en las especificaciones de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM’s) y los estándares de análisis de peligro y puntos de control crítico (HACCP). El programa de análisis incluye pruebas químicas y microbiológicas tanto para el producto que llega a la planta, como para el producto terminado. Así mismo, se realiza constantemente análisis ambiental. Todo esto para garantizar la prevención de riesgos químicos”.

1.1.1.1. Actividades que desarrolla

“Planta de empaque: la planta de empaque está certificada bajo los estándares de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM’S) y HACCP.

Campos: en las diferentes regiones o áreas de producción, los campos están certificados bajo los estándares de *Global Gap*, *Dardeen’s*, Buenas Prácticas Agrícolas y *Tesco Natures Choice*. Auditorías y certificaciones.

Seguridad: considerando el grado de importancia de garantizar la calidad de los productos que se exportan, se concentran en asegurar la calidad de todo el proceso que involucra asegurar la calidad desde el campo hasta cuando es entregado al consumidor. Así mismo, se cumple con los estándares de la iniciativa conjunta del gobierno americano y el sector privado (CTPAT), para la seguridad de nuestros productos en términos de riesgos bioterroristas.

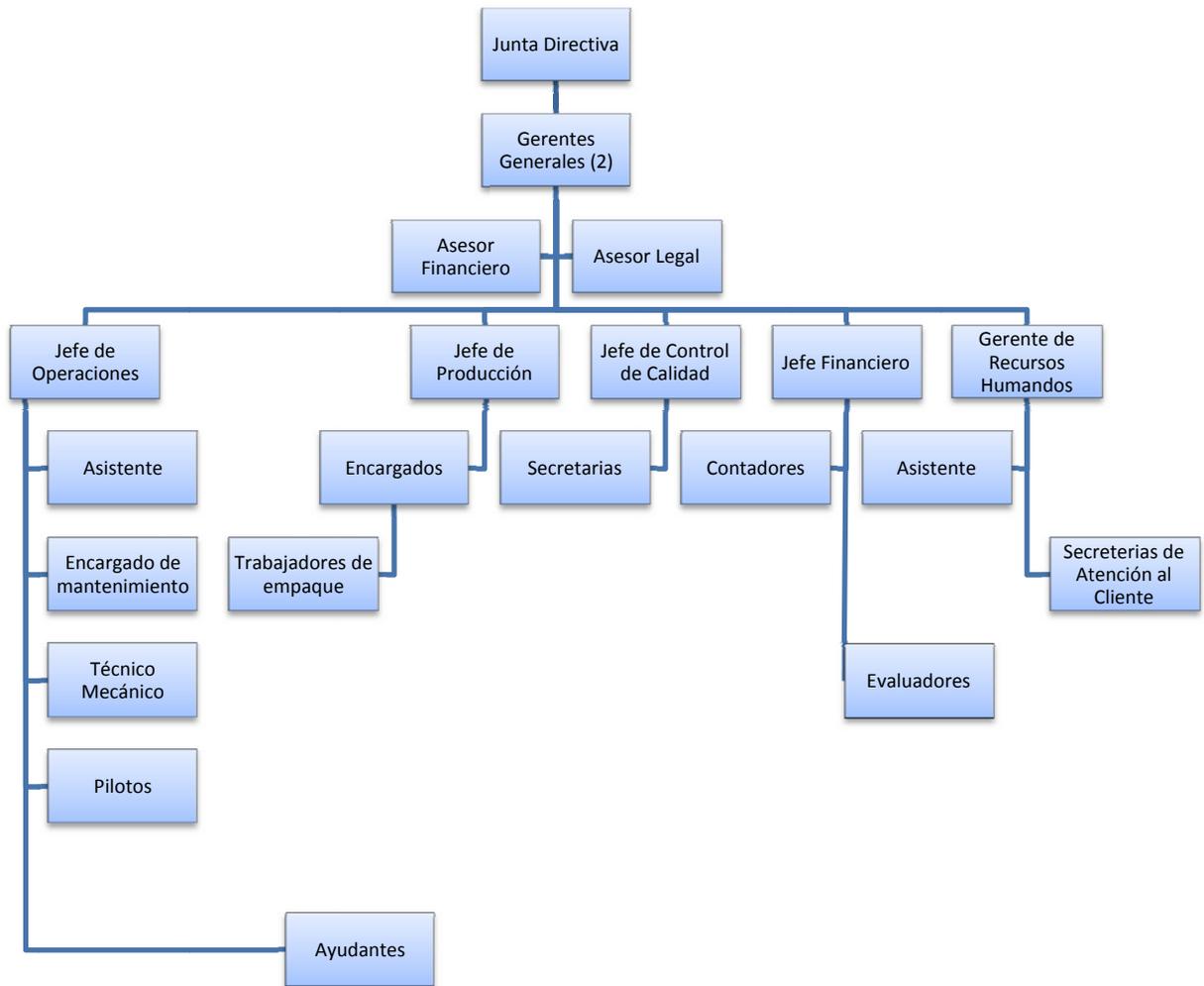
Seguridad alimentaria: cuentan con un programa dinámico para garantizar la higiene de las instalaciones y la salud de los empleados que están directamente relacionados en el proceso. Todo esto, para garantizar un producto seguro para los consumidores”.

1.1.2. Reseña histórica

“Desde 1985, el volumen de exportación de arveja china, dulce y ejote francés ha crecido tanto que no sólo se ha convertido en el exportador más grande de Guatemala, sino que también, el proveedor individual más grande para Estados Unidos de América”.

1.2. Generalidades del Sistema de distribución de la empresa

Panorama general del organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

1.3. Contribución de la empresa en la comunidad

“Es un orgullo para la comunidad sanjuanera, ya que promueve el desarrollo social. Esto incluye, crear mejoras en los procesos para el beneficio de los productores, así como crear programas de salud, educación y asesoría técnica para los empleados y sus familias.

Promueven fuertemente, la protección ambiental a través de la administración integrada de cultivos que incluye, desde reducción del uso químico y rotación de cultivos hasta un adecuado manejo de desechos”.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Principios generales de refrigeración

Los términos más importantes en los principios de refrigeración son: temperatura, calor, refrigeración, enfriamiento, calentamiento, producto fresco, duración mínima y producto congelado.

Temperatura: es la escala usada para medir la densidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor.

También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro.

La temperatura se mide en grados Fahrenheit (°F), y grados Centígrados, algunas veces llamadas Celsius. Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel del mar.

Al nivel del mar, el agua se congela a 0°C o a 32°F y hierve a 100°C o a 212°F.

Calor: es la medida de la temperatura, no tiene ninguna relación con la cantidad de calor. Una llama de fósforos puede tener la misma temperatura que una hoguera, pero obviamente la cantidad de calor que despiden es totalmente diferente.

Refrigeración: es un proceso mecánico que utiliza una sustancia llamada refrigerante, que absorbe calor no deseado en un espacio por evaporación luego lo elimina en un lugar donde no afecte mediante la condensación.

Enfriamiento: proceso en el cual se disminuye la temperatura

Calentamiento: proceso en el cual se aumenta la temperatura

Producto fresco: producto blando, para consumo directo

Duración mínima: el menor tiempo que el producto permanece dentro del cuarto frío

Producto congelado: producto duro, se extiende su duración

La refrigeración es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización; al igual que la mayoría de las ciencias y técnicas, ha sido el resultado de las necesidades que la misma sociedad va creando a medida que avanzan los inventos en diferentes campos.

Básicamente sus componentes encargados de realizar el trabajo en el cambio de calor son dos, condensador y evaporador.

El evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El condensador es otro intercambiador de calor que con el refrigerante que ya absorbió calor en el evaporador lo cede al exterior y de esta forma es como funciona la refrigeración.

2.2. Refrigerante

2.2.1. Definición de un refrigerante

Como refrigerante se entiende todo aquel fluido que se utiliza para transmitir el calor en un sistema frigorífico y que absorbe el calor a bajas temperaturas y presión, y lo cede a temperaturas y presión más elevada, generalmente con cambios de estado fluido.

Los refrigerantes se identifican por su fórmula química o por una denominación simbólica numérica; no es suficiente identificarlos sólo por su nombre comercial.

2.2.2. Tipos de refrigerantes para cuartos fríos

Tabla I. Tipos de refrigerantes

N. de refrigerante	Nombre	Composición química
Compuestos inorgánicos		
R717	Amoniaco	NH ₃
R718	Agua	H ₂ O
R744	Dióxido de carbono	CO ₂
Compuestos orgánicos		

Hidrocarburos		
R 290	Propano	CH ₃ CH ₃ CH ₃
Hidrocarburos halogenados		
Hidroclorofluorcarbonos (HCFC)		
R22	Clorodifluorometano	CHClF ₂
Hidrofluorocarbono (HFC)		
R134a	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃
Mezclas zeotrópicas		
R404A	HFC+HFC+HFC	R125/R143a/R134a (44/52/4)
R407C	HFC+HFC+HFC	R32/R125/R134a (23/25/52)
Mezclas azeotrópicas		
R507	HFC+HFC	R125/R143a (50/50)

Fuente: Manual de mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración (INACAP).

2.2.3. Propiedades de los refrigerantes para cuartos fríos

Las propiedades de un refrigerante a emplearse en un cuarto frío son: no inflamable, no tóxico, no irritante.

No inflamable

Inflamabilidad es la capacidad de un producto químico de mantener la combustión, lo cual depende del grado de concentración de refrigerante en aire y de la cantidad de energía liberada por la combustión.

Los refrigerantes se clasifican en general como: no inflamables, de baja inflamabilidad o de alta inflamabilidad.

Por ejemplo, el R152A tiene un límite de inflamabilidad del 4%, esto significa que en 100 kg de aire, 4 kg de refrigerante tomarán fuego. Se considera al R152A como de baja inflamabilidad. El propano R290 tiene un límite de inflamabilidad de 2% por lo que se le clasifica como de alta inflamabilidad.

Figura 2. Inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes

Norma 34 de ASHRAE con algunos ejemplos de refrigerantes.

GRUPO	AUMENTA TOXICIDAD →		AUMENTA INFLAMABILIDAD ↑
3	R600a (ISOBUTANO) R290 (PROPANO)	R1140 (CLORURO DE VINILO)	
2	HFC32 HFC143a HFC152a	R717 (AMONIACO)	
1	CFC11 CFC12 HCFC22 HFC125 HFC134a	HCFC123	
CLASE	A	B	

Grupo 1: ninguna inflamabilidad

Grupo 2: baja inflamabilidad

Grupo 3: alta inflamabilidad

Fuente: Manual de mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración (INACAP)

No tóxico

La toxicidad puede medirse de diversas maneras. En general hay límites para la cantidad de refrigerante que una persona puede tolerar en un breve lapso de tiempo (efectos agudos) y en un período prolongado (efectos crónicos de largo plazo). Con base a resultados del programa de alternativas para la toxicidad del fluorocarbono (PAFT) los fabricantes han recomendado concentraciones que el ser humano puede tolerar durante determinado tiempo sin efectos perjudiciales, denominados límites permitidos de Exposición "*Authorized Exposure Levels*" [AEL].

Estos valores se establecen en partes por millón [ppm], indicando la cantidad máxima de refrigerante que puede tolerarse sin peligro. Otros indicadores de la toxicidad incluyen los valores límites de umbral "*Threshold Limit Values*" [TLV] y los valores de exposición permitidos "*Permitted Exposure Levels*" [PEL]. Los fabricantes de refrigerantes indican los AEL, TLV y el PEL del refrigerante en la hoja de datos de seguridad del material [MSDS].

La Norma 34 de ASHRAE clasifica la toxicidad en dos grupos:

- Clase A: refrigerantes con baja toxicidad, con un TLV ponderado en función del tiempo superior a 400 ppm. Es decir, que son de preocupar únicamente las concentraciones superiores a 400 ppm durante períodos prolongados.
- Clase B: refrigerantes con toxicidad elevada con un TLV ponderado en función del tiempo inferior a 400 ppm.

No irritante

El refrigerante no debe de ser irritante para el ser humano (ojos, nariz, pulmones, piel).

Otras Propiedades

Un refrigerante absorbe mucho más calor cuando pasa del estado líquido al gaseoso, que cuando absorbe calor siendo líquido o vapor. Por lo tanto, es de gran importancia que el punto de ebullición de un refrigerante sea bajo, porque se debe evaporar con facilidad abajo de la temperatura a la que se tiene que enfriar el espacio o producto.

El punto de congelación del refrigerante debe ser bajo, es otra propiedad importante, en especial con las temperaturas extremadamente bajas, porque esta temperatura debe ser suficientemente más baja que cualquier temperatura prevista en el evaporador.

El calor latente del refrigerante que se escoja debe ser alto, lo cual es una característica deseable para los sistemas de gran capacidad. Cuando el calor latente es alto, se hace circular menos refrigerante por cada tonelada de efecto refrigerante obtenido, y se puede emplear un compresor de menor potencia.

Una característica que también es importante en un refrigerante es su baja solubilidad o miscibilidad con aceite, pero si es demasiado baja también puede originar problemas. La solubilidad o miscibilidad es la capacidad que tiene el refrigerante en estado líquido para mezclarse con el aceite necesario para lubricar las partes móviles del compresor.

3. PLANTA DE PRODUCCIÓN

3.1. Ubicación de los cuartos fríos

La ubicación de los cuartos fríos es importante debido a que se forma un clima más frío cerca de los demás cuartos fríos, por más que se intenta que no escapen corrientes de aire hacia fuera siempre y esto representa pérdida y más trabajo para el sistema de enfriamiento.

Al tener los cuartos fríos juntos se logra que el aire que se pueda infiltrar un aire con temperatura más baja que la del exterior.

Son seis cuartos fríos que actualmente están dentro de la empresa en el plano 1 (pág. 18) se muestra su ubicación dentro de la empresa.

Los cuartos fríos son paneles como se muestran en la figura 3.

Figura 3. Vistas interior y exterior de los cuartos fríos



Vista exterior de un cuarto frío

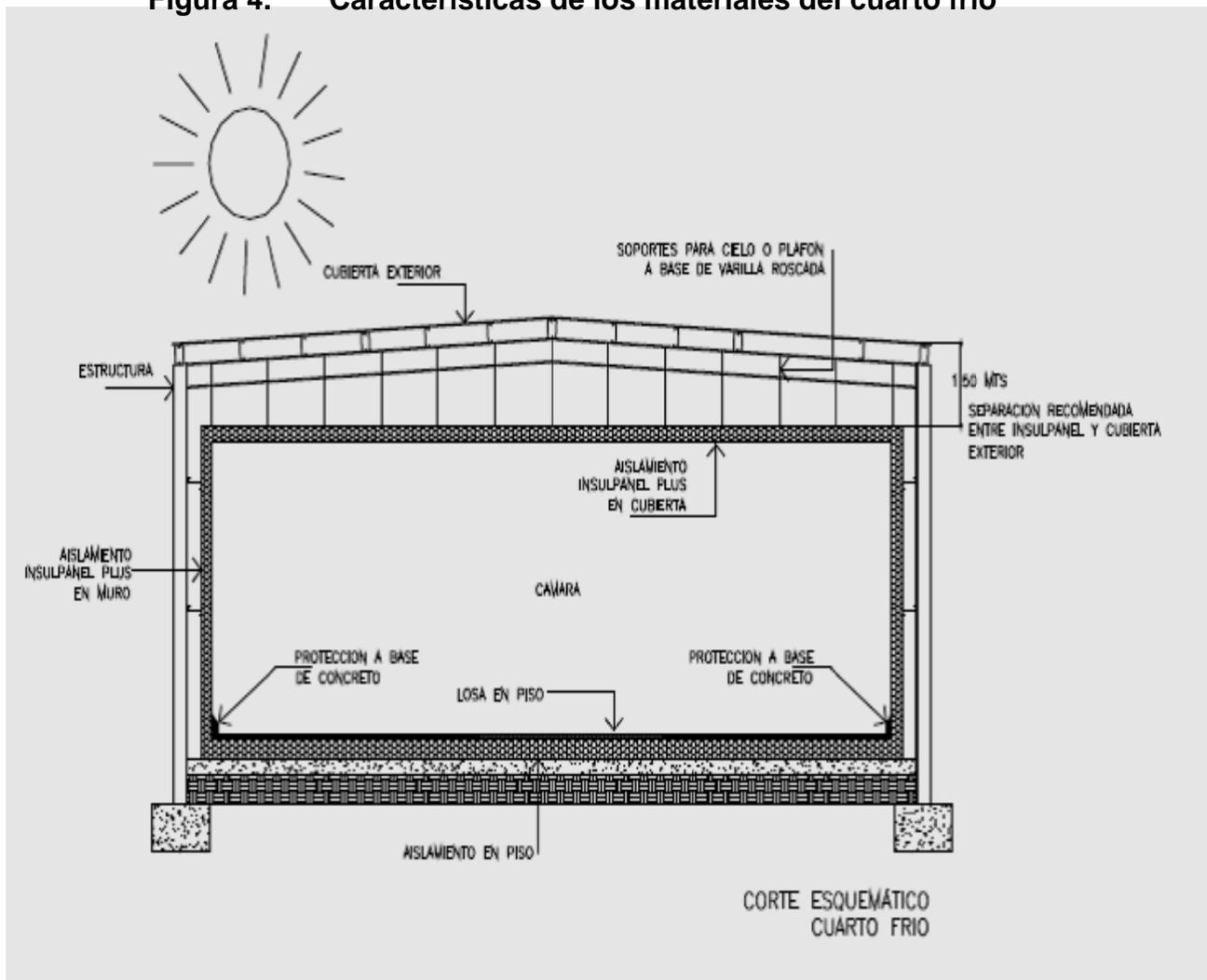


Vista interior de un cuarto frío

Fuente: elaboración propia.

Los cuartos fríos tienen un techado de lámina como el siguiente ejemplo, que se muestra en figura 4.

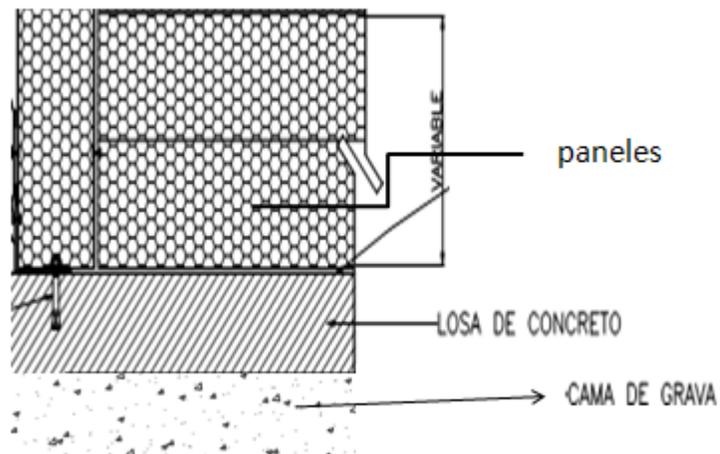
Figura 4. Características de los materiales del cuarto frío



Fuente: www.fanosa.com.

El piso de los cuartos fríos es de la siguiente manera, como se muestra en la figura 5.

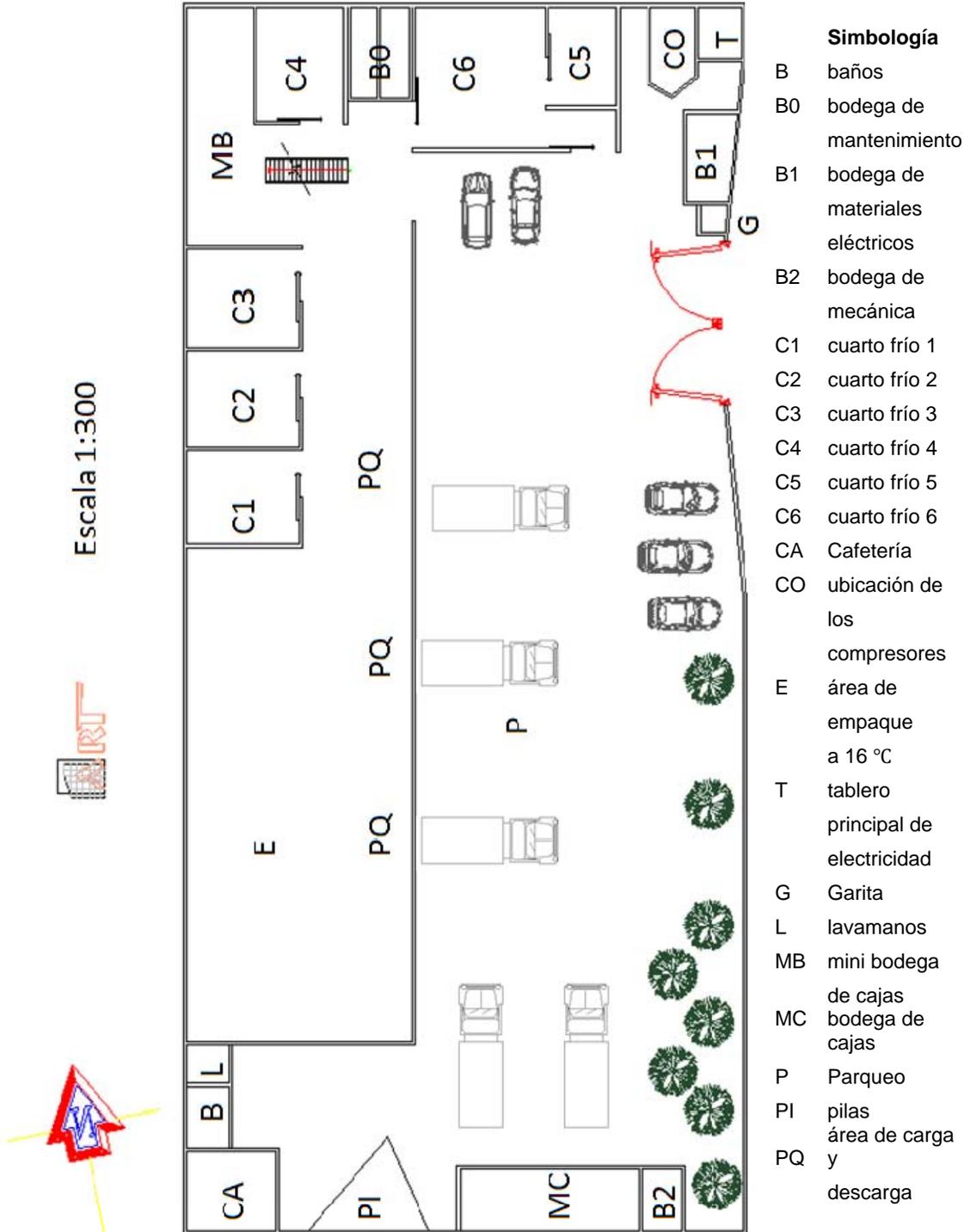
Figura 5. Piso del cuarto frío



Fuente: www.fanosa.com.

En el plano 1 (pág.18) se muestra la ubicación de los cuartos fríos dentro de la empresa (plano de la primera planta muestra las aéreas más importantes, las aéreas cercanas al cuarto frío, en la segunda planta se encuentran las oficinas).

Figura 6. Plano 1



Fuente: elaboración propia.

3.2. Duración de los vegetales dentro del cuarto frío

Los vegetales ingresan a una temperatura de 20 °C, se mantienen por lo regular doce horas para poder ser luego llevados al área de empaque, de no hacerlo así cuesta más trabajo llevarlos a temperaturas debajo de la temperatura ambiente.

3.3. Responsabilidad del encargado de control del cuarto frío

- Temperatura del cuarto frío
- Ingresar sólo el producto para el que fue destinado
- Ingreso sólo del personal autorizado
- Entrar al cuarto sólo las veces que sea necesario y el menor tiempo posible
- Revisar la cantidad de producto dentro de los cuartos fríos
- Velar que no se deteriore la calidad durante el periodo de almacenamiento
- Velar que no se reduzca involuntariamente la cantidad durante el almacenamiento
- Esté protegido, contra las plagas, las enfermedades y las pérdidas materiales
- Evitar que estos productos entren en contacto con la tierra o con plantas en descomposición
- Si se presenta una anomalía, el encargado deberá de comunicarla rápidamente al técnico en refrigeración.

4. DISEÑO DEL CUARTO FRÍO

Para diseñar se puede utilizar cálculos respecto al diseño del cuarto frío se debe tomar en cuenta la cantidad de producto destinado a almacenar, tiempo que el producto permanecerá en el cuarto frío, el producto a almacenar, las dimensiones de dicho cuarto, cantidad de personas que estarán en el cuarto y ubicación del cuarto.

4.1. Condiciones del cuarto frío

En esta sección se estiman los valores del cuarto frío, en lo que comprende a tamaño, materiales, y condiciones según su ubicación.

El cuarto frío será de paneles de poliuretano, por sus múltiples posibilidades de producción y por sus excelentes propiedades lo han convertido en un material preferido para el aislamiento en los cuartos de refrigeración, congelación, hielera entre otros.

Los uretanos, aunque constituyen una pequeña parte de la gran familia de los plásticos, son sin lugar a duda el grupo de polímeros, para la formación de las espumas de poliuretano, se aprovecha el calor generado en la reacción exotérmica entre el polioliol y el disocianato para volatizar un agente de soplado de bajo punto de ebullición previamente mezclado, y así proporcionar el efecto espumante.

4.1.1. Volumen interior

La altura de los paneles es de 4,5 metros

El ancho del panel 4 metros

El largo del panel 6 metros

Para calcular el volumen interior transformaremos las medidas de metros a pies, ya que con el sistema inglés trabajan las tablas. Calculando el volumen del cuarto a diseñar

$$V = 3\,813,929 \text{ p}^3$$

Para calcular el volumen interior se debe restarle el espesor de las paredes o del panel. El espesor será de cuatro pulgadas de acuerdo a la tabla de espesores de los paneles y temperatura del cuarto frío, que se encuentra en la tabla 1 las nuevas medidas quedarán así:

$$V = 3\,418,534 \text{ p}^3 \quad \text{éste es el volumen total interior que estará a } 42,8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

4.1.2. Material del piso, techo y paredes

El cuarto frío se hará con paneles de poliuretano, esto ayudará a tener una homogenización con los cuartos fríos ya existentes.

El piso será de concreto. El material de paredes y techos será poliuretano. Su espesor se determinará por la tabla 1, como la temperatura será de 2°C el espesor será de 4 pulgadas.

El espesor del aislamiento se requiere en un caso determinado, puede calcularse exactamente basándose en la temperatura de operación, la

temperatura promedio de la localidad y la pérdida de frío a través de muros y techo que se considera en la selección del equipo de refrigeración.

Generalmente, en la práctica no se calcula el espesor aislante sino que se selecciona de tablas preparadas en función de las temperaturas de operación.

4.1.3. Ubicación

Como se están haciendo modificaciones dentro de la empresa, la B0 bodega de mantenimiento ha quedado vacía y se trasladara hacia B1 bodega de mantenimiento según plano 1.

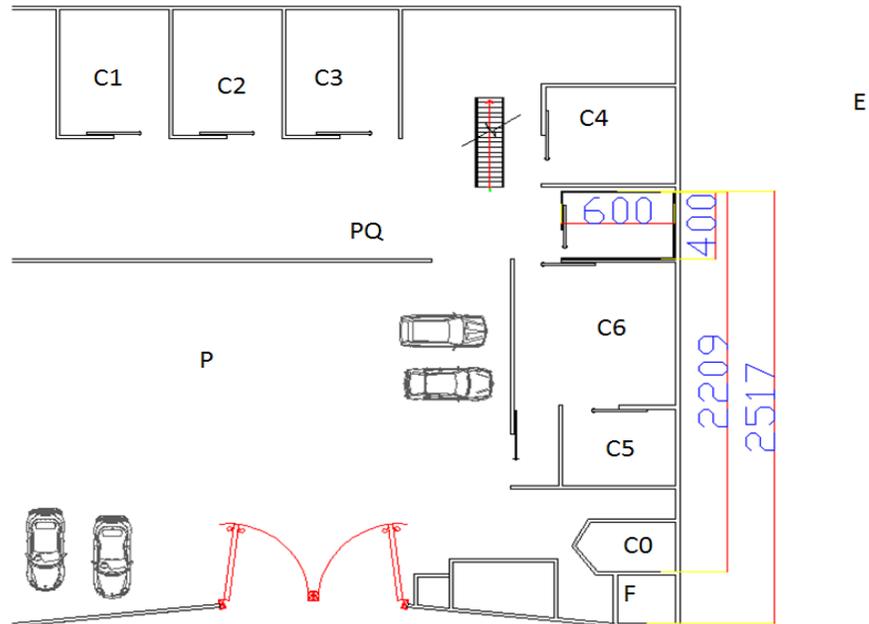
El plano 2 quedará sólo con esa pequeña modificación y la B0 será ahora C7 cuarto frío número 7.

O sea el cuarto frío número 7 quedará en medio del cuarto frío número 4 y del cuarto frío número 6.

En el siguiente plano se muestra el cuarto frío 7 mostrando sólo el área de los cuartos, lugar en donde estará la fuente de alimentación y la ubicación del compresor.

El siguiente plano tiene la misma simbología que el plano número uno del capítulo 3. Este plano sólo es un fragmento del plano número uno.

Figura 7. Plano 2



Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Condiciones ambientales

Por ser el área que se encuentra fuera de los cuartos fríos la temperatura de esa zona se ve un poco afectada en comparación con la temperatura exterior.

En esta zona la temperatura es de 16°C, como se puede ver en el plano 1, esta parte es el área de carga y descarga.

La temperatura de esta zona es afectada primero a los cuartos fríos, y también que hay unos ventiladores para ayudar a reducir un poco la temperatura en los productos que van ingresando.

4.2. Producto condiciones para almacenamiento

En esta sección se hace una breve descripción del producto y el tiempo que permanece dentro del cuarto para poder hacer los cálculos respectivos.

Los productos a refrigerar forman cargas de enfriamiento del producto, las frutas y verduras genera cargas de evolución, ya que este es el caso por verduras, se estudia en la sección 4.3.

4.2.1. Arveja

En el cuarto frío podrá encontrarse dos tipos arveja china, y arveja dulce.

4.2.1.1. Arveja China

Figura 8. Arveja china

Sinónimos	Alverja china culantao, ha-lan-too
Nombre científico	<i>Pisum sativum L. var saccharatum</i>
Familia	Fabaceae (leguminosae)
Centro de origen	Medio Oriente
Ciclo de vida	Anual
Tamaño de la planta	Variable según el hábito de crecimiento (determinado/indeterminado Largo: 0,8-1,8 m Ancho: 0,3-0,5 m Crecimiento rastroso o trepador



Fuente: programa de hortalizas, UNA la Molina, 2000.

Este producto permanece 12 horas a 7 ó 6 grados Celsius.

4.2.1.2. Arveja Dulce

Figura 9. Arveja dulce

Sinónimos	Alverja china culantao, ha-lan-too
Nombre científico	<i>Pisum sativum L. var saccharatum</i>
Familia	Fabaceae (leguminosae)
Centro de origen	Medio Oriente
Ciclo de vida	Anual
Tamaño de la planta	Variable según el hábito de crecimiento (determinado/indeterminado Largo: 0,8-1,8 m Ancho: 0,3-0,5 m Crecimiento rastrero o trepador



Fuente: programa de hortalizas, UNA la Molina, 2000.

Este producto permanece 12 horas a 7 ó 6 grados Celsius.

4.2.2. Ejote

- ejotes (México y Centroamérica), castellanización del vocablo náhuatl *exotl*,
- frijoles verdes (Estados Unidos)
- chauchas (Argentina, Paraguay y Uruguay),
- habichuelas (Colombia)
- porotos verdes (Chile)
- vainicas (Costa Rica)
- vainitas (Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela).
- judías verdes (España),

Figura 10. Ejote



Fuente: www.wikipedia.com.

Este producto permanece 12 horas a 7 ó 6 grados Celsius.

4.2.3. Coles de brúselas

La col de Bruselas, también conocida como repollito, es una variedad que se puede calificar como moderna de la Brassica oleracea.

Este producto permanece 12 horas a 7 ó 6 grados Celsius.

Figura 11. Coles de brúcelas



Fuente: elaboración propia

4.3. Diseño del sistema de refrigeración

En cada uno de estos sistemas se realizan cálculos de las cargas de refrigeración en donde se describe como hacerlo y posteriormente se procede a realizar los cálculos respectivos del cuarto frío con las características ya mencionadas.

Se presentan tablas para ayudar a realizar el cálculo de la carga de refrigeración, en algunos casos las tablas sólo son referencias, se utiliza un método de cálculo matemático pero las tablas sirven de comparación.

Se utiliza el método de cálculo detallado ya que es el más preciso, y el resultado se detallará en la última sección de las cargas, este método empieza con la transmisión de calor.

Para ello utiliza la ecuación

$Q=UxAxDT$ (esta fórmula la veremos con detalle más adelante).

4.3.1. Cargas por transmisión de calor

Es el resultado de la convección y conducción a través de las superficies circundantes, como consecuencia de la diferencia de la temperatura entre el interior y el exterior del cuarto.

El cálculo se realiza por medio de la ecuación de transferencia de calor.

No obstante para facilitar los cálculos de la carga de refrigeración se han calculado las ganancias en la transmisión de calor.

El método que se utiliza para calcular el calor por transmisión es el siguiente: se utiliza cuando no se pueden aplicar los apéndices 2 y 3.

Este método está basado en la conductividad térmica, la resistencia y otros factores que se verán a continuación. Para el cálculo de las pérdidas de calor, la industria ha desarrollado un término llamado resistencia (R), el cual es la oposición al flujo del calor, bien sea en una pulgada de material, o para un espesor especificado, o de un espacio de aire, una película de aire o un conjunto completo. Un valor alto de R indica bajos porcentajes de flujo de calor.

La resistencia de varios componentes de una pared puede sumarse para obtener la resistencia total:

$$R_{TOTAL} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_N$$

$$Q = U \times A \times DT$$

En donde

Q=transferencia de calor, BTU/hrs

U=coeficiente global de transferencia de calor BTU/h (pie²) (°FDT)

A=área en pie²

DT= diferencia de temperatura entre las temperaturas de diseño interior y exterior.

Cálculos

Paredes que forman el lado ancho

U= del poliuretano

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_o} + \frac{x}{k} + \frac{1}{f_1}}$$

En donde

$f_o = 6$ es un valor constante

$f_1 = 1.65$ es un valor constante

x= espesor del poliuretano o del material que se utilice para la construcción, expresado en pulgadas

K=propiedad térmica del material, expresado en 1/pulgadas

En éste caso

El valor "x" se especificará de cuatro pulgadas, actualmente se tiene un piso de concreto simple de una pulgada y media (calculando), se debería quitar ese piso y colocar el propuesto.

K= 0.16 porque ese es el valor que tiene el poliuretano

Q=UxAxDT

Para calcular el área (A) se tomará la medida de ancho por la altura.

DT diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Para calcular se debe de aclarar, que la temperatura dentro de los cuartos fríos es de 6°C, y que la temperatura fuera de los cuartos fríos es de 16°C, la resta de estas dos temperaturas da el valor de DT.

4.3.2. Cargas por infiltración de aire

Cada vez que se abren las puertas del cuarto frío tienen lugar a infiltración de aire desde el exterior. La entalpía (capacidad que tienen los cuerpos para ganar o perder calor) de este aire, es mayor que la del espacio refrigerado.

La diferencia entre la entalpía del aire que entra con la del cuarto frío representa una carga de calor que es preciso remover mediante el equipo de refrigeración. Esta carga incluye calor sensible del aire infiltrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en el aire.

El apéndice 5 indica la cantidad de infiltración de aire expresada como cambio de aire cada 24 horas. Para calcular el calor removido se utiliza la tabla calor removido al enfriar el aire del exterior.

Condición exterior

16 °C= 60,8°F y 60 % humedad relativa

Condición interior

6°C=42,8°F

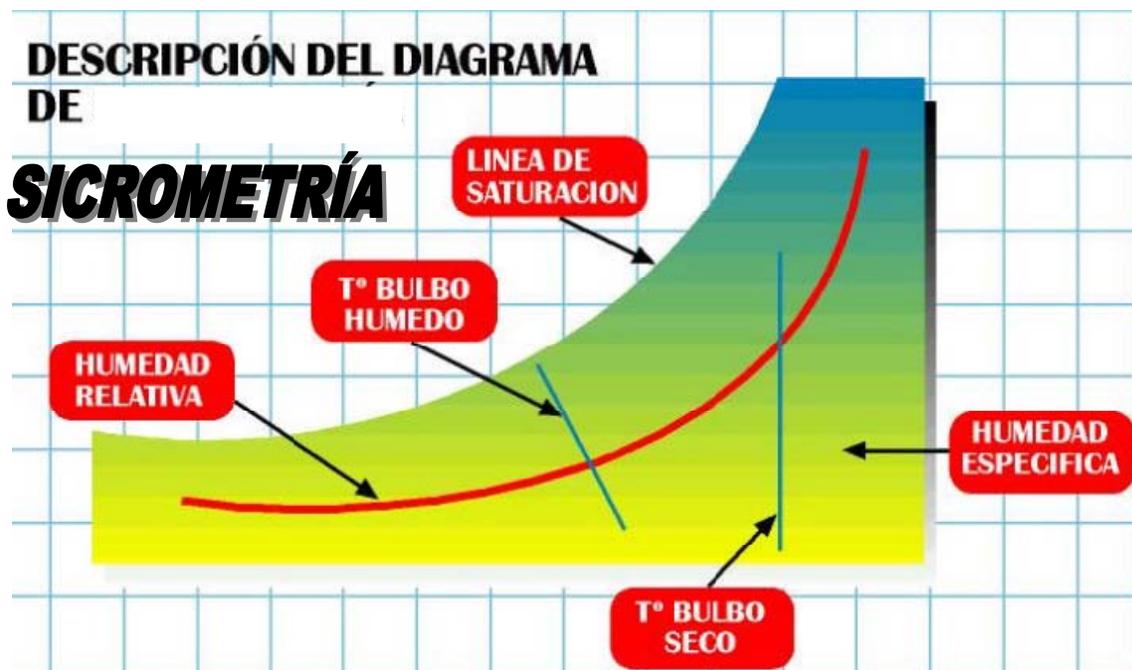
DT=18°F

Para calcular la humedad se calculó la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo, la temperatura de bulbo seco, es la temperatura tomada directamente desde el termómetro, que en este caso es 60.8°F.

La temperatura de bulbo húmedo, se tomó igual que la temperatura de bulbo seco, y este valor dió $11^{\circ}\text{C} = 51,8^{\circ}\text{F}$, trazando la línea en la carta sicométrica, da aproximadamente 60% de humedad relativa.

La psicrometría no es un tema de esta tesis, pero para tener una idea véase la siguiente figura.

Figura 12. Descripción del diagrama de sicrometría



Fuente: manual de mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración (INACAP).

Debido a que los valores se encuentran muy distantes de la tabla, se trabajará con los valores más cercanos para obtener el dato necesitado.

Condición exterior

85°F y 60 % humedad relativa

Condición interior

45°F

Con estos datos se obtendrá 1,73 BTU/pies cúbicos

Carga de Infiltración

=volumen interno x cambio de aire promedio x calor removido (BTU/h)

Carga de Infiltración= 52 626,334 BTU/h.

4.3.3. Cargas de enfriamiento del producto

Los productos que se refrigeran se vuelven parte de refrigeración, debido a dos efectos: primero, es preciso remover el calor del producto para llevarlo a las condiciones de almacenamiento, lo cual se le llama carga de enfriamiento, segundo los vegetales continúan emitiendo calor una vez ya almacenados.

El cálculo del calor removido de los productos para llevarlos a las condiciones de almacenamiento, dependen de las condiciones iniciales y de las condiciones finales.

Si el producto se enfría por encima del punto de congelación, la carga equivale al calor sensible por encima de la congelación.

Para hacer este cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = \quad \quad mxC_p x DT$$

Donde:

Q = cantidad de calor removido del producto, BTU por 24 h

m = cantidad de producto enfriado, lb/24h

Cp = calor específico del producto, por encima del punto de congelación, BTU/lb°F

DT = cambio de la temperatura del producto por encima de la congelación, de la temperatura inicial a la temperatura final, °F

Si el producto se va a enfriar de modo que alcance las condiciones de almacenamiento en menos de 24 horas, se incrementará la carga diaria que son 24 horas en el sistema. Esto se explica utilizando en los cálculos una cantidad diaria equivalente del producto

Libras diarias equivalentes = libras reales en 24 horas/horas de carga de enfriamiento

Libras diarias equivalentes = cantidad de producto a almacenar

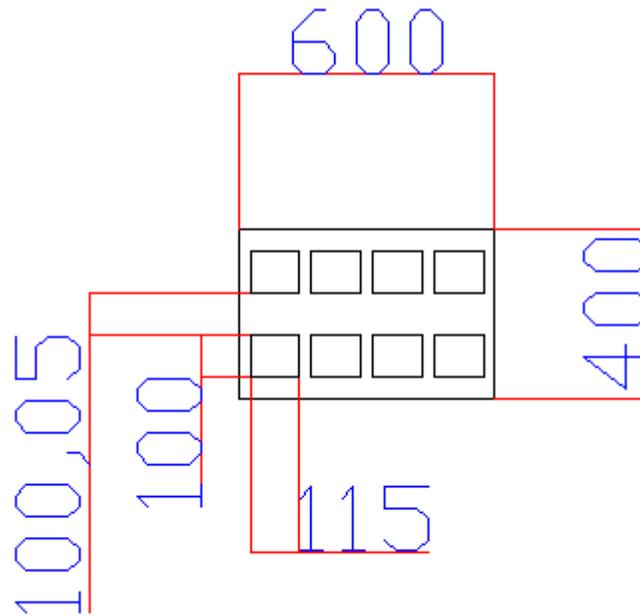
Horas de carga de enfriamiento = cantidad de horas en que se desea bajar la temperatura del producto a la temperatura deseada

Cálculos

Para realizar los cálculos primero se determina, según el espacio cuantas tarimas pueden entrar dentro del cuarto frío. En el siguiente plano 3, se puede observar que sólo entran ocho tarimas, dejando un espacio de un metro para poder, ingresar y sacar las tarimas. Obsérvese que no van pagadas las tarimas para que pueda fluir mejor el aire.

Las medidas de las tarimas son de 1,00 metros de ancho por 1,15 metros de largo.

Figura 13. Distribución de las tarimas dentro del cuarto frío



Fuente: elaboración propia.

4.3.4. Cargas de evolución

Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot cv$$

Donde:

m = masa, en libras

Cv = calor de evolución, en BTU/lb

Q = 4 876,667 BTU/hrs

Cálculos

Se usarán dos motores de 3 de hp para mover los ventiladores.

4.3.5.3. Iluminación

El equivalente térmico de la energía eléctrica de las luces o los calentadores es 1 watt= 3,4 BTU/hrs (856,8 cal/hrs).

$$Q = 4 \times 40W \times 3,41 \text{ BTU/ hrs} - W \times 1,2 \times 24 \text{ hrs}$$

$$Q = 15\,744 \text{ BTU/hrs}$$

4.3.5.4. Tarimas y estanterías

Son 8 tarimas de 35 libras cada una, y cada tarima lleva 25 canastas plásticas, para contener el producto, las canastas pesan 5 lb cada una (este peso ya ha sido descontado del producto).

Dentro del cuarto estarán 8 tarimas y 200 canastas. (Siempre se calcula en condiciones de toda la carga).

Con las siguientes fórmulas se determina la ganancia de calor para tarimas y estanterías en BTU x 24horas.

$$Q_{tarimas} = \text{libras} * \text{cal. Especifico} * DT$$

$$Q_{cajas} = \text{libras} * \text{cal. Especifico} * DT$$

cal. Específico está dado en BTU/lb°F

4.4. Hoja de cálculo de refrigeración

Se adjuntará dos hojas de cálculo, una vacía para que puedan imprimirla y realizar sus cálculos y una llena para proseguir con estos cálculos respectivos.

El objetivo de la hoja de cálculo es el de resumir todos los cálculos efectuados para el diseño de cuartos de refrigeración y/o congelación.

Sumatoria de carga de calor por transmisión =	2 273 BTU/hrs
Sumatoria de carga de calor por infiltración =	52 626 BTU/hrs
Sumatoria de carga de calor por producto =	14 044,8 BTU/hrs
Sumatoria de carga de calor por evolución	4 876,667 BTU/hrs
Sumatoria de carga de calor misceláneas =	3 223,867 BTU/hrs
Sumatoria total de cargas =	77 042,54 BTU/hrs

Agregándole a esto un factor de seguridad del 20% (éste es en caso, de un día de temperatura más alta, o más personas dentro del cuarto frío)

$$Q=92\,451,05 \text{ BTU/hrs}$$

Evaporador 92 451 BTU/hrs

Dispositivo de expansión, éste se transforma en toneladas con el factor 12 000 BTU/hrs-Ton, esto nos queda 7,70 Ton se utilizarán dos dispositivos de expansión.

Para calcular el compresor para media temperatura, es decir los cuartos fríos, se divide dentro de 8 000 BTU/hrs-hp por ser temperatura media, para temperatura baja se utiliza 4 000 BTU/hrs-hp y para temperatura alta o sea aire acondicionado se utiliza 12 000 BTU/hrs-hp, queda 11,56 hp.

Resumen

Evaporador 92 451,05 BTU/hrs

Dispositivo de expansión 7,70 Ton

Compresor 12

Figura 14. Hoja de Cálculo de Refrigeración 1

Calculada por: _____ Fecha: 04/04/210
 Aplicación: _____ Alto: _____
 Ancho: _____
 Largo: _____
 Condiciones Exteriores: HR % Condiciones de diseño interior °F. Diferencia de la temperatura DT= °F
 Aislamiento: Tipo: Espesor: Coeficiente:
 Piso: Tipo: Temperatura: Espesor: Coeficiente:

A) CARGA DE CALOR POR TRANSMISIÓN:

Paredes Laterales: L p X A P X2 ⇒ Área X DT x coeficiente ⇒ BTUh
 Paredes Frontales: L p X A P X2 ⇒ Área X DT x coeficiente ⇒ BTUh
 Techo: L p X A P ⇒ Área X DT x coeficiente ⇒ BTUh
 Piso: L p X A P ⇒ Área X DT x coeficiente ⇒ BTUh

Carga total BTUh

B) CARGA DE CALOR POR PRODUCTO

Peso: Lbs. X Calor específico X Diferencial de Temperatura = BTU
 Carga total del producto BTUh

C) CARGA DE CALOR POR EVOLUCIÓN

Peso: Lbs. X calor de evolución BTU/Lbs. = BTU
 Carga total del producto BTUh

D) CARGA POR INFILTRACIÓN

Volumen de la cámara: P³ x coeficiente Cambios de aire cada 24 horas= aire infiltrado P³/hora

carga de calor por infiltración de aire = aire infiltrado P³/hora x factor BTU/P³
 Carga de calor total por infiltración = BTU/h

E) CARGA DE CALOR SUPLEMENTARIAS

1. watt x horas de uso x BTU/hrs = BTU
 2. HP x factor BTU/HP-hrs x 24 hrs = BTU
 3. = personas x # horas de estadía/día x factor BTU/hrs = BTU
 4. Tarimas y estanterías = BTU
 CARGA DE CALOR SUPLEMENTARIA POR HORA (1+2+3+4) = BTUh

Total carga del producto (sumas A, B, C, D, E) BTU/ horas de almacenamiento
 Para el cálculo de la carga total debemos de utilizar un factor de seguridad de un 20% para permitir una operación adecuada del cuarto frío.
 Carga total = carga del producto + 20 % = BTUh
 Capacidad del evaporador BTUh
 Capacidad de la V.E.T. T.R.
 Capacidad del compresor: H.P.

Elaborado por: Halan Gonzalez

Figura 15. Hoja de Cálculo de Refrigeración 2

Calculada por: Halan Eduardo Gonzalez Ruiz Fecha: 04/04/210
 Aplicación: Cuarto frío Alto: 14,76 pies
 Ancho: 13,23 pies
 Largo: 19,69 pies
 Condiciones: Exteriores: 60,8°F HR 60 % Condiciones de diseño interior 42,8°F. Diferencia de la temperatura DT= 18 °F
 Aislamiento: Tipo: poliuretano Espesor: 4 Plg Coeficiente: U=0,040
 Piso: Tipo: concreto Temperatura: 57,2 °F Espesor: 4 Plg Coeficiente: U=0,208

A) CARGA DE CALOR POR TRANSMISIÓN:

Paredes Laterales: L 19,69 p X A 14,76 P X2 ⇒ Área 581,25 X DT 18,0 x coeficiente 0,040 ⇒ 418,50 BTUh
 Paredes Frontales: L 13,23 p X A 14,76 P X2 ⇒ Área 390,55 X DT 18,0 x coeficiente 0,040 ⇒ 281,20 BTUh
 Techo: L 19,69 p X A 13,23 P ⇒ Área 260,50 X DT 20,0 x coeficiente 0,040 ⇒ 791,92 BTUh
 Piso: L 19,69 p X A 13,23 P ⇒ Área 260,50 X DT 14,4 x coeficiente 0,208 ⇒ 780,25 BTUh
 Carga total 2 273 BTUh

B) CARGA DE CALOR POR PRODUCTO

Peso: 10 640 Lbs. X Calor específico 0,88 X Diferencial de Temperatura 18 °F = 168 537 BTU
 Carga total del producto 14 044,8 BTUh

C) CARGA DE CALOR POR EVOLUCIÓN

Peso: 10 640 Lbs. X calor de evolución 5,5 BTU/Lbs. = 5 8520 BTU
 Carga total del producto 4 876 BTUh

D) CARGA POR INFILTRACIÓN

Volumen de la cámara: 3 418 P³ x coeficiente 8,9 Cambios de aire cada 24 horas= 30 420 aire infiltrado P³/hora
 carga de calor por infiltración de aire = aire infiltrado 3 420 P³/hora x factor 1,73 BTU/P³
 Carga de calor total por infiltración = 52 626 BTU/h

E) CARGA DE CALOR SUPLEMENTARIAS

1. 160 watt x 24 horas de uso x 4,1 BTU/hrs = 15 744 BTU
 2. ½ HP x factor 4 000 BTU/HP-hrs x 24 hrs = 4 8000 BTU
 3. 1 = personas x 2 # horas de estadía/día x factor 806 BTU/hrs = 1 612 BTU
 4. Tarimas y estanterías = 12 016,8 BTU
 CARGA DE CALOR SUPLEMENTARIA POR HORA (1+2+3+4) = 3 223,87 BTUh

Total carga del producto (sumas A, B, C, D, E) 77 042,54 BTU/ horas de almacenamiento
 Para el cálculo de la carga total debemos de utilizar un factor de seguridad de un 20% para permitir
 Una operación adecuada del cuarto frío.
 Carga total = carga del producto + 20 % = 77 042,54+15 408,51 BTUh
 Capacidad del evaporador 92 451,05 BTU/h
 Capacidad de la V.E.T. 7,70 T.R
 Capacidad del compresor: 11,56 H.P

Elaborado por: Halan Gonzalez

4.5. Selección del equipo de refrigeración

Para la selección de un condensador se debe de escoger los evaporadores requeridos por la carga térmica calculada y seleccionar el condensador que las pueda mantener en su máxima capacidad.

De los cálculos realizados anteriormente para el cuarto frío del ejemplo, se seleccionará un evaporador en los extremos del mismo. Por consiguiente se considera adecuada una disposición de dos evaporadores en cada extremo los cuales hacen que su flujo de aire se cruce en el centro pero no baja la eficiencia de las máquinas teniendo un total de 2 evaporadores.

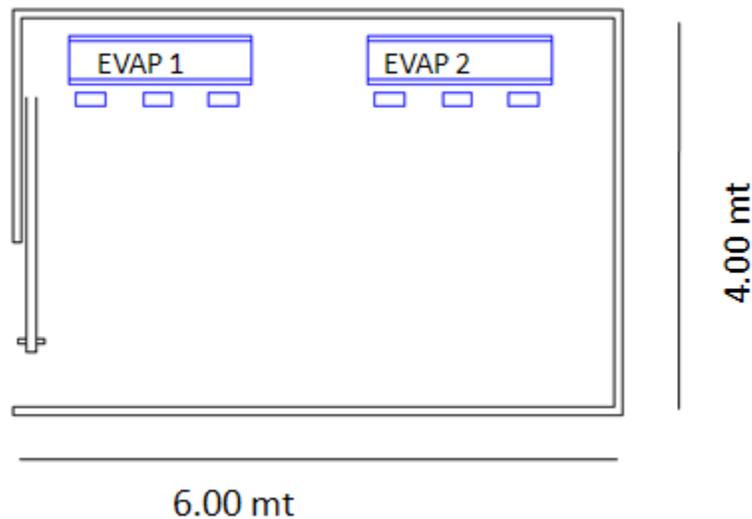
$$\text{Carga total / No.de evaporadores} = 92\ 451,05 / 2 = 46\ 225,53 \text{ BTUH}$$

Trabajando con el fabricante de equipos Antarctic Refrigeración, podemos escoger entre varios modelos, buscando en catálogo de este proveedor, adjuntamos los modelos que más cumplen con nuestras necesidades, los cuales se muestran en la tabla 13.

El modelo IC-506 es el que más se acopla a los requerimientos, ya que $4\ 000\text{BTU}=1\text{kcal}$ entonces $45\ 845,56 \text{ BTUh}$ es igual a $11,461 \text{ Kcal/h}$, el modelo seleccionado cuenta con $11,924 \text{ Kcal/h}$ es el que cumple con los propósitos ya que el modelo anterior no cumple con los propósitos.

Los evaporadores quedan dentro del cuarto de la siguiente manera.

Figura 16. Ubicación de los evaporadores



Fuente: elaboración propia.

Para seleccionar el condensador, se toma la carga de los dos evaporadores por la unidad condensadora, que en este caso se tiene la carga total que es 91 691,1 BTUH, se necesita un condensador con una capacidad de 22,92 Kcal, el que más se acerca es el de 24,825 Kcal/h, que es el modelo CA-403-66 el cual se detalla más adelante en la sección de condensadores.

Otro factor que se debe de tener presente, es que el condensador no enfríe mucho el refrigerante, pues esto ocasiona problemas en la VET(pág. 46), por la evaporación súbita, por tal razón es muy importante que el condensador cuente con procesos que usen la presión del refrigerante, ya que en función de éstos, el condensador enciende o apaga un número de ventiladores que fuerzan el aire para el enfriamiento del refrigerante de una forma automática, para mantener el refrigerante a su temperatura de condensado, el cual se refleja en su presión de condensado.

Se selecciona dos compresores marca Frascold de el primero es de 7,5 hp éste proporciona 60 000 BTU/h y el otro será de 5 hp, éste proporciona 40 000 BTU/h. (Sumando los dos compresores 12,5 hp pasa en 0,5 hp el valor calculado).

Se utilizan dos válvula de expansión termostática modelo TN2, porque es la apropiada para el refrigerante 134a. Al compresor de 5 hp se le instalará una válvula de 3 TR y al compresor de 7,5 hp se le instalará una válvula de 5 TR, el apéndice 14 muestra los modelos de válvulas.

4.6. Características principales del equipo de refrigeración seleccionado

Condensador, compresor, evaporador y válvula de expansión son los principales para la función de todo sistema de refrigeración con características y funcionamiento principal del equipo.

4.6.1. Condensador

Los condensadores son esenciales ya que remueven el sobrecalentamiento del refrigerante producido por el compresor y así licúan el refrigerante para otro ciclo a través del sistema, se expresará en Hp.

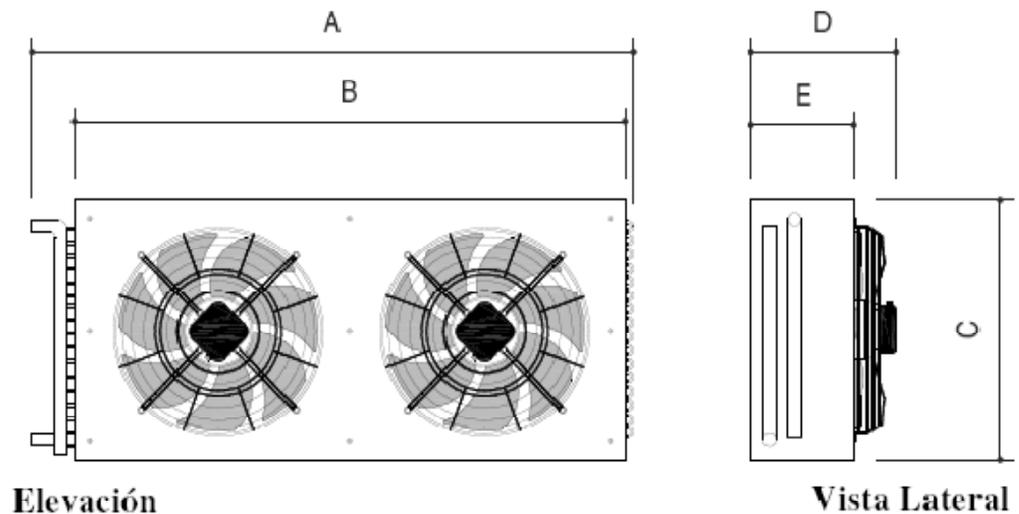
Toda energía absorbida por el sistema de refrigeración más el calor equivalente de la energía mecánica requerida para hacer funcionar el sistema, deben eliminarse por el condensador.

El condensador es otro de los componentes del sistema: transfiere el calor de un lugar donde no se le desea a un lugar donde no estorbe; transfiere el

calor del refrigerante a un medio que pueda absorberlo y pasarlo a un punto de eliminación final. El condensador es el punto final que evacúa el calor del sistema de refrigeración.

El condensador seleccionado es el modelo CA-403-66 y es del tipo enfriado por aire, las características de rendimiento se encuentran en la tabla de condensadores. El tamaño se puede observar en la figura 17, las letras se refieren a la tabla de condensadores.

Figura 17. Condensador



Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

4.6.2. Compresor

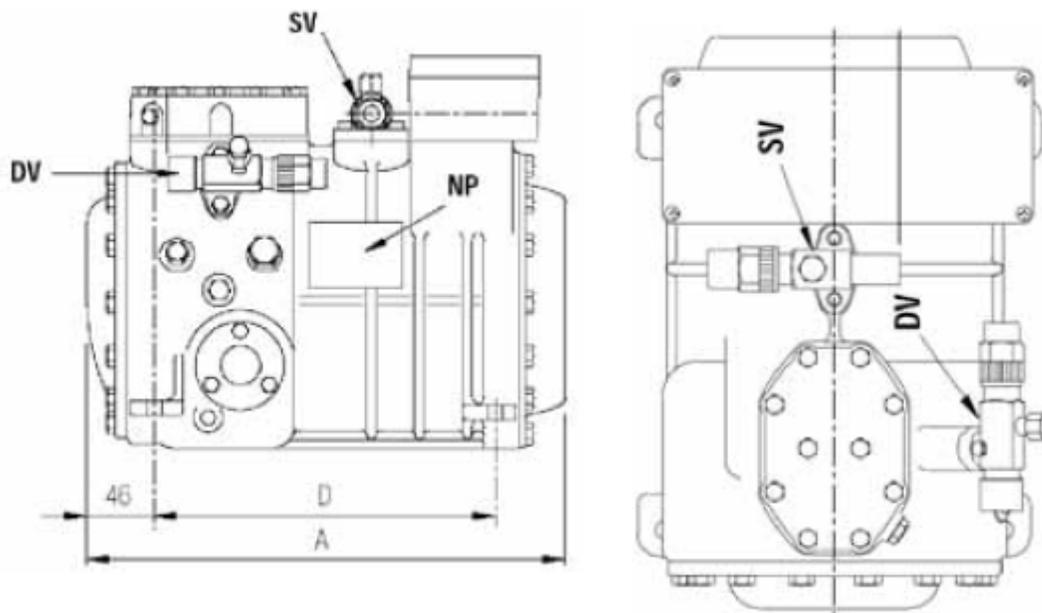
El compresor tiene dos funciones principales en el ciclo, se clasifica siempre como el corazón del sistema, porque es el que hace circular al refrigerante. Las funciones que lleva a cabo son:

- a. Recibir o succionar el vapor de refrigerante del evaporador, de modo que se puedan mantener en él la temperatura y presión deseadas.
- b. Aumentar la presión del vapor de refrigerante mediante el proceso de compresión, y en forma simultánea aumentar la temperatura del vapor para que ceda su calor al medio de enfriamiento del condensado.

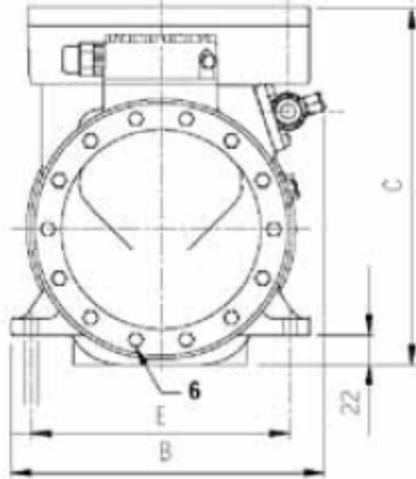
El compresor seleccionado es tipo recíprocante, porque son los más utilizados.

Las características de rendimiento las se pueden observar en la tabla 12 de especificaciones de compresores, ya que el compresor propuesto es el modelo S-15-51Y, el tamaño físico lo se pueden observar en la tabla de tamaños de compresores.

Figura 18. Compresor



Continúa figura 18



DV= válvula de descarga

SV= válvula de succión

Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

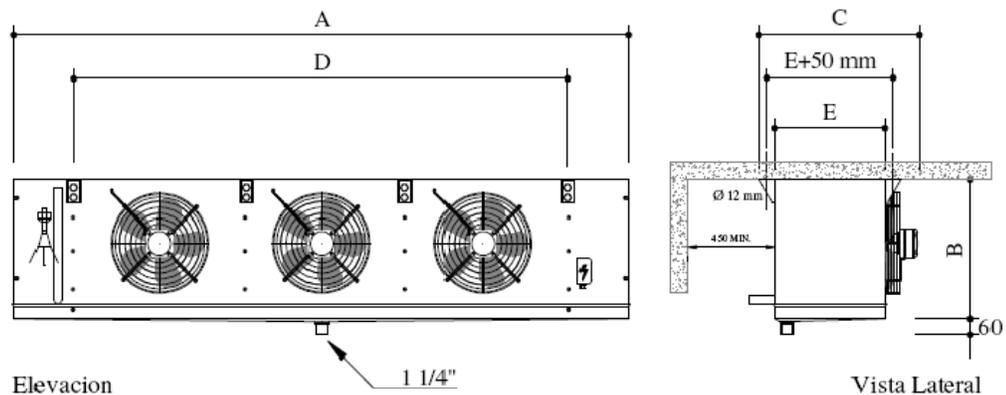
4.6.3. Evaporador

El evaporador es la parte del sistema de refrigeración en la que el refrigerante pasa de líquido a vapor mediante el proceso de evaporación.

Éste se lleva a cabo cuando el calor del producto o la carga son absorbidos por el refrigerante en el evaporador. Los evaporadores pueden ser de tres tipos: tubos desnudos, tubos aleteados y placas.

El evaporador seleccionado es el modelo IC-506, las características principales se encuentran en tabla 13 de evaporadores y sus dimensiones a continuación.

Figura 19. Evaporador



Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

4.6.4. Válvula de expansión

La válvula de expansión debe realizar dos funciones en un sistema de compresión de vapor.

- a. Debe regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda.
- b. Debe crear una caída de presión, desde el lado de alta al lado de baja del sistema.

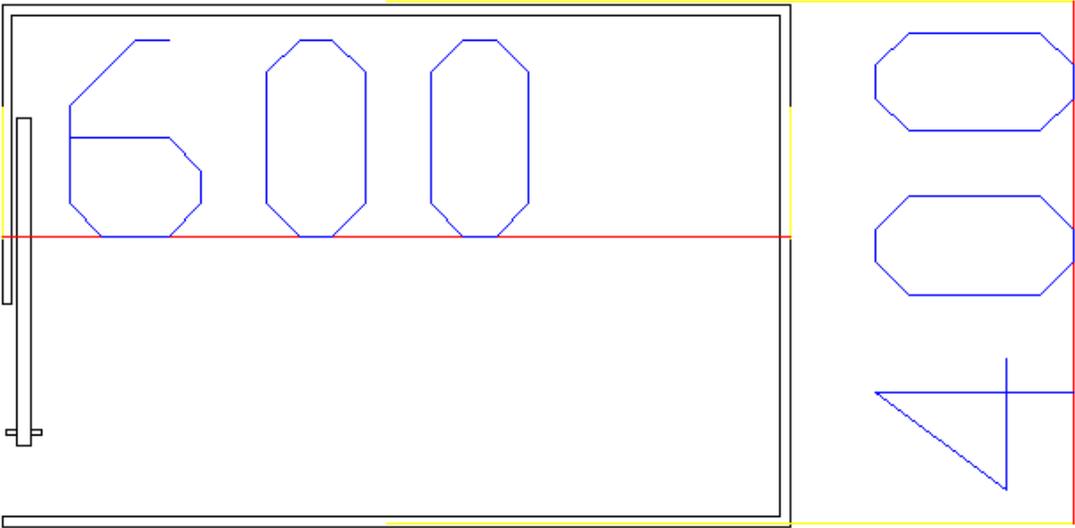
Esta caída de presión expande el refrigerante que fluye, haciendo que una pequeña cantidad se evapore, de manera que se enfríe hasta la temperatura de evaporación.

La válvula de expansión seleccionada es el modelo TN2, las características las muestra la tabla de válvulas de expansión termostáticas.

4.7. Elaboración del plano

Figura 20. Plano 3

(dimensionales en cm)



Fuente: elaboración propia.

5. NORMAS Y SEGURIDAD EN LOS CUATROS FRÍOS

Es el conjunto de normas y seguridad a seguir dentro del cuarto frío para funcionamiento del mismo y seguridad de la persona.

5.1. Normas

En esta sección se hace una descripción de las normas para la protección de los cuartos fríos y sus equipos, y en la importancia se explicará el motivo de las normas.

5.1.1. Descripción

- a. No dejar abierta la puerta del cuarto frío
- b. No dejar encendidas las luces del cuarto frío
- c. Permanecer dentro del cuarto frío el menor tiempo posible
- d. No sobrecargar la capacidad del cuarto frío
- e. No colocar las tarimas pegadas a la pared, o a otras tarimas
- f. Cuando se ingrese en el cuarto frío fijarse que las cortinas queden hacia abajo
- g. Para ingresar al cuarto frío es necesario tener redecilla y bata de trabajo

5.1.2. Importancia

En esta sección, se hace mención de la importancia de las normas para que funcione correctamente el cuarto frío con las menores pérdidas.

- a. Con la puerta abierta se incrementa el aire infiltrado dentro del cuarto frío, y el cuarto frío tendrá que enfriar el nuevo aire, esto requiere más trabajo del compresor y se pierde parte de la vida útil del equipo de refrigeración
- b. Las luces crean las cargas de calor
- c. Al igual que las luces, una persona provoca una carga más de calor, que tiene que ser enfriada, aparte de esto a la mayoría de personas puede provocarle problemas respiratorios el aire frío.
- d. Si se pasa de carga calculada para el cuarto frío aun se cuenta con el factor de seguridad, lo mejor es trabajar a condiciones de diseño
- e. Si se colocan las tarimas pegadas a la pared o a otras tarimas, la circulación de aire va a ser insuficiente y no se enfriará el producto como se desea
- f. Si las cortinas no quedan hacia abajo, también producirá una infiltración de aire mayor
- g. Como se trabaja con vegetales, es necesario tener normas de limpieza, para evitar problemas con auditorias

5.2. Seguridad de los cuartos fríos

La seguridad es importante para evitar accidentes, en esta sección se describen recomendaciones respecto a los refrigerantes y equipos de refrigeración.

5.2.1. Descripción

El técnico de refrigeración debe prestar atención a una cantidad de detalles y tener presente que los sistemas de refrigeración son instalaciones complejas, donde es necesario poseer conocimientos de electricidad, mecánica, conservación del medio ambiente, medidas de seguridad personal, control de riesgos, para entender realmente lo que allí sucede y las consecuencias de trabajar en refrigeración empíricamente.

En primer lugar, debe proceder de acuerdo con principios de seguridad, puesto que las normas establecidas le protegen a él contra accidentes de trabajo y previenen que sus actos puedan afectar a terceros o causar daños materiales.

En segundo lugar debe tomar conciencia de la necesidad de corregir hábitos de trabajo que, si bien hasta ahora le han dado resultado, puesto que el usuario final normalmente acepta como buena una reparación que a simple vista produce el resultado esperado (enfriar algo), y ello es suficiente para cobrar por su trabajo. En realidad, si el servicio no se ha hecho según las normas, respetando todas las especificaciones del fabricante y en caso de modificaciones necesarias, aplicando los conocimientos técnicos necesarios para una decisión correcta; está abusando de la confianza del cliente y causando un daño al ambiente.

En este contexto, es necesario que se entienda que la aplicación de buenas prácticas es imprescindible para que los equipos alcancen su vida útil esperada y el número de reparaciones necesarias sea el mínimo posible, a excepción del imprescindible mantenimiento preventivo.

Con relación a la protección de la capa de ozono, principalmente, es importante que el técnico, tome conciencia y actúe de tal manera de prevenir fugas de refrigerante empleando buenas técnicas de disposición y distribución de tuberías, buenas técnicas de conexión de tuberías, buenas técnicas de soldadura, buenas técnicas de amortiguación de vibraciones y en general, buenas prácticas de diseño de circuitos de refrigeración.

Adicionalmente se deben aprender técnicas de servicio que reduzcan significativamente la cantidad de gases refrigerantes que se expelen durante los procedimientos de servicio y mantenimiento. En todos estos casos, es el técnico de servicio el que tiene en sus manos la decisión de contribuir a la solución de un problema o ser parte de este.

Cada técnico puede pensar que la cantidad de refrigerante que él deja escapar en un servicio es insignificante y que por lo tanto, no es grave. Este es un error de interpretación que se debe corregir porque el problema es la suma de todas esas "insignificantes" cantidades que cada uno (y son unos cuantos miles) de los técnicos aporta, día tras día al problema.

Para ayudarle a mejorar el desempeño de las técnicas se han recopilado las siguientes recomendaciones, basadas en la experiencia y que, de aplicarse a conciencia, pueden ser de gran ayuda para reducir notablemente la cantidad de SAO y otros gases refrigerantes que contribuyen al calentamiento global, que se liberan a la atmósfera, así como a mejorar las condiciones de seguridad.

Se hace hincapié en el aspecto seguridad pues es considerado necesario ir creando conciencia de seguridad en la profesión, con vistas al futuro posible empleo de sustancias [HC] cuyo uso va a generar situaciones de riesgo que ameritan una profunda conciencia de seguridad.

Para una correcta interpretación de la gran mayoría de estas recomendaciones es evidente que es imprescindible tener conocimientos de refrigeración más allá de los adquiridos empíricamente.

5.2.2. Importancia de las normas de seguridad

a) Seguridad personal

- Seleccione, verifique y emplee equipos de seguridad y protección personal adecuados.

Durante las actividades laborales normales el operador de equipo o técnico de servicio debe disponer de, y emplear, equipo de protección personal adecuado y verificar su efectividad antes de emplearlo.

El equipo de protección personal debe ser empleado donde quiera que exista un riesgo, pero su uso no implica descartar la necesidad de adopción de prácticas seguras de trabajo, de tal manera que las prendas de protección personal constituyan tan sólo una medida de precaución adicional, un refuerzo a la seguridad del operario, no su única defensa.

- Efectúe su trabajo teniendo en cuenta todas las exigencias de seguridad personal y de prevención de riesgos, lo cual incluye verificar si se requieren permisos de la empresa o de las autoridades para ciertos tipos de tareas de alto riesgo.

En proyectos de grandes dimensiones a menudo existen reglas que exigen se realice una evaluación de riesgos previa al comienzo de una obra. En algunos casos, tales como trabajos de soldadura o que involucren interrupciones del

servicio eléctrico, será necesario verificar que tales operaciones sean previamente autorizadas, particularmente si ello pudiese crear situaciones de riesgo a terceros en las áreas de trabajo. La evaluación previa de riesgos es un proceso que suele surgir naturalmente del sentido común y lo lógico es que su práctica se formalice de manera que la seguridad se convierta en un elemento clave de la práctica en el oficio de la refrigeración.

b) Riesgos para la salud

Los principales riesgos para la salud, que se corren durante el empleo de gases refrigerantes son:

- Asfixia, debido a que los vapores son más pesados que el aire.
- Generación de vapores irritantes o tóxicos si se enciende una llama en presencia de vapores de refrigerante.
- Quemaduras por congelamiento causadas por contacto de alguna parte desprotegida del cuerpo con refrigerante líquido o en fase de evaporación.

c) Equipo de protección personal y recomendaciones adicionales

- Cuando las concentraciones de vapores pudieran alcanzar valores elevados será necesario el empleo de equipo de asistencia respiratoria
- En ocasiones puede ser necesario interrumpir la alimentación eléctrica de otros sistemas, además del equipo, así como otras potenciales fuentes de ignición en los casos en que corresponda
- Disperse nubes de vapores con agua rociada
- Las herramientas y equipos deben ser intrínsecamente seguros
- El equipo eléctrico debe tener su aislamiento íntegro y estar aterrado (conectado a tierra) para prevenir la acumulación de carga estática.

- Condiciones que dan lugar a situaciones de riesgo en términos de inflamabilidad, combustibilidad, concentraciones porcentuales que deben evitarse, fuentes potenciales de ignición y acciones a tomar en caso de fugas y derrames
- Antes de entrar en un espacio en donde pudiera haber altas concentraciones de refrigerante, es recomendable verificar esta condición empleando un detector de fugas confiable. En sótanos y cuartos de máquinas dispuestos en recintos cerrados existe mayor probabilidad de altas concentraciones de refrigerante por cuanto los CFC, HCFC, HFC y HC son más pesados que el aire y por lo tanto tienden a descender
- Antes de efectuar trabajos que impliquen la necesidad de trabajar con la cabeza dentro de la tina de un gabinete exhibidor horizontal verifique que no exista concentración de refrigerante en esta. Si tiene dudas, es preferible dejar el detector de fugas encendido y con el sensor en el punto más bajo de la tina de manera de recibir una advertencia en caso de que se produzca una fuga que pudiera acumularse allí
- Algunos refrigerantes se tornan combustibles cuando se los mezcla con aire a cierta presión.

Tome precauciones cuando recupere refrigerantes de sistemas que hayan presentado fugas.

Los hidrocarburos son inflamables en aire en concentraciones a partir de valores tan bajos como 1,8% en volumen con respecto a éste. A partir de este punto, cualquier fuente de ignición, llamas, chispas por descarga de estática o arcos eléctricos pueden iniciar la reacción. En el caso de una fuga o derrame asegúrese de que las fuentes potenciales de ignición sean aisladas, retiradas o extinguidas inmediatamente, ventile el área exhaustivamente y prevenga a las personas que se encuentren en las cercanías, evitando desatar el pánico.

d) Carga de refrigerante en un sistema

Razones para asegurarse de la integridad, hermeticidad y limpieza de los sistemas.

Es esencial que los sistemas sean lo suficientemente resistentes, desde su diseño y construcción, para soportar las máximas presiones de operación predecibles; suficientemente herméticos para garantizar la inexistencia de fugas del fluido refrigerante, particularmente si es una SAO, puesto que las fugas conducen a pérdidas de eficiencia energética y a fallas en los sistemas que por supuesto cuestan dinero y finalmente; suficientemente limpios de tal manera que ni el refrigerante ni el lubricante se contaminen al ser agregados al sistema.

e) Procedimientos de prueba de resistencia, presión y fugas

Las pruebas de resistencia deben efectuarse con nitrógeno libre de oxígeno a una presión igual a 1,3 veces la Máxima Presión de Trabajo, durante un tiempo lo suficientemente largo que nos permita asegurar que el sistema no ha sufrido deformación u otro tipo de cambios no predecibles.

Las pruebas de presión y búsqueda de fugas deben efectuarse con nitrógeno libre de oxígeno a una presión que sea por lo menos 1,1 veces la Máxima Presión de Trabajo, y nuevamente, durante un tiempo suficientemente largo que nos permita verificar que no haya una reducción en la presión que sería indicativa de una fuga.

En caso de fugas muy difíciles de detectar se puede utilizar, como último recurso, el procedimiento de localización de fugas consistente en agregar a la

carga de nitrógeno trazas de vapor de refrigerante, y emplear un detector electrónico adecuado para el refrigerante que se utilizará en el sistema.

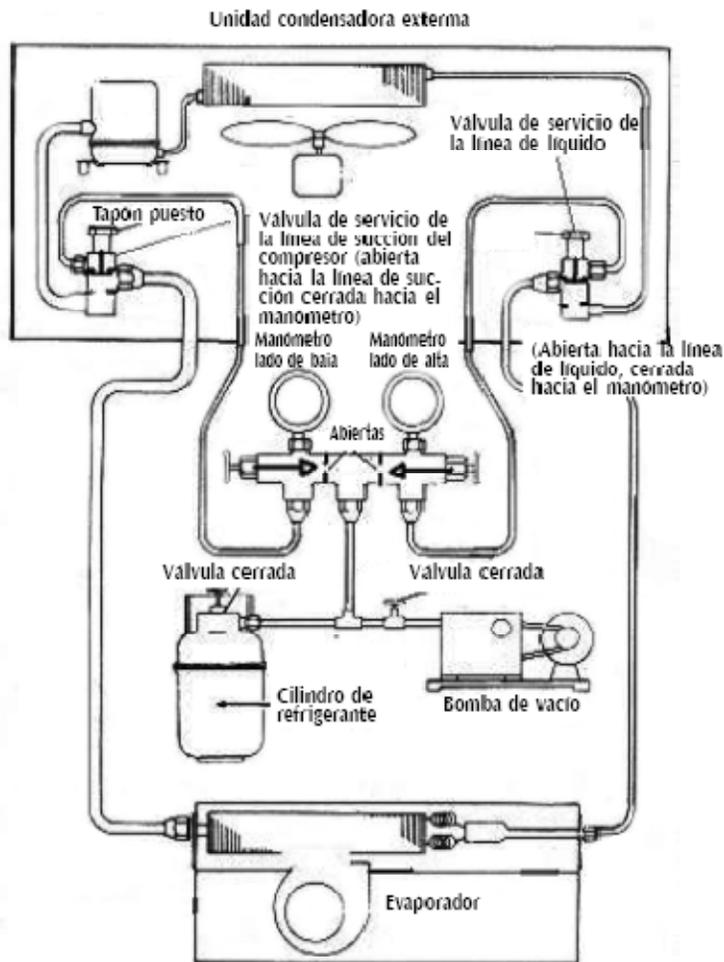
Cuando se efectúen pruebas de fugas en sistemas que ya hayan sido cargados con refrigerante, recuerde que éstos son más pesados que el aire y será más probable detectar su presencia en la parte inferior del componente examinado (si las fugas son pequeñas).

e.1) Procedimiento para conexión y desconexión del juego de manómetros a un sistema dotado de válvulas de servicio de alta y baja presión, sin perder refrigerante.

Condiciones iniciales de las válvulas, las válvulas de servicio están con sus tapones roscados metálicos puestos y con sus émbolos en la posición que bloquea la conexión de servicio y totalmente abierta la conexión de las líneas de refrigerante a la succión y descarga del compresor, respectivamente.

El juego de manómetros de tres vías y dos válvulas, tiene sus mangueras conectadas y abiertas las válvulas de alta y baja presión.

Figura 21. Condiciones de las válvulas



Condiciones iniciales de las válvulas para minimizar fugas de refrigerante.

Fuente: Manual de buenas prácticas de refrigeración.

f) Procedimiento para conectar el juego de manómetros

- Remover los tapones de las conexiones de servicio, tanto en las válvulas de servicio en el compresor como en el tanque receptor;

- Cerciorar que las válvulas del juego de manómetros estén ambas abiertas (girando ambas en sentido anti horario);
- Conectar las mangueras en los puntos de baja y alta del sistema y la manguera central a una bomba de vacío para extraer los gases no condensables (GNC) de las mangueras y el cuerpo del juego de manómetros;
- Efectúe un vacío y cierre las válvulas del manómetro en sentido horario;
- Verificar que la válvula de servicio [de una vía] que conecta el tanque receptor con la línea de líquido del sistema esté abierta totalmente (debe estar totalmente girada en sentido anti horario);
- Verifique que las válvulas del manómetro estén cerradas (girando el vástago en sentido horario);
- Girar media vuelta en sentido horario las válvulas de servicio de succión y descarga, [lo cual las abre parcialmente y conecta el sistema al juego de manómetros];
- Verifique las presiones de trabajo y ponga en marcha la máquina (en caso de que haya estado detenida);
- Preparar para apagar la máquina en caso de observarse alguna condición que indique falla o alguna fuga en las conexiones de servicio efectuadas;
- Al terminar la medición, cerrar las válvulas de servicio de succión y descarga del sistema, retire las mangueras del sistema siguiendo el procedimiento descrito a continuación.

Conectar mangueras del juego de manómetros y aparatos de carga de tal manera de minimizar la contaminación por pérdida de gas a la atmósfera y los riesgos personales y de daños a la propiedad.

Cuando sea necesario purgar una manguera, asegurar que contenga sólo vapor a la menor presión posible, nunca líquido.

g) Procedimiento para desconectar el juego de manómetros

- Cerrar totalmente (en sentido anti horario) la válvula de servicio ubicada en la línea de descarga;
- Asegurar de que el punto de conexión central del manómetro esté cerrado y luego abra ambas válvulas (alta y baja presión) en el juego de manómetros para reducir cualquier presión de descarga que pudiera haberse acumulado;
- Cerrar ambas válvulas (alta y baja presión) en el juego de manómetros;
- Desconectar la manguera desde el juego de manómetros a la descarga; ponga en su sitio el tapón de la válvula de descarga;
- Cerrar totalmente (en sentido anti horario) la válvula de servicio ubicada en la línea de succión y desconecte la manguera:
- Poner en su sitio el tapón de la válvula de servicio de succión;
- Verifique que no hayan quedado fugas en las válvulas:

Desconectar manómetros, mangueras, equipo de recuperación y cilindro, minimizando pérdidas a la atmósfera y riesgos de daños a la salud y a la propiedad.

h) Identificar el tipo de refrigerante y su estado (líquido o vapor)

Frecuentemente, no es posible distinguir entre tipos de refrigerantes debido a que numerosos sustitutos de CFC poseen relaciones presión-temperatura muy similar y cuando se trate de sustitutos no definitivo o temporal no habrá cambios en los dispositivos que pudieran ser indicativos. Por ejemplo: puede ser que se esté empleando el mismo compresor/unidad condensadora, válvula de expansión, aceite. Un cambio en el tipo de desecante pudiese ser un indicativo de que ha habido un cambio, pero no necesariamente a cuál

refrigerante. ¡La única manera de saber qué refrigerante hay en el sistema dependerá de las etiquetas que hayan sido estratégicamente colocadas, originalmente por la fábrica del equipo y posteriormente, si se efectuó un cambio, por el técnico que lo realizó!

Las etiquetas son esenciales para prevenir la formación de mezclas extrañas que se convertirán en productos destinados a su destrucción.

Una vez identificado el refrigerante, es necesario determinar su estado: líquido, vapor o ambos. Para ello se deben medir las presiones en los manómetros conectados al sistema y la temperatura del fluido por medio de termómetros o termocuplas y con estos datos consultar la Tabla presión-temperatura para ese fluido en particular. De tablas pueden obtenerse los diversos estados de un determinado fluido, dependiendo de los valores de presión y temperatura obtenidos de las lecturas, si está saturado, o sea líquido y vapor presente, entonces la presión y temperatura deberán ser consistentes con la condición saturada.

Si la lectura de presión del refrigerante es menor que la presión de saturación para su temperatura, entonces está en estado de vapor sobrecalentado en el sistema

Identifique la condición del refrigerante:

Sub enfriado, saturado o sobrecalentado usando manómetro y termómetro la presión y temperatura del refrigerante son comparadas con la presión y temperatura de saturación.

- Si la temperatura es inferior a la de saturación, el producto está en estado de líquido subenfriado
- Si coexisten líquido y vapor a una misma temperatura y presión, estamos en presencia de un producto en su condición de saturación
- Si el vapor ha sido calentado por encima de su temperatura de saturación y por lo tanto no contiene líquido, es llamado vapor sobrecalentado
- Cuando esté efectuando una carga con una mezcla zeotrópica en fase líquida por el lado de baja presión del sistema, para alcanzar el nivel correcto de carga.

Mientras que la práctica normal es cargar líquido en el lado de alta presión del sistema con el compresor detenido, cuando se debe agregar una pequeña cantidad de refrigerante para ajustar una carga insuficiente, es más práctico agregar vapor por el lado de succión del sistema.

Con mezclas zeotrópicas es necesario extraer el refrigerante del cilindro en su fase líquida para evitar cambios en las concentraciones relativas de los componentes de la mezcla, tanto en el cilindro como en la carga que se esté efectuando. Una carga de líquido por el lado de baja de un sistema debe hacerse con extremo cuidado. El mejor método consiste en emplear un juego de manómetros de servicio, utilizando las válvulas del cuerpo de distribución del juego de manómetros para inyectar, por pulsos, el líquido en la línea de succión poco a poco, observando al mismo tiempo la temperatura en la línea de succión del compresor y la manguera de conexión desde el juego de manómetros al sistema.

Desde el cilindro debe salir líquido, pero en la maniobra no debe permitirse que el refrigerante llegue al compresor en este estado pues puede dañarlo.

El punto a enfatizar es la habilidad para extraer líquido del cilindro y convertirlo en vapor antes de que llegue a la succión del compresor. Existen dispositivos para cargar líquido en la línea de succión que dosifica la entrega, vaporizándolo antes de su entrada al sistema.

i) Separación diferencial en mezclas zeotrópicas y los efectos que esto puede tener durante el proceso de carga.

Las mezclas zeotrópicas tienen proporciones de componentes en fase líquida, diferentes a las que mantienen en fase vapor; esto significa que las concentraciones de los productos químicos constituyentes son presumiblemente distintas en los vapores en la parte superior del cilindro con respecto al líquido en la parte de abajo. A menos que todo el contenido del cilindro se vacíe y transfiera al sistema de refrigeración en una sola operación, será necesario que la transferencia se efectúe en la fase líquida, ya sea invirtiendo el cilindro o utilizando la válvula de líquido. Si se omite esta exigencia, la consecuencia será un sistema que no alcanzará la eficiencia esperada y simultáneamente cambiará la composición química del refrigerante restante en el cilindro, convirtiéndolo en una sustancia inútil.

j) Riesgos potenciales que se pueden presentar cuando se cargan mezclas zeotrópicas refrigerantes en sistemas.

A medida que se extiende el uso de mezclas zeotrópicas, la carga en fase líquida se hace cada vez más imprescindible y aumenta el riesgo de pérdidas de refrigerante líquido que pueden causar quemaduras.

Se deben tomar las precauciones necesarias, verificando mangueras, manómetros y puntos de acceso antes de cargar y se debe usar equipo de protección personal, además de las medidas preventivas adecuadas.

k) Cómo saber cuando se ha completado la carga

- La cantidad correcta, por peso, ha sido transferida al sistema
- Las temperaturas de evaporación y condensación son las correctas para esa aplicación, [Verificadas por medio de los manómetros del sistema]
- Se observa la presencia permanente de líquido a la entrada del dispositivo de expansión, [mediante la observación del visor de la línea de líquido]
- Los productos refrigerados alcanzan y mantienen la temperatura de conservación especificada.

l) Acciones a desarrollar si se descubre una fuga después de haber desconectado las mangueras del juego de manómetros.

Una vez desconectadas las mangueras de un sistema es indispensable efectuar una búsqueda exhaustiva de fugas. Cualquier fuga detectada debe ser eliminada inmediatamente y el sistema revisado nuevamente. Por supuesto, el sistema ya habrá sido verificado exhaustivamente antes de la carga de refrigerante; sin embargo, es posible que se generen fugas por el simple hecho de desconectar las mangueras del sistema.

Emplee tapones roscados y con sello.

Recuerde reponer y ajustar los tapones en las conexiones de servicio del sistema después de haber efectuado un servicio. Si encontró que la conexión

no estaba protegida con su tapón o que éste no está en buen estado, coloque usted uno nuevo que tenga su sello en buen estado.

m) Identificar el sistema en el que haya efectuado un servicio y sustituido el refrigerante

Se debe colocar etiquetas que indiquen claramente todos los cambios efectuados: refrigerante, lubricante, filtro secador, dispositivo de expansión y cualquier otro componente pues las alternativas que presentan los HFC y los nuevos refrigerantes sustitutos permanentes dan lugar a distintas opciones.

Recuerde que quien vaya a prestar servicio a ese sistema después de usted, dependerá de esa información para hacer bien su trabajo.

n) Riesgos que presentan los hidrocarburos [HC] y mezclas que contienen hidrocarburos cuando son empleados como refrigerantes

Estos productos representan un riesgo severo de explosión. Los vapores son más pesados que el aire y por lo tanto pueden extenderse a nivel de piso hasta alcanzar un sitio donde entre en contacto con una fuente de ignición y luego retornar como una deflagración.

Los límites de inflamabilidad varían, de acuerdo al producto, entre 1,85% y 10,2% en volumen relativo al de aire.

La inflamabilidad es un factor de consideración primordial en el caso de los hidrocarburos y todas las fuentes de ignición deben ser aisladas, retiradas o extinguidas durante el proceso de carga.

Con temperaturas de ignición entre 365°C y 500°C, debe tenerse sumo cuidado cuando se esté trabajando en las proximidades de sistemas cargados con hidrocarburos. Las precauciones deben extremarse cuando se estén efectuando operaciones de soldadura y desoldado de tuberías.

ñ) Manejo, uso y almacenaje seguro de gases comprimidos

Las recomendaciones que a continuación se mencionan aplican tanto para cilindros de gases vírgenes como para cilindros cargados con gas recuperado no re generable con las precauciones adicionales asociadas al manejo de sustancias que pueden ser de naturaleza ácida.

Para realizar el transporte de cilindros, deben ser seguros, estar claramente identificado y sellado, sin riesgos de fugas a la atmósfera y cumplir con toda la regulación establecida en el país para tal actividad.

ñ.1) Recomendaciones para el manejo y uso

- Utilice guantes de trabajo adecuados para la tarea
- Emplear medios de auxilio mecánicos tal como montacargas u otros dispositivos adecuados para el transporte de contenedores pesados, aún en distancias cortas
- No remover las cubiertas protectoras de las válvulas (cuando ellas formen parte del cilindro) hasta que el cilindro haya sido sujetado a una base firme que garantice su estabilidad
- Cuando las situaciones así lo requieran, emplee protecciones corporales para ojos y cara. La selección práctica entre lentes de seguridad, antiparras para protección contra sustancias químicas y máscara facial

completa dependerá de la presión y naturaleza del gas conque se esté trabajando

- Cuando se esté operando con gases tóxicos, asegurarse de tener a mano equipos portátiles de respiración asistida por presión positiva o un respirador de aire conectado a una línea de aire en las cercanías del área de trabajo
- Verificar la presencia de fugas de gases empleando métodos adecuados (existen en el mercado monitores de gases inflamables y gases tóxicos)
- Verificar la existencia de una cantidad de agua suficiente para prestación de primeros auxilios, combate de incendios o dilución de materiales corrosivos en casos de derrames o fugas
- Emplear reguladores de presión a la salida de los cilindros de gas a alta presión cuando se esté trasegando el contenido a un sistema que está diseñado para trabajar en un rango de presiones inferior al del gas contenido en el cilindro de origen
- No permitir que un gas en su fase líquida quede atrapado en determinadas partes de un sistema pues esto puede provocar una ruptura hidráulica.
- Antes de conectar un cilindro para cargar un sistema, verificar la imposibilidad de que se produzca un retorno desde el sistema hacia el cilindro
- Asegurar de que los sistemas eléctricos en el área cumplan con las normas aplicables para cada tipo de gas
- No emplear llama directa y dispositivos de calentamiento eléctrico para aumentar la temperatura de un cilindro. La máxima temperatura que puede aplicarse a un cilindro es 45°C
- No intentar re-comprimir un gas o una mezcla de gases de un contenedor sin consultar al proveedor

- No intentar trasegar gases de un contenedor a otro a menos que haya obtenido previa autorización de su proveedor y conozca los riesgos asociados con esa tarea
- No intentar aumentar la velocidad de transferencia de líquido de un cilindro a otro presurizando el contenedor sin antes consultar con el proveedor
- No usar los cilindros como rodillos o soportes o para cualquier otra función que no sea contener el gas que en él se ha cargado
- No permitir que las válvulas de los cilindros conteniendo oxígeno u otro oxidante se contaminen con aceite, grasa u otra sustancia fácilmente combustible
- Mantener las válvulas de salida de los cilindros limpias y libres de contaminantes, particularmente aceite y agua
- No someter los cilindros a golpes mecánicos que puedan causar daño a sus válvulas o dispositivos de seguridad
- No intentar reparar o modificar las válvulas o dispositivos de seguridad de un cilindro
- Las válvulas que se encuentren dañadas deben ser reportadas al proveedor de inmediato y el cilindro debe ponerse fuera de servicio
- Cerrar la válvula de salida de gas al concluir una extracción, aún cuando el cilindro permanezca conectado a un equipo
- Vuelva a poner en su lugar tapas, tapones de válvulas (cuando ellas hayan sido provistas con el cilindro) tan pronto como éste haya sido desconectado del equipo.

ñ.2) Recomendaciones para el almacenaje de los refrigerantes

- Las áreas de almacenamiento deben ser bien ventiladas y su acceso debe estar restringido a personal autorizado. Deben mantenerse despejadas y estar claramente identificadas como área de almacén y exhibir

señalizaciones indicadoras de los riesgos presentes, según corresponda (inflamables, tóxicos, radioactivos)

- El almacén de cilindros debe ubicarse en un área libre de riesgos de incendio y aislado de fuentes de calor e ignición. Se recomienda designar el sector como "zona de no fumar"

Los cilindros deben estar a resguardo de la radiación solar y las inclemencias atmosféricas

- Los cilindros que se almacenen a la intemperie deben estar adecuadamente protegidos contra la oxidación y condiciones climáticas extremas
- El almacenaje de cilindros debe prevenir condiciones que pudieran generar corrosión de éstos
- Los cilindros almacenados deben estar adecuadamente asegurados para evitar que se caigan o rueden
- Las válvulas de los cilindros deben estar herméticamente cerradas y sus conexiones tapadas o taponadas, si así fuese indicado
- Si el cilindro prevé el uso de una tapa protectora para cubrir la válvula, esta debe estar siempre en su lugar y apropiadamente sujeta al cilindro
- Almacene cilindros vacíos separados de los llenos y estos últimos en orden de antigüedad para que el inventario más antiguo salga primero
- Los cilindros de gases deben ser separados en el área de almacenamiento de acuerdo con su clasificación (tóxicos, inflamables, oxidantes)
- Los gases inflamables deben ser almacenados separados de otros materiales combustibles
- Las cantidades de gases inflamables o tóxicos almacenados deben ser las menores posibles
- Los cilindros de almacenaje deben ser inspeccionados periódicamente en cuanto a su condición general y fugas

- Los cilindros pequeños no deben almacenarse apilados uno sobre otros
- Los cilindros deben almacenarse en posición vertical (a menos que su diseño indique que su posición de almacenaje es horizontal), deben estar sujetos mediante cadenas a puntos de anclaje que los mantengan en la posición predeterminada o, en su defecto, unidos en paquetes estables que se mantengan naturalmente en la posición prefijada
- El almacenaje en posición vertical es el recomendado cuando el diseño del cilindro es para esta posición
- Los cilindros contentivos de refrigerantes están presurizados y siempre deben ser tratados con precaución. Verifique su condición física, válvulas y tapones o precintos antes de manipularlos
- Los cilindros deben estar claramente identificados mediante etiquetas, indicando el contenido y los riesgos relacionados con el producto
- Los cilindros que se almacenen a la intemperie deben estar adecuadamente protegidos contra la oxidación y condiciones climáticas extremas
- El almacenaje de cilindros debe prevenir condiciones que pudieran generar corrosión de éstos
- Almacene cilindros vacíos separados de los llenos y estos últimos en orden de antigüedad para que el inventario más antiguo salga primero
- Cuando los cilindros sean transportados en vehículos deben estar sujetos y protegidos contra daños y el vehículo debe estar adecuadamente ventilado.

ñ.3) Otras recomendaciones de manejo y almacenaje

Para el manejo y almacenaje de gases a alta presión y gases comprimidos en contenedores de traslado, (cilindros) es necesario cumplir con las siguientes recomendaciones prácticas. De acuerdo a diversas características de estos

productos y propiedades individuales y los procesos en que son empleados, que los catalogan en diversas categorías (sustancias corrosivas, tóxicas, inflamables, pirofóricas, oxidantes, radioactivas o inertes), pueden requerirse precauciones adicionales a las aquí mencionadas.

Solamente personal entrenado debe manipular gases comprimidos.

- Observe y acatar todos los reglamentos y requisitos establecidos por las normas con relación al almacenaje de contenedores a presión
- No remover, oculte o dañe las etiquetas provistas en el contenedor para identificar su contenido o prevenir sus riesgos
- Confirmar la identidad del gas antes de emplearlo
- Conocer y comprender las propiedades y riesgos asociados con el uso de un determinado gas antes de emplearlo
- Establecer e implemente planes para cubrir cualquier situación de emergencia que pudiera surgir en relación con el gas en cuestión
- Cuando tenga dudas respecto al manejo y uso adecuado de un gas, contactar a su proveedor para obtener asistencia.

o) Técnicas de trasegado seguras

La práctica de trasegar refrigerante de un cilindro de gran tamaño a cilindros de servicio de menor capacidad es una fuente de riesgos y de posibles descargas de refrigerante a la atmósfera.

Los siguientes puntos deben tener en consideración:

- No exceder la capacidad de carga especificada para un cilindro. Siempre cargue por peso y manteniéndose por debajo del límite de carga antes

- El refrigerante fluirá naturalmente desde un cilindro más caliente a uno más frío. Enfriar el cilindro receptor en un congelador o nevera, jamás mediante el recurso de purgar su contenido residual a la atmósfera
- Emplear mangueras de trasegado lo más cortas posibles e inspeccionarlas regularmente.

p) Más consideraciones de buenas prácticas en refrigeración

Muchos de los procedimientos que reconocemos como buenas prácticas en refrigeración son ya de uso cotidiano por los técnicos preparados y con elevado sentido de responsabilidad profesional. Otros, introducidos por el desarrollo de nuevas herramientas, pueden necesitar de algún cambio en los procedimientos habituales.

- Los condensadores sólo pueden limpiarse externamente empleando solventes químicos adecuados a los materiales, sistemas de limpieza al vapor, aspiradoras y brochas y en última instancia sopleteados con nitrógeno. Jamás usar refrigerante para esta operación
- Cuando se descubra que un sistema tiene una fuga, esta debe ubicarse y repararse antes de proceder a cargarlo con refrigerante. Si la carga total del sistema se ha perdido, se debe utilizar nitrógeno para la presurización y prueba de fugas para posteriormente evacuarlo y hacer una segunda prueba de hermeticidad en vacío
- La prueba de detección de fugas en sistemas que aún no hayan sido cargados debe hacerse empleando nitrógeno seco libre de oxígeno o nitrógeno con trazas de R22, cuando las condiciones de trabajo así lo recomienden, jamás con refrigerante puro

- En la etapa de especificación y diseño de sistemas debe tomarse en consideración minimizar la posibilidad de fugas que pudieran presentarse a futuro, recurriendo, por ejemplo, a especificar conexiones soldadas con preferencia a conexiones roscadas, pues es un hecho que existe mayor posibilidad de fugas en estas últimas
- Siempre que sea posible deben emplearse sustancias inocuas para la capa de ozono y del menor índice de calentamiento global posible.
- Son más seguras las conexiones soldadas que las conexiones roscadas.
- Los puntos de conexión a un sistema deben ser preferiblemente protegidos con tapas de metal puesto que las de plástico son menos confiables
- Siempre que el diseño del sistema lo permita debe incluir la opción de comprimir el gas del sistema en un tanque acumulador de líquido, donde se pueda acumular toda la carga mientras se efectúan operaciones de mantenimiento o servicio
- El tamaño del tanque acumulador de líquido de un sistema debe ser suficiente para contener la carga total del sistema.

CONCLUSIONES

1. El calor fluye en una sola dirección, que va desde lo caliente hacia lo frío, a partir de este principio se logra manejar la temperatura de un cuarto frío.
2. Los condensadores, al igual que los evaporadores, no son más que los medios de transferencia de calor de un lugar a otro, los cuales ya vienen diseñados para manejar una determinada capacidad de carga térmica.
3. Los refrigerantes son productos químicos que tienen ciertas características que les permiten absorber calor a una temperatura y presión determinada y de eliminar dicho calor a otra presión y temperatura de condensado.
4. Para el cálculo de cargas térmicas de un recinto, debe tenerse cuidado de recopilar la información necesaria del ambiente, del producto y de los materiales, con que se construye el recinto, sin olvidar la aplicación de frío que se le pretende dar al producto a refrigerar.
5. Se puede observar que las industrias donde se equipa al personal con su correspondiente equipo de protección y que cuenta además con una señalización adecuada para la limitación de áreas de alto riesgo, extintores, salidas de emergencia y otros, son industrias que mantienen una buena confiabilidad en su producción.

RECOMENDACIONES

1. Si en la industria se cuenta con equipos de modelos atrasados, hacer el cambio a unidades con compresores semiherméticos, ya que son los que cuentan con la mayor eficiencia en el mercado.
2. Tener presente el tipo de refrigerante a utilizar, según la aplicación, se debe tener presente, no sólo sus características de temperatura, sino también el grado de toxicidad e inflamabilidad que éstos pueden tener, para con ello tomar las medidas de seguridad en la utilización de determinado refrigerante.
3. Cuando se pretende cambiar un accesorio determinado de una unidad frigorífica, se debe cuidar la selección del mismo, éstos están calibrados para una determinada capacidad de toneladas de refrigeración.
4. En todo tipo de industria, equipar al personal con equipo de protección, puede evitar accidentes que producen incapacidad a los trabajadores, colocando la señalización necesaria para la limitación de las áreas de alto riesgo, con ello se estará garantizando la productividad de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Angelfire. *Documento: especificaciones de paneles de poliuretano* [en línea]. [ref. 14 mayo de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/cuartos.htm>>.
2. Antartic refrigeración Ltda. *Catálogo* [en línea]. [ref. 16 mayo de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.antartic.cl/FrameSet-15.htm>>.
3. Fanosa, S.A. *Documento: estrategias en el diseño de cuartos fríos* [en línea]. [ref. 28 mayo de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.fanosa.com/insulpanel/index.html>>.
4. JENNIGS, Burgess; LEWIS, Samuel. *Aire acondicionado y refrigeración*. México: Continental, 1970. 800 p. ISBN: 968-26-0952-6.
5. *Manual: Mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración* [en línea]. [ref. 16 abril de 2010]. Disponible en Web: <<http://es.scribd.com/doc/11222966/manenimiento-y-reparacion-de-sistemas-de-refrigeracion>>.
6. NORIEGA, David. "Consideración para el diseño de cuartos refrigerados para alta y baja temperatura". Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. 166 p.

7. OCHOA, Douglas. "Instalación de equipos de refrigeración industrial". Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 366 p.
8. PITA, Edward. *Principios y sistemas de generación*. México: Noriega Limusa, 1999. 481 p. ISBN: 968-26-1247-0.
9. PUEBLA, Jorge. *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Venezuela. [en línea]. [ref. 16 abril de 2010]. Disponible en Web: <<http://es.scribd.com/doc/7824661/Manual-de-Buenas-Practicas-en-Refrigeracion>>.
10. RODRÍGUEZ, Luis. *Buenas prácticas en sistemas de refrigeración*. Chile. Chile. [en línea]. [ref. 16 abril de 2010]. Disponible en Web: <<http://es.scribd.com/doc/36682645/Buenas-Practicas-en-Sistemas-de-Refrigeracion-y-Aire-Acondicionado>>.
11. Wikipedia enciclopedia en libre. *Artículo: ejote* [en línea]. [ref. 02 mayo de 2010]. Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>>.

APÉNDICES

1. Espesores de paneles según temperatura

Temperatura de operación °C	ESPESORES											
	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"	
15												
10												
5												
0												
-5												
-10												
-15												
-20												
-25												
-30												

Fuente: www.fanosa.com.

2. Tabla de ganancia de calor por transmisión

Aislamiento (b)		Diferencia de temperatura en °F (temperatura ambiente-temperatura de almacenamiento)																						
Espeor en pulgadas	Factor K @	1	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	
1	0.3	7.2	72	144	216	288	324																	
	0.25	6	60	120	180	240	270	300	330															
	0.2	4.8	48	96	144	192	216	240	264	288	312													
	0.16	3.6	36	72	108	144	162	180	198	216	234	252	269	288	307									
	0.14	3.36	34	67	101	134	151	168	185	202	218	235	252	269	286	302								
2	0.3	3.6	36	72	108	144	162	180	198	216	234	252	270	288	306									
	0.25	3	30	60	90	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300						
	0.2	2.4	24	48	72	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288	300	
	0.16	1.92	19	38	58	77	86	90	106	115	125	134	141	154	163	173	182	192	202	211	221	230	240	
	0.14	1.88	17	34	50	67	78	84	92	101	109	118	126	134	143	151	160	168	176	185	193	202	210	
3	0.3	2.4	24	48	72	96	108	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288	300	
	0.25	2	20	40	60	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	
	0.2	1.6	16	32	48	64	72	80	88	96	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	200	
	0.16	1.28	13	26	38	51	58	64	70	77	83	90	96	102	108	115	122	128	134	141	147	154	160	
	0.14	1.19	11	23	34	45	50	55	62	67	73	78	84	90	95	101	106	112	118	123	129	134	140	
4	0.3	1.8	18	36	54	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216	225	
	0.25	1.5	15	30	45	60	68	75	83	90	98	105	113	120	126	135	143	150	158	165	173	180	188	
	0.2	1.2	12	24	36	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	
	0.16	0.96	10	19	29	38	43	48	53	58	62	68	72	77	82	87	91	96	101	106	111	115	120	
	0.14	0.84	9	17	25	34	38	42	46	50	55	59	63	68	71	75	80	84	88	92	97	101	105	
6	0.3	1.44	14	28	42	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	172	180	
	0.25	1.2	12	24	36	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	
	0.2	0.96	10	19	29	38	43	48	53	58	62	67	72	77	82	88	91	96	101	106	110	115	120	
	0.16	0.78	8	15	23	31	35	38	42	46	50	54	58	61	65	69	73	77	81	84	88	92	96	
	0.14	0.67	7	13	20	27	30	34	37	40	44	47	50	54	57	60	64	67	71	74	77	81	84	
6	0.3	1.2	12	24	36	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144	150	
	0.25	1	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	
	0.2	0.8	8	16	24	32	38	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	
	0.16	0.64	6	13	19	26	29	32	35	38	42	45	48	51	54	58	61	64	67	70	74	77	80	
	0.14	0.56	6	11	17	22	25	28	31	34	36	38	42	45	48	50	53	56	59	62	64	67	70	
7	0.3	1.02	10	20	30	41	46	52	57	62	67	72	77	82	88	93	98	103	108	113	118	124	129	
	0.25	0.85	9	17	26	34	39	43	47	51	56	60	64	68	73	77	81	86	90	94	99	103	107	
	0.2	0.68	7	14	21	27	31	34	38	41	45	48	51	55	58	62	65	69	72	75	79	82	86	
	0.3	0.9	9	18	27	36	41	45	50	54	59	63	67	72	77	81	86	90	95	99	104	108	113	
	0.25	0.75	8	15	23	30	34	38	41	45	49	53	56	60	64	68	71	75	79	83	86	90	94	
9	0.3	0.8	8	16	24	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	
	0.25	0.67	7	13	20	27	30	34	37	40	44	47	50	54	57	60	64	67	70	74	77	80	84	
	0.3	0.72	7	14	21	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86	90	
	0.25	0.5	6	12	18	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	
	0.3	0.65	6.5	13	19.5	26	30	33	36	40	43	46	50	53	56	60	63	66	69	73	76	79	82	
11	0.25	0.5	6	12	18	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	
	0.3	0.9	9	18	27	36	41	45	50	54	59	63	67	72	77	81	86	90	95	99	104	108	113	
	0.25	0.4	4	10	15	20	23	26	28	30	33	36	38	40	43	46	48	50	53	55	58	60	63	

Continuación de tabla de ganancia de calor por transmisión

(a) Para un piso de concreto de 6 a 8 pulgadas de espesor, colado sobre el terreno y sin aislamiento, utilícese la DT entre la temperatura promedio del terreno en el verano y la temperatura local.

(Nota: lo anterior no se recomienda para congeladores o enfriadores que operan cerca de la temperatura de congelación. Se recomienda utilizar pisos aislados en todos los enfriadores y congeladores (utilícese el espesor del aislamiento y la DT del cuarto para determinar la temperatura de la losa).

(b) Aislamiento $k=0.30$, planchas de corcho, lana mineral.

$k=0.25$, fibra de vidrio, espuma de estireno, poliestireno expandido.

$k=0.20$, poliestireno moldeado.

$k=0.16$, uretano esprayado, hojas, losas y paneles de espuma de uretano.

$k=0.14$, paneles de uretano (espumado (expandido) en el lugar).

© factor k en $Btu \cdot h / ft^2 \cdot ^\circ F / in$

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.342.

3. Corrección por efecto solar

Si el cuarto frío estuviera expuesto al sol aquí ésta una tabla, en este caso como y se había indicado tiene un techado de lamina

Tipo de superficie	Pared este	Pared sur	Pared oeste	Techo plano
Superficies de colores oscuros, tales como Techo de pizarra Techos cubiertos con papel alquitranado Pintura negra	8	5	8	20
Superficies de colores intermedios, tales como Madera sin pintar Ladrillo Tejas rojas Cemento oscuro Pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficies de colores claros, tales como Piedra blanca Cemento de colores claros Pintura blanca	4	2	4	9

Grados Fahrenheit que se sumarán a la diferencia normal de la temperatura en los cálculos de las pérdidas de calor a fin de compensar el efecto solar; no deberán usarse en el diseño del aire acondicionado

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.342.

4. Materiales para el aislamiento de cuartos fríos

Material	Densidad lb/pie ³	Temp. media °F	Conduc- tibilidad k	Conduc- tancia C	Resistencia	
					Por pulg	Total
Materiales aislantes						
Manta de lana mineral	0.5	75	0.32		3.12	
Manta de fibra de vidrio	0.5	75	0.32		3.12	
Lámina de corcho	6.5-8.0	0	0.25		4	
Lámina de fibra de vidrio	9.5-11.0	-16	0.21		4.76	
Uretano expandido, R11		0	0.17		5.88	
Poliestireno expandido	1	0	0.24		4.17	
Lámina de lana mineral	15	0	0.25		4	
Aislamiento para techo, 2 pulg		75		0.18		5.56
Lana mineral, empacada floja	2.0-5.0	0	0.23		4.35	
Perlita, expandida	5.0-8.0	0	0.32		3.12	
Materiales de mampostería						
Concreto, arena y grava	140		12		0.08	
Ladrillo común	120	75	5		0.2	
Ladrillo a la vista	130	75	9		0.11	
Bloque hueco, dos celdas, 6 pulg		75		0.66		1.52
Bloque de concreto, arena y grava, 8 pulg		75		0.9		1.11
Bloque de concreto de cenizas, 8 pulg		75		0.58		1.72
Estuco	105	75	5.6		0.18	

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.274.

5. Promedios de infiltración de aire para cuartos fríos

Promedio de cambios de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento a temperaturas mayores de 32°F, debidos a la abertura de la puerta y a la infiltración (a)							
Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.
200	44	800	20	5000	7.2	25000	3
250	38	1000	17.5	6000	6.5	30000	2.7
300	34.5	1500	14	8000	5.5	40000	2.3
400	29.5	2000	12	10000	4.9	50000	2
500	26	3000	9.5	15000	3.9	75000	1.6
600	23	4000	8.2	20000	3.5	100000	1.4
						350000	1.13*
						700000	0.97*

Promedio de cambios de aire por 24 horas en cuartos de almacenamiento a temperaturas menores de 32°F, debidos a la abertura de la puerta y a la infiltración (b)							
Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hrs.
200	33.5	800	15.3	5000	5.6	25000	2.3
250	29	1000	13.5	6000	5	30000	2.1
300	26.2	1500	11	8000	4.3	40000	1.8
400	22.5	2000	9.3	10000	3.8	50000	1.6
500	20	3000	7.4	15000	3	75000	1.3
600	18	4000	6.3	20000	2.6	100000	1.1
						150000	0.88* [©]
						200000	0.77

(a) Para uso intenso, se multiplican los valores anteriores por un factor de servicio de 2. Para un período largo de almacenamiento, se multiplican por 0.6.

(b) Para uso intenso, se multiplican los valores anteriores por un factor de servicio de 2. Para un período largo de almacenamiento, se multiplican por 0.6. Si hay 2 puertas en la misma pared, se multiplican por 1.25. Para el caso de dos puertas situadas en paredes opuestas, se multiplican por 2.5, pero no se deben permitir dos puertas abiertas en paredes adyacentes u opuestas.

© Extrapolado.

Fuente Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.348.

6. Calor removido al enfriar el aire del exterior

Temperatura del cuarto de almacena- miento, °F	Temperatura del aire exterior, °F								Temperatura del cuarto de almacena- miento, °F	Temperatura del aire exterior, °F																							
	85				90					95				100				40				50				90				100			
	Humedad relativa %									Humedad relativa %																							
	50	60	50	60	50	60	50	60		70	80	70	80	50	60	50	60		70	80	70	80	50	60	50	60							
65	0.65	0.85	0.93	1.17	1.24	1.54	1.58	1.95	30	0.24	0.29	0.58	0.66	2.26	2.53	2.95	3.35																
60	0.85	1.03	1.13	1.37	1.44	1.74	1.78	2.15	25	0.41	0.45	0.75	0.83	2.44	2.71	3.14	3.54																
55	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44	20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.62	2.9	3.33	3.73																
50	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65	15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.8	3.07	3.51	3.92																
45	1.5	1.73	1.8	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85	10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.93	3.2	3.64	4.04																
40	1.69	1.92	2	2.26	2.31	2.62	2.67	3.06	5	0.98	1.03	1.34	1.42	3.12	3.4	3.84	4.27																
35	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24	0	1.12	1.17	1.48	1.56	3.28	3.56	4.01	4.43																
30	2	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35	-5	1.23	1.28	1.59	1.67	3.41	3.69	4.15	4.57																
									-10	1.35	1.41	1.73	1.81	3.56	3.85	4.31	4.74																
									-15	1.5	1.53	1.85	1.92	3.67	3.96	4.42	4.86																
									-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.88	4.18	4.66	5.1																
									-25	1.77	1.8	2.12	2.21	4	4.3	4.78	5.21																
									-30	1.9	1.95	2.29	2.38	4.21	4.51	4.9	5.44																

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.348.

7. Tabla característica de enfriamiento de los productos

Producto	Temperatura promedio de congelación °F	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb. °F		Calor latente de fusión BTU/lb.	Calor de evolución BTU por (24 hrs.) (ton) a la temp. indicada	
			Arriba del punto de congelación	Abajo del punto de congelación		°F	BTU
Frambuesa	30.1	82	0.85	0.45	122	40	6800-8500
Fresas	29.9	90	0.92	0.47	129	60	18100-22300
Granadas	28	77	0.87	0.48	112		
Grosella	30.2	84.7	0.88	0.45	120		
Higo(fresco)	27.1	78	0.82	0.43	112		
Higo(seco)		24	0.39	0.27	34		
Limas	29	86	0.89	0.46	122	40	810
						60	2970
Limones	28.1	89.3	0.92	0.46	127	40	810
						60	2970
Mandarinas	28	87.3	0.93	0.51	126	32	3285
						40	5865
Mangos	32	93	0.9	0.46	134		
Manzanas	28.4	84.1	0.86	0.45	121	32	830
						40	1435
Melones	29	92.7	0.94	0.48	132	40	2000
						60	8500
Melón dulce	20	92.6	0.94	0.48	132	40	1000
Membrillo	28.1	85.3	0.88	0.45	122		
Moras	28.9	85.3	0.88	0.46	122		
Naranjas	28	87.2	0.9	0.46	124	32	795
Nectarinas	29	82.9	0.9	0.49	119		
Nísperos	28.3	78.2	0.84	0.43	112		
Peras	28.5	83.5	0.86	0.45	118	32	770
Piñas	29.4	85.3	0.88	0.45	123		
Plátanos	28	74.8	0.8	0.42	108	68	8400-9200
Sandías	29.2	92.1	0.97	0.48	132		
Toronjas	28.4	88.8	0.91	0.46	126	32	480
						40	1070
Uvas	26.3	81.7	0.86	0.44	116	35	830
Uva-espín	28.9	86.3	0.9	0.46	126		
Varios							
Azúcar de maple		5	0.24	0.21	7	45	1420
Caviar (enlatado)	20	55				40	3820
Cerveza	28	92	1				
Crema (40%)	28	73	0.85	0.4	90		
Chocolate	85-95	55	0.3	0.55	40		
Dulces			0.93				
Flores cortadas	32						480 BTU/ple*2 de área
Harina		13.5	0.38	0.28			
Helados	27-0	58-66	0.78	0.45	96		
Huevos (congelados)	27			0.41	100		
Huevos (frescos)	27		0.76	0.4	100		
Leche	31	87.5	0.93	0.49	124		
Levadura		70.8	0.77	0.41	102		
Lúpulo						35	1500
Malta						50	1500
Manteca de cerdo			0.52				
Mantequilla	30-0	15	0.64	0.34	15		
Miel de abeja		18	0.35	0.28	26	40	1420
Miel de maple		36	0.49	0.31	52	45	1420
Nueces (secas)		3.0-10.0	0.21-0.29	0.19-0.24	4.3-14	35	1000
Oleomargarina		15.5	0.32	0.25	22		
Pan		32-37	0.7	0.34	48-53		
Pasta de pan		58	0.75				

Continuación tabla característica de enfriamiento de los productos

Producto	Temperatura promedio de congelación °F	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb. °F		Calor latente de fusión BTU/lb.	Calor de evolución	
			Arriba del punto de congelación	Abajo del punto de congelación		BTU por (24 hrs.) (ton) a la temp. indicada	
						°F	BTU
Piel y lana				0.4			
Queso americano	17	60	0.64	0.38	79	40	4880
Queso Camembert	18	60	0.7	0.4	88	40	4920
Queso Limburger	19	55	0.7	0.4	85	40	4920
Queso Roquefort	3	55	0.65	0.32	79	45	4000
Queso Suizo	15	55	0.64	0.38	79	40	4880
Tabaco y puros	25						
Veduras							
Acelunas	28.5	75.2	0.8	0.42	108		
Alcachofas	29.1	83.7	0.87	0.45	120	40	10140
Apio	29.7	93.7	0.95	0.48	135	32	1800
						40	2400
Berengena	30.4	92.7	0.94	0.48	132		
Betabel	31.1	87.6	0.9	0.46	128	32	2700
						40	4100
Brócoli	29.2	89.9	0.92	0.47	130	40	11000-12000
Calabaza	30.1	90.5	0.92	0.47	130		
Calabacitas firmes	30.1	90.5	0.92	0.47	130		
Camotes	28.5	68.5	0.75	0.4	97	40	1710
Cebollas	30.1	87.5	0.9	0.46	124	32	700-1100
						40	1800
Col	31.2	92.4	0.94	0.47	132	40	1700
Coliflor	30.1	91.7	0.93	0.47	132	40	4500
Colitrápano	30	90	0.92	0.47	128		
Colechitas de Bruselas	31	84.9	0.88	0.46	122	40	6000-11000
Col fermentada (Sauerkraut)	28	89	0.92	0.47	129		
Col rizada	30.7	88.6	0.89	0.46	124		
Chicharos verdes	30	74.3	0.79	0.42	108	40	13200-16000
Chicharos secos		9.5	0.28	0.22	14		
Chirivías	28.9	78.6	0.84	0.46	112		
Ejotes	29.7	88.9	0.91	0.47	128	40	8700-11400
Elotes	28.9	75.5	0.79	0.42	108	32	7200-11300
						40	10600-13200
Escarola	30.9	93.3	0.94	0.48	132		
Espárragos	28.8	93	0.94	0.48	134	40	11700-23100
Espinacas	30.3	92.7	0.94	0.48	132	40	6000
Habas	30.1	68.5	0.73	0.4	94	40	4300-6100
Habas secas		12.5	0.3	0.24	18		
Hongos	30.2	91.1	0.93	0.47	130	32	6200
						50	22500
Jitomate	30.4	94.1	0.95	0.48	134	40	1280
Lechuga	31.2	94.6	0.96	0.48	135	32	2300
						40	2700
Malt		10.5	0.28	0.23	15		
Maíz	30.5	90.9	0.93	0.47	130	32	1900
						40	2200
Papas	28.9	77.8	0.82	0.43	111	40	1300-1800
Pepinos	30.5	96.1	0.97	0.49	137		
Plintarillo	30.1	92.4	0.94	0.47	132	40	4700
Rábano	30.1	93.6	0.95	0.48	134		
Rábano picante	28.4	73.4	0.78	0.42	104		
Repónlico	28.4	94.9	0.96	0.48	134		
Tomate	30.4	94.7	0.95	0.48	134	60	6230
Veduras (mixtas)	30	90	0.9	0.45	130		
Zanahorias	29.8	88.2	0.9	0.46	126	32	2100
						40	3500
Carnes y pescados							
Aves (carne fresca)	27	74	0.79	0.37	108		
Aves (congeladas)	27	74	0.79	0.37	108		
Bacalao (fresco)	28		0.9	0.49	119		
Camarones	28	70.8	0.83	0.45	119		
Carne cortada (resaca)	29	65	0.72	0.4	95		

Continuación tabla característica de enfriamiento de los productos

Producto	Temperatura promedio de congelación °F	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb. °F		Calor latente de fusión BTU/lb.	Calor de evolución	
			Arriba del punto de congelación	Abajo del punto de congelación		BTU por (24 hrs.) (ton) a la temp. indicada	
						°F	BTU
Escarola	30.9	93.3	0.94	0.48	132		
Espárragos	29.8	93	0.94	0.48	134	40	11700-23100
Espinacas	30.3	92.7	0.94	0.48	132	40	8000
Habas	30.1	66.5	0.73	0.4	94	40	4300-6100
Habas secas		12.5	0.3	0.24	18		
Hongos	30.2	91.1	0.93	0.47	130	32	6200
						50	22000
Jitomate	30.4	94.1	0.95	0.48	134	40	1280
Lechuga	31.2	94.8	0.96	0.48	136	32	2300
						40	2700
Maiz		10.5	0.28	0.23	15		
Nabo	30.5	90.9	0.93	0.47	130	32	1900
						40	2200
Papas	28.9	77.8	0.82	0.43	111	40	1300-1800
Pepinos	30.5	96.1	0.97	0.49	137		
Pimiento	30.1	92.4	0.94	0.47	132	40	4700
Rábano	30.1	93.6	0.95	0.48	134		
Rábano picante	26.4	73.4	0.78	0.42	104		
Rapóntico	28.4	94.9	0.96	0.48	134		
Tomate	30.4	94.7	0.95	0.48	134	60	6230
Verduras (mixtas)	30	90	0.9	0.45	130		
Zanahorias	29.6	88.2	0.9	0.46	126	32	2100
						40	3500
Carnes y pescados							
Aves (carne fresca)	27	74	0.79	0.37	106		
Aves (congeladas)	27	74	0.79	0.37	106		
Becaflo (fresco)	28		0.9	0.49	119		
Camarones	28	70.8	0.83	0.45	119		
Carne cortada (retazo)	29	65	0.72	0.4	95		
Carne de cordero	29	58	0.67	0.3	83.5		
Carne de puerco (ahumada)	28	60	0.68	0.38	86.5		
Carne de res (grasosa)	28		0.6	0.35	79		
Carne de res (magra)	29	68	0.77	0.4	100		
Carne de res (salada)			0.75				
Carne de res (seca)		5.0-15.0	0.22-0.34	0.19-0.28	7.0-22.0		
Carne de ternera	29	63	0.71	0.39	91		
Chorizos	28	65.5	0.69	0.56	93		
Embutidos			0.6				
Escalopes	28	60.3	0.69	0.48	116		
Hígados	29	65.5	0.72	0.4	93.3		
Jamones y lonjas	27	60	0.68	0.38	86.5		
Costones (en su concha)	27	60.4	0.63	0.44	116		
Costones (en lata)	27	67	0.9	0.46	125		
Pescado (congelado)	28	70	0.76	0.41	101		
Pescado (en hielo)		70	0.76	0.41	101		
Pescado (seco)			0.56	0.34	65		
Salchichas (ahumadas)	25	60	0.66	0.56	86		
Salchichas (frescas)	26	66	0.69	0.56	93		
Tocino		20	0.5	0.3	29		

Continuación tabla característica de enfriamiento de los productos

Producto	Temperatura promedio de congelación °F	Porcentaje de agua	Calor específico BTU/lb. °F		Calor latente de fusión BTU/lb.	Calor de evolución BTU por (24 hrs.) (ton) a la temp. indicada	
			Arriba del punto de congelación	Abajo del punto de congelación		°F	BTU
Carne de cordero	29	58	0.87	0.3	63.5		
Carne de puerco (ahumada)	28	66	0.68	0.38	66.5		
Carne de res (gruesa)	28		0.6	0.35	78		
Carne de res (magra)	29	68	0.77	0.4	100		
Carne de res (salada)		5.0-15.0	0.22-0.34	0.19-0.28	7.0-22.0		
Carne de ternera	29	63	0.71	0.39	91		
Chorizos	28	65.5	0.69	0.58	83		
Embutidos			0.6				
Escalopes	28	60.3	0.69	0.48	116		
Hígados	28	65.5	0.72	0.4	93.3		
Jamones y lonjas	27	69	0.68	0.38	86.5		
Costones (en su concha)	27	60.4	0.63	0.44	118		
Salchichas (en lata)	27	87	0.9	0.46	125		
Pescado (congelado)	28	70	0.76	0.41	101		
Pescado (en hielo)		70	0.76	0.41	101		
Pescado (seco)			0.56	0.34	66		
Salchichas (ahumadas)	26	60	0.66	0.58	86		
Salchichas (frescas)	28	65	0.69	0.58	83		
Tocino		20	0.5	0.3	29		
Frutas							
Aguaques	27.2	94	0.91	0.49	136	60	13000-28700
Arándanos	28.8	82.3	0.88	0.45	118	32	1300-2200
Arándanos azules	27.3	87.4	0.9	0.46	124		
Cerezas	28	83	0.87	0.45	120		
Cítricos	28	85.7	0.88	0.45	122		
Cítricos para (fresca)	28	85.7	0.88	0.45	123		
Chabacanos	25.1	85.4	0.88	0.46	122		
Dátil (fresco)	27.1	78	0.82	0.43	112		
Dátil (seco)	-4.1	20	0.38	0.26	29		
Duraznos	28.4	86.8	0.9	0.46	124	32	1110
						40	1735

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.350-352.

8. Tabla calor de respiración de los productos

Producto	Btu/lb/ 24 h			
	Temperatura de almacenamiento, °F			
	32° F	40° F	60° F	Otras, °F
Frutas				
Manzanas	0.25-0.45	0.55-0.80	1.5-3.4	
Albaricoques	0.55-0.63	0.70-1.0	2.33-3.74	
Aguacates			6.6-15.35	
Plátanos			2.3-2.75	a 68° 4.2-4.6
Zarzamoras	1.70-2.52	5.91-5.00	7.71-15.97	
Arándanos	0.65-1.10	1.0-1.35	3.75-6.5	a 70° 5.7-7.5
Cerezas	0.65-0.90	1.4-1.45	5.5-6.6	
Cerezas ácidas	0.63-1.44	1.41-1.45	3.0-5.49	
Arándano agrio	0.30-0.35	0.45-0.52		
Higos, misión		1.18-1.45	2.37-3.52	
Grosella blanca	0.74-0.96	1.33-1.48	2.37-3.52	
Toronjas	0.20-0.50	0.35-0.65	1.1-2	
Uvas, americanas	0.3	0.6	1.75	
Uvas, europeas	0.15-0.20	0.35-0.65	1.10-1.30	
Limonés	0.25-0.45	0.30-0.95	1.15-2.50	
Limas		0.405	1.485	
Melones, cantaloupe	0.55-0.63	0.96-1.11	3.70-4.22	
Melones, honey dew		0.45-0.55	1.2-1.65	
Naranjas	0.20-0.50	0.65-0.8	1.85-2.6	
Duraznos	0.45-0.70	0.70-1.0	3.65-4.65	
Peras	0.35-0.45		4.40-6.60	
Ciruelas	0.20-0.35	0.45-0.75	1.20-1.40	
Frambuesas	1.95-2.75	3.40-4.25	9.05-11.15	
Fresas	1.35-1.90	1.80-3.40	7.80-10.15	
Mandarinas	1.63	2.93		
Hortalizas				
Alcachofas	2.48-4.93	3.48-6.56	8.49-15.90	
Espárragos	2.95-6.60	5.85-11.55	11.0-25.75	
Frijol, verde o ejote		4.60-5.7	16.05-22.05	
Frijol, lima	1.15-1.6	2.15-3.05	11.0-13.7	
Betabeles, sin hojas	1.35	2.05	3.6	
Brócoli	3.75	5.50-8.80	16.9-25.0	
Coles de Bruselas	1.65-4.15	3.30-5.50	6.60-13.75	
Col	0.6	0.85	2.05	
Zanahorias, sin hojas	1.05	1.75	4.05	
Coliflor	1.80-2.10	2.10-2.40	4.70-5.40	
Apio	0.8	1.2	4.1	
Maíz, dulce (elote)	3.60-5.65	5.30-6.60	19.2	
Pepinos			1.65-3.65	
Ajo	0.33-1.19	0.63-1.08	1.18-3.0	
Rábano picante	0.89	1.19	3.59	
Colinabo	1.11	1.78	5.37	
Poro	1.04-1.78	2.15-3.19	9.08-12.82	

Continuación de tabla calor de respiración de los productos

Producto	Btu/lb/ 24 h			
	Temperatura de almacenamiento, °F			
	32° F	40° F	60° F	Otras, °F
Lechuga, repollada	1.15	1.35	3.95	
Lechuga, hoja	2.25	3.2	7.2	
Champifones	3.10-4.80	7.8		a 50° 11.0
Okra		6.05	15.8	
Aceitunas			2.37-4.26	
Cebollas, secas	0.35-0.55	0.9	1.2	
Cebollas, verdes	1.15-2.45	1.90-7.50	7.25-10.70	
Chicharos, verdes	4.10-4.20	6.60-8.0	19.65-22.25	
Pimientos, dulces	1.35	2.35	4.25	
Papas, sin madurar		1.3	1.45-3.4	
Papas, maduras		0.65-0.90	0.75-1.30	
Camote		0.85	21.5-3.15	
Rábanos con hojas	1.59-1.89	2.11-2.30	7.67-8.5	
Rábanos, sin hojas	0.59-0.63	0.85-0.89	3.04-3.59	
Ruibarbo, sin hojas	0.89-1.44	1.19-2.0	3.41-4.97	
Espinacas	2.10-2.45	3.95-5.60	18.45-19.0	
Calabaza, amarilla	1.3-1.41	1.55-2.04	8.23-9.97	
Tomates, verdes maduros		0.55	3.1	
Tomates, maduros	0.5	0.65	2.8	
Nabos	0.95	1.1	2.65	
Hortalizas mixtas	2			
Misceláneos				
Caviar, cubeta			1.91	
Queso				
Americano			2.34	
Camembert			2.46	
Limburgo			2.46	
Roquefort				a 45° 2.0
Suizo			2.33	
Flores, cortadas		0.24 Btu/pie ² área del piso		
Miel		0.71		
Lúpulo				a 35° 0.75
Malta				a 50° 0.75
Ázucar de arce				a 45° 0.71
Jarabe de arce				a 45° 0.71
Nueces	0.074	0.185	0.37	
Nueces, secas				a 35° 0.50

(a) Todas las frutas y las hortalizas son organismos vivos y despiden calor en el almacenamiento. Si no se conoce el calor de respiración, se deberá utilizar un valor aproximado o promedio. (b) Para obtener Btu/24 h/Tonelada/°F, multiplíquese por 2000.

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.353-354.

9. Calor por personas

Temperatura del refrigerador	Equivalente térmico por persona en °F, Btu/h
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.355.

10. Equivalente térmico de los motores eléctricos

Motor del ventilador del evaporador, hp	Carga conectada en el espacio refrigerado, Btu/hp/h	Pérdidas en el motor fuera del espacio refrigerado, Btu/hp/h	Carga conectada fuera del espacio refrigerado, Btu/hp/h
1/20	6400	2545	
1/15	5700	2545	
1/12	5300	2545	
1/10	4950	2545	
1/8	4650	2545	
1/6	4350	2545	
1/4	4000	2545	1455
1/3	3850	2545	1305
1/2	3700	2545	1155
3/4	3600	2545	1055
1	3500	2545	955
2	3300	2545	755
3	3200	2545	655
5	3100	2545	555
7 1/2	3050	2545	505
10 a 20	3000	2545	455

Fuente: Edward Pita Principios y sistemas de refrigeración (México: Editorial Limusa), p.356.

11. Unidades condensadores

Condensadores estandar, separación de aletas 2,5 mm

MODELO	CAPACIDAD DT ³ 15°C (°) Kcal/h	SUPERFICIE m ²	DIMENSIONES					VENTILADORES			
			A LARGO TOTAL mm	B LARGO CAJA mm	C ALTO mm	D FONDO TOTAL mm	E FONDO CAJA mm	CANTIDAD VENT. Nº	DIAMETRO ASPA mm	MOTORES (DE CADA MOTOR) Pot/Volt/Fases/Cicl	CAUDAL AIRE m ³ /Hr
CA-301-06	2.346	6.26	430	390	345	310	190	1	300	105W/220V/1f/50Hz	1.150
CA-301-10	3.828	10.21	500	460	470	310	190	1	300	105W/220V/1f/50Hz	1.200
CA-401-13	4.812	12.83	600	560	470	310	190	1	400	280W/220V/1f/50Hz	4.200
CA-401-17	6.529	17.41	600	560	470	310	190	1	400	280W/220V/1f/50Hz	4.000
CA-501-27	10.231	27.28	700	660	620	450	290	1	500	750W/380V/3f/50Hz	8.000
CA-501-35	13.256	35.35	870	830	620	450	290	1	500	750W/380V/3f/50Hz	8.200
CA-402-50	18.800	50.13	1.240	1.160	620	410	290	2	400	280W/220V/1f/50Hz	8.400
CA-403-66	24.825	66.20	1.590	1.510	620	410	290	3	400	280W/220V/1f/50Hz	12.600
CA-502-88	33.071	88.19	1.440	1.360	620	500	340	2	500	750W/380V/3f/50Hz	16.000
CA-502-108	40.698	108.53	1.390	1.310	770	500	340	2	500	750W/380V/3f/50Hz	17.000
CA-602-167	62.763	167.37	2.130	2.010	770	600	440	2	560	1200W/380V/3f/50Hz	22.000
CA-603-210	78.975	210.60	2.880	2.760	770	600	440	3	560	1200W/380V/3f/50Hz	33.000

Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

12. Compresores

Especificaciones Compresores “FRASCOLD”

MODELO	Motor Eléctrico		Desplazamiento m ³ /h (1450 RPM)	Alimentación Volt./Fase/Hz	Rango de Aplicación [°C]				CÓDIGO ANTARTIC
	HP	kW			R-502	R-22	R-134a	R-404A/R-507	
A-1-6Y	1	0,75	5,47	220/1/50	-5/-45	12,5/-40	12,5/-20	7,5/-45	1200FR-005
A-1-6	1	0,75	5,47	380/3/50	-5/-40	12,5/-40	12,5/-20	7,5/-45	1200FR-020
A-1-7	1	0,75	6,91	220/1/50	-15/-45	-5/-45	12,5/-20	-5/-45	1200FR-008
A-1-7Y	1	0,75	6,91	380/3/50	-15/-40	-5/-45	12,5/-20	-5/-45	1200FR-025
A-1,5-7	1,5	1,10	6,91	220/1/50	-5/-45	12,5/-35	12,5/-20	7,5/-40	1200FR-012
A-1,5-7Y	1,5	1,10	6,91	380/3/50	-5/-45	12,5/-35	12,5/-20	7,5/-40	1200FR-029
B-1,5-9Y	1,5	1,10	8,96	380/3/50	-5/-45	5/-45	12,5/-20	0/-45	1200FR-032
B-2-10Y	2	1,50	9,84	220/1/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-35	1200FR-016
D-2-13Y	2	2,20	13,15	380/3/50	-5/-45	5/-45	12,5/-20	-5/-45	1200FR-038
D-3-13Y	3	2,20	13,15	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-042
D-3-15Y	3	2,20	15,36	380/3/50	-5/-45	7,5/-35	12,5/-20	7,5/-45	1200FR-046
D-3-19Y	3	2,20	19,12	380/3/50	-10/-45	-5/-45	12,5/-20	-10/-45	1200FR-047
F-4-19Y	4	3,00	19,12	380/3/50	-5/-45	7,5/-40	12,5/-20	5/-45	1200FR-048
F-4-24Y	4	3,00	23,60	380/3/50	-10/-45	-5/-45	12,5/-20	-5/-45	1200FR-050
F-5-24Y	5	3,70	23,60	380/3/50	-5/-45	12,5/-30	12,5/-20	5/-45	1200FR-053
Q-5-28Y	5	3,70	27,88	380/3/50	-5/-45	0/-45	12,5/-20	-5/-45	1200FR-059
S-7-33Y	7,5	5,50	32,80	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-067
S-7-39Y	7,5	5,50	38,25	380/3/50	-10/-45	-5/-45	12,5/-20	-10/-45	1200FR-069
S-10-39Y	10	7,50	38,25	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-077
S-10-51Y	10	7,50	50,43	380/3/50	-15/-45	-5/-45	12,5/-20	-10/-45	1200FR-074
S-15-51Y	15	11,00	50,43	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-080
S-20-56Y	20	15,00	56,00	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-079
V-15-71Y	15	11,00	70,77	380/3/50	-15/-45	-5/-45	12,5/-20	-10/-45	1200FR-078
V-25-71Y	25	18,50	70,77	380/3/50	-5/-40	12,5/-30	12,5/-20	7,5/-30	1200FR-091
Z-25-106Y	25	18,50	106,16	380/3/50	-20/-45	-5/-40	12,5/-20	-10/-45	1200FR-096
Z-30-126Y	30	22,00	125,72	380/3/50	-20/-45	-5/-40	12,5/-20	-10/-45	1200FR-098

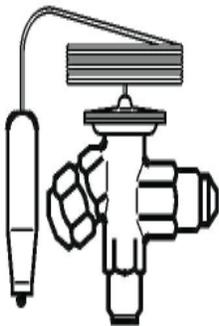
Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

13. Evaporadores

MODELO	CAPAC. DT° 10 °C Kcal/Hr	AREA INTERC. m2	CAUDAL AIRE m3/h	DARDO AIRE m	VENTILADORES				RESISTENCIAS		DIMENSIONES			PATAS		PESO Kg	
					CANT. Nº	D mm	CONSUMO		PARES Nº	CONSUMO		A mm	B mm	C mm	D mm		E mm
							W (in)	A		W (in)	A						
IC-501	1.987	9.24	1.100	9	1	300	100	0.75	2	960	4.36	800	520	450	500	400	21
IC-502	3.975	18.49	2.200	9	2	300	200	1.50	2	1.600	7.27	1.400	520	450	1.000	400	36
IC-503	5.962	27.73	3.300	9	3	300	300	2.25	2	2.560	11.64	1.900	520	450	1.500	400	50
IC-504	7.949	36.97	4.400	9	4	300	400	3.00	2	3.520	16.00	2.400	520	450	2.000	400	64
IC-505	9.936	46.22	5.500	9	5	300	500	3.75	2	4.160	18.91	2.900	520	450	2.500	400	79
IC-506	11.924	55.46	6.600	9	6	300	600	4.50	2	4.960	22.55	3.400	520	450	3.000	400	93

Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

14. Válvula de expansión termostática



MODELO	REFRIGERANTE	ECUALIZADOR DE PRESIÓN	CAPILAR [m]	CONEXIÓN ENTRADA X SALIDA	CODIGO ANTARTIC
TF 2	R 12	Interno	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-010
TX 2	R 22	Interno	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-012
TN 2	R134a	Interno	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-014
TEF 2	R 12	Externo *1	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-020
TEX 2	R 22	Externo *1	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-022
TEY 2	R 502	Externo *1	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-024
TEN 2	R 134a	Externo *1	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-026
TES 2	R 404A	Externo *1	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-027
TES 2	R 404A	Externo*1 MOP*2	1,5	3/8" x 1/2" Flare	3100DA-028

*1 Conexión para ecualización externa: 1/4" Flare

Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

15. Dimensiones de los compresores

MODELO	LARGO A (mm)	ANCHO B (mm)	ALTO C (mm)	BASE D (mm)	BASE E (mm)	SUCCIÓN	DESCARGA
A- 1 – 6	312	236	283	234	194	5/8"	1/2"
A- 1 – 7	312	236	283	234	194	5/8"	1/2"
A- 1,5 – 7	312	236	283	234	194	5/8"	1/2"
B- 1,5 – 9	312	236	290	234	194	5/8"	1/2"
B- 2 – 10	328	236	290	234	194	3/4"	5/8"
D- 2 – 13	353	242	292	234	194	7/8"	5/8"
D- 3 – 13	369	242	310	234	194	1-1/8"	5/8"
D- 3 – 15	369	242	310	234	194	1-1/8"	5/8"
D- 3 – 19	369	242	336	234	194	1-1/8"	5/8"
F- 4 – 19	515	286	336	312	246	1-1/8"	3/4"
F- 4 – 24	436	286	336	312	246	1-1/8"	3/4"
F- 5 – 24	515	286	336	312	246	1-1/8"	7/8"
Q- 5 – 28	448	310	324	312	246	1-3/8"	7/8"
S- 7 – 33	544	405	384	292	266	1-3/8"	1-1/8"
S- 7 – 39	544	405	384	292	266	1-3/8"	1-1/8"
S- 10 – 39	544	405	384	292	266	1-3/8"	1-1/8"
S- 10 – 51	544	405	384	292	266	1-3/8"	1-1/8"
S- 15 – 51	550	405	384	292	266	1-5/8"	1-1/8"
S- 20 – 56	550	405	384	292	266	1-5/8"	1-1/8"
V- 15 – 71	666	465	442	381	305	1-5/8"	1-1/8"
V- 25 – 71	687	465	460	381	305	2-1/8"	1-3/8"
Z- 25- 106	768	512	446	381	305	2-1/8"	1-3/8"
Z- 30- 126	768	512	522	381	305	2-1/8"	1-3/8"

Fuente: Catálogo Técnico - Antartic Refrigeración Ltda.htm.

