



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

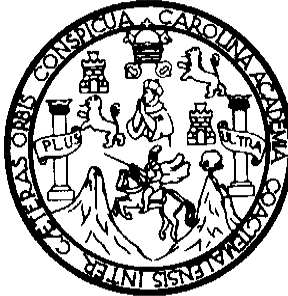
**DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL  
PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS  
DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S. A.**

**Joaquín Adolfo Salazar Cashaj**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, enero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL  
PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS  
DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOAQUÍN ADOLFO SALAZAR CASHAJ**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, ENERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 17 de marzo de 2014.

  
**Joaquín Adolfo Salazar Cashaj**



Guatemala, 22 de octubre de 2015  
Ref.EPS.DOC.714.10.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Joaquín Adolfo Salazar Cashaj** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200011303, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de E.P.S.  
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo  
EESZ/ra



Guatemala, 22 de octubre de 2015  
REF.EPS.D.553.10.15

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Joaquín Adolfo Salazar Cashaj** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra.



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.352.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S.A.** del Estudiante **Joaquín Adolfo Salazar Cashaj** Carné No. **2000-11303**, procede a la autorización del mismo para su revisión.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, noviembre de 2015

/aej



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.011.2016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO PARA ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES S.A.** del estudiante **Joaquín Adolfo Salazar Cashaj**, Carné No. **2000-11303** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, enero de 2016

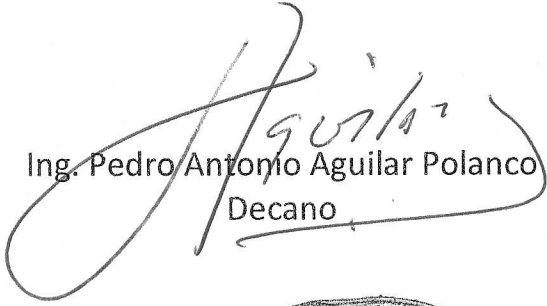
/aej





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 ALMACENAR Y CONSERVAR EL PRODUCTO TERMINADO Y PLAN DE CONSERVACIÓN DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN IMPORTACIONES MUNDIALES, S. A.**, presentado por el estudiante universitario: **Joaquin Adolfo Salazar Cashaj**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, enero de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por su infinito amor y ser la fuente de la sabiduría, conocimiento e inteligencia.
- Mis padres** Joaquín Salazar y Rosa María Cashaj, por darme la vida y forjar los cimientos para ser un hombre de bien.
- Mis hermanos** Selvin Leonel, Jesús Armando, Javier Ignacio y Pablo Andrés Salazar Cashaj, por el apoyo incondicional.
- Mis abuelos** Jesús Cashaj, (q. e. p. d) y María Clemencia Márquez, (q. e. p. d), por todo el amor y comprensión que me brindaron.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- |   |  |
|---|--|
| <b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Casa de estudios tan prestigiosa que me abrió sus puertas y me brindó la oportunidad de formarme como profesional.   |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por brindarme el conocimiento adquirido dentro de los salones de clases, los cuales me ayudarán en el desarrollo de mi profesión.  |
| <b>Mis amigos de la Facultad</b>              | Luis Sián, Byron Vivar, Marlon Reyes, Carlos Juárez, David Jiménez, Geovany y Helder Ajquiy, por todos esos momentos inolvidables que compartimos; por el apoyo, amistad y consejos. |
| <b>Licda. Susan Cardona</b>                   | Por el apoyo y amor que me brinda para la realización de este trabajo de graduación.   |

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Actividades y productos.....	2
1.3. Ubicación.....	3
1.4. Estructura organizacional .....	4
1.5. Contribución a la comunidad .....	5
1.6. Planta de producción.....	5
1.6.1. Ubicación de los cuartos fríos.....	5
1.6.2. Duración de los vegetales dentro del cuarto frío.....	7
1.6.3. Responsabilidad del encargado de control del cuarto frío.....	7
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....	9
2.1. Diseño del cuarto frío .....	9
2.1.1. Condiciones del cuarto frío .....	9
2.1.2. Volumen interior.....	9
2.1.3. Material del piso, techo y paredes .....	10
2.1.4. Ubicación .....	12

2.1.5.	Condiciones ambientales .....	13
2.2.	Producto y sus condiciones para almacenamiento .....	14
2.2.1.	Arveja dulce.....	14
2.2.2.	Ejote francés .....	15
2.2.3.	Mora .....	17
2.3.	Diseño del sistema de refrigeración .....	18
2.3.1.	Cargas por transmisión de calor.....	18
2.3.2.	Cargas por infiltración de aire.....	21
2.3.3.	Cargas de enfriamiento del producto .....	23
2.3.4.	Cargas de evolución.....	24
2.3.5.	Cargas misceláneas .....	25
2.3.5.1.	Calor por persona.....	25
2.3.5.2.	Motores .....	25
2.3.5.3.	Iluminación .....	26
2.3.5.4.	Tarimas y estanterías .....	26
2.4.	Hoja de cálculo de refrigeración .....	27
2.5.	Selección del equipo de refrigeración .....	29
2.6.	Características principales del equipo de refrigeración seleccionado .....	36
2.6.1.	Condensador.....	36
2.6.2.	Compresor.....	36
2.6.3.	Evaporador.....	38
2.6.4.	Válvula de expansión .....	38
2.7.	Plan de conservación de equipos de refrigeración.....	39
2.7.1.	Plan de mantenimiento preventivo .....	39
2.7.2.	Mantenimiento preventivo del evaporador.....	41
2.7.3.	Mantenimiento preventivo del condensador .....	42
2.7.4.	Mantenimiento preventivo del compresor.....	43
2.7.5.	Mantenimiento preventivo de tubería de cobre .....	44

2.7.6.	Mantenimiento preventivo de válvulas y accesorios.....	45
2.8.	Posibles fallas del sistema y soluciones .....	46
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.1.	Ahorro energético .....	49
3.1.1.	Análisis sobre cambio de tipos de luminarias .....	49
3.1.2.	Análisis sobre aprovechamiento de luz natural.....	51
3.1.3.	Análisis sobre dimensionamiento de lúmenes utilizados.....	52
3.1.4.	Análisis sobre el consumo de kilowatt en equipos de refrigeración.....	54
3.1.5.	Diagnóstico .....	54
3.1.5.1.	Iluminación.....	55
3.1.5.2.	Equipos de refrigeración.....	55
3.1.5.3.	Situación actual de la empresa.....	57
3.1.6.	Optimización del consumo de energía eléctrica .....	57
3.1.6.1.	Aprovechamiento de la luz natural.....	57
3.1.6.2.	Propuesta del cambio de tipo de luminarias .....	58
3.1.6.3.	Temporizadores y sensores de movimiento de luminarias .....	59
3.1.6.4.	Apagadores independientes .....	61
3.1.6.5.	Rotulación en apagadores y tomas de corriente.....	62
3.1.6.6.	Propuesta del cambio de equipos de refrigeración.....	63
3.1.7.	Beneficios del ahorro energético .....	64

3.1.7.1.	Costo-beneficio del cambio de los equipos de refrigeración de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia .....	65
3.1.7.2.	Beneficio económico total de la optimización de energía eléctrica .....	66
3.1.7.3.	Beneficios al medio ambiente.....	69
4.	FASE DE DOCENCIA.....	73
4.1.	Manejo adecuado del cuarto frío .....	73
4.1.1.	Aspectos administrativos.....	73
4.1.2.	Planificación del uso del cuarto frío.....	73
4.1.2.1.	Establecer una zonificación.....	77
4.1.2.2.	Productos de alta rotación.....	79
4.1.3.	Control de costos de operación.....	80
4.1.4.	Capacitación del personal .....	82
4.1.5.	Registro y control .....	83
4.1.6.	Aseguramiento de la calidad .....	85
4.2.	Sanidad del cuarto frío .....	86
4.2.1.	Los productos químicos.....	87
4.3.	Seguridad industrial.....	91
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES .....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	APÉNDICES.....	101
	ANEXOS.....	103

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Procesamiento de ejote francés.....	2
2.	Ubicación de empresa Importaciones Mundiales S. A. ....	3
3.	Organigrama empresa Importaciones Mundiales S. A. ....	4
4.	Vista de cuartos fríos actuales .....	6
5.	Vista de formado de paredes de poliuretano.....	11
6.	Ubicación de cuarto frío propuesto .....	12
7.	Temperaturas máximas, municipio de Chimaltenango.....	13
8.	Arveja dulce .....	15
9.	Ejote francés .....	17
10.	Mora .....	18
11.	Ubicación de los evaporadores .....	30
12.	Unidad condensadora Bohn Modelo BZT-0650L6 .....	34
13.	Válvula de expansión térmica TS2.....	35
14.	Compresor tipo Scroll y sus partes.....	37
15.	Evaporador marca Bohn .....	38
16.	Formato de mantenimiento preventivo a evaporador .....	41
17.	Formato de mantenimiento preventivo a condensador .....	42
18.	Formato de mantenimiento preventivo a compresor .....	43
19.	Formato de mantenimiento preventivo a tubería de cobre .....	44
20.	Rutina de mantenimiento preventivo a válvulas y accesorios .....	45
21.	Vista de lámpara redonda fluorescente.....	50
22.	Vista de lámpara fluorescente.....	51
23.	Plano de distribución de luminarias propuesto.....	53



24.	Vista de evaporadores interior de planta .....	56
25.	Vista de área de banco de condensadores actuales .....	56
26.	Equivalencia de luz tradicional a led .....	59
27.	Vista de temporizador para focos fluorescentes .....	60
28.	Vista de sensor de movimiento para lámparas .....	61
29.	Formas de ahorrar energía eléctrica.....	62
30.	Potencial de ahorro en kilowatt de potencia eléctrica producida por tonelada <i>versus</i> compresores actuales.....	64
31.	Consecuencias al medio ambiente .....	71
32.	Vista de empaque para refrigeración de arveja .....	75
33.	Propuesta del tipo de cortina de plástico flexible .....	79
34.	Formato para recepción de materias primas .....	84
35.	Ficha técnica del control de temperatura del cuarto frío .....	85
36.	Sanidad del cuarto frío.....	89
37.	Equipo de seguridad industrial.....	94

## TABLAS

I.	Resumen del cálculo de cargas térmicas totales para el cuarto frío de Importaciones Mundiales S. A. ....	28
II.	Evaporadores de perfil medio marca Bohn.....	31
III.	Especificaciones técnicas evaporadores Bohn.....	31
IV.	Capacidad de compresores Bohn.....	32
V.	Especificaciones técnicas de compresoras Bohn .....	33
VI.	Especificaciones técnicas de válvula expansión térmica .....	35
VII.	Cuadro comparativo de equipos de refrigeración de alta eficiencia.....	65
VIII.	Luminarias instaladas actualmente en la planta .....	67
IX.	Luminarias propuestas.....	68

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>HP</b>	Caballos de potencia
<b>Q</b>	Calor
<b>Cp</b>	Calor específico
<b>U</b>	Coeficiente de transferencia de calor
<b>Φ</b>	Diámetro
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CLF</b>	Factor de carga de enfriamiento
<b>°C</b>	Grado centígrado
<b>°F</b>	Grado Fahrenheit
<b>h</b>	Hora
<b>HR</b>	Humedad relativa
<b>lb</b>	Libra
<b>PSI</b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>ft<sup>3</sup></b>	Pies cúbicos
<b>CFM</b>	Pies cúbicos por minuto
<b>%</b>	Porcentaje
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>seg</b>	Segundo
<b>TR</b>	Tonelada de refrigeración
<b>BTU</b>	Unidad térmica británica



## GLOSARIO

<b>Aislante térmico</b>	Es todo material que posee un bajo coeficiente de conductividad térmica
<b>BTU (<i>British Thermal Unit</i>)</b>	Es la cantidad de calor para elevar en un grado Fahrenheit una libra de agua (de 59 a 60 °F).
<b>Cámara frigorífica</b>	Es una instalación industrial estatal o privada en la cual se almacenan carnes o vegetales para su posterior comercialización.
<b>Calor específico</b>	Cantidad de calor necesaria para suministrar a la unidad de masa de un cuerpo, para elevar un grado su temperatura.
<b>Calor latente</b>	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo al cambiar de estado.
<b>Calor sensible</b>	Cantidad de calor que cede o absorbe un cuerpo sin cambiar de estado.
<b>Climatización</b>	Proceso de tratamiento de aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando en los espacios interiores, temperatura, humedad, pureza y velocidad del aire.

<b>Compresor</b>	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.
<b>Humedad relativa</b>	Tipo de humedad que se basa en el cociente entre la presión actual del vapor del aire y la saturación de la presión del vapor. Usualmente se expresa en porcentajes.
<b>Humectación</b>	Proceso de tratamiento del aire por el que se aumenta su humedad.
<b>Infiltración</b>	Caudal de aire que penetra en un local desde el exterior, de forma incontrolada, a través de las soluciones de continuidad de los cerramientos debido, a la falta de estanquidad de los huecos (puertas y ventanas).
<b>Refrigeración</b>	Proceso de tratamiento del aire que controla, al menos, la temperatura máxima de un local.

## RESUMEN

En los hogares existe un ejemplo claro de lo que es la obtención de frío; las refrigeradoras son dispositivos que mantienen los alimentos a una temperatura menor a la del ambiente; esto se hace para incrementar la vida de los mismos y al mismo tiempo almacenarlos.

En la industria es indispensable llegar a temperaturas de bajo cero o de congelación, también la necesidad de espacio obligó a la ingeniería a diseñar cuartos fríos capaces de mantener o congelar los productos de acuerdo con las necesidades optimizando espacio, eficiencia y energía. Los cuartos fríos tienen la facilidad de poder diseñarlo del tamaño necesitado, seleccionar el material a utilizar y escoger entre una gran variedad de aislantes con diferentes propiedades.

Los sistemas de refrigeración de los cuartos fríos están formados por dos partes que constituyen los lados de alta presión (compresor, línea de descarga, condensador, recibidor y línea de líquido) y de baja presión (control de flujo, evaporador y tubería de succión). También 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.

El equipo de refrigeración es importante para una eficiente operación de un cuarto frío; una buena operación debe estar acompañada de un plan de conservación y así reducir los gastos de reparación de partes del equipo y se minimizan tanto los daños en la máquina de refrigeración, como las pérdidas económicas por deterioro de los productos almacenados.



# OBJETIVOS

## General

Diseñar un cuarto frío que reúna las condiciones necesarias para almacenar y conservar el producto terminado, así como un plan de conservación de los equipos de refrigeración a utilizar.

## Específicos

1. Aplicar los conocimientos de los principios básicos de refrigeración para desarrollar el diseño eficiente del cuarto frío.
2. Conocer los diferentes tipos de refrigerantes, utilizados en la actualidad.
3. Calcular las cantidades que se puedan almacenar y conservar para buscar la optimización en lo posible a plena capacidad.
4. Conocer y calcular las cargas de enfriamiento del producto terminado.
5. Seleccionar el equipo adecuado para el enfriamiento del producto terminado.
6. Conocer las características técnicas y de operación de la unidad evaporadora y condensadora del equipo de refrigeración.



7. Realizar un plan de conservación de los equipos de refrigeración a utilizar en el diseño del cuarto frío.

## INTRODUCCIÓN

Importaciones Mundiales S. A. es una empresa que se dedica a la exportación de ejote francés, arveja dulce y mora a los Estados Unidos en un 95 % y Europa en un 5 %. El ejote francés es el producto de mayor exportación con un 90 % semanalmente y el otro 10 % representa a la arveja dulce, hasta hace unos meses se abrió de nuevo campo para la exportación de la mora, la cual va en aumento. El proceso que lleva cada uno de estos productos se resume en recortar, seleccionar, lavar, secar y empacar a una temperatura no mayor de 49 °F, luego se traslada a la bodega de producto terminado donde se almacenan a temperaturas entre 38 y 40 °F.

Uno de los problemas es la capacidad instalada en el cuarto frío con que cuentan para almacenar y conservar el producto terminado, debido a que debe mantenerse a una temperatura adecuada para mantener la calidad y evitar pérdidas por la descomposición de los productos.

En el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado se planteó el diseño de otro cuarto frío, ya que se cuenta con el espacio y la disposición de todas las personas involucradas dentro de la empresa, un diseño que cumpla con los valores estimados del cuarto frío, en lo que refiere a tamaño, materiales, y condiciones según su ubicación, con un sistema de refrigeración adecuado a las necesidades económicas de la empresa, utilizando los recursos disponibles, con equipo de refrigeración seleccionado de acuerdo con los cálculos de las cargas térmicas.

Así como crear un plan de conservación de los equipos de refrigeración seleccionados, esto para mantener un buen manejo del cuarto frío y evitar gastos por fallas en los equipos y evitar pérdidas económicas por la descomposición de los productos.

Informar al personal de la importancia del buen manejo del cuarto frío y la conservación de los equipos de refrigeración, la higiene dentro de los mismos, así como los riesgos que conlleva al trabajar dentro de los mismos, debiendo cumplir las normas establecidas que serán detalladas en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Reseña histórica**

La empresa Importaciones Mundiales S. A., inició en 1998 con 4 socios, con la exportación de mora fresca. Durante los años del 2000 al 2004, las empresas se dedicaron a la exportación, de brócoli fresco y disminuye a un 50 % sus exportaciones de mora. Este proyecto fue apoyado por uno de los clientes más grandes del exterior. A finales del 2004 se rompe la sociedad y se pierde el contrato para la exportación de brócoli; esto sucedió porque en las fincas se contaminaron los suelos y dejaron de producir.

La empresa cerró sus operaciones por el lapso de dos años. En el 2006 inician de nuevo sus operaciones; esta vez la realizan únicamente con venta local, con productos de alta calidad y enviando muestras al exterior. Desde el 2008 a la fecha, abandona el mercado local y se enfoca únicamente a la exportación de ejote francés y arveja dulce.

Actualmente el ejote francés es el producto de mayor exportación con un 90 % semanalmente y el otro 10 % representa a la arveja dulce; hasta hace unos meses se abrió de nuevo el campo para la exportación de la mora la cual va en aumento.

Se prevé que para el 2015 se puedan exportar unas 5 000 libras semanales de mora.

## 1.2. Actividades y productos

Importaciones Mundiales S. A. es una empresa que se dedica a la exportación de ejote francés, arveja dulce y mora a los Estados Unidos en un 95 % y Europa en un 5 %. El ejote francés es el producto de mayor exportación con un 90 % semanalmente y el otro 10 % representa a la arveja dulce, hasta hace unos meses se abrió de nuevo campo para la exportación de la mora la cual va en aumento. El proceso que lleva cada uno de estos productos se resume en recortar, seleccionar, lavar, secar y empacar a una temperatura no mayor de 49 °F; luego se traslada a la bodega de producto terminado donde se almacenan a temperaturas entre 38 °F y 40 °F.

Figura 1. **Procesamiento de ejote francés**

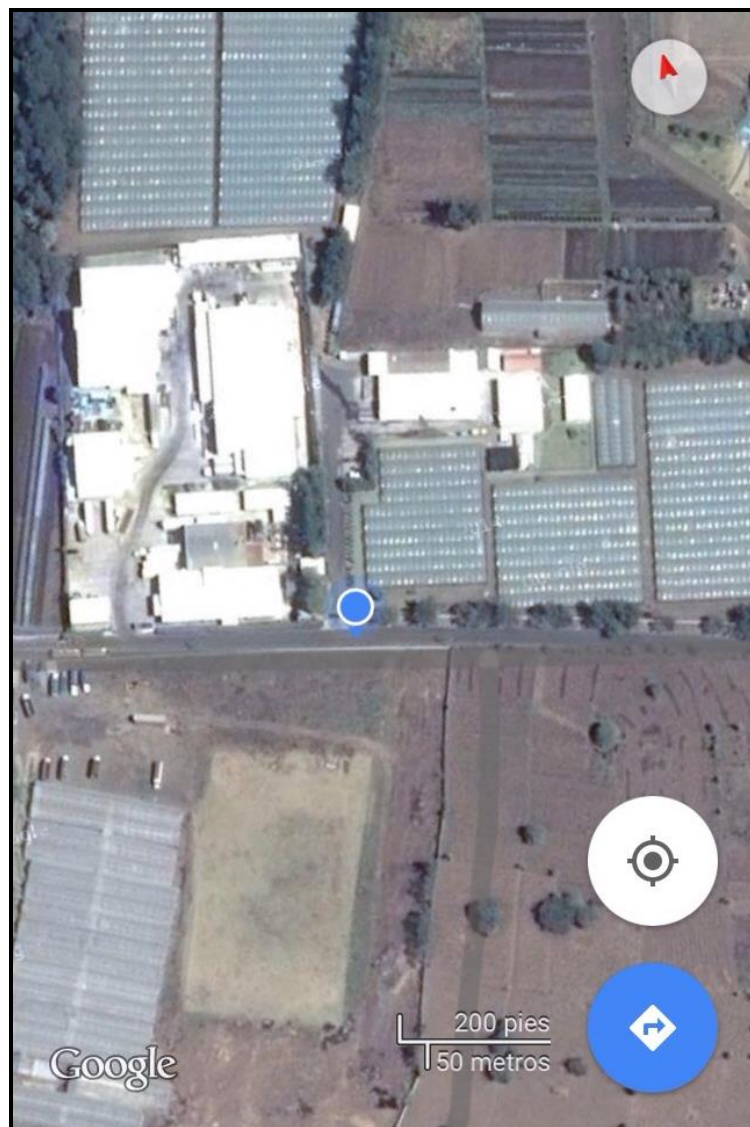


Fuente: instalaciones de Importaciones Mundiales S. A.

### 1.3. Ubicación

La empresa Importaciones Mundiales S. A. se encuentra ubicada en el km. 64,5 camino antiguo de Parramos a San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Figura 2. **Ubicación de empresa Importaciones Mundiales S. A.**

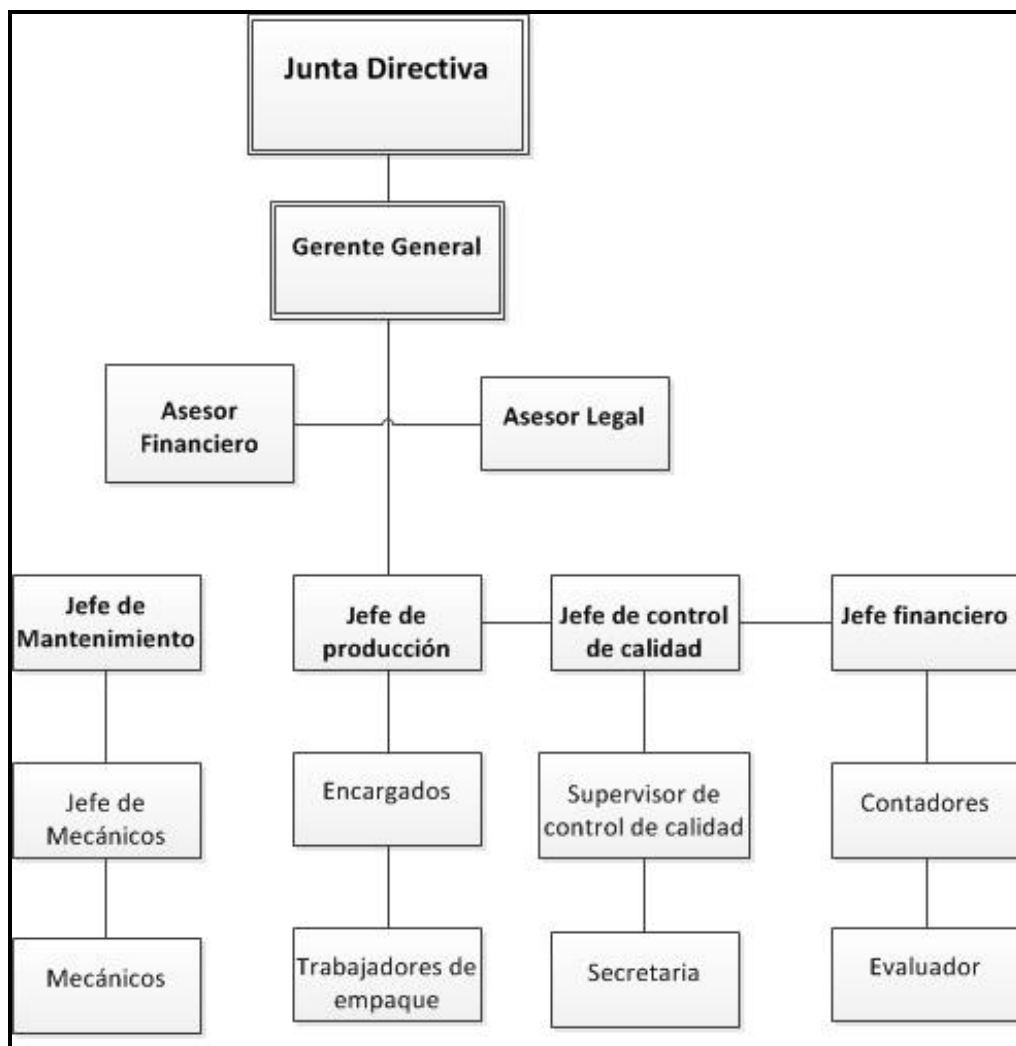


Fuente: Google Maps. Consulta: 5 de mayo de 2015.

#### 1.4. Estructura organizacional

A continuación se presente el organigrama actual de la empresa Importaciones Mundiales S. A.

Figura 3. Organigrama empresa Importaciones Mundiales S. A.



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa Visio 2010.

## **1.5. Contribución a la comunidad**

La empresa Importaciones Mundiales S. A. contribuye a la comunidad del municipio de Parramos, departamento de Chimaltenango a la promoción del desarrollo social y económico, ya que la mayoría de sus empleados son pobladores de dicho municipio. La empresa promueve y es participativa para el desarrollo de proyectos para el beneficio de los productores, así como brindar y crear jornadas de programas de salud, educación y asesoría técnica para los empleados y sus familias.

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

## **1.6. Planta de producción**

A continuación se presenta los detalles más relevantes de la planta de producción de la empresa Importaciones Mundiales S. A.

### **1.6.1. 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 ocurre 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 tenga temperatura más baja que la del exterior.



La empresa Importaciones Mundiales S. A. cuenta con cuatro cuartos fríos que resguardan el producto terminado y empaquetado listo para la exportación; se presentan en la siguiente figura los cuartos fríos actuales en funcionamiento.

Figura 4. **Vista de cuartos fríos actuales**



Fuente: interior de cuarto frío, Importaciones Mundiales S. A.

### **1.6.2. Duración de los vegetales dentro del cuarto frío**

Los vegetales ingresan a una temperatura de 16 °C, se mantienen por lo regular doce horas a una temperatura promedio de 5 °C para poder ser luego llevados al área de embarque para su posterior salida de la planta para su exportación; de no hacerlo así cuesta más trabajo llevarlos a temperaturas debajo de la temperatura ambiente.

### **1.6.3. Responsabilidad del encargado de control del cuarto frío**

El operador responsable del control de ingreso de producto al cuarto frío deberá controlar los siguientes puntos:

- Registrar la temperatura del cuarto frío.
- Ingresar solo los productos para el que fue diseñado el cuarto frío.
- Ingreso solo del personal autorizado.
- Entrar al cuarto solo las veces que sea necesario y el menor tiempo posible.
- Revisar la cantidad de producto dentro de las estanterías y tarimas en el interior del cuarto frío.
- Velar que no se deteriore la calidad del producto durante el periodo de almacenamiento.
- Contar con un plan de control contra las plagas, enfermedades y pérdidas materiales.
- Evitar que estos productos entren en contacto con la tierra o con plantas en descomposición.

- Si se presenta una anomalía con la temperatura interior; el operador encargado del cuarto frío deberá de comunicarla rápidamente al encargado de mantenimiento de la empresa para su revisión.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del cuarto frío**

A continuación se presenta las condiciones generales y técnicas que debe de contar el cuarto frío de conserva a diseñar.

#### **2.1.1. Condiciones del cuarto frío**

Para diseñar un cuarto frío se debe considerar las condiciones siguientes: temperatura interior y exterior, humedad relativa, cantidad de producto destinado a almacenar, tiempo que el producto permanecerá en el mismo, el producto a almacenar, las dimensiones físicas, cantidad de personas que estarán en el cuarto y su ubicación dentro de las instalaciones de Importadora Mundial S. A.

#### **2.1.2. Volumen interior**

Para el cálculo del volumen interior del cuarto frío a diseñar, se utilizará la siguiente fórmula:

Volumen total = ancho x largo x altura

Las medidas del cuarto frío a diseñar son:

Ancho = 5,50 metros; largo = 6,30 metros; altura = 4 metros.

$$\text{Volumen total} = (18,04 \text{ ft}) (20,66 \text{ ft}) (13,12 \text{ ft}) = 4\,889,91 \text{ ft}^3.$$

Para calcular el volumen interior, se debe restar el espesor de las paredes o del panel. El espesor será de 3 pulgadas; el equivalente a 0,0762 metros a una temperatura interior de 5 °C; con base en los requerimientos mínimos para este cuarto conservador.

Para calcular el volumen interior se transformarán las medidas de metros a pies, ya que se trabajará en el sistema inglés. Así que se procede a calcular el volumen interior del recinto.

$$\text{Volumen interior} = (5,4238 \times 3,28 \text{ ft}) (6,2238 \times 3,28 \text{ ft}) (3,9238 \times 3,28 \text{ ft}) =$$

$$\text{Volumen interior} = (17,79) (20,41) (12,87) = 4\,673,018 \text{ ft}^3.$$

### **2.1.3. Material del piso, techo y paredes**

En el cuarto frío conservador, las paredes y el techo serán construidos con 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. Con esto ayudará a tener una homogeneización con los cuartos fríos ya existentes.

El piso será fabricado de concreto con una resistencia mínima de 350 Kg/cm<sup>2</sup> y con un espesor de 10 centímetros de espesor, se sugiere usar algún aditivo acelerante el cual se adicionará a la mezcla del concreto en una cantidad del 5 al 7 % de aditivo.

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. Las paredes que se harán de poliuretano tendrán que estar formadas generalmente de las siguientes partes:

- Seguro “macho”.
- Montaje “macho”.
- Lámina metálica (aluminio corrugado color natural o blanco, acero galvanizado corrugado o liso, acero inoxidable).
- Aislamiento.
- Lámina metálica.
- Montaje “hembra”.
- Seguro “hembra”.
- Nivelador de vinyl.

Figura 5. **Vista de formado de paredes de poliuretano**



Fuente: Formas de pared de poliuretano. <http://g04.S>.

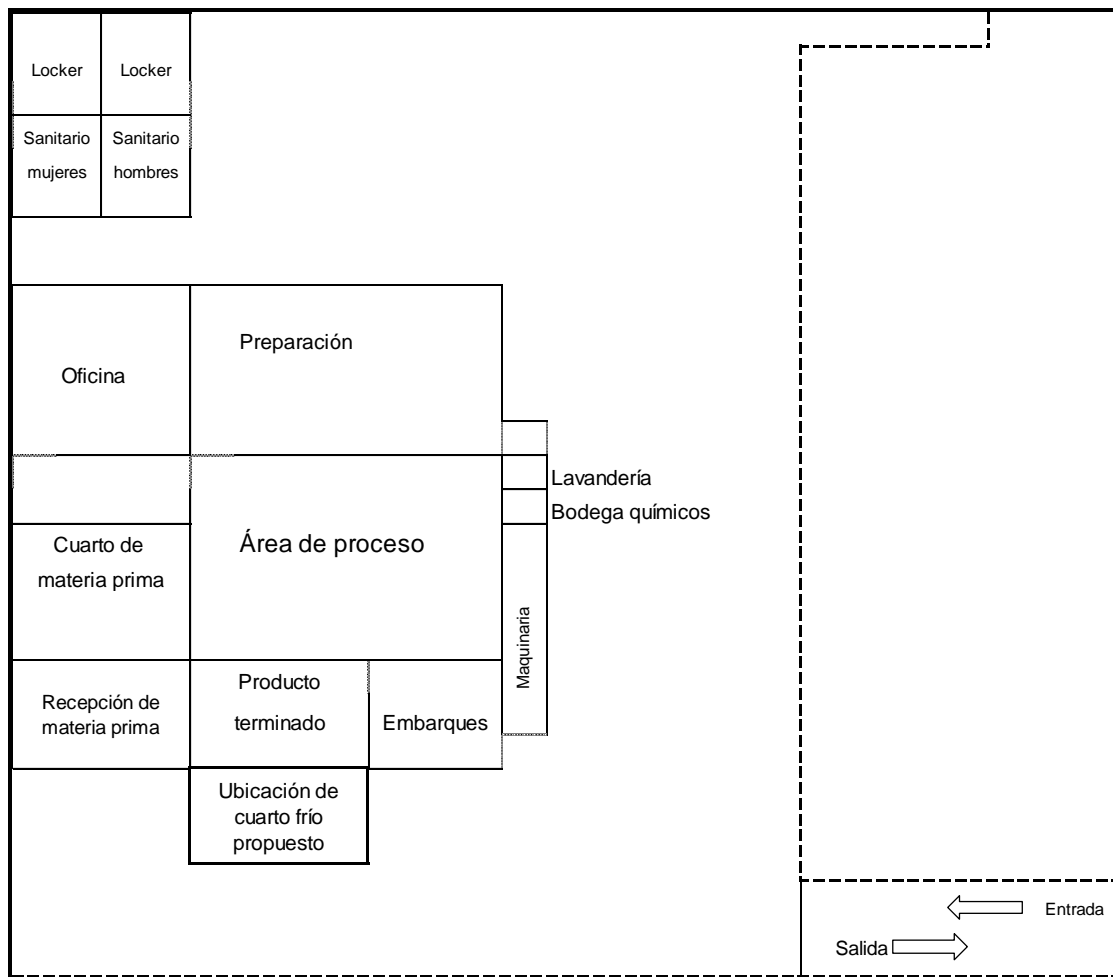
[A.licdn.com/kf/htb1qefphfxxxxxuxxxxq6xxfxxxz/pu-pir-thermal-sandwich-wall-board-for.jpg](http://A.licdn.com/kf/htb1qefphfxxxxxuxxxxq6xxfxxxz/pu-pir-thermal-sandwich-wall-board-for.jpg).

Consulta: 1 de julio de 2015.

### 2.1.4. Ubicación

A continuación se presenta la ubicación del nuevo cuarto frío propuesto dentro de las instalaciones de Importadora Mundial S. A.

Figura 6. Ubicación de cuarto frío propuesto



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa AutoCAD 2014.

## 2.1.5. Condiciones ambientales

A continuación se presenta la tabla de la temperatura de los últimos años en el municipio de Chimaltenango; estos datos servirán para analizar bajo qué temperatura exterior estará sometido el cuarto frío y así poder elegir el mejor sistema de enfriamiento.

Figura 7. Temperaturas máximas, municipio de Chimaltenango

Temperatura Máxima Absoluta en (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	N/D	N/D	25.8	27.2	26.2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	27.2
1991	26.1	27.9	30.0	N/D	27.0	29.1	24.5	25.5	24.7	25.0	26.5	25.9	30.0
1992	26.6	27.0	30.2	29.6	28.2	27.9	25.5	24.6	25.3	24.6	24.2	24.6	30.2
1993	29.0	29.2	28.7	29.5	28.6	28.4	24.3	24.1	24.4	25.0	25.0	25.5	29.5
1994	25.5	25.5	28.6	29.4	29.1	24.8	24.7	27.5	25.5	24.5	26.0	24.5	29.4
1995	26.2	29.5	28.7	29.5	27.5	26.4	24.5	25.6	24.5	25.0	26.2	25.0	29.5
1996	25.0	27.0	28.0	29.0	26.9	26.0	25.0	25.0	26.0	25.0	24.0	25.0	29.0
1997	25.0	25.5	27.3	28.4	30.0	27.0	26.5	25.0	25.0	25.0	26.0	27.3	30.0
1998	26.2	28.0	28.0	29.5	30.0	27.0	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	30.0
1999	24.5	25.5	28.0	29.5	29.0	27.0	29.0	25.5	25.0	0.0	23.0	25.0	29.5
2000	22.2	21.7	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	21.7	22.8	21.7	23.7	21.8	23.7
2001	22.8	24.8	25.2	26.9	27.0	29.5	26.5	26.5	26.5	25.5	25.0	24.0	29.5
2002	26.5	29.5	30.0	28.0	28.5	25.0	25.5	25.5	N/D	25.0	14.7	25.0	30.0
2003	26.0	N/D	N/D	39.5	30.0	26.0	27.0	26.0	24.5	24.5	24.0	25.5	39.5
2004	23.0	23.5	23.0	24.0	23.5	24.0	23.5	23.5	21.7	22.0	22.0	N/D	24.0
2005	22.0	22.5	29.0	25.0	22.0	21.0	N/D	22.0	21.0	20.0	18.0	20.0	29.0
2006	19.0	20.0	22.0	22.0	24.0	26.0	24.0	22.0	20.0	22.0	20.0	19.0	26.0
2007	26.0	22.0	22.0	23.0	21.0	22.0	22.0	21.0	23.0	21.0	20.0	19.0	26.0
2008	19.0	22.0	22.0	22.0	22.0	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	22.0
2009	N/D	28.2	26.0	29.8	28.2	27.6	26.2	25.8	27.6	26.6	26.4	26.2	29.8
2010	28.6	28.2	29.6	28.8	28.2	26.8	26.6	27.0	25.8	24.6	25.8	25.2	29.6
2011	27.2	26.2	26.2	29.0	28.8	25.6	26.0	26.6	25.4	25.4	25.4	24.8	29.0
2012	24.8	26.4	27.8	28.6	28.6	27.0	25.8	25.4	24.8	24.4	23.8	26.0	28.6
2013	25.2	26.8	28.6	29.4	N/D	25.6	24.8	26.0	25.0	25.2	N/D	N/D	29.4

Fuente: Insivumeh, Guatemala.



## **2.2. Producto y sus condiciones para almacenamiento**

A continuación se presentan los productos y sus condiciones para almacenamiento dentro del cuarto frío.

### **2.2.1. Arveja dulce**

Los guisantes (arvejas) de vaina comestible incluyen tanto el tipo oriental o asiático (conocido como *Snow*) de vaina plana y cosechado cuando las semillas son pequeñas e inmaduras, como el tipo de vaina redondeada, el cual es similar al tipo común de guisante (consumo solo de la semilla) pero con semillas más pequeñas.

Se recomienda almacenar las vainas a 0 °C (30 – 32 °F) y 95-98 % humedad relativa. Los guisantes de vaina comestible son altamente perecederos, y no mantienen una buena calidad por más de 2 semanas. Almacenamiento por más de 14 días causará un aumento en deshidratación, amarillamiento de la vaina, pérdida de turgencia, desarrollo de almidonado y pudriciones. Estos defectos se desarrollan más rápido durante distribución a 5-10 °C (41-50 °F).

Figura 8. **Arveja dulce**



Fuente: Tipos de vegetales.

[http://www.verdufrut.net/galeria/productos/vegetales/arveja\\_dulce/fotos\\_grandes/foto1.jpg](http://www.verdufrut.net/galeria/productos/vegetales/arveja_dulce/fotos_grandes/foto1.jpg).

Consulta: 7 de julio de 2015.

### **2.2.2. Ejote francés**

Los ejotes tipo amarillo, verde o púrpura se cosechan en plena fase de rápido crecimiento y desarrollo. Los ejotes típicos se cortan aproximadamente 8-10 días después de la floración. Se les debe cosechar cuando el fruto es de color verde brillante, la vaina está succulenta y las semillas son pequeñas y verdes. Después de este estado, el desarrollo de la semilla reduce la calidad y la vaina se vuelve esponjosa, correosa y pierde su color verde.

Los ejotes deben estar bien formados y rectos, brillantes, de apariencia fresca y tiernos, pero firmes. Se deben quebrar fácilmente al ser doblados. Las hojas, tallos, ejotes quebrados, residuos florales y frutos dañados por insectos están considerados como defectos, por lo que se les debe eliminar. La disminución de la calidad durante el manejo postcosecha a menudo se asocia con pérdida de agua, daño por frío y pudriciones.

Se recomienda almacenar los ejotes a 5 - 7,5 °C (41-45 °F) y 95-100 % humedad relativa. Para una buena calidad se puede mantener por unos pocos días a temperaturas inferiores a 5 °C, pero en estas condiciones el daño por frío se induce.

Algún daño por frío puede ocurrir aún a la temperatura recomendada de almacenamiento de 5 °C, después de 7-8 días a 5 - 7,5 °C (41-45 °F) se espera una vida de anaquel de 8-12 días. La pérdida de agua es un problema común de los ejotes en postcosecha. Se requiere aproximadamente una pérdida de peso del 5 % para que la marchitez y el arrugamiento se vuelvan visibles.

Con una pérdida de peso del 10-12 % los ejotes, ya no son comerciables. La pérdida de peso de los ejotes en estado verde maduro puede calcularse mediante la siguiente ecuación: % pérdida de peso por día = 0,754 X déficit de la presión de vapor (DPV). El DPV puede obtenerse a partir de una carta psicométrica cuando se miden la temperatura y la humedad relativa del interior del cuarto frío.

Figura 9. **Ejote francés**



Fuente: Tipos de ejotes. <http://www.cestaexpress.com/assets/images/verduras/ejote.jpg>.

Consulta: 8 de julio de 2015.

### **2.2.3. Mora**

Mora es el nombre que reciben diversos frutos comestibles de distintas especies botánicas. Son frutas o bayas que, a pesar de proceder de especies vegetales completamente diferentes, poseen aspecto similar y características comunes.

En ocasiones, las distintas moras pueden ser confundidas e incluso obviadas, dado que al usar la palabra mora para hablar de dicha fruta, puede hacerse referencia, simplificando, a dos tipos de bayas procedentes de dos géneros distintos de vegetales con rasgos fenotípicos muy dispares entre sí: el género *Morus* y el género *Rubus*. Se recomienda almacenar la mora a  $0 \pm 0,5$  °C ( $32 \pm 1$  °F) y 90 – 95 % humedad relativa óptima.

Figura 10. **Mora**



Fuente: Tipos de moras.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Mora\\_\(fruta\)#/media/File:Black\\_Butte\\_blackberry.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Mora_(fruta)#/media/File:Black_Butte_blackberry.jpg). Consulta: 12 de julio de 2015.

### **2.3. Diseño del sistema de refrigeración**

A continuación se presentan los diferentes tipos de cargas de enfriamiento a los cuales se encuentra sometido un cuarto frío de almacenamiento de productos.

#### **2.3.1. Cargas por transmisión de calor**

Para el inicio de los siguientes cálculos de cargas de enfriamiento se deben establecer las condicionantes principales de trabajo; el cuarto frío no estará expuesto directamente bajo los rayos del sol; se encontrará dentro de la nave de producción la cual registra una temperatura promedio de 16 °C, datos que se establecerán como datos exteriores a considerar y la temperatura interior se detalla a continuación.

- Temperatura exterior: 16 °C equivalente a 60.8 °F

Asimismo se establece las condiciones de diseño interior:

- Temperatura interior: 5 °C equivalente a 41 °F
- Humedad relativa: 95 %

Las 4 paredes del área del cuarto frío a diseñar serán construidas de paredes de espuma de poliuretano, se tomará un coeficiente de transferencia del aislante de la espuma de poliuretano de  $U = 0,051 \text{ BTU h / ft}^2 \text{ °F}$  y se aplicará la siguiente fórmula para encontrar la carga de calor dentro del cuarto frío:

Se procede a aplicar la siguiente fórmula para encontrar el U de poliuretano:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x}{k} + \frac{1}{f_1}}$$

Donde:

$f_0 = 6$  es un valor constante

$f_1 = 1,65$  es un valor constante

$x$  = espesor en pulgadas del poliuretano

$k$  = propiedad térmica del material, expresado en 1 / pulgadas

Aplicando:

$$K = 0,16 \text{ se resuelve } U = 0,051 \text{ BTU h / ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

Donde:

U = coeficiente de conductividad de calor

A = área

DT = diferencia de temperatura exterior e interior

Aplicando:

$$Q \text{ pared norte} = (0,051) (271,05 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 273,70 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ pared sur} = (0,051) (271,05 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 273,70 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ pared este} = (0,051) (236,68 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 238,99 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ pared oeste} = (0,051) (236,68 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 238,99 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ pared total} = 1\,025,38 \text{ BTU h}$$

El techo estará hecho de espuma de poliuretano, aplicando la ecuación queda:

$$Q \text{ techo} = (0,051) (372,70 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 376,35 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ techo} = 376,35 \text{ BTU h}$$

El piso tendrá un espesor de 3", el material de construcción será de concreto, el cual tiene una conductividad  $U = 0,20 \text{ BTU / h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F}$ .

$$Q_{\text{piso}} = (0,20) (372,70 \text{ ft}^2) (19,8 \text{ }^\circ\text{F}) = 1\,475,89 \text{ BTU h}$$

$$Q_{\text{piso}} = 1\,475,89 \text{ BTU h}$$

### **2.3.2. Cargas por infiltración de aire**

Cada vez que se abren las puertas del cuarto frío tienen lugar la infiltración de aire desde el exterior. La entalpía 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 filtrado y el calor latente de condensación del vapor de agua presente en el aire.

Condiciones exteriores:

- Temperatura exterior: 16 °C equivalente a 60,8 °F

Condiciones de diseño interior:

- Temperatura interior: 5 °C equivalente a 41 °F

Para hallar la humedad se calculó la temperatura de bulbo seco y la de bulbo húmedo; la temperatura de bulbo seco es la temperatura tomada directamente desde el termómetro, que en este caso el mismo marca 60,8 °F.



Se realizó el análisis respectivo en la carta psicrométrica y dio una temperatura aproximada de 11 °C equivalente a 51,8 °F de bulbo húmedo; al momento de trazar la línea de la carta psicrométrica da aproximadamente a la línea de 60 % de humedad relativa.

Encontrando las condiciones exteriores siguientes:

- Temperatura exterior: 16 °C equivalente a 60,8 °F
- Humedad relativa de 60 %

Condiciones interiores:

- Temperatura interior: 5 °C equivalente a 41 °F

Con estos datos se encuentra el calor removido; siendo este valor igual a 1,92 BTU / ft<sup>3</sup> (ver anexo 9, temperatura del cuarto de almacenamiento a 41 °F y humedad relativa de 60 %); para aplicar a la siguiente fórmula:

Q infiltración = (volumen interno) (cambio de aire promedio, ver anexo 8)  
(calor removido)

$$Q \text{ Infiltración} = (4\ 673,018 \text{ Pie}^3) (5,6 \text{ recambios}) (1,92 \text{ BTU} / \text{ft}^3) =$$

$$Q \text{ Infiltración} = 50\ 244,29 \text{ BTU h}$$

$$Q \text{ infiltración aire} = 50\ 244,29 \text{ BTU h}$$

### **2.3.3. Cargas de enfriamiento del producto**

Los productos que se refrigeran se vuelven parte de sistema de enfriamiento, debido a que es preciso remover el calor del producto para llevarlos a las condiciones de almacenamiento, lo cual se le llama carga de enfriamiento, los vegetales y frutas continúan emitiendo calor una vez ya almacenados.

El cálculo del calor removido de los productos para llevarlos a las condiciones de almacenamiento, depende 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.

En la presente propuesta del cuarto frío se tiene contemplado el almacenaje de 4 000 lbs de arveja china, 3 000 lbs de ejote y 3 000 lbs de mora; esto da una capacidad de almacenaje del cuarto frío de 10 000 libras de producto terminado y empaquetado listo para exportar.

La ecuación para determinar el calor que generan los diversos productos es la siguiente:

$$Q = m \times C_p \times DT$$

De donde:

Q = cantidad de calor a remover del producto, BTU por 12 horas.

m = cantidad de producto enfriado, lb/12 horas.

$C_p$  = calor específico del producto, por encima del punto de congelación, BTU / lb ° F (ver anexo 10 y 13).

$DT$  = cambio de la temperatura por encima de la congelación.

Aplicando la fórmula para los 3 tipos de productos a enfriar, da como resultado lo siguiente:

- $Q_{\text{arveja}} = (4\,000 \text{ lb}) (0,79 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}) (19,8 \text{ } ^\circ\text{F}) = 62\,568 \text{ BTU}$
- $Q_{\text{ejote}} = (3\,000 \text{ lb}) (0,91 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}) (19,8 \text{ } ^\circ\text{F}) = 54\,054 \text{ BTU}$
- $Q_{\text{mora}} = (3\,000 \text{ lb}) (0,88 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}) (19,8 \text{ } ^\circ\text{F}) = 52\,272 \text{ BTU}$

$Q_{\text{total del producto}} = 168,894 \text{ BTU / 12 h} = 14\,074,5 \text{ BTU h}$

#### **2.3.4. Cargas de evolución**

Para el cálculo de esta carga se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = m \times C_v$$

Donde:

$m$  = masa en libras

$C_v$  = calor de evolución, en BTU/lb (ver anexo 10 y 13.)

Aplicando la ecuación y encontrando los datos:

- $Q_{\text{arveja}} = (4\,000 \text{ lb}) (5,5 \text{ BTU/lb}) = 22\,000 \text{ BTU}$
- $Q_{\text{ejote}} = (3\,000 \text{ lb}) (4,40 \text{ BTU/lb}) = 13\,200 \text{ BTU}$
- $Q_{\text{mora}} = (3\,000 \text{ lb}) (0,45 \text{ BTU/lb}) = 13\,50 \text{ BTU}$

$$Q \text{ evolución} = 36\,550 \text{ BTU} / 12 \text{ h} = 3\,045,83 \text{ BTU h}$$

### **2.3.5. Cargas misceláneas**

A continuación se presentan las cargas misceláneas que se deben tomar en cuenta al momento de realizar el cálculo de diseño del sistema de refrigeración.

#### **2.3.5.1. Calor por persona**

Como el producto se necesita refrigerar en 12 horas; el máximo al día son 2 turnos, el tiempo de ingreso del producto será de aproximadamente 30 minutos y el egreso otros 30 minutos, para dar un total de 1 hora por turno que estará ocupado el espacio por una persona (ver anexo 11).

Aplicando la fórmula da el calor generado al día por la persona de turno:

$$Q \text{ persona} = (1 \text{ persona}) (2 \text{ horas al día}) (840 \text{ BTU/h}) = 1\,680 \text{ BTU}$$

$$Q \text{ persona} = 1\,680 \text{ BTU}$$

#### **2.3.5.2. Motores**

Se tiene contemplada la instalación de 2 motores de  $\frac{1}{2}$  HP cada uno para mover los ventiladores dentro del cuarto frío; se utiliza la siguiente ecuación para determinar la carga de enfriamiento de este equipo:

$$Q = (\text{capacidad motor en HP}) (\text{carga conectada})$$

Donde:

Carga conectada = se utiliza el dato de la tabla de equivalente térmico de los motores eléctricos (ver anexo 12).

$$Q = (1 \text{ HP}) (4\ 000 \text{ BTU/h HP}) (24 \text{ h}) = 96\ 000 \text{ BTU}$$

### **2.3.5.3. Iluminación**

El cuarto frío contará con 8 tubos de luz fluorescente de 32 watt, distribuidos en 4 lámparas con 2 tubos cada una, el factor FB toma en cuenta la pérdida de calor en la balastro de alumbrado fluorescente, el cual es de 1,25. El factor de carga de enfriamiento para el alumbrado es FCE y será de 1; se procede al cálculo de la ganancia de calor debido al sistema de iluminación.

$$Q \text{ lámpara fluorescente} = (4 \times 2 \times 32 \text{ watt}) (24 \text{ horas}) (4,1 \text{ BTU / Hora})$$

$$Q \text{ lámpara fluorescente} = (4,1 \text{ BTU/w-hr}) (8 \times 32 \text{ Watts}) (24 \text{ horas de uso}) = 25\ 190,4 \text{ BTU}$$

$$Q \text{ lámpara fluorescente} = 25\ 190,4 \text{ BTU}$$

### **2.3.5.4. Tarimas y estanterías**

Se utilizarán 8 tarimas de 35 libras cada una, cada tarima lleva 25 canastas plásticas para guardar el producto, las canastas de plástico pesan 5 libras cada una.

Dentro del cuarto estarán ubicadas las 8 tarimas y 200 canastas, de modo que en la distribución haya espacios de por medio para la ventilación del aire frío y se pueda llegar a las condiciones de diseño.

Se aplica la siguiente fórmula para determinar el calor que generan las tarimas y canastas.

$$Q = m \times C_p \times DT;$$

Donde:

m = masa en libras de embalajes

C<sub>p</sub> = calor específico, en BTU/lb °F (ver anexo 14)

DT = diferencial de temperaturas

$$Q \text{ tarima} = (8 \times 35 \text{ lb}) (0,1835 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}) (19,8 \text{ } ^\circ\text{F}) = 1\,017,32 \text{ BTU}$$

$$Q \text{ canasta} = (200 \times 5 \text{ lb}) (0,48 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}) (19,8 \text{ } ^\circ\text{F}) = 9\,504 \text{ BTU}$$

$$Q \text{ tarimas y canastas} = 10\,521,32 \text{ BTU}$$

#### **2.4. Hoja de cálculo de refrigeración**

Se presenta una tabla de resumen de cálculo de cargas necesario para el diseño del sistema de enfriamiento para el cuarto frío de conservación de la empresa Importaciones Mundiales S. A.

El objetivo de la hoja de cálculo es resumir todos los cálculos efectuados para el diseño del cuarto frío propuesto para la empresa Importaciones Mundiales S. A.

Tabla I. **Resumen del cálculo de cargas térmicas totales para el cuarto frío de Importaciones Mundiales S. A.**

Nombre del proyecto:	Cuarto frío de conserva para la empresa Importaciones Mundiales, S. A.			
Volumen del cuarto frío	4 673,018 ft <sup>3</sup>			
	U	A (ft <sup>2</sup> )	DTE (° F)	BTU h
Techo de poliuretano	0,051	372,70	19,8	<b>376,35</b>
Piso de concreto	0,20	372,70	19,8	<b>1 475,89</b>
Pared:				
Norte	0,051	271,05	19,8	<b>273,70</b>
Sur	0,051	271,05	19,8	<b>273,70</b>
Este	0,051	236,68	19,8	<b>238,99</b>
Oeste	0,051	236,68	19,8	<b>238,99</b>
Infiltración del aire:	(4 673,018 ft <sup>3</sup> )(5,6 recambios)(1,92 BTU / pie <sup>3</sup> )			<b>50 244,29</b>
Carga de producto				<b>14 074,5</b>
Carga por evolución				<b>3 045,83</b>
Persona	1 680 BTU			
Motores	96 000 BTU			
Iluminación	25 190,4 BTU			
Tarimas y canastas	10 521,32 BTU			
Cargas complementarias	(133 391,72 BTU) en 24 Horas			<b>5 557,98</b>
Se necesita una unidad de enfriamiento con capacidad de:				<b>75 800,22</b>

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

A esta capacidad se le debe sumar un factor de seguridad del 10 %, haciendo el respectivo cálculo se obtiene:

$Q = 83\ 380,24$  BTU/h, que esta será la capacidad mínima con la que deberá de contar la unidad evaporadora del cuarto frío de conserva propuesto.

Para el cálculo de la capacidad del dispositivo de expansión se deberá dividir 83 380,24 BTU/h en 12 000 BTU/h Ton; de esta conversión se obtienen 6,94 toneladas de refrigeración, para la cual se utilizarán 2 dispositivos de expansión.

Para calcular la capacidad del compresor para media temperatura, es decir, los cuartos fríos, se divide en 8 000 BTU/h HP para temperatura media, 4 000 BTU/h HP para temperatura baja y para temperatura alta ósea aire acondicionado 12 000 BTU/h HP, dando como resultado la capacidad del compresor en  $= (83\ 380,24\ \text{BTU} / \text{h}) / (8\ 000\ \text{BTU} / \text{h HP}) = 10,42\ \text{HP}$ .

## **2.5. Selección del equipo de refrigeración**

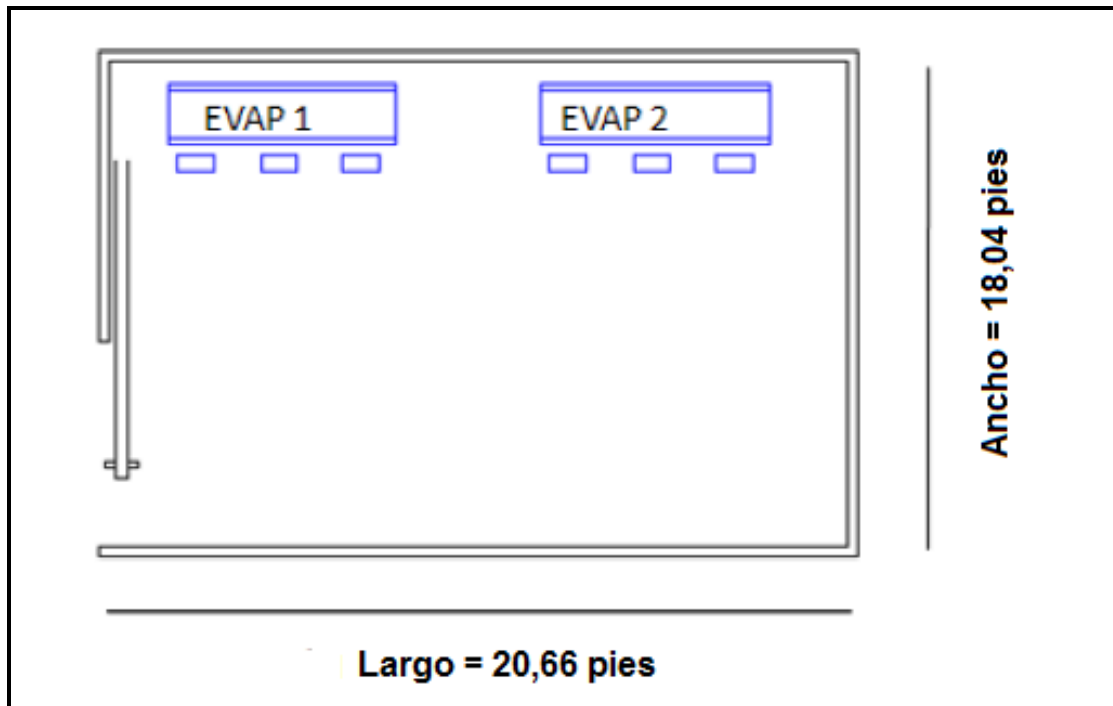
Para la selección del equipo de enfriamiento se deben escoger los evaporadores requeridos para la carga térmica calculada y seleccionar el condensador que pueda mantener su máxima capacidad de funcionamiento en todo momento.

De los cálculos realizados con anterioridad para el diseño del cuarto frío, se seleccionará el evaporador en los extremos del mismo; por lo tanto se considera la selección e instalación de 2 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.

Carga total/Núm. de evaporadores =  $83\ 380,24\ \text{BTU/h} / 2 = 41\ 690,12\ \text{BTU} / \text{h}$



Figura 11. **Ubicación de los evaporadores**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2014.

Trabajando con el fabricante Bohn, se pueden escoger entre varios modelos, buscando los catálogos entre 13 000 a 71 000 BTU/h; de la tabla II se escoge el evaporador marca Bohn, modelo BMA 510, ya que este provee una carga de enfriamiento de 51 000 BTU/hora y el diseño es de 41 690,12 BTU/hora, cumpliendo con el requisito de diseño; este equipo cuenta con ventiladores para el flujo de aire, capacidad eléctrica de conexión a acometida de 220 voltios y fácil instalación dentro del cuarto frío.

Como se muestra en la figura anterior, se deben instalar 2 evaporadores para que cumpla las condiciones de diseño.

Tabla II. Evaporadores de perfil medio marca Bohn

BMA - Evaporadores de Perfil Medio									
MODELOS	Kcal/hora -3.9 °C TSS (5.55 °C DT)	m³/min.	Datos del Motor PSC				Conexiones (pulg.)		
			#	115 APC**	208-230 APC**	460 APC**	Líquido	Succión	Dren
BMA 130	3276	65.2	1	4.0	1.8	1.0	1/2 DE	7/8 DE	3/4 RTH
BMA 155	3906	62.3	1	4.0	1.8	1.0	1/2 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH
BMA 245	6174	130.3	2	8.0	3.6	2.0	7/8 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH
BMA 300	7560	124.7	2	8.0	3.6	2.0	7/8 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH
BMA 365	9198	196.0	3	12.0	5.4	3.0	7/8 DE	1 3/8 DE	3/4 RTH
BMA 450	11340	187.0	3	12.0	5.4	3.0	1 1/8 DE*	1 3/8 DE	3/4 RTH
BMA 510	12852	261.0	4	16.0	7.2	4.0	1 1/8 DE*	1 5/8 DE	3/4 RTH
BMA 600	15120	249.30	4	16.0	7.2	4.0	1 1/8 DE*	2 5/8 DE	3/4 RTH
BMA 710	17892	298.0	5	-	9.0	5.0	1 1/8 DE*	3 5/8 DE	3/4 RTH

Fuente: Evaporadores de perfil medio Bohn.

[http://www.tyrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file\\_id=147&product\\_id=104&option=com\\_virtuemart&Itemid=11](http://www.tyrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file_id=147&product_id=104&option=com_virtuemart&Itemid=11). Consulta: 5 de agosto de 2015.

Tabla III. Especificaciones técnicas evaporadores Bohn

Modelos BMA 60HZ.													
Modelo No.	Kcal/hora -3.9°C TSS (5.55°C DT)	m³ / min.	Infor. motor				Dimensiones (cm)			Conexiones (pulgadas)			Peso neto aprox. (Kg.)
			#	115 APC**	208-230 APC**	460 APC**	L	H	A	Líquido	Succión	Drenaje	
BMA130	3276	65.2	1	4.0	1.8	1.0	100	64	55	1/2 DE	7/8 DE	3/4 RTH†	52
BMA155	3906	62.3	1	4.0	1.8	1.0	100	64	55	1/2 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH†	56
BMA245	6174	130.3	2	8.0	3.6	2.0	171	64	55	7/8 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH†	61
BMA300	7560	124.7	2	8.0	3.6	2.0	171	64	55	7/8 DE	1 1/8 DE	3/4 RTH†	67
BMA365	9198	196.0	3	12.0	5.4	3.0	242	64	55	7/8 DE	1 3/8 DE	3/4 RTH†	91
BMA450	11340	187.0	3	12.0	5.4	3.0	242	64	55	1 1/8 DE*	1 3/8 DE	3/4 RTH†	103
BMA510	12852	261.0	4	16.0	7.2	4.0	313	64	55	1 1/8 DE*	1 5/8 DE	3/4 RTH†	104
BMA600	15120	249.3	4	16.0	7.2	4.0	313	64	55	1 1/8 DE*	1 5/8 DE	3/4 RTH†	116
BMA710	17892	298.0	5	-	9.0	5.0	353	64	55	1 1/8 DE*	1 5/8 DE	3/4 RTH†	129

Todos los evaporadores tienen conexión de 1/4" para igualador externo y llevan motores eléctricos de 1/4 Hp.  
 \*\*APC= Amps. a plena carga. TSS= Temperatura de saturación de succión.  
 \* Se suministra con adaptador a 7/8" D.E.  
 †Conexión roscada hembra.  
 Para guarda ventilador de plástico con rejillas direccionales, el tiro de aire es 20 m. y para guarda del ventilador de alambre (opcional) que permite la difusión del aire, el tiro de aire es de 15 m.  
 El tiro de aire está basado en cuartos fríos con altura de 5.49 m. sin obstrucciones y donde la velocidad del aire se reduce a 15.25 mpm.

Fuente: Evaporadores de perfil medio Bohn.

[http://www.tyrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file\\_id=147&product\\_id=104&option=com\\_virtuemart&Itemid=11](http://www.tyrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file_id=147&product_id=104&option=com_virtuemart&Itemid=11). Consulta: 5 de agosto de 2015.

Para la selección de las unidades condensadora se necesitarán dos compresores uno de 7,5 HP y otro de 6,5 HP, consultando los catálogos del fabricante las unidades condensadoras marca Bohn, modelo BZT-0750L6, de 7,5 HP, compresor tipo Scroll, tipo de refrigerante R-404A, con un consumo de 220 voltios, 3 fases y 60 Hertz, fan motor (ventilador) de 1/3 HP; este proporciona 67 212 BTU/h y el otro será marca Bohn, modelo BZT-0650L6, 6,5 HP, compresor tipo Scroll, tipo de refrigerante R-404A con un consumo de 220 voltios, 3 fases y 60 Hertz, fan motor (ventilador) de 1/3 HP; este proporciona 47 203 BTU/h. (Sumando los dos compresores da 14 HP; pasa a 3,58 HP el valor calculado de 10,42 HP).

Tabla IV. Capacidad de compresores Bohn

Modelo	HP	Temp. Ambiente °F/ °C	Capacidades en BTU/Hr y Kcal/Hr						
			Temperatura de Evaporación °F/ °C						
			10/-12.2	0/-17.8	-4/-20	-13/-25	-22/-30	-31/-35	-40/-40
BZT-0650L6 (ZF24K4E)	6,5	90	47203	40534	37834	31919	26321	21359	17230
		32	11890	10210	9530	8040	6630	5380	4340
		95	45457	39065	36484	30768	25408	20565	16555
		35	11450	9840	9190	7750	6400	5180	4170
BZT-0750L6 (ZF33K4E)	7,5	100	43670	37596	35135	29656	24455	19771	15840
		38	11000	9470	8850	7470	6160	4980	3990
		110	40176	34698	32475	27433	22629	18222	14491
		43	10120	8740	8180	6910	5700	4590	3650
BZT-0900L6 (ZF40K4E)	9	90	67212	56890	53039	44663	36762	29997	23066
		32	16930	14330	13360	11250	9260	7430	5810
		95	65624	54905	51173	42955	35254	28227	22073
		35	16530	13830	12890	10820	8880	7110	5560
BZT-1300L6 (ZF48K4E)	13	100	62289	52960	49268	41248	33745	26956	21041
		38	15690	13340	12410	10390	8500	6790	5300
		110	N.D.	49030	45496	37874	30768	24416	19016
		43		12350	11460	9540	7750	6150	4790
BZT-0900L6 (ZF40K4E)	9	90	84243	72056	67172	56533	46608	37834	30609
		32	21220	18150	16920	14240	11740	9530	7710
		95	81107	69475	64790	54548	44980	36484	29418
		35	20430	17500	16320	13740	11330	9190	7410
BZT-1300L6 (ZF48K4E)	13	100	78011	66934	62448	52603	43352	35095	28227
		38	19650	16860	15730	13250	10920	8840	7110
		110	71778	61773	57724	48672	40137	32395	25845
		43	18080	15560	14540	12260	10110	8160	6510
BZT-1300L6 (ZF48K4E)	13	90	94724	80869	75589	63917	52841	43035	34857
		32	23860	20370	19040	16100	13310	10840	8780
		95	91231	78011	72929	61654	51015	41487	33507
		35	22980	19650	18370	15530	12850	10450	8440
BZT-1300L6 (ZF48K4E)	13	100	86983	75073	70229	59431	49188	39938	32157
		38	21910	18910	17690	14970	12390	10060	8100
		110	80035	69316	64910	55024	45536	36842	29497
		43	20160	17460	16350	13860	11470	9280	7430

Fuente: Tipos de compresores Bohn.

[http://www.typrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file\\_id=147&product\\_id=104&option=com\\_virtuemart&Itemid=11](http://www.typrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file_id=147&product_id=104&option=com_virtuemart&Itemid=11). Consulta: 6 de agosto de 2015.

Tabla V. Especificaciones técnicas de compresoras Bohn

Modelo	Figura	Dimensiones*			Conexiones		Recibidor Cap. al 90% Lbs./ Kgs.	Peso de Embarque		Flujo de aire PCM/ MCH	Modelo del Com presor	Nivel de Ruido a 5 m** dba
		Ancho pulg/mm	Largo pulg/mm	Alto pulg/mm	Liqui- do Pulg.	Suc- ción Pulg.		Lbs.	Kgs.			
<b>Alta/Media Temperatura, R-22 / Media Temperatura R-404A / R-507</b>												
BZT-0650H2/M6	A	35.4 <small>899</small>	51 <small>1292</small>	39.2 <small>995</small>	1/2	1-1/8	31/14	626	284	3348 <small>5700</small>	ZS56K4	68
BZT-0700H2/M6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	714	324	6150 <small>10470</small>	ZS56K4	70
BZT-0750H2/M6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	714	324	6150 <small>10470</small>	ZS75K4	70
BZT-0860H2/M6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	722	328	6150 <small>10470</small>	ZS75K4	70
BZT-1000H2/M6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	742	337	5945 <small>10120</small>	ZS92K4	71
BZT-1400H2/M6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	863	392	5945 <small>10120</small>	ZS11M4	72
<b>Baja Temperatura, R-22</b>												
BZT-0650L2	A	35.4 <small>899</small>	51 <small>1292</small>	39.2 <small>995</small>	1/2	1-1/8	31/14	705	320	3472 <small>5910</small>	ZF24K4	72
BZT-0750L2	A	35.4 <small>899</small>	51 <small>1292</small>	39.2 <small>995</small>	1/2	1-1/8	31/14	720	327	3348 <small>5700</small>	ZF33K4	72
BZT-0900L2	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	802	364	6150 <small>10470</small>	ZF40K4	74
BZT-1300L2	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	77/35	844	383	6150 <small>10470</small>	ZF48K4	73
<b>Baja Temperatura, R-404A/R-507</b>												
BZT-0650L6	A	35.4 <small>899</small>	51 <small>1292</small>	39.2 <small>995</small>	1/2	1-1/8	29/13	705	320	3472 <small>5910</small>	ZF24K4	72
BZT-0750L6	A	35.4 <small>899</small>	51 <small>1292</small>	39.2 <small>995</small>	1/2	1-1/8	29/13	720	327	3348 <small>5700</small>	ZF33K4	72
BZT-0900L6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	71/32	802	364	6150 <small>10470</small>	ZF40K4	74
BZT-1300L6	B	35.4 <small>899</small>	62.8 <small>1596</small>	39.2 <small>995</small>	5/8	1-3/8	71/32	844	383	6150 <small>10470</small>	ZF48K4	73

Fuente: Tipos de compresores Bohn.

[http://www.typrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file\\_id=147&product\\_id=104&option=com\\_virtuemart&Itemid=11](http://www.typrefrigeracion.com.mx/index.php?page=shop.getfile&file_id=147&product_id=104&option=com_virtuemart&Itemid=11). Consulta: 9 de agosto de 2015.

Figura 12. **Unidad condensadora Bohn Modelo BZT-0650L6**



Fuente: Tipos unidades condensadoras Bohn. <http://www.frimax.mx/PDF/BCT-012-BZ-03A-1-03-APM-Unidades-condensadoras-enfriadas-por-aire-SCROLL.pdf>. Consulta: 7 de julio de 2015.

Se utilizan dos válvulas de expansión termostática, porque son las apropiadas para el refrigerante R404A. Al compresor de 6,5 HP se le instalará una válvula de 4 TR y al compresor de 7,5 HP se le instalará una válvula de 6 TR.

Se utilizará la válvula de expansión termostática modelo TS2, ya que este conduce sin ningún problema el refrigerante R404A.

Tabla VI. **Especificaciones técnicas de válvula expansión térmica**

TIPO	Codigo	Refrigerante	Equalizacion
TX2	068Z3206	R22	INT
TEX2	068Z3209	R22	EXT
TN2	068Z3346	R134a	INT
TEN2	068Z3348	R134a	EXT
TS2	068Z3400	R404A	INT
TES2	068Z3403	R404A	EXT

Fuente: Tipos de válvulas de expansión. <http://www.imcosamex.com/category/danfoss/valvulas-danfoss-2/>. Consulta: 19 de agosto de 2015.

Figura 13. **Válvula de expansión térmica TS2**



Fuente: Válvula de expansión térmica TS2. <http://www.imcosamex.com/nueva/wp-content/uploads/2013/08/040.jpg>. Consulta: 21 de agosto de 2015.

## **2.6. Características principales del equipo de refrigeración seleccionado**

A continuación se presenta las características principales de las unidades condensadora, compresora, evaporadora y válvulas de expansión del equipo de refrigeración seleccionado.

### **2.6.1. 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.

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.

### **2.6.2. Compresor**

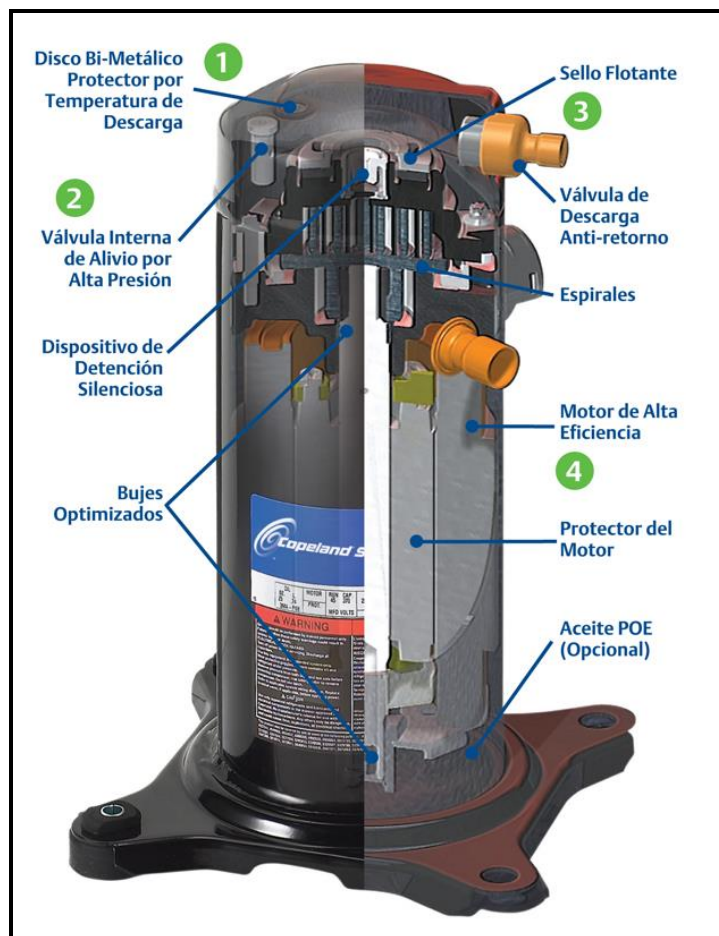
El compresor tiene 2 funciones principales en el ciclo; se clasifica siempre como el corazón del sistema porque es el que hace circular al refrigerante. Las funciones que llevan a cabo son:

- Recibir o succionar el vapor refrigerante del evaporador, de modo que se puedan mantener en él la temperatura y presión deseadas.

- 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 para esta propuesta es el tipo Scroll, porque son los más utilizados y económicos del mercado.

Figura 14. **Compresor tipo Scroll y sus partes**



Fuente: Compresor tipo Scroll. <http://www.blog.simec.biz/wp-content/uploads/2014/08/compressor-morph-with-callouts-SP.jpg>. Consulta: 12 de julio de 2015.



### 2.6.3. 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.

Este 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 3 tipos: tubos desnudos, tubos aleteados y placas.

Figura 15. Evaporador marca Bohn



Fuente: Catálogo de evaporadores marca Bohn.

[http://www.refripartes.com.do/uploads/Evaporador\\_LT\\_Bohn.jpg](http://www.refripartes.com.do/uploads/Evaporador_LT_Bohn.jpg). Consulta: 11 de junio de 2015.

### 2.6.4. Válvula de expansión

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

- Debe de regular el flujo del refrigerante líquido que se alimenta al evaporador, según sea la demanda.
- 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 debe cumplir con las características establecidas en esta propuesta, para poder cumplir con los requerimientos del sistema.

## **2.7. Plan de conservación de equipos de refrigeración**

A continuación se presenta el plan de conservación del equipo de refrigeración seleccionado.

### **2.7.1. Plan de mantenimiento preventivo**

El plan de mantenimiento preventivo llevará a un nivel confiable de operación del equipo de enfriamiento del cuarto frío propuesto para la empresa Importaciones Mundiales S. A., el cual puede ser aplicado a los cuartos fríos existentes y así garantizar el óptimo funcionamiento y alargar la vida útil de la unidad de evaporación, condensador, compresor y válvula de expansión del sistema de enfriamiento.

El plan de mantenimiento preventivo deberá realizarse cada 3 meses, con base en las rutinas de mantenimiento preventivo que se proponen en el desarrollo de los siguientes incisos.

La implementación estará bajo la dirección y supervisión del encargado de mantenimiento de la empresa, mediante autorización del gerente y gerente general para que aprueben y presupuesten el gasto de los repuestos e insumos para la correcta aplicación del mantenimiento preventivo al sistema de enfriamiento y componentes del cuarto frío propuesto, el encargado de mantenimiento de la empresa Importaciones Mundiales S. A. estará a cargo del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de enfriamiento de los cuartos fríos.

Para alcanzar dichos objetivos se deberá llevar un registro periódico de las rutinas de mantenimiento preventivo realizado al sistema de enfriamiento del cuarto frío propuesto para llevar el control de repuestos críticos e insumos necesarios para realizar la rutina de mantenimiento.

En este capítulo se presentan los formatos de mantenimiento preventivo que deberán ser llenados por el encargado de mantenimiento y firmados por el mecánico que realizará el mantenimiento al equipo de refrigeración.

## 2.7.2. Mantenimiento preventivo del evaporador

A continuación se presenta la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para el evaporador.

Figura 16. Formato de mantenimiento preventivo a evaporador

Importaciones Mundiales S.A.		FECHA: _____	
DEPTO. DE MANTENIMIENTO			
F I C H A D E E Q U I P O			
EQUIPO:		EVAPORADOR	
FECHA DE ADQUISICIÓN _____		MODELO: _____	
PROVEEDOR: _____			
UBICACIÓN DE EQUIPO:		CUARTO FRÍO NÚMERO 5	
Detalle de mantenimiento, reparaciones y calibraciones			
Actividades	Descripción	Observaciones	Recomendaciones
Limpieza general	Limpieza a evaporador, gabinete interior y exterior, bandeja, filtros, rejillas, aspa de ventilador.		
Revisión	Revisión de motor de ventilador, relay, contactor, cables eléctricos		
Balance / lubricación	Lubricación de ventilador, eje, turbina, poleas, cojientes.		
Voltaje	Revisión y anotación de voltaje general del sistema, amperaje de los ventiladores.		
Calibración	Calibración del flujo de aire del evaporador que este en un rango entre 255 a 265 m3/min		
Ajustes y pruebas de funcionamiento	Revisión de soportería y tornillos y realización de pruebas de funcionamiento por 10 minutos para verificar el funcionamiento del equipo		
Nombre del técnico: _____		Firma del técnico: _____	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

### 2.7.3. Mantenimiento preventivo del condensador

A continuación se presenta la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para el condensador.

Figura 17. Formato de mantenimiento preventivo a condensador

<b>Importaciones Mundiales S.A.</b>		FECHA: _____	
DEPTO. DE MANTENIMIENTO			
<b>F I C H A D E E Q U I P O</b>			
EQUIPO:	CONDENSADOR		
FECHA DE ADQUISICIÓN:	_____	MODELO:	_____
PROVEEDOR:	_____		
FECHA DE INICIO DE OPERACIONES:	_____		
UBICACIÓN DE EQUIPO:	CUARTO FRÍO NÚMERO 5		
<b>Detalle de mantenimiento, reparaciones y calibraciones</b>			
Actividades	Descripción	Observaciones	Recomendaciones
Limpieza general	Limpieza a condensador, gabinete interior y exterior, bandeja, filtros, rejillas, aspa de condensador y drenaje		
Revisión	Revisión de motor de condensador, relay, contactor, capacitor, transformador, cables eléctricos, otros		
Balance / lubricación	Lubricación de ventilador, eje, turbina, poleas, cojientes.		
Voltaje	Revisión y anotación de voltaje general del sistema		
Calibración	Calibración del flujo de aire del ventilador de condensador que este en un rango de 3 470 a 3 475 pie cúbico por minuto		
Presiones	Revisión de presiones de succión y descarga, presión de succión: 60 PSI, presión de descarga: 250 PSI y carga de refrigerante R-404A		
Ajustes y pruebas de funcionamiento	Revisión de soportería y tornillos y realización de pruebas de funcionamiento por 10 minutos para verificar el funcionamiento del equipo		
Nombre del técnico: _____		Firma del técnico: _____	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

## 2.7.4. Mantenimiento preventivo del compresor

A continuación se presenta la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para el compresor.

Figura 18. Formato de mantenimiento preventivo a compresor

Actividades		Descripción	Observaciones	Recomendaciones
Limpieza general		Limpieza del compresor e inspección de las condiciones ambientales		
Revisión		Revisión de compresor, revisión del nivel de aceite, revisión del control de temperatura y switch de presión		
Balance / lubricación		Aplicar aceite al compresor si necesita, utilizar aceite especial para compresor marca Bohn		
Voltaje		Revisión y anotación del amperaje de línea 1, línea 2 y línea 3 del compresor, medición de voltaje y revisión de las conexiones eléctricas		
Soportería		Reapretar tornillos, soportes y tornillos en general.		
Ajustes y pruebas de funcionamiento		Comprobar operatividad del equipo en conjunto con el operador para realizar pruebas de funcionamiento por 10 minutos		

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

### 2.7.5. Mantenimiento preventivo de tubería de cobre

A continuación se presenta la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para la tubería de cobre.

Figura 19. Formato de mantenimiento preventivo a tubería de cobre

<b>Importaciones Mundiales S.A.</b>		FECHA: _____	
		DEPTO. DE MANTENIMIENTO	
<b>F I C H A D E E Q U I P O</b>			
EQUIPO:	<b>TUBERÍA DE COBRE</b>		
FECHA DE ADQUISICIÓN:	_____	MODELO:	_____
PROVEEDOR:	_____		
FECHA DE INICIO DE OPERACIONES:	_____		
UBICACIÓN DE EQUIPO:	<b>CUARTO FRÍO NÚMERO 5</b>		
<b>Detalle de mantenimiento, reparaciones y calibraciones</b>			
Actividades	Descripción	Observaciones	Recomendaciones
Limpieza general	Limpieza de la tubería de cobre		
Revisión	Revisión de la tubería de cobre para evitar fugas de refrigerante en el sistema, verificar las roscas y acoples de la tubería de distribución		
Soportería	Reapretar tornillos, soportes, acoples de la tubería de cobre		
Nombre del técnico: _____		Firma del técnico: _____	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

## 2.7.6. Mantenimiento preventivo de válvulas y accesorios

A continuación se presenta la rutina de mantenimiento preventivo propuesto para válvulas de expansión y accesorios.

Figura 20. Rutina de mantenimiento preventivo a válvulas y accesorios

Importaciones Mundiales S.A.		FECHA: _____	
DEPTO. DE MANTENIMIENTO			
F I C H A D E E Q U I P O			
EQUIPO:	Válvula de expansión y accesorios		
FECHA DE ADQUISICIÓN:	_____	MODELO:	_____
PROVEEDOR:	_____		
FECHA DE INICIO DE OPERACIONES:	_____		
UBICACIÓN DE EQUIPO:	CUARTO FRÍO NÚMERO 5		
<b>Detalle de mantenimiento, reparaciones y calibraciones</b>			
Actividades	Descripción	Observaciones	Recomendaciones
Limpieza general	Limpieza de la válvula de expansión		
Calibración	Calibración de la válvula de expansión, revisión de termostato y presostato		
Revisión	Revisión de empaque de puerta y bisagra del cuarto frío		
Control de cuarto frío	Revisar el control de temperatura del cuarto frío		
Ajustes y pruebas de funcionamiento	Monitoreo de la temperatura interior del cuarto frío despues de pruebas de funcionamiento		
Nombre del técnico: _____		Firma del técnico: _____	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.



## **2.8. Posibles fallas del sistema y soluciones**

Algunas fallas que pueden presentarse en el equipo como la pérdida de temperatura puede relacionarse con un sinnúmero de posibilidades técnicas y de manejo, pero el operario del cuarto frío puede recoger información que para el técnico será importante al adelantar un diagnóstico y trazar una estrategia a seguir; algunas posibilidades que se podrían dar serían:

- Si la unidad condensadora no arranca, Leer el protector electrónico de fases que se encuentra en el tablero de control protección y mando, accionar el térmico de la unidad condensadora. Buscar manchas de aceite en tuercas, tubos y soldaduras. Accionar los codillos o interruptores de manejo de la unidad condensadora. Si persiste el daño comunicarse con el técnico y reportar lo hecho y lo encontrado.
- Si el equipo opera intermitentemente, buscar manchas de aceite en el trayecto de la tubería, en tuercas y soldaduras y en la unidad condensadora; al encontrarlas informar al técnico. Revisar las dos caras del evaporador y explorar en busca de hielo en el panel; si hay hielo pasar a posición de apagado los codillos en el tablero de mando y con el chorro de una manguera deshielar la parte trasera y delantera hasta eliminar por completo cualquier bloque de hielo. Terminada esta operación pasar a posición de prendido los codillos accionados. Si persiste el daño, informar al técnico.

- Si el equipo opera pero no da temperatura, igual que en el numeral anterior revisar el panel del evaporador; si se tiene hielo eliminarlo según se instruye en el numeral anterior. Si el problema queda resuelto exigir mejor el manejo de la puerta o no saturar de mercancía el cuarto. Conservar los porcentajes de circulación peatonal y de aire. Si el problema persiste, informar al técnico.
- Si los motores del evaporador no funcionan, accionar el relay del contactor del evaporador que se encuentra en el tablero de control, esperar seis (6) minutos; si continúa el daño informar al técnico. El tiempo de espera se sugiere en virtud de que hasta el evaporador no logre 0 °C o menos, los motores del evaporador no arrancarán. Al observar la mirilla del cárter de un motocompresor Copeland, no debe de verse espuma y el nivel debe estar entre la mitad (1/2); de lo contrario indicar que el motocompresor está perdiendo años de uso aceleradamente. Informar rápidamente al técnico.

Se debe revisar semanalmente la resistencia del cárter y cerciorarse de que en los tiempos de descanso del motocompresor la resistencia está operando. Esta práctica previene el golpe de líquido en cada arranque del motocompresor.

El sistema de refrigerante (tuberías de cobre) es un sistema presurizado, la humedad del ambiente y los componentes de la atmósfera son enemigos del refrigerante R-404A. Los controles que gobiernan la operación del cuarto frío y las protecciones eléctricas quedan calibrados de acuerdo con las necesidades de la mercancía y el consumo de los equipos. Las modificaciones requieren de herramienta especializada y de conocimiento técnico.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Ahorro energético**

A continuación se presenta un análisis sobre el ahorro energético dentro de las instalaciones de la empresa Importaciones Mundiales S. A.

##### **3.1.1. Análisis sobre cambio de tipos de luminarias**

En la empresa Importaciones Mundiales S. A. se contempla el análisis del cambio de luminarias como parte del tema de ahorro energético, una opción en el ahorro energético es el cambio de luminarias más eficientes que transformen la mayor parte de la energía en luz y no se desperdicie en calor como muchas luminarias.

El análisis consiste en realizar el recorrido por toda la empresa para determinar qué tipo de luminarias están instaladas para realizar el análisis y tomar una decisión sobre si son eficientes o no las luminarias actuales.

Durante el recorrido se encontró una diversidad de luminarias, las cuales se describen a continuación:

- Lámparas incandescentes: la luz es cálida y amarillenta es especial para áreas de reunión, donde la luz intensa no es esencial. Para iluminación general, eficiencia luminosa es baja (flujo luminoso en lm/watt.) genera menor iluminación (costo watt por lúmenes por quetzal). El tiempo promedio de vida de estos sistemas es de 1 000 horas.

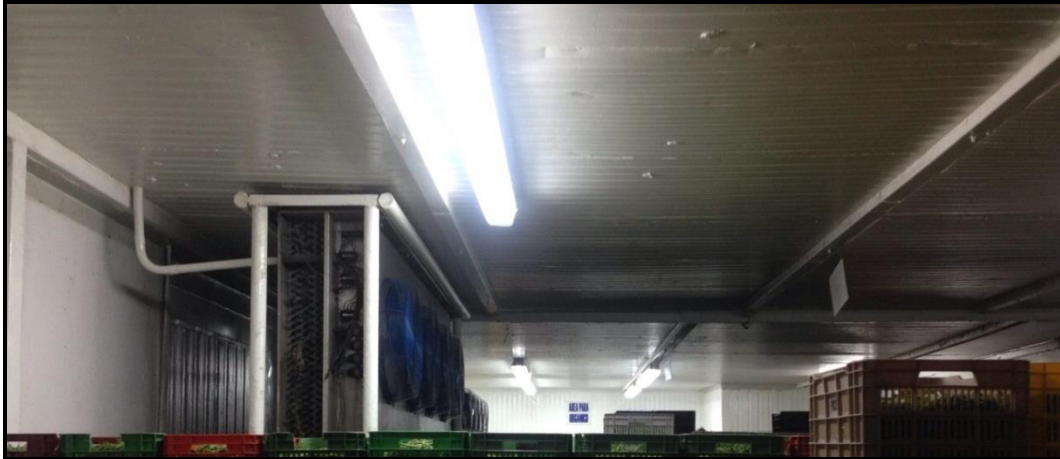
- Lámparas incandescentes reflectoras: luz cálida y amarillenta concentrada en un haz, especial para áreas de exhibición. Es especial para iluminación de acentuación o para alumbrado general diferenciado. Al concentrar más la iluminación se hace algo más económica. La eficiencia luminosa es baja.
- Lámpara halógena dicróica: luz intensa y brillante, destaca los objetos y colores; su uso es especial para destacar un ambiente y hacerlo más atractivo, destacar objetos o realizar tareas que requieran buen nivel de iluminación. También genera conos de iluminación y por lo tanto sombras. En algunos casos necesita transformador (12 voltios y 120 voltios).
- Lámpara fluorescente: produce una luz intensa, uniforme y eficiente, ideal cuando se necesita buen nivel de iluminación durante mucho tiempo, ya que es de los tipos de iluminación más económica. Necesita balastro y arrancador o balastro electrónico. El tiempo de vida de estos sistemas es de 7 500 horas.

Figura 21. **Vista de lámpara redonda fluorescente**



Fuente: interior planta de Importaciones Mundiales S. A.

Figura 22. **Vista de lámpara fluorescente**



Fuente: interior planta de Importaciones Mundiales S. A.

### **3.1.2. Análisis sobre aprovechamiento de luz natural**

El análisis sobre el aprovechamiento de la luz natural para la empresa Importaciones Mundiales S. A., la medida a utilizar para ahorrar energía es el aprovechamiento de la luz solar, ya que esta no tiene ningún costo económico y no contamina el medio ambiente.

Se analizará toda la planta para observar en qué áreas se puede implementar el uso de la luz natural, ya que esta depende del horario o posición en la que se encuentre.

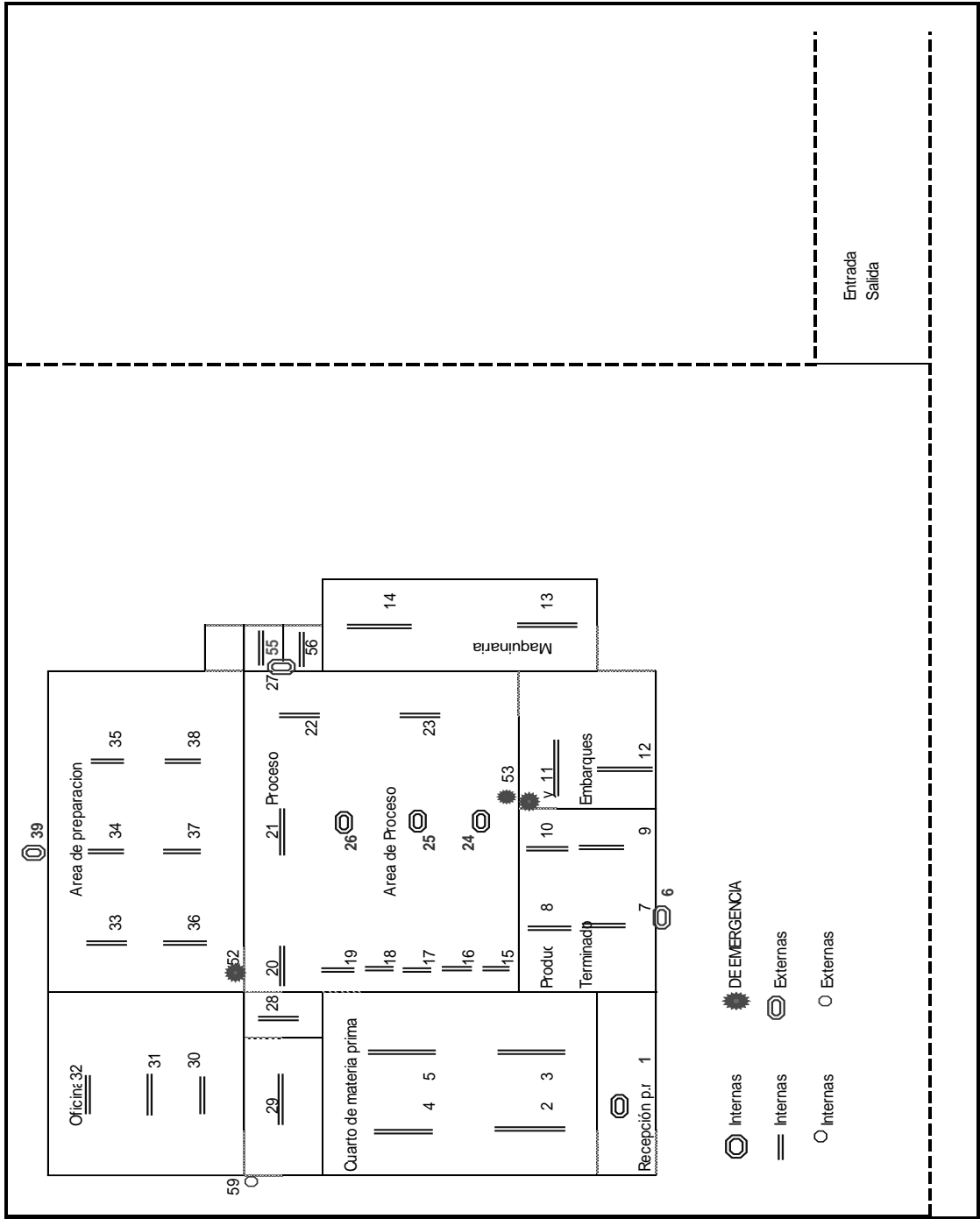
El aprovechamiento de la luz natural que se recomienda para implementar en la empresa Importaciones Mundiales S. A. es colocar láminas traslucidas o habilitando ventanas en los lugares de trabajo y con esto ayudar a que se utilicen luminarias de menos consumos de watts.

### **3.1.3. Análisis sobre dimensionamiento de lúmenes utilizados**

El análisis de lúmenes que utilizan las luminarias es una buena técnica para poder ahorrar energía, ya que en muchos casos las luminarias están sobredimensionadas y se estará desperdiciando energía por medio de watts que consumen nuestras luminarias.

A continuación se presenta el plano de la ubicación de las luminarias propuestas para la empresa Importaciones Mundiales S. A., para aprovechar el dimensionamiento de lúmenes dentro de la planta.

Figura 23. Plano de distribución de luminarias propuesto



Fuente: elaboración propia, utilizando el programa AutoCAD 2014.



#### **3.1.4. Análisis sobre el consumo de kilowatt en equipos de refrigeración**

Los equipos de refrigeración son uno de los mayores consumidores que colaboran en el gasto energético, por lo que la elección de los mismos es de mucha importancia para establecer un eficiente ahorro energético.

Ya que en la actualidad hay una gran cantidad de equipos de refrigeración que tienen consumos energéticos fantasmas, los cuales son aquellos aparatos que estando apagados siguen consumiendo energía, por lo que esto repercute en la incrementación del consumo energético.

En el capítulo anterior se seleccionó el equipo de refrigeración adecuado que cumple con las características técnicas para el diseño del cuarto frío de conservas; entre los parámetros de selección, se tomó en cuenta el consumo energético y sobre todo que el equipo de refrigeración debe ser ahorrativo en consumo eléctrico y amigable con el ambiente, en cuanto al tipo de refrigerante a emplear en el sistema se refiere cumpliendo con el análisis de consumo energético para el cuarto frío propuesto.

#### **3.1.5. Diagnóstico**

Este es un estudio previo a toda la planificación o diseño del proyecto de análisis energético, que consiste en la recopilación de información, su ordenamiento e interpretación de conclusiones e hipótesis. Consiste en analizar un sistema y comprender, su funcionamiento de tal manera de proponer cambios y mejoras.

### **3.1.5.1. Iluminación**

En ciertas áreas de la empresa Importaciones Mundiales S. A. el alumbrado es innecesario, ya que hay áreas donde no se necesita iluminación, por otro lado hay luminarias donde se sobredimensionó la cantidad de lúmenes necesarios para realizar determinadas actividades, por lo que es necesario hacer una readecuación de la iluminación para realizar un ahorro de energético, tal como se muestra en el plano de la figura número 16.

### **3.1.5.2. Equipos de refrigeración**

En la planta se utiliza diversidad de aparatos eléctricos y equipos de refrigeración, por lo que el buen uso de ellos conlleva a realizar un buen ahorro, ya que esta cuenta con aparatos eléctricos que consumen energía y no son bien utilizados, ocasionando un mal gasto de energía.

Los equipos de refrigeración actuales deben de contar con su plan de mantenimiento preventivo, para así reducir el consumo energético por motivos de sobrecalentamiento u otras fallas que incurran por la falta de la realización de las rutinas de mantenimiento preventivo previamente planificadas.

Figura 24. **Vista de evaporadores interior de planta**



Fuente: Interior planta de Importaciones Mundiales S. A.

Figura 25. **Vista de área de banco de condensadores actuales**



Fuente: Planta de Importaciones Mundiales S. A.

### **3.1.5.3. Situación actual de la empresa**

La empresa Importaciones Mundiales S. A. no necesita grandes cambios para lograr el ahorro energético; solo necesita implementar algunos cambios que darán grandes resultados en el área de luminarias y de los equipos de refrigeración.

Se deben cambiar algunas luminarias bajando el consumo de sus watts, al implementar sensores de movimiento en determinadas áreas para activar las luminarias, así como implementar apagadores independientes para utilizar las luminarias en algunas áreas e instalar ahorradores de energía para los aparatos eléctricos, así como capacitaciones para los colaboradores de la planta.

### **3.1.6. Optimización del consumo de energía eléctrica**

La optimización del consumo energético dentro de la planta consiste en las recomendaciones a implementar para aprovecharla de la mejor manera, ya que su buen uso redundaría en un ahorro económico a la hora de cancelar la factura por la energía consumida.

En los siguientes incisos se presentará un plan de mejora en las áreas más críticas, donde el consumo energético es alto; se recomendará realizar los cambios e implementaciones de técnicas para el ahorro energético

#### **3.1.6.1. Aprovechamiento de la luz natural**

La gran parte del consumo energético se le atribuye a las luminarias, ya que estas son utilizadas en un promedio de 22 a 24 horas al día, por lo que un balance energético eficiente contribuirá al ahorro de la misma.

Se recomienda implementar el cambio de potencia de algunas luminarias, ya que en algunos casos las luminarias están sobredimensionadas.

También en algunas áreas se aprovechará la luz natural apoyada de luminarias de menor potencia.





Así como la instalación de sensores de movimiento para activar las luminarias, la reinstalación de apagadores a apagadores independientes es necesaria para focalizar la luz en determinadas áreas.

Se instalará rotulación con el mensaje de ahorrar energía en apagadores, tomacorrientes y aparatos de consumo energético, con el objetivo de concientizar a todo el personal sobre el ahorro energético.

### **3.1.6.2. Propuesta del cambio de tipo de luminarias**

En la planta se encuentran instaladas diversas luminarias, en las cuales se necesita hacer unos pequeños cambios con el objetivo de ahorrar energía; por lo que se cambiará la potencia de algunas luminarias que se encuentran sobredimensionadas y otras que no son necesarias.

Figura 26. **Equivalencia de luz tradicional a led**

	<i>Incandescente</i>	<i>Halógena</i>	<i>Fluorescente</i>	<i>Led</i>
				
<i>Equivalencias lumínicas entre bombillas</i>	<b>40w</b>	<b>22w</b>	<b>9w</b>	<b>450lm (5W)</b>
	<b>60w</b>	<b>35w</b>	<b>11w</b>	<b>700lm (8W)</b>
<i>lm=lúmenes</i>	<b>75w</b>	<b>47w</b>	<b>15w</b>	<b>950lm (10W)</b>
	<b>100w</b>	<b>60w</b>	<b>20w</b>	<b>1.200lm (13W)</b>

Fuente: Equivalencias lumínicas. <http://www.conled.net/img/cms/Slide5.jpg>. Consulta: 25 de julio de 2015.

### 3.1.6.3. **Temporizadores y sensores de movimiento de luminarias**

Los temporizadores son dispositivos electrónicos que se programan en determinada área para poder activar y desactivar un circuito por algún tiempo. Estos aparatos son una buena alternativa para ahorrar energía, ya que la implementación de estos pueden ahorrar hasta un 40 por ciento del consumo de energía en las luminarias, y aprovechar de mejor manera la energía.

Figura 27. Vista de temporizador para focos fluorescentes



Fuente: Tipos de temporizador. [http://mlm-s1-p.mlstatic.com/bombilla-foco-para-cultivos-hidroponicos-400-w-reflejante-3720-MLM4597360503\\_072013-F.jpg](http://mlm-s1-p.mlstatic.com/bombilla-foco-para-cultivos-hidroponicos-400-w-reflejante-3720-MLM4597360503_072013-F.jpg). Consulta: 30 de julio de 2015.

Los sensores de movimiento son aparatos ahorradores de energía los cuales se pueden implementar en ciertas áreas, como pasillos no principales, bodegas y lugares donde se necesite luz al estar presente. Este tipo de aparatos pueden ahorrar hasta un 50 por ciento de energía, por lo que su aplicación podrá ahorrar bastante consumo de energía.

Figura 28. **Vista de sensor de movimiento para lámparas**



Fuente: Tipo sensores de movimiento. <http://www.encuestafacil.com/Logos/07/37/150737.jpg>.  
Consulta: 30 de julio de 2015.

#### **3.1.6.4. Apagadores independientes**

Una forma de ahorrar energía es instalar los apagadores de luminarias independientes, ya que con esto se ahorrará energía, pues las luminarias estarían focalizadas en ciertas áreas y no se tendrá que tener todas las luces encendidas para poder trabajar una sola área, pues muchas instalaciones, por ahorrar en instalación de apagadores de más, se ubican todas las luminarias en serie hacia un solo apagador, no tomando en cuenta el gran desperdicio de energía que están provocando.



### 3.1.6.5. Rotulación en apagadores y tomas de corriente

El objetivo principal de rotular todos los aparatos y tomacorrientes es de concientizar a todos los usuarios que se tiene que ahorrar energía y no desperdiciarla dejando las luces prendidas y aparatos conectados que consuman energía.

Figura 29. Formas de ahorrar energía eléctrica



Fuente: Ahorro energético. [https://www.reparalia.es/blog/wp-content/uploads/2014/08/Blog\\_Reparalia\\_7\\_trucos\\_ahorrar\\_luz\\_electricidad\\_reducir\\_factura\\_el%C3%A9ctrica\\_electricista\\_ahorro\\_consejos\\_ideas\\_econ%C3%B3mico.jpg](https://www.reparalia.es/blog/wp-content/uploads/2014/08/Blog_Reparalia_7_trucos_ahorrar_luz_electricidad_reducir_factura_el%C3%A9ctrica_electricista_ahorro_consejos_ideas_econ%C3%B3mico.jpg). Consulta: 30 julio de 2015.

### **3.1.6.6. Propuesta del cambio de equipos de refrigeración**

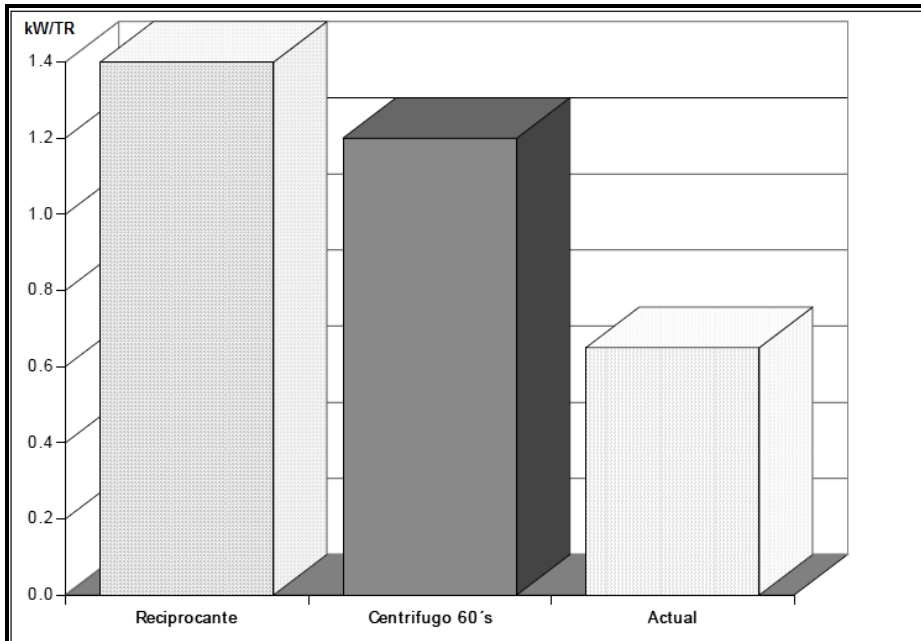
El buen diseño de un sistema de refrigeración es importante para el ahorro energético, ya que el mal diseño de este puede repercutir en un alto consumo de energía. Por lo que se necesita que el diseño sea el más económico y eficiente, sin que tenga ningún sobredimensionamiento, que tenga el mínimo de curvas en tuberías y la mínima fricción en tuberías. Todas las recomendaciones anteriores ayudarán a ahorrar energía y tener un bajo costo de operación.

La propuesta del cambio de equipos de refrigeración dentro la planta de Importaciones Mundiales S. A. se basa en la actualización de los equipos de refrigeración actuales por equipos más modernos y económicos, para contrarrestar el consumo actual de electricidad.

La aplicación de las medidas de ahorro de energía podrá derivar en el cambio total o parcial de los equipos de enfriamiento, debido a causas como: equipos viejos, ausencia o mala práctica de mantenimiento, mala operación de los equipos, entre otros. Por lo tanto la modernización tecnológica seguramente redundará en ahorros de energía y económicos considerables.

En efecto la relación de eficiencia de compresores reciprocantes oscila entre 1,4 a 2 kW por tonelada de refrigeración (TR) producida. En el caso de los compresores centrífugos la relación de eficiencia de equipos de los años sesenta es del orden de 1,3 kW/TR. En la actualidad se tienen compresores centrífugos y de tornillo con relaciones de eficiencia de 0,5 a 0,8 kW/TR.

Figura 30. **Potencial de ahorro en kilowatt de potencia eléctrica producida por tonelada versus compresores actuales**



Fuente: Eficiencia energética.

[http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20\(AEE%20Aire%20Acondicionado\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20(AEE%20Aire%20Acondicionado).pdf). Consulta: 12 de agosto de 2015.

### 3.1.7. **Beneficios del ahorro energético**

A continuación se presentan los beneficios del ahorro energético para la empresa Importaciones Mundiales S. A.

### 3.1.7.1. Costo-beneficio del cambio de los equipos de refrigeración de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia

El beneficio directo del cambio de equipos de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia responde al costo económico, ya que los equipos actuales consumen menos energía, son más silenciosos y la capacidad de absorber el calor por parte del refrigerante los hace más eficientes.

Tabla VII. Cuadro comparativo de equipos de refrigeración de alta eficiencia

EQUIPO	CARRIER EVER GREEN 19XR-3131	YORK MILLENIUM YKLCLCG4-CJC	YORK MILLENIUM YKMCMCG4-CMC	YORK (ORIGINAL) MILLENIUM YTG3A2E1-CNH
Costo del equipo Dólares US	US\$104,102.31	US\$98,020.00	US\$103,998.00	US\$107,981.00
Tipo de Refrigerante	R-134 A	R-134 A	R-134 A	R-123
Toneladas de Refrigeración TR	350	350	350 -400	350
Potencia Demandada kW	185	170	196	154
Relación de Eficiencia kW/TR100%	0.529	0.486	0.560	0.440
Relación de Eficiencia kW/TR75%	0.555	0.481	0.588	0.412
Relación de Eficiencia kW/TR50%	0.614	0.543	0.651	0.423
Relación de Eficiencia kW/TR25%	0.975	0.805	1.034	0.54
Horas de operación por mes	264	264	264	264
Consumo mensual de energía (kWh) 75%	46,886	40,635	49,674	34,806
Costo mensual de la Potencia Eléctrica	\$5,923.70	\$5,443.40	\$6,275.92	\$4,931.08
Costo mensual del Consumo de Energía	\$8,908.42	\$7,720.63	\$9,438.11	\$6,613.09
Costo mensual de operación por electricidad	\$14,832.12	\$13,164.03	\$15,714.03	\$11,544.17

Fuente: Alta eficiencia. <http://imagenes.es.sftcdn.net/es/scrn/39000/39734/instawin-aire-acondicionado-2.jpg>. Consulta: 5 de agosto de 2015.

En la tabla VII se incluyen varias unidades de enfriamiento con sus características generales, analizando que la única desventaja de estos equipos es su costo inicial, el cual sobrepasa los Q 700 000,00.

Se recomienda hacer un estudio de prefactibilidad para que la gerencia general apruebe la compra del equipo de alta eficiencia, con base en los análisis de los datos que este estudio refleje, como parte de este trabajo de graduación se puede recomendar estos equipos para ser analizados bajo los parámetros de costos de mantenimiento y costo de funcionamiento anual.

Con base en la tabla VII, se recomienda el equipo de marca York, modelo YKLCLCG4-CJC para ser sometido al estudio de factibilidad, dado que cumple con los requisitos técnicos y de operación para hacer una reingeniería completa a todo el sistema de enfriamiento de la planta de Importaciones Mundiales S. A.

### **3.1.7.2. Beneficio económico total de la optimización de energía eléctrica**

A continuación se presenta el balance de luminarias instaladas en la planta de Importaciones Mundiales S. A., con el cual se hará el análisis respectivo y el cálculo del beneficio económico sobre la optimización de la energía eléctrica en cada ambiente de la planta.

Tabla VIII. **Luminarias instaladas actualmente en la planta**

**Importaciones  
Mundiales S.A.**

**Luminarias instaladas**

Ambiente	Tipo de luminaria	Cantidad	Potencia de luminaria (watt)	Potencia total (kW)	Uso horas / Año	Energía consumida kWh / Año
Exterior de la planta	Lámpara de mercurio	3	175	0,525	4 380	2 299,5
Área de maquinaria	Lámpara fluorescente	2	80	0,160	5 500	880
Oficinas administrativas	Lámpara fluorescente	5	80	0,400	4 120	1 648
Área de limpieza	Lámparas incandescentes	2	100	0,200	1 100	220
Área de preparación	Lámpara fluorescente	7	80	0,560	7 580	4 244,8
Área de proceso	Lámpara fluorescente	13	80	1,040	7 980	8 299,2
Cuarto de materia prima	Lámpara fluorescente	4	80	0,320	4 576	1 464,32
Recepción de materia prima	Lámpara fluorescente	1	80	0,080	3 421	273,68
Producto terminado	Lámpara fluorescente	4	80	0,320	6 599	2 111,68
Embarque	Lámpara fluorescente	3	80	0,240	2 310	554,4
<b>Total</b>		<b>44</b>		<b>3,845</b>		<b>21 995,58</b>

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

En la tabla VIII se puede observar el contenido de un balance energético de todas las luminarias que están instaladas actualmente en la planta de Importaciones Mundiales, S. A. donde se puede observar el total del kilowatt por hora consumidos en un año.

Tabla IX. **Luminarias propuestas**



**Luminarias propuestas**

<b>Ambiente</b>	<b>Tipo de luminaria</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia de luminaria (watt)</b>	<b>Potencia total (kW)</b>	<b>Uso horas / Año</b>	<b>Energía consumida kWh / Año</b>
Exterior de la planta	Lámpara LED	3	120	0,360	4 380	1 576,8
Área de maquinaria	Lámpara LED	2	60	0,120	5 500	660
Oficinas administrativas	Lámpara LED	5	60	0,300	4 120	1 236
Área de limpieza	Lámpara LED	2	12	0,024	1 100	26,4
Área de preparación	Lámpara LED	7	60	0,420	7 580	3 183,6
Área de proceso	Lámpara LED	13	60	0,780	7 980	6 224,4
Cuarto de materia prima	Lámpara LED	4	60	0,240	4 576	1 098,24
Recepción de materia prima	Lámpara LED	1	60	0,060	3 421	205,26
Producto terminado	Lámpara LED	4	60	0,240	6 599	1 583,76
Embarque	Lámpara LED	3	60	0,180	2 310	415,8
<b>Total</b>		<b>44</b>		<b>2,724</b>		<b>16 210,26</b>

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

En la tabla IX se puede observar el balance energético de las nuevas luminarias a implementar para obtener un ahorro energético dentro de la planta de Importaciones Mundiales S. A.

En las tablas anteriores se encuentra el balance energético de las luminarias instaladas actualmente en la planta y el balance energético de las luminarias a cambiar, en el cual se observa que se puede reducir el consumo de energía haciendo el cambio de luminarias de menor consumo y mayor eficiencia.

En la tabla VIII el total de kilowatt por hora consumido en un año es de 21 995,58 kWh, haciendo los cambios de luminarias; en la tabla IX se aprecia el total de kilowatt por hora consumido en un año que es de 16 210,26 kWh.

Se observa que el ahorro energético sería la diferencia entre los dos totales el cual es de 5 785,32 kilowatt por hora en un año.

El precio de la energía eléctrica actual es de 1,90 quetzales por kilowatt hora en la ciudad de Chimaltenango, haciendo la conversión del ahorro de energía de kilowatt por hora a quetzales es de  $(5\ 785,32 * 1,90) = 10\ 992,11$  quetzales que la planta ahorraría en un año por concepto del consumo de luminarias, reflejando la importancia de la implementación del ahorro energético y capacitación al personal para que se cumpla.

### **3.1.7.3. Beneficios al medio ambiente**

La energía es un insumo básico para el desarrollo de la vida del ser humano como tal; la energía que procede de los hidrocarburos y de la electricidad satisface las necesidades térmicas, proporciona calor, acondiciona la temperatura del ambiente, se usa para la cocción de los alimentos, para iluminación y generar fuerza motriz.



En los hogares y las industrias la electricidad es fundamental para el funcionamiento de los aparatos electrodomésticos y diferentes equipos industriales que contribuyen al confort y mejoran la calidad de vida de la población.

La energía tiene diversas fuentes; la energía solar proviene del sol, pero en el planeta la industria energética interviene para su suministro. La industria energética es un asunto complejo: por ejemplo, la energía eléctrica que llega a los hogares, requiere de grandes procesos industriales de generación, transporte y distribución; todo este aparato productivo requiere fuertes inversiones de recursos económicos, recursos humanos, materiales, equipos y recursos financieros para su funcionamiento.

En Guatemala se usa principalmente el petróleo para satisfacer necesidades energéticas, para la generación de electricidad. ¿Por qué es tan importante el petróleo? la mayor parte de nuestra energía viene del petróleo. Nuestra economía y nuestra forma de vida están basadas en este insumo, incluyendo la gran mayoría del combustible para el transporte, la generación de electricidad, la maquinaria industrial y agrícola, el propano para calentar estufas y el ambiente de los hogares, pero el petróleo ha venido subiendo de precio y se está agotando, es más escaso y contamina el ambiente, contribuyendo al cambio climático y sus efectos negativos para la vida.

El beneficio directo al medio ambiente es que se utilizará menos energía para desarrollar todas las actividades diarias dentro de la empresa y con esto ayuda al medio ambiente a reducir el consumo de petróleo que es combustible principal de las plantas generadoras de electricidad, beneficiando a la población chimalteca; esto debe de ser ejemplo para las demás empresas vecinas para implementar modelos y políticas de ahorro de energía, cómo la empresa Importaciones Mundiales S. A. implementará en el transcurso de los meses.

Figura 31. **Consecuencias al medio ambiente**



Fuente: Eficiencia energética.

<http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/Docs/CONSEJOS%20PARA%20AHORRAR%20ENERGIA.jpg>. Consulta: 6 de agosto de 2015.



## **4. FASE DE DOCENCIA**

### **4.1. Manejo adecuado del cuarto frío**

A continuación se presenta el manejo adecuado que se debe proporcionar al cuarto frío propuesto.

#### **4.1.1. Aspectos administrativos**

El manejo de un cuarto frío requiere establecer criterios administrativos, operativos y de control que garanticen un uso adecuado y eficiente de los recursos, permitiendo el logro de los beneficios esperados para la conservación de los productos.

Los inconvenientes que surgen por un inadecuado manejo, es el deterioro del producto, la pérdida de peso, marchitez, calidad organoléptica, hongos y daños por frío que llevan a la pérdida total del producto. La planificación del uso del cuarto frío es otro aspecto por considerar, establecer un calendario de cosechas, períodos de operación, determinar topes de volúmenes y asignar tarifas, son entre otras las actividades que se deben prever.

#### **4.1.2. Planificación del uso del cuarto frío**

El uso del cuarto frío propuesto es exclusivamente para almacenar hortalizas; por tal motivo se requiere de gran atención a una serie de aspectos que en su conjunto garantizan el éxito de la operación.

Uno de ellos es la cadena de frío, que garantiza que las hortalizas se mantendrán en una temperatura durante todo el tiempo de almacenamiento dentro de la planta de Importaciones Mundiales S. A.

Aunque el preenfriamiento y el almacenamiento refrigerado son dos operaciones separadas, el tiempo que transcurre entre una y otra debe ser mínimo para evitar que la hortaliza incremente su temperatura y pierda los efectos benéficos logrados con el pre enfriamiento.

Previamente a la carga del cuarto frío se deben establecer las condiciones en las que se almacenarán los productos. Cada uno tiene una temperatura y humedad relativa ideales para lograr el mayor tiempo de conservación.

Se debe establecer con claridad el área de almacenamiento asignada a cada tipo de hortaliza a almacenar. Se sugiere que se tracen líneas en el suelo para delimitar el área para la instalación de las estanterías, identificando con números o letras las áreas; esto facilita a su vez el control de lo almacenado.

Es recomendable que los diferentes tipos de hortalizas sean introducidas al cuarto frío en una sola operación. Esto evita problemas con las oscilaciones de temperatura y descenso de la humedad relativa, causadas por introducir hortalizas con temperatura alta a un cuarto refrigerado y por abrir y cerrar las puertas continuamente. Conviene recordar que si la fruta entra preenfriada se reduce su deshidratación.

Si se requiere refrigerar hortaliza diariamente, la cantidad está limitada a la capacidad de la unidad de refrigeración y no debe introducirse hortaliza nuevamente, mientras la temperatura del cuarto no se haya estabilizado.

En cuanto a los empaques, estos deben ser acordes con el tipo de producto, evitando cajas de madera demasiado secas, pues éstas absorben humedad del aire o de los productos. También se requiere que sean lo suficientemente robustas que permitan colocar una debajo de otra, en especial las cajas de cartón serán reforzadas para que las variaciones de la humedad del ambiente no afecten su resistencia. Por otro lado, tendrán aberturas en una cantidad tal que permita que el producto esté en contacto permanente con el aire recirculado; se recomienda que estas aberturas sean el 15 % de la superficie lateral del recipiente.

Algunas hortalizas se refrigeran en cantidades pequeñas y dentro de bolsas plásticas, para la venta al detalle, buscando crear una atmósfera modificada.

Figura 32. **Vista de empaque para refrigeración de arveja**



Fuente: interior planta Importaciones Mundiales S. A.

Debido a las características del diseño del cuarto frío propuesto para la empresa Importaciones Mundiales S. A., la temperatura dentro del espacio refrigerado oscila entre un máximo y un mínimo, según la sensibilidad del termostato. Cuando se trata de productos sensibles al frío o cuando se está almacenando cerca de las temperaturas de congelación, estas oscilaciones pueden causar daños serios; la sensibilidad del termostato debe ser de  $\pm 0,5$  °C.

La recirculación es una característica exigida durante el diseño; está relacionada con la capacidad de los ventiladores (caudal y velocidad), que garantizará que el aire fluya a través de toda la carga, de manera uniforme para que no ocurran enfriamientos irregulares dentro del cuarto frío.

El cuarto frío no siempre permanecerá lleno, pero cuando esto ocurre debe existir la garantía de recircular el aire por todos los lugares donde se encuentran los diferentes tipos de hortalizas, ya que son seres vivos que continuamente respiran, lo que incrementa el calor del aire inmediatamente a su alrededor. Se recomienda que como un mínimo de 10 % del volumen total quede libre para garantizar la adecuada recirculación, pero este valor puede reducirse si se tienen estibas o pallets que permitan el paso de aire por la parte inferior de los embalajes.

El caudal de aire que circula varía según el producto. Para almacenamiento de productos sensibles a la deshidratación se recomienda una velocidad máxima de recirculación del aire de 20 metros cúbicos por minuto sobre tonelada de producto. Para productos menos sensibles se pueden usar velocidades de recirculación de 30 metros cúbicos por minuto sobre tonelada de producto. La velocidad del aire no afecta la pérdida de agua si el aire mantiene una buena humedad relativa.

El control de la humedad relativa es uno de los factores de más difícil manejo, y es común encontrar cuartos fríos operando en condiciones de muy baja humedad relativa. Esto ocurre principalmente cuando el área del difusor o evaporador no es la adecuada y la temperatura del refrigerante es muy baja.

Si la diferencia entre la temperatura del refrigerante y la temperatura del aire por refrigerar es amplia, ocurrirá condensación sobre el difusor y el aire saldrá hacia los productos frío, pero seco, lo que causará una fuerte deshidratación de los productos almacenados; si además se presenta una rápida circulación del aire por una alta capacidad de los ventiladores, la pérdida de agua en los productos será mayor.

Otro causante de la reducción de la humedad relativa es la oscilación de la temperatura, como resultado de la apertura frecuente de puertas y el funcionamiento no continuo de la unidad de refrigeración. A continuación se hará referencia al manejo de las puertas como causante fundamental, y se darán algunas recomendaciones. En cuanto al funcionamiento de la unidad, este es dado por las características del sistema, el aislamiento y la regulación del termostato.

#### **4.1.2.1. Establecer una zonificación**

Es conveniente establecer una zonificación, dentro del cuarto frío propuesto para la empresa Importaciones Mundiales S. A. para lograr una correcta disposición de los productos; esto permitirá:

- Una máxima utilización del espacio
- Minimización de los costos de producción
- Localización fácil y correcta



- Facilidad de acceso
- Seguridad para los productos y para el personal
- Facilidad de inventariar los productos

En las operaciones de carga y descarga del cuarto frío, es frecuente dejar la puerta completamente abierta; en este momento el aire caliente del exterior ingresa a la cámara elevando la temperatura y causando un desbalance en la humedad relativa.

La compensación de temperatura no ocurre inmediatamente y el tiempo que lleva a los equipos a bajar a la temperatura de almacenamiento está en función de la cantidad de aire que haya entrado del exterior. Esta depende de la duración de la apertura, la altura de la puerta, el volumen del cuarto, las condiciones de temperatura interior y exterior, entre otros.

Para reducir este problema se recomienda:

- Utilizar un sistema generador de aire, a manera de cortina, que impida la entrada de calor cuando se abre la puerta.
- Poner en la puerta una cortina de tiras anchas de plástico flexible y grueso, que cubra el vano de la puerta.
- Controlar la manipulación de la puerta en lo posible a un número fijo de veces por día a unas horas, cuando la temperatura ambiente sea fresca y para realizar movimientos importantes del producto.
- Informar al personal de la planta y a los usuarios del servicio sobre las razones para realizar este control en la apertura y cierre de puertas.

- Mantener en buen estado las tiras de plástico y cambiarlas cuando presenten deterioro.

Figura 33. **Propuesta del tipo de cortina de plástico flexible**



Fuente: interior planta de Importaciones Mundiales S. A.

#### **4.1.2.2. Productos de alta rotación**

La rotación de las hortalizas es alta debido al alta demanda del producto en el mercado local e internacional, por lo que los productos solamente pasarán pocos días almacenados, por lo tanto se debe tener presente lo siguiente:

- La compatibilidad entre productos: dentro del cuarto frío las hortalizas comparten la misma diferencia de temperatura, lo cual las hace aptas para ser compatibles y se puedan almacenar entre sí.

- La rotación de los productos: la rotación de la arveja es mayor a la del ejote y mora, por lo tanto dentro del cuarto frío se ubicará en la parte inicial del cuarto frío para que el proceso de carga y descarga se realice en el menor tiempo y por ende la puerta de acceso este el mayor tiempo posible cerrada.
- Susceptibilidad a la maduración o a daños: las moras son el producto más susceptible a los daños y maduración, por lo cual se le dará mayor atención por parte del encargado y responsable del almacenamiento del producto dentro del cuarto frío, para evitar pérdidas económicas tanto en producto dañado como en el costo de enfriamiento.

#### **4.1.3. Control de costos de operación**

El control de los costos de operación del cuarto frío propuesto, es un factor determinante en la administración del mismo, comprende los servicios (energía, agua, teléfono), el mantenimiento de los equipos y la mano de obra requerida para la operación; el análisis debe hacerse por períodos semestrales y anuales.

Los costos más importantes a darles seguimiento son:

- Energía eléctrica: será dada en función del tamaño del equipo, del tiempo de funcionamiento durante el año y de su precio.
- Mantenimiento: se puede estimar el 5 % del presupuesto anual de la empresa Importaciones Mundiales para cubrir este costo.

- Mano de obra: será dada en relación con el tamaño, con el volumen por movilizar y el tiempo de funcionamiento al año.

Con esta información se puede establecer para un tonelaje promedio de productos que se almacena en el cuarto frío propuesto y encontrar el costo de almacenaje por producto que la empresa Importaciones Mundiales S. A. debe conocer en Q./ton/día.

El control de los gastos de operación es una herramienta preventiva en el control de la calidad, la cual se aplica de manera sistemática para identificar los peligros potenciales; en este caso, tanto en las condiciones del producto como en las actividades que se realizarán durante el almacenamiento. Para su aplicación requiere:

- Que los usuarios y operarios del cuarto frío conozcan bien el proceso de almacenamiento refrigerado y los riesgos del mismo.
- Que se tomen medidas técnicas y científicamente probadas como eficaces.
- Tener en marcha dispositivos para identificar problemas y prever acciones correctivas.
- Dejar evidencias escritas de las modificaciones realizadas.

#### **4.1.4. Capacitación del personal**

La capacitación al personal mantenimiento y responsables del cuarto frío, serán impartidas por una persona especializada en los temas de uso de cuartos fríos, mantenimiento a los sistemas de refrigeración y ahorro energético dentro de la planta, tienen que realizarse constantemente para retroalimentar el buen uso del cuarto frío y reducir consumos de energía innecesarios.

Se impartirán 5 capacitaciones al personal de mantenimiento en horario de 8 a.m. a 12 p.m. para describir el funcionamiento, partes principales de los equipos de enfriamiento del nuevo cuarto frío, como realizar la rutina de mantenimiento preventivo y correctivo del equipo de enfriamiento, sistema de enfriamiento y materiales aislantes y la instalación de cada uno de los sistemas para garantizar el buen funcionamiento del equipo de enfriamiento.

Se impartirán 6 capacitaciones al personal del responsable del cuarto frío en horario de 8 a.m. a 10 a.m. para describir el funcionamiento, partes principales del cuarto frío, ubicación de estanterías, recomendaciones sobre el manejo de hortalizas y frutas, carga y descarga de las hortalizas y mora, procedimientos de registro y control de los productos a almacenar y ahorro energético para garantizar el buen funcionamiento del cuarto frío propuesto con anterioridad.

La finalidad de la capacitación de ahorro energético al personal es ahorrar energía, el capacitar a todo el personal que se conduce por la planta garantizará un ahorro a la empresa. El objetivo de capacitar a todo el personal es concientizarlos, para que le den el uso adecuado a la energía eléctrica.

La programación de las capacitaciones sobre el ahorro energético es vital ya que si no se hace una retroalimentación por lo menos dos veces al año, los resultados no serán los deseados.

Se sugiere que estas se hagan periódicamente, en grupos no mayores de 10 personas, para que la capacitación pueda llegar a todas las personas y tener una mejor captación de todos los participantes.

Dependiendo de la cantidad de los integrantes que colabore en la empresa, serán divididos en distintos grupos y horarios para poder programar las fechas en las cuales se impartirá la capacitación.

La implementación de realizar capacitaciones al personal que se conduce dentro de la planta sobre el consumo energético se ha observado en otras plantas, que han disminuido el consumo en un rango de 5 al 8 por ciento del consumo de energía, el cual se espera para la empresa Importaciones Mundiales S. A.

#### **4.1.5. Registro y control**

Para llevar registro y control del cuarto frío se propone la utilización de formatos para el control de temperatura de las hortalizas y fruta, así como el control de la temperatura del cuarto frío; este control se deberá realizar diariamente por el encargado del cuarto frío y ser supervisado por el jefe de producción para garantizar al máximo la conservación de los productos y aseguramiento de la calidad para la exportación internacional o local de los productos.

Figura 34. Formato para recepción de materias primas

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <p style="margin: 0;">Importaciones Mundiales S.A.</p> </div> <div style="flex-grow: 1; border: 1px solid black;"></div> </div>							
RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS							
Fecha	Producto	Proveedor	Documentación (Factura)	Aspecto	Temperatura producto	Condiciones de transporte	Observaciones
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar documentación</li> <li>2. Envases y embalajes intacos y limpios</li> <li>3. Comprobar etiquetado y fechas de consumo preferente/caducidad</li> <li>4. Comprobar aspecto</li> <li>5. Comprobar temperatura de productos perecederos                  Refrigerados <math>\leq 5</math> °C (tolerancia 2 grados)                  Refrigerados <math>\leq - 18</math> °C (tolerancia 4 grados)</li> <li>6. Comprobar condiciones de transporte (estado del vehiculo, limpieza, estiba)</li> </ol>						Firma responsable: _____	

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

Figura 35. **Ficha técnica del control de temperatura del cuarto frío**

Importaciones Munciales S.A.					
<b>Ficha técnica de control de temperatura</b>					
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura interior cuarto frío</b>	<b>Responsable</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendaciones</b>
Nota: la temperatura interior del cuarto frío debe estar entre 0 °C a 5 °C para determinar que es una temperatura aceptable. Se debe registrar la temperatura interior a cada 30 minutos.					

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

#### 4.1.6. **Aseguramiento de la calidad**

El aseguramiento de la calidad se garantizará al aplicar los pasos siguientes:

- Identificación de peligros y evaluación de la gravedad de los riesgos
- Determinación de los puntos de control
- Especificación de los límites críticos
- Establecimiento de los métodos de monitoreo



- Aplicación de medidas correctivas
- Verificación del sistema
- Registro de la información

#### **4.2. Sanidad del cuarto frío**

Cuando se limpia una cámara fría el objetivo es remover la suciedad visible de paredes, pisos, coladeras, techos, puertas, lámparas, estanterías y *racks*. El tipo de suciedad más frecuente en estos espacios se refiere a restos de alimentos, agua, polvo, grasa, pedazos de madera, empaques y basura.

En general se trata de materia orgánica e inorgánica que puede llegar a contaminar lo que se almacena si no se retira, y sirve de alimento para los microorganismos que se encuentren en estas superficies. En ocasiones, la limpieza puede hacerse en seco y en otras, con agua y detergentes.

Posteriormente, es necesario hacer una etapa complementaria: la sanitización, la cual permite eliminar los microorganismos presentes en las superficies a través de la aplicación de sustancias químicas (sanitizantes).

Ambos procesos, realizados correctamente, tienen finalidades distintas: con la limpieza se elimina la suciedad visible, y con la sanitización se debe eliminar la mayoría de los microorganismos.

La limpieza y la sanitización del cuarto frío propuesto debe ser realizada de tal forma que se evite crear condiciones que propicien la acumulación y proliferación de microorganismos que dañen los equipos, contaminen los productos que se almacenen, comprometan la seguridad del personal y contaminen el medio ambiente.

Por lo anterior es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

#### **4.2.1. Los productos químicos**

La elección de los productos químicos para limpieza y sanitización debe hacerse principalmente de acuerdo con la superficie que se desee tratar.

Para determinar la clase de detergente más adecuado, se debe pensar en el tipo de suciedad que se va a limpiar; por ejemplo, la que se genera cuando se manejan alimentos, requiere remover proteínas, grasas o azúcares, la cual es diferente a la suciedad que se genera en una cámara que almacena vacunas, equipo quirúrgico o medicamentos.

Al mismo tiempo, es importante cuidar las superficies que serán sometidas a limpieza. Se debe evitar utilizar químicos que dañen el material de la estantería, el revestimiento de las paredes o el material del panel frigorífico, por ejemplo.

En cuanto al sanitizante, en el mercado se encuentran diversas marcas con diferentes compuestos activos como hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, sales cuaternarias de amonio, entre otros. Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, solo es cuestión de tomar en cuenta cuál es más efectivo en cada caso y qué propiedades contiene cada uno.

Los sanitizantes ayudan a eliminar los microorganismos que causan los malos olores. Es recomendable rotar el tipo de sanitizante durante el año para evitar generar resistencia de los microorganismos.

Por todo lo anterior, lo más conveniente es contar con asesoría de los proveedores de productos químicos, pues sus recomendaciones serán de acuerdo con las necesidades específicas de cada establecimiento. Sin embargo, en el caso de la sanitización, también es importante buscar referencias de la concentración recomendada según las autoridades locales en materia de sanidad.

En el caso de los proveedores de productos químicos, se debe contar con las fichas técnicas y referencias comerciales de estas compañías, así como con un contrato que incluya algún seguro contra daños a equipos e instalaciones, en caso que esto sucediera derivado de la aplicación del algún producto químico.

Factores que influyen en la eficacia de los sanitizantes y que deben de cuidarse al ser usados:

- La cantidad del químico: medido en peso o volumen.
- Concentración: medir adecuadamente la cantidad de químico y agua al momento de diluirlos.
- Preparación: seguir el orden indicado y forma de adición recomendada por los proveedores de químicos.
- Temperatura: llevar a cabo las recomendaciones del proveedor respecto de la temperatura del agua.

- Tiempo de contacto: para que una solución sanitizante elimine los microorganismos, debe tener contacto con el objeto o la superficie durante un tiempo específico. Se deben seguir las recomendaciones del proveedor.

Figura 36. **Sanidad del cuarto frío**



Fuente: Limpieza de cuarto frío. [http://www.0grados.com.mx/admin/wp-content/uploads/2013/07/A0CG0000631-800x500\\_c.jpg](http://www.0grados.com.mx/admin/wp-content/uploads/2013/07/A0CG0000631-800x500_c.jpg). Consulta: 5 de agosto de 2015.

La exigencia en higiene al interior del cuarto frío propuesto es muy alto. No debe olvidarse que se trata de un cuarto frío de conserva, donde se conservarán productos que son sensibles al ataque de hongos y bacterias. Es la mejor manera de controlar el desarrollo de estos patógenos.

A medida que el cuarto frío se opere a unas condiciones estables de humedad alta y temperatura baja, se mantienen también las condiciones ideales para que los mohos se desarrollen en las paredes, los techos y sobre los embalajes que se introducen al cuarto frío.

Los mohos que crecen sobre estas superficies, pueden no producir la descomposición de los vegetales allí almacenados, pero tienen un efecto indeseable al producir etileno y otras sustancias volátiles que apresuran el envejecimiento y dan origen a malos sabores de los productos. Por lo mismo, se recomienda una limpieza a fondo, por lo menos, una vez al año, con un desinfectante que contenga hipoclorito de sodio o sus ingredientes sean tensos activos, fungicidas y bactericidas.

Si se presentan problemas de contaminaciones fuertes, puede utilizarse azufre; si esto se realiza, todos los productos deben sacarse del cuarto y este permanecerá cerrado por 24 horas.

Las recomendaciones que se dan como medidas preventivas para garantizar la sanidad del cuarto frío propuesto son las siguientes:

- Revisar la buena circulación del aire dentro del cuarto frío.
- El ingreso de productos sanos son también medidas complementarias que evitarán los problemas de sanidad en el interior del cuarto frío.
- La limpieza durante los períodos de no operación del cuarto frío debe ser completa.

- Recoger toda la basura y cepillar los pisos. Luego limpiar con agua, desinfectarse (preferiblemente con cloro) y permitir la entrada de aire fresco.

La eficiencia del uso del cloro como desinfectante está asociado a varios factores tales como: el pH de la solución, la materia orgánica, la temperatura del agua, el tiempo de exposición y la concentración del cloro.

### **4.3. Seguridad industrial**

La seguridad industrial es un tema muy importante para todo trabajador que conoce bien su función; la empresa debe proteger y cuidar de cualquier condición que pueda perjudicar la salud de su trabajador; es conveniente que tenga un buen ambiente de trabajo para que desarrolle su aptitud física y psicológica en lo óptimo de sus capacidades y de sus conocimientos, y la forma de realizarlo es mediante la salud ocupacional dividida en varios temas:

- Seguridad industrial: es el conjunto de medidas técnicas, educacionales, médicas y psicológicas, que se emplean para prevenir accidentes.
- Higiene industrial: es el conjunto de normas y procedimientos que protegen la integridad física y mental del trabajador, de riesgo inherente a su trabajo y al ambiente físico donde lo ejecuta.
- Ergonomía: es la disciplina metódica y racional con mira a adaptar el trabajo del hombre y viceversa, mediante la interacción o comunicación el hombre, la máquina, la tarea y el área de trabajo.

- Medicina laboral: tiene como objetivo proteger la salud frente a los riesgos de la forma o actividades del trabajo.

Un plan de seguridad dentro de la empresa Importaciones Mundiales S. A. para el cuarto frío propuesto en este trabajo de graduación deberá cubrir los aspectos importantes siguientes:

- Accidentes: situaciones que dañan la salud de los trabajadores de forma inmediata.
- Medidas de contingencia: formas para ayudar a disminuir accidentes y enfermedades laborales.
- Equipo de protección: medios que protegen la integridad física de los trabajadores.
- Regla de seguridad: norma que se crean para evitar que ocurran accidentes y enfermedades en el trabajo.
- Riesgos: situaciones de peligro para los trabajadores.
- Enfermedades: deterioro de la salud de los trabajadores por alguna actividad determinada o no determinada.
- Medidas de evacuación en caso de desastres naturales: formas de disminuir el daño al trabajador dada una situación de peligro por parte del entorno natural de la empresa.

La empresa deberá proporcionar al trabajador el equipo y uniforme necesario para resguardar su integridad física y así desarrollar todas las actividades que conlleve realizar los procesos administrativos de control y funcionamiento del cuarto frío, siendo los siguientes:

- Protección a la cabeza: es necesario utilizar cascos de protección para los trabajadores donde la cabeza de la persona corra peligro por caídas de objetos o de golpearse contra algo y cuando se entra a lugares de poco espacio.
- Protección a la cara y ojos: la protección de cara y ojos, requiere también de protección por partículas esparcidas, salpicaduras de líquidos corrosivos, polvos y radiaciones.
- Protección a los pies y piernas: la gran cantidad de accidentes que ocurren en los pies obliga a utilizar protección en ellos, caídas de objetos, humedad, frío, entre otros. Entre los protectores más comunes están los zapatos con y sin punta de acero.
- Protección para las manos: los dedos y las manos, por ser la herramienta humana que más se usa, aumenta su exposición al riesgo de cortaduras, contusiones, quemaduras por frío.
- Protección respiratoria: estos equipos pueden ser de uso cuando el aire frío ingresa a los pulmones o hay gases que pueden ser nocivos para la salud o molestos durante la labor a desarrollar.



- Protección del torso: existen implementos como el impermeable, que protege contra la humedad y frío en todos los casos en que el trabajador por desplazamiento queda expuesto a estos, y protección de la cintura por esfuerzo físico por medio de arnés.

Figura 37. **Equipo de seguridad industrial**



Fuente: Seguridad industrial. <http://tecnomedicina.mx/auxiliares/uploads/2014/04/Equipo-de-Seguridad-Industrial.jpg>. Consulta: 30 de agosto de 2015.

## CONCLUSIONES

1. Se establecieron las condiciones mínimas de operación para el nuevo cuarto frío propuesto para la empresa Importaciones Mundiales S. A., considerándose en las condiciones de diseño para el cuarto frío los siguientes parámetros: ubicación de la empresa y del cuarto frío dentro de las instalaciones, medidas del cuarto frío, características del producto a almacenar, características estructurales del diseño del cuarto frío y finalmente las condiciones ambientales interiores y exteriores.
2. Se realizaron los cálculos de las cargas térmicas de enfriamiento para los elementos que generan calor sensible y latente dentro del cuarto frío propuesto, tales como las paredes, techo, piso, infiltración por aire, puertas, personal, producto almacenado, equipo de evaporadores e iluminación que en conjunto suman la cantidad de calor a extraer de 83 380,24 BTU/h.
3. Se eligió el equipo de enfriamiento para el cuarto frío que cumple con las especificaciones técnicas propuestas para el diseño del nuevo cuarto frío, siendo 2 evaporadores marca Bohn, modelo BMA 510, con capacidad de enfriamiento de 51 000 BTU/h, cuentan con 2 ventiladores para el flujo de aire de ¼ HP y 2 unidades condensadoras marca Bohn, modelo BZT-0750L6 de 7,5 HP y BZT-0650L6 de 6,5 HP, que usan el tipo de refrigerante R-404A, con 2 motores del ventilador de 1/3 HP y una capacidad de enfriamiento de 67 212 BTU/h y 47 203 BTU/h, conexión eléctrica de 220 V, 3 fases y 60 *hertz*.

4. Se seleccionó y determinó la capacidad de las válvulas de expansión termostáticas para esta propuesta requiriendo 2 válvulas de expansión termostáticas marca Danfoss, modelo TS2 con capacidades de 4 TR y 6 TR, las cuales deberán ir instaladas en las unidades de evaporadoras con sus respectivas unidades condensadoras.
5. Se estableció el plan de mantenimiento preventivo que incluye las rutinas trimestrales de mantenimiento preventivo para el cuarto frío y accesorios, con base en el manual del fabricante y recomendaciones del encargado de mantenimiento de la empresa Importaciones Mundiales S. A.
6. Se incluyó el estudio técnico del cambio de luminarias para la planta, la capacitación del personal de mantenimiento y la aplicación adecuada de las rutinas de mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración, ya que es importante para alargar la vida útil del equipo y así garantizar que las condiciones del diseño interior se mantengan a lo largo del tiempo; todo el personal debe estar comprometido con el aprendizaje e involucrarse lo antes posible al funcionamiento de los diferentes sistemas de refrigeración que existen en la actualidad.

## RECOMENDACIONES

Al gerente general:

1. La implementación del cuarto frío propuesto para conservar y almacenar el producto terminado y aumentar la productividad de la empresa, con base en una propuesta de materiales de construcción y equipo de enfriamiento a bajo costo y que produce menos contaminación para el medio ambiente que otros tipos que existen en la planta.
2. Implementar la propuesta de ahorro energético, ya que con esta se podría ahorrar hasta un 25 % anualmente de la energía que se consume, siempre y cuando se invierta en la implementación de la misma.

Al jefe de Mantenimiento:

3. Aplicar una capa de pintura epóxica a dos manos al piso de concreto del cuarto frío propuesto, para hacer más eficiente la tarea de limpieza y sanitización del recinto.
4. El cambio de todo refrigerante tipo R-22 que esté en uso dentro de las instalaciones de la planta por refrigerante R-404A, ya que este tipo de refrigerante está prohibido por ser contaminante a la capa de ozono.

5. Implementar de inmediato el plan de mantenimiento preventivo al sistema de enfriamiento del cuarto frío propuesto desde el momento que entre en funcionamiento, ya que la falta de mantenimiento preventivo al sistema causarían posibles fallas en el futuro y costos extras por reparaciones frecuentes.
6. Cuando se cambie un accesorio o equipo determinado del equipo de enfriamiento del cuarto frío propuesto, se debe cuidar la selección del mismo; estos están calibrados para un determinado refrigerante y capacidad de toneladas de refrigeración.
7. Equipar a todo el personal que esté relacionado con el proceso del cuarto frío con los equipos de protección propuestos en este trabajo de graduación para evitar accidentes y colocar la señalización necesaria para la limitación de las áreas de alto riesgo, con ello se estará garantizando la seguridad industrial para los trabajadores de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BOHN. *Manual de unidades condensadoras enfriadas por aire*. 5a. ed. México. 2013. 17 p.
2. GONZÁLEZ RUIZ, Halan Eduardo. *Diseño de un cuarto frío para la preservación de vegetales para la empresa San Juan Agroexport*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 100 p.
3. JENNIGS, Burgess; LEWIS, Samuel. *Aire acondicionado y refrigeración*. México: Continental, 1970. 800 p.
4. NORIEGA, David. *Consideraciones para el diseño de cuartos fríos refrigerados para alta y baja temperatura*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 120 p.
5. OCHOA, Douglas. *Instalación de equipos de refrigeración industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 85 p.
6. PITA, Edward. *Principios y sistema de generación*. 2a. ed. México: Noriega Limusa, 1999. 480 p.

7. WILLIAM WHITMAN, William Johnson. *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. 4a. ed. España: Paraninfo, 2000. 35 p. Vol. 2.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Vista propuesta de cuarto frío terminado**



Fuente: interior cuarto frío, Exportadora Expofresh.



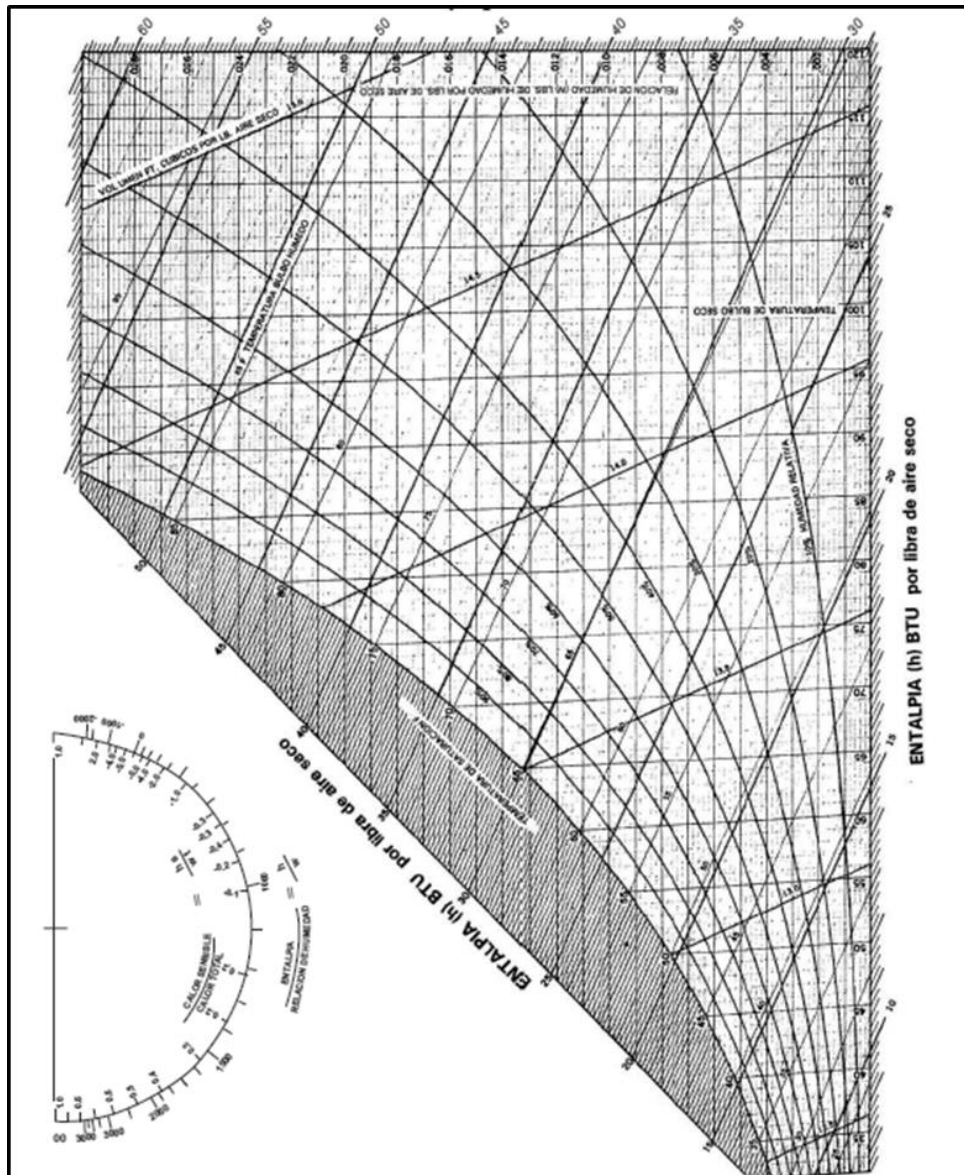
Apéndice 2. Costo final de propuesta del nuevo cuarto frío

<b>Importaciones Mundiales S.A.</b>				
<b>Empresa: Importaciones Mundiales, S. A.</b>				
<b>Proyecto: diseño de un cuarto frío para almacenar y conservar producto terminado</b>				
<b>Cuadro de renglones</b>				
Descripción	Medida	Cantidad	Precio unitario	Total final
Evaporadora Marca Bohn Modelo BMA 510 para temperatura media R404A, ventiladores de flujo, con válvula de expansión TS2, 220 V, trifásica, 60 HZ	Unidad	2	Q16 000,00	Q32 000,00
Unidad condensadora Marca Bohn, modelo BZT-0750L6 de 6,5 HP, 220 V, refrigerante R404A para temperatura baja.	Unidad	1	Q27 500,00	Q27 500,00
Unidad condensadora Marca Bohn, modelo BZT-0760L6 de 7,5 HP, 220 V, refrigerante R404A para temperatura baja.	Unidad	1	Q31 500,00	Q31 500,00
Paneles importados de alta densidad de poliuretano importados marca Frigowall, color blanco de 3" de espesor nuevos	Unidad	36	Q650,00	Q23 400,00
Tubería de cobre para succión de 1 1/8"	Metro Lineal	12	Q20,00	Q240,00
Tubería de cobre de 1/2" para presión de descarga	Metro Lineal	12	Q15,00	Q180,00
Guías perimetrales de lámina	Unidad	50	Q12,00	Q600,00
Esquineros de lámina pre pintada	Unidad	12	Q28,00	Q336,00
Reducidores de cobre	Unidad	14	Q7,00	Q98,00
Termostato digital A419	Unidad	1	Q450,00	Q450,00
Codos de 90° de cobre	Unidad	12	Q18,00	Q216,00
Armaflex térmico 7/8" X 1/2"	Metro Lineal	24	Q35,00	Q840,00
Visores de líquido	Unidad	2	Q125,00	Q250,00
Gas refrigerante R404A	Cilindro	4	Q2 500,00	Q10 000,00
Tubería PVC (Drenaje de evaporador)	Tubo	2	Q95,00	Q190,00
Regulador de punta pool	Unidad	4	Q55,00	Q220,00
Cableado de señal de mando automáticos	Rollo	2	Q850,00	Q1 700,00
Lámparas contra humedad y polvo	Unidad	2	Q275,00	Q550,00
Interruptor para iluminación	Unidad	1	Q45,00	Q45,00
Codos, uniones PVC (drenaje evaporador)	Unidad	18	Q5,00	Q90,00
Pegamento PVC y de contacto	Unidad	4	Q125,00	Q500,00
Ducto eléctrico	Metro Lineal	24	Q7,00	Q168,00
Cableado de alimentación de caja	Rollo	1	Q850,00	Q850,00
Angulares de lámina blanca	Unidad	25	Q85,00	Q2 125,00
Tornillos pulsar	Unidad	750	Q0,50	Q375,00
Terminales en diferentes secciones	Unidad	12	Q25,00	Q300,00
Remaches	Unidad	1 000	Q0,50	Q500,00
Espuma de poliuretano	Panel	5	Q650,00	Q3 250,00
Pernos	Unidad	8	Q175,00	Q1 400,00
Sikaflex blanco	Tubo	50	Q125,00	Q6 250,00
Mano de obra por montaje e instalación de equipos de refrigeración	Global	1	Q18 000,00	Q18 000,00
<b>Costo final de propuesta del nuevo cuarto frío</b>				<b>Q164 123,00</b>

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

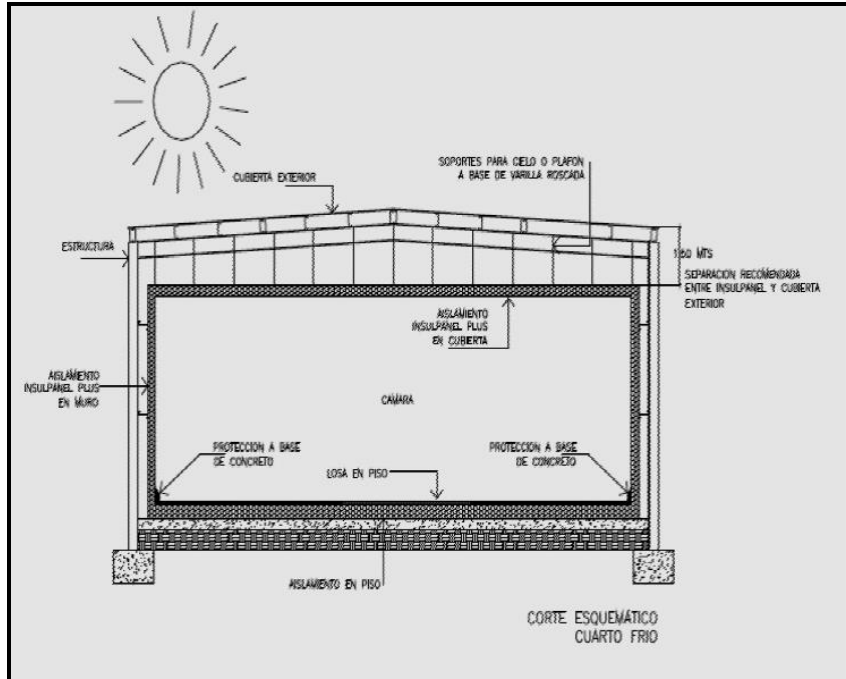
# ANEXOS

Anexo 1. Carta psicrométrica temperatura media (32 a 150 °F)



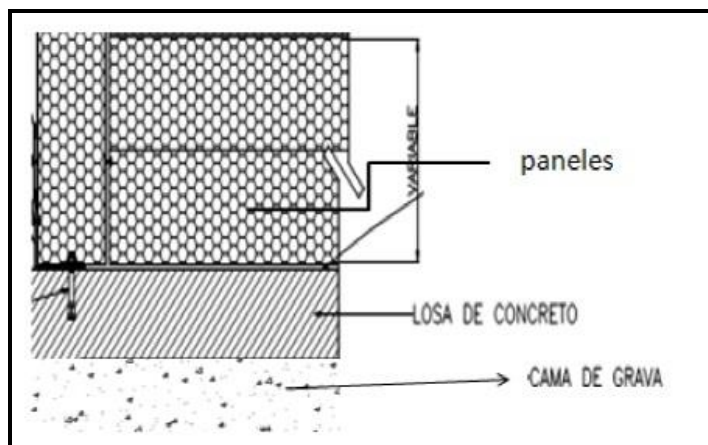
Fuente: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers

## Anexo 2. Vista de detalles de piso en cuartos fríos



Fuente: Cuartos fríos. [www.fanosa.com](http://www.fanosa.com). Consulta: 2 de agosto de 2015.

## Anexo 3. Vista de detalle de piso cuarto frío



Fuente: Cuartos fríos. [www.fanosa.com](http://www.fanosa.com). Consulta: 2 de agosto de 2015

## Anexo 4. Espesor mínimo para piso

Clase de piso	Uso proyectado	Espesor mínimo	
		Pulgadas	m m.
1	Residencial o cubierto con mosaico	4.0	100
2	En oficinas, escuelas, iglesias, hospitales, y ornamental residencial	4.0 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
3	Para las entradas y pisos de garajes y para banquetas de residencias	4.0 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>
3	Para las banquetas residenciales	5.0 <sup>c</sup>	130 <sup>c</sup>
4	Comercial e industrial ligero	5.0	130
5	Industrial de una capa	6.0	150
6	Industrial pesado de dos capas ligadas (capa inferior)	5.0	130
6	Industrial pesado de dos capas ligadas (capa de desgaste)	0.75 <sup>d</sup>	20 <sup>d</sup>
7	Capas de desgaste no ligadas para las clases 3, 4, 5, 6	2.5 <sup>e</sup>	65 <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Preferiblemente 5 pulgadas (130 mm.).

Fuente: Espesores de piso. [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com). Consulta: 3 de agosto de 2015

## Anexo 5. Características técnicas de la unidad de enfriamiento

Modelo	HP	Temp. Ambiente °F / °C	Capacidades en BTU/Hr y Kcal/Hr							
			Temperatura de Evaporación °F/ °C							
			10/-12.2	0/-17.8	-4/-20	-13/-25	-22/-30	-31/-35	-40/-40	
BZF0650L6 (ZF24K4E)	6.5	90	47203	40534	37834	31919	26321	21359	17230	
		32	11890	10210	9530	8040	6630	5380	4340	
		95	45457	39065	36484	30768	25408	20565	16555	
		35	11450	9840	9190	7750	6400	5180	4170	
		100	43670	37596	35135	29656	24455	19771	15840	
38	11000	9470	8850	7470	6160	4980	3990			
110	40176	34698	32475	27433	22629	18222	14491			
43	10120	8740	8180	6910	5700	4590	3650			
BZF0750L6 (ZF33K4E)	7.5	90	67212	56890	53039	44663	36762	29997	23066	
		32	16930	14330	13360	11250	9260	7430	5810	
		95	65624	54905	51173	42955	35254	28227	22073	
		35	16530	13830	12890	10820	8880	7110	5560	
		100	62289	52960	49268	41248	33745	26956	21041	
38	15690	13340	12410	10390	8500	6790	5300			
110	N.D.	49030	45496	37874	30768	24416	19016			
43		12350	11460	9540	7750	6150	4790			
BZF0900L6 (ZF40K4E)	9	90	84243	72056	67172	56533	46608	37834	30609	
		32	21220	18150	16920	14240	11740	9530	7710	
		95	81107	69475	64790	54548	44980	36484	29418	
		35	20430	17500	16320	13740	11330	9190	7410	
		100	78011	66934	62448	52603	43352	35095	28227	
38	19650	16860	15730	13250	10920	8840	7110			
110	71778	61773	57724	48672	40137	32395	25845			
43	18080	15560	14540	12260	10110	8160	6510			
BZF1300L6 (ZF48K4E)	13	90	94724	80869	75589	63917	52841	43035	34857	
		32	23860	20370	19040	16100	13310	10840	8780	
		95	91231	78011	72929	61654	51015	41487	33507	
		35	22980	19650	18370	15530	12850	10450	8440	
		100	86983	75073	70229	59431	49188	39938	32157	
38	21910	18910	17690	14970	12390	10060	8100			
110	80035	69316	64910	55024	45536	36842	29497			
43	20160	17460	16350	13860	11470	9280	7430			

Fuente: Unidades condensadoras. <http://www.frimax.mx/PDF/BCT-012-BZ-03A-1-03-APM-Unidades-condensadoras-enfriadas-por-aire-SCROLL.pdf>. Consulta: 6 de agosto de 2015.

## Anexo 6. Especificaciones técnicas compresor Bohn

Modelo	Figura	Dimensiones*			Conexiones		Recibidor Cap. al 90% Lbs./ Kgs.	Peso de Embarque		Flujo de aire PCM/ MCH	Modelo del Com presor	Nivel de Ruido a 5 m** dba
		Ancho pulg./mm	Largo pulg./mm	Alto pulg./mm	Líquido Pulg.	Suc- ción Pulg.		Lbs.	Kgs.			
<b>Alta/Media Temperatura, R-22 / Media Temperatura R-404A / R-507</b>												
BZT-0650H2/M6	A	35.4 899	51 1292	39.2 995	1/2	1-1/8	31/14	626	284	3348 5700	ZS56K4	68
BZT-0700H2/M6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	714	324	6150 10470	ZS56K4	70
BZT-0750H2/M6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	714	324	6150 10470	ZS75K4	70
BZT-0860H2/M6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	722	328	6150 10470	ZS75K4	70
BZT-1000H2/M6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	742	337	5945 10120	ZS92K4	71
BZT-1400H2/M6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	863	392	5945 10120	ZS11M4	72
<b>Baja Temperatura, R-22</b>												
BZT-0650L2	A	35.4 899	51 1292	39.2 995	1/2	1-1/8	31/14	705	320	3472 5910	ZF24K4	72
BZT-0750L2	A	35.4 899	51 1292	39.2 995	1/2	1-1/8	31/14	720	327	3348 5700	ZF33K4	72
BZT-0900L2	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	802	364	6150 10470	ZF40K4	74
BZT-1300L2	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	77/35	844	383	6150 10470	ZF48K4	73
<b>Baja Temperatura, R-404A/R-507</b>												
BZT-0650L6	A	35.4 899	51 1292	39.2 995	1/2	1-1/8	29/13	705	320	3472 5910	ZF24K4	72
BZT-0750L6	A	35.4 899	51 1292	39.2 995	1/2	1-1/8	29/13	720	327	3348 5700	ZF33K4	72
BZT-0900L6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	71/32	802	364	6150 10470	ZF40K4	74
BZT-1300L6	B	35.4 899	62.8 1596	39.2 995	5/8	1-3/8	71/32	844	383	6150 10470	ZF48K4	73

Fuente: Compresores Bohn. <http://www.frimax.mx/PDF/BCT-012-BZ-03A-1-03-APM-Unidades-condensadoras-enfriadas-por-aire-SCROLL.pdf>. Consulta: 9 de agosto de 2015.

## Anexo 7. Datos eléctricos de la unidad condensador Bohn

Modelo	Compresor	Alimentación de Energía		Compresor		Motor Ventilador			Consumo (kw)	MCA	MOPD
		Volts 60 HZ	Fases	RLA	LRA	Cantidad	Hp	FLA			
<b>Alta/Media Temperatura, R-22 / Media Temperatura R404A / R-507</b>											
BZT-0650H23/M63	ZS56K4E-TWC	200/230	3	22.9	189	1	1/3	2.7	9.97	34.8	60
BZT-0650H24/M64	ZS56K4E-TWD	460	3	11.4	94	1	1/3	1.9	10.04	17.9	30
BZT-0700H23/M63	ZS56K4E-TWC	200/230	3	22.9	189	2	1/3	5.4	10.10	41.5	70
BZT-0700H24/M64	ZS56K4E-TWD	460	3	11.4	94	2	1/3	3.8	10.24	22.2	35
BZT-0750H23/M63	ZS75K4E-TWC	200/230	3	30.1	278	2	1/3	5.4	13.95	43.1	70
BZT-0750H24/M64	ZS75K4E-TWD	460	3	16.4	127	2	1/3	3.8	14.09	23.2	35
BZT-0860H23/M63	ZS75K4E-TWC	200/230	3	30.1	278	2	1/3	5.4	14.41	51.9	80
BZT-0860H24/M64	ZS75K4E-TWD	460	3	16.4	127	2	1/3	3.8	14.55	25.4	40
BZT-1000H23/M63	ZS92K4E-TWC	200/230	3	47.4	350	2	1/3	5.4	17.13	64.7	90
BZT-1000H24/M64	ZS92K4E-TWD	460	3	22.4	158	2	1/3	3.8	17.27	31.8	50
BZT-1400H23/M63	ZS11M4E-TWC	200/230	3	53.8	425	2	1/3	5.4	20.58	72.7	90
BZT-1400H24/M64	ZS11M4E-TWD	460	3	25.3	187	2	1/3	3.8	20.72	35.5	60
<b>Baja Temperatura, R-22</b>											
BZT-0650L23	ZF24K4E-TWC	208/230	3	26.9	189.0	1	1/3	2.7	7.90	36.4	60
BZT-0750L23	ZF33K4E-TWC	208/230	3	39.1	278.0	1	1/3	2.7	10.56	51.6	90
BZT-0900L23	ZF40K4E-TWC	208/230	3	47.4	350.0	2	1/3	5.4	12.79	64.7	110
BZT-1300L23	ZF48K4E-TWC	208/230	3	49.4	425.0	2	1/3	5.4	16.14	67.1	110
<b>Baja Temperatura, R-404A/R-507</b>											
BZT-0650L63	ZF24K4E-TWC	208/230	3	26.9	189.0	1	1/3	2.7	8.21	36.4	60
BZT-0650L64	ZF24K4E-TWD	460	3	14.1	94.0	1	1/3	1.9	8.28	19.5	30
BZT-0750L63	ZF33K4E-TWC	208/230	3	39.1	278	1	1/3	2.7	11.81	51.6	90
BZT-0750L64	ZF33K4E-TWD	460	3	18.9	127	1	1/3	1.9	11.88	25.5	40
BZT-0900L63	ZF40K4E-TWC	208/230	3	47.4	350.0	2	1/3	5.4	14.16	64.7	
BZT-0900L64	ZF40K4E-TWD	460	3	23.7	175.0	2	1/3	3.8	14.2	33.4	50
BZT-1300L63	ZF48K4E-TWC	208/230	3	49.4	425	2	1/3	5.4	17.56	67.1	
BZT-1300L64	ZF48K4E-TWD	460	3	21.8	187	2	1/3	3.8	17.70	31.0	50

Fuente: Condensadores Bohn. <http://www.frimax.mx/PDF/BCT-012-BZ-03A-1-03-APM-Unidades-condensadoras-enfriadas-por-aire-SCROLL.pdf>. Consulta: 1 de agosto de 2015.

Anexo 8. Promedio de cambios de aire por 24 horas

Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	Volumen de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h	de aire, pies cúbicos	Cambios de aire por 24 h
200	33.5	800	15.3	5000	5.6	25,000	2.3
250	29.0	1000	13.5	6000	5.0	30,000	2.1
300	26.2	1500	11.0	8000	4.3	40,000	1.8
400	22.5	2000	9.3	10,000	3.8	50,000	1.6
500	20.0	3000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
600	18.0	4000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1
						150,000	0.88 <sup>c</sup>
						200,000	.77

<sup>a</sup> 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.

<sup>b</sup> 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 2 puertas situadas en paredes opuestas, se multiplican por 2.5, pero no se deben permitir dos puertas abiertas en paredes adyacentes u opuestas.

<sup>c</sup> Extrapolado

Cortesía de Durham-Bush, Inc.

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 348.

Anexo 9. Calor removido al enfriar el aire exterior hasta la temperatura del cuarto frío de almacenamiento en BTU/ ft<sup>3</sup>

Temperatura del cuarto de almacenamiento, °F	Temperatura del aire exterior, °F							
	85		90		95		100	
	Humedad relativa, %							
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0.85	0.85	0.93	1.17	1.24	1.54	1.58	1.95
60	0.85	1.03	1.13	1.37	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.06
35	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.28	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 355.

Anexo 10. Carga de enfriamiento de frutas

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	0.48	122	40	810
						60	2970
Limonas	28.1	88.3	0.92	0.48	127	40	810
						60	2970
Mandarinas	28	87.3	0.93	0.51	126	32	3265
						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	0.84	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	0.48	124	32	795

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 348.



Anexo 11. **Cargas de enfriamiento 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: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 360.

Anexo 12. **Equivalente térmico de los motores**

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: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 362.

### Anexo 13. Carga de enfriamiento para almacenamiento de verduras

Producto	ALMACENAMIENTO REFRIGERADO										ALMACENAMIENTO CONGELADO				
	Temp. congel. °C	Color especif. antes congel. kc/kg°C	Color especif. después congel. kc/kg°C	Color ioteria congelación kc/kg	Color respiración kc/kg día	Temperatura		Humedad relativa %	Tiempos		Temperatura		Humedad relativa %	Tiempos	
						Larga °C	Corla °C		Larga °C	Corla °C	Larga °C	Corla °C		Larga °C	Corla °C
<b>FRUTAS</b>															
Morana	-2	0,89	0,48	67	2,2	0	4	85/90	6m	2m	-	-	-	-	-
Albaricoque	-2	0,92	0,5	85	2,2	0	1	85/90	4s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Pláano verde	-1,5	0,9	0,42	60	0,5	11	13	85/90	3s	1s	-	-	-	-	-
Pláano maduro	-1,5	0,9	0,42	60	0,5	13	15	85/90	1s	-	-	-	-	-	-
Cereza	-2	0,87	0,46	68	4	-1	0	85/90	4s	2s	-22	-18	85/90	12m	6m
Dófil fresco	-2,8	0,71	0,44	70	2,77	0	4	65/75	2s	1s	-	-	-	-	-
Dófil seco	-20,6	0,35	0,26	16	-	-2	8	65/70	6m	3m	-	-	-	-	-
Higos frescos	-2,7	0,77	0,42	64	2,77	0	1	85/90	1s	-	-	-	-	-	-
Uvas	-3	0,9	0,61	63	2,77	-1	0	85/90	4m	1m	-	-	-	-	-
Pomelo	-2	0,91	0,48	71	3	8	10	85/90	9m	3m	-	-	-	-	-
Límón verde	-2,2	0,92	0,46	71	1,66	11	14	85/90	4m	1m	-	-	-	-	-
Límón	-2,2	0,92	0,46	71	1,66	0	4,5	85/90	6s	3s	-	-	-	-	-
Mandarina	-2,2	0,95	0,51	70	2,2	4	7	85/90	6s	3s	-	-	-	-	-
Meión	-1,5	0,97	0,47	77	2,2	4	10	75/90	4s	1s	-	-	-	-	-
Sandia	-1,6	0,94	0,47	69	2,2	2	4	85/90	3s	2s	-	-	-	-	-
Naranja	-2,2	0,91	0,45	70	2,2	0	4	85/90	4m	2m	-	-	-	-	-
Melocotón	-1,6	0,90	0,45	70	2,9	0	1	85/90	4s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Pera	-2	0,91	0,49	68	3,3	-1	1	85/90	5m	1m	-	-	-	-	-
Píña verde	-1,5	0,89	0,5	71	1,7	10	16	85/90	4s	2s	-	-	-	-	-
Píña madura	-1,5	0,89	0,5	71	1,7	4	7	85/90	4s	2s	-	-	-	-	-
Ciuela	-2,2	0,88	0,46	66	2,2	-1	1	85/90	8s	2s	-22	-18	85/90	12m	6m
Membillo	-2,2	0,89	0,49	68	2,2	0	3	85/90	3m	2m	-	-	-	-	-
Fresas	-1,1	0,92	0,48	72	3	0	1	85/90	1s	-	-22	-18	85/90	12m	6m
Nuez	-	0,3	0,25	10	0,3	0	5	85/75	10m	6m	-	-	-	-	-
<b>VERDURAS</b>															
Aloachola	-1,7	0,87	0,45	67	4	0	1	90/95	3s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Espárago	1,5	0,94	0,49	75	3,3	0	1	85/90	3s	2s	-22	-18	85/90	12m	6m
Judía verde	-1,4	0,92	0,47	71	1,7	2	7	85/90	1s	-	-22	-18	85/90	12m	6m
Remolacha	-3	0,9	0,48	72	1,1	0	1	90/95	3m	1m	-	-	-	-	-
Col bruseles	-0,5	0,91	0,49	75	2,8	0	1	85/90	6s	3s	-22	-18	85/90	12m	6m
Coliflor	-1	0,94	0,47	78	2,2	0	1	85/90	3s	2s	-22	-18	85/90	12m	6m
Zoncharia	-1,3	0,93	0,45	70	1,1	-1	1	90/95	6m	4m	-22	-18	85/90	12m	6m
Ajo	-1,3	0,91	0,46	76	2,2	0	1	90/95	4m	2m	-	-	-	-	-
Pepino	-0,8	0,95	0,48	76	1,7	10	12	85/90	8m	5m	-	-	-	-	-
Ajo	-4	0,79	0,42	59	2	-2	0	70/75	8m	6m	-	-	-	-	-
Pueso	-1,4	0,9	0,46	70	2	0	1	90/95	3m	1m	-	-	-	-	-
Lechuga	-0,5	0,96	0,48	75	3,88	0	2	90/95	3s	1s	-	-	-	-	-
Champión	-1	0,93	0,47	72	3	0	1	85/90	1s	-	-	-	-	-	-
Aceluna	-2	0,8	0,42	62	2	7	10	85/90	6s	4s	-	-	-	-	-
Cebola	-1	0,91	0,51	72	1,1	-3	0	70/75	6m	2m	-	-	-	-	-
Gusante verde	-1,6	0,82	0,45	59	1,7	-1	1	85/90	2s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Patata temprana	-1,7	0,86	0,47	62	1,7	3	4	85/90	1s	-	-22	-18	85/90	12m	6m
Patata tardía	-1,7	0,86	0,47	62	1,7	5	10	85/90	8m	4m	-22	-18	85/90	12m	6m
Calabaza	-1	0,92	0,47	72	2	13	10	70/75	6m	2m	-	-	-	-	-
Espinacas	-1	0,93	0,5	74	3,9	0	1	90/95	2s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Tomate verde	-0,7	0,93	0,47	75	1,66	11	13	85/90	5s	3s	-22	-18	85/90	12m	6m
Tomate maduro	-0,7	0,93	0,47	75	1,66	0	1	85/90	2s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Habas	-0,8	0,92	0,46	71	2	2	5	85/90	2s	1s	-22	-18	85/90	12m	6m
Batata	-1,9	0,86	0,42	57	1,7	13	15	80/85	6m	4m	-	-	-	-	-
Nabo	-0,7	0,9	0,45	71	2,22	0	1	90/95	5m	4m	-	-	-	-	-

Fuente: PITA, Edward. *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*. p. 369.

Anexo 14. **Propiedades de materiales para embalaje**

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO [kJ/kg °C]
Madera	2,09 ÷ 2,72
Cartón	1,26 ÷ 1,88
Caucho	2,01
Corcho	3,77
Papel	1,38
Vidrio	0,88
Metales:	
Aluminio	0,879
Cobre	0,398
Estaño	0,234
Níquel	0,460
Zinc	0,402
Hierro/Acero	0,477
Plomo	0,130

Fuente: Universidad Politécnica de Valencia. [www.upv.es](http://www.upv.es). Consulta: 19 de agosto de 2015.