

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE MECANICA NAVAL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO MECÁNICO NAVAL**

**TEMA:**

*“CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE  
UNA CAMARA FRIGORÍFICA DE ½ TONELADA  
DE CAPACIDAD PARA LA CONSERVACIÓN DE  
ALBACORA EN LA FACULTAD DE  
MECÁNICA NAVAL”*

**AUTORES:**

**ALEXANDER IVAN VERA LOOR**  
**BYRON ALEJANDRO FUENTES FALCONES**  
**FRANK ANTONIO NAVIA MENDOZA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. PAULO EMILIO MACIAS CEDEÑO. Mg. GPES**  
**MANTA – MANABI - ECUADOR**

**2013**

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de director del trabajo de grado sobre el tema:

“CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMARA FRIGORÍFICA DE ½ TONELADA DE CAPACIDAD PARA LA CONSERVACIÓN DE ALBACORA EN LA FACULTAD DE MECÁNICA NAVAL”,de los estudiantes: Vera Loor Alexander Iván, Fuentes Falcones Byron Alejandro, Navia Mendoza Frank Antonio, alumnos de la Facultad de Mecánica Naval, considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y meritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado Examinador que el H. Consejo Directivo designe.

Manta 2013

.....  
**ING. PAULO EMILIO MACIAS CEDEÑO**Mg. GPES

**DIRECTOR**

## **DECLARATORIA EXPRESA**

“La responsabilidad poseer los derechos, ideas y doctrinas expuestos en este trabajo, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí”

-----  
Vera Loor Alexander Ivan

-----  
Fuentes Falcones Byron Alejandro

-----  
Navia Mendoza Frank Antonio

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**

**Facultad de Mecánica Naval**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el trabajo de Graduación, sobre el tema:

“CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMARA FRIGORÍFICA DE ½ TONELADA DE CAPACIDAD PARA LA CONSERVACIÓN DE ALBACORA EN LA FACULTAD DE MECÁNICA NAVAL”;de los estudiantes: Vera Iloor Alexander Iván, Fuentes Falcones Byron Alejandro, Navia Mendoza Frank Antonio, alumnos de la facultad de Mecánica Naval.

Manta 2013

Para constancia firman:

.....  
ING. FELIX ROBALINO

.....  
ING. LUIS ARAGUNDI

## **DEDICATORIAS**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mi Familia. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mi madre la Sra. Azucena Loor, mujer que es de gran evidencia de superación en mi vida, no existen suficientes e intensas palabras para describir lo agradecido que estoy hacia Ud. a mi padre Prof. Vicente Vera (+), a mis hermanos: Ing. Patricio y la Odont. Paola Vera Loor por su apoyo incondicional, a la Ing. Vanessa Cobeña por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida. GRACIAS A TODOS.

Alexander Vera Loor.

A Dios, por ser el forjador de mi camino y dador de muchas gracias en mi vida, como es la culminación de mi carrera. A mi familia, en especial a mis padres, Sra. Narcisa Mendoza Delgado y al Sr. Ciro Navia Roldan por el esfuerzo, apoyo y entrega incondicional que me han brindado durante el trayecto de toda mi vida estudiantil, ya que nunca perdieron la Fé en mí y me instaron a seguir luchando y nunca declinar así sea en las peores circunstancias que me encuentre, esto es una pequeña muestra de gratitud hacia ellos, el de poder cristalizar uno de sus más grandes sueños.

Frank Navia Mendoza.

Al pilar fundamental de la vida y de todo lo que existe en este universo: Dios, sin la fortaleza y fuerza de voluntad para llegar hasta aquí nada de esto hubiese sido posible. A mis padres: Oswaldo Fuentes, Emérita Falcones y Rossy Velez por su constante apoyo amor y dedicación, por darme la lección más grande en la vida, la de luchar para superar los obstáculos y salir adelante, por ser mis ejemplos de vida y superación, por ser guía de mis pasos en mi formación, por haber confiado en MI. A mis hermanos y sobrino: Mauricio, Johnny, Mayra y Josthyn, por compartir mis penas y alegrías y por estar siempre presente en los momentos difíciles, por ser mi inspiración de lucha y perseverancia.

Byron Fuentes Falcones

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios, por la sabiduría que nos otorgó para finalizar con éxito este trabajo.

Es nuestro deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle nuestra humilde obra de Trabajo plasmada en la presente Tesis de Grado, en segunda instancia a nuestros progenitores, quienes permanentemente nos apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

Desde luego a nuestra querida Alma Mater la prestigiosa “UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI” donde durante años recibimos nuestra formación profesional, y enriquecieron nuestros conocimientos y amor por la Ing. Mecánica Naval, haciendo de nosotros jóvenes emprendedores, conscientes de nuestro entorno y capaces de desempeñarnos perfectamente en esta importante actividad, que día a día cobra mayor trascendencia en el país y en el mundo.

A nuestro Director de Tesis el Ing. Paulo Emilio Macías Cedeño, por sus consejos y horas amables de dedicatoria y sabiduría, a nuestro Decano el Ing. Luis Challa Hasing, por su apoyo incondicional desde el inicio, hasta la culminación de nuestro proyecto.

Finalmente mi gratitud para todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

**A TODOS MIL GRACIAS.**

## RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es de dotar al taller de refrigeración un sistema real de última tecnología para la conservación de alimentos perecederos, por medio de la aplicación del frío.

El sistema de refrigeración funcionara dentro de las instalaciones de la Facultad de Mecánica Naval en el taller de refrigeración, será una cámara de mantenimiento de albacora.

Para el presente proyecto primero, se realiza un estudio de las características principales de la especie “Albacora” y sus correspondientes propiedades termodinámicas.

Una vez realizado esto, se definen los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración y se selecciona el equipo que compone la instalación frigorífica.

La realización de este proyecto se sustenta en base a las necesidades de la implementación de un sistema frigorífico que se ajusten a las normas de calidad y tecnología analizados en el proyecto, el cual proporciona elementos que determinan las ventajas de utilizar un dispositivos para la conservación de alimentos, exponiendo resultados favorables para poder realizar la implementación de los equipos y sistemas que componen una cámara frigorífica, con el fin de optimizar la calidad del producto almacenado y adicionalmente a mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Mecánica Naval.

## **ABSTRACT**

The main objective of the project is to provide the refrigeration workshop a real system of latest technology for preserving perishable foods, through the application of cold.

The refrigeration system worked inside the facilities of the Ability of Naval Mechanics in the refrigeration shop, it will be a camera of albacora maintenance.

For the present I project first, he/she is carried out a study of the main characteristics of the species “Albacora” and their corresponding thermodynamic estates.

Once realized this, they are defined the parameters of operation of the refrigeration system and the team is selected that composes the refrigerating installation.

The realization of this project is based on the basis of the needs of the implementation of a refrigeration system that meet the standards of quality and technology analyzed in the project, which provides elements that determine the advantages of using a conservation devices food, giving favorable results in order to make the implementation of equipment and systems that make up a cold storage in order to optimize the quality of the stored product and in addition to improve learning for students of the School of Naval Mechanics.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se han desarrollado plenamente sistemas completos y eficientes de cámaras frías para mantener los productos en buen estado para el consumo humano y control del producto. En el presente estudio se enfatiza el proceso de instalación y los requerimientos para estos sistemas de cámaras frías.

Las razones que nos motivaron a la elección del tema fue aumentar el conocimiento en el área de refrigeración para los estudiantes de Mecánica Naval, para que estén al tanto de los distintos tipos de mecanismos que trabajan con el proceso de la refrigeración y la importancia que tiene hoy en día un sistema frigorífico en las industrias. Con la implementación de una cámara frigorífica en la facultad, los estudiantes podrán conocer este tipo de sistema a través de la práctica; posteriormente con los cálculos realizados y puesta en marcha del equipo se comprobara que el producto se conservará en óptimas condiciones de calidad.

Nuestro objetivo es diseñar una cámara de refrigeración adecuada a las condiciones climáticas de nuestro entorno para el almacenamiento de pescado, principalmente destinada a satisfacer los requerimientos tecnológicos y de calidad de la instalación frigorífica por medio de investigaciones, técnicas y procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la culminación del proyecto.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
Portada	<b>I</b>
Aprobación del tutor	<b>II</b>
Autoría del Trabajo de Graduación	<b>III</b>
Aprobación del tribunal	<b>IV</b>
Dedicatoria	<b>V</b>
Agradecimiento	<b>VI</b>
Resumen	<b>VII</b>
Abstract	<b>VIII</b>
Introducción	<b>IX</b>
<b><i>CAPÍTULO I</i></b>	<b>1</b>
<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REFRIGERACIÓN</b>	
1.1.-Ciclo básico de refrigeración	<b>1</b>
1.2.-El ciclo invertido de carnot	<b>2</b>
1.3.-Ciclo real de refrigeración por compresión de vapor	<b>3</b>
1.4.-Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	<b>5</b>
1.5.-Sistema de compresión de vapor. Multietapa	<b>7</b>
1.6.-Efecto del sobrecalentamiento de líquido	<b>9</b>
1.7.- Efecto de la caída de presión	<b>10</b>
1.8. Subenfriamiento del líquido.	<b>12</b>
<b><i>CAPITULO II</i></b>	<b>12</b>
<b>2. REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN, ACCESORIOS Y EQUIPOS</b>	
2.1.- Cámaras frigoríficas	<b>12</b>
2.2.- Paneles	<b>13</b>
2.2.1.- Tipos de paneles para techos y paredes	<b>14</b>

2.3.- Espuma de poliuretano	<b>16</b>
2.4.- Tubería de cobre	<b>17</b>
2.4.1.- Accesorios para la tubería de cobre	<b>18</b>
2.5.- Aislamiento para tubería	<b>19</b>
2.6.- Elementos y accesorios básicos que componen el sistema derefriegeración	<b>20</b>
2.6.1.- Termostatos	<b>20</b>
2.6.2.- Presostatos	<b>21</b>
2.6.3.- Manómetros	<b>21</b>
2.6.4.- Motor eléctrico	<b>22</b>
2.7.- Compresor	<b>22</b>
2.7.1.- Tipos de compresores	<b>23</b>
2.7.2.- Compresor recíprocante	<b>23</b>
2.7.3.- Compresor de tornillo	<b>24</b>
2.7.4.- Compresor centrífugo	<b>24</b>
2.7.5.- Compresor hermético	<b>25</b>
2.7.6.- Compresor semi hermético	<b>25</b>
2.8.- Condensador	<b>25</b>
2.8.1.- Tipos de condensadores	<b>26</b>
2.8.2.- Condensador enfriado por aire	<b>26</b>
2.8.3.- Condensador enfriado por agua	<b>26</b>
2.8.4.- Condensador Evaporativo	<b>26</b>
2.9.- Evaporador	<b>27</b>
2.9.1.- Tipos de evaporadores	<b>27</b>
2.9.2.- Evaporador de expansión seca	<b>27</b>
2.9.3.- Evaporadores Inundados	<b>28</b>
2.9.4.- Evaporador de tubo descubierto	<b>28</b>
2.9.5.- Evaporador de superficie de placa	<b>28</b>
2.9.6.- Evaporador aleteado	<b>28</b>
2.10.- Válvula de expansión	<b>29</b>
2.10.1.- Tipos de válvula de expansión	<b>29</b>
2.10.2.- Válvula de expansión manual	<b>29</b>

2.10.3.- Válvula de expansión electrónica	30
2.11.- Refrigerante 404 A	31
<b><i>CAPITULO III</i></b>	<b>32</b>
<b>3. CÁLCULOS DE LAS NECESIDADES FRIGORÍFICAS</b>	
3.1.- Criterios generales	32
3.2.- Cálculo de las cargas térmicas de una cámara	32
3.3.- Trasmisión de calor a través de paredes y cerramientos	33
3.4.- Calor liberado por la iluminación interior	34
3.5.- Calor liberado por las personas	35
3.6.- Calor liberado por los motores	35
3.7.- Refrigeración de los productos	36
3.7.1.-Refrigeración de alimentos	36
3.7.2.-Congelación de alimentos	36
3.8.- Método de Cálculo	37
<b><i>CAPITULO IV</i></b>	<b>51</b>
<b>4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES.</b>	
4.1.- Mantenimiento preventivo	52
4.2.- Mantenimiento correctivo	52
4.3.- Averías en las instalaciones frigoríficas	53
4.4.- Fichas técnicas sobre fallas más comunes de una instalación frigorífica	54
<b><i>CAPITULO V</i></b>	<b>57</b>
<b>5. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL</b>	
5.1.- Introducción.	57
5.2.- La matriz causa – efecto.	57
5.3.- La Matriz de Leopold	58
5.4.- Proceso de la fase de construcción.	61
5.5.- Proceso de la fase de operación.	61
5.6.- Proceso de la fase de mantenimiento.	61

<b><i>CAPITULO VI</i></b>	<b>62</b>
<b>6. DISEÑOS DE LOS COMPONENTES FRIGORÍFICOS</b>	
6.1.- Diseño del cuarto frio	62
6.2.- Diseño del sistema de refrigeración	63
6.3.- Diseño del circuito eléctrico	64
<b><i>CAPITULO VII</i></b>	<b>65</b>
<b>7. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA INSTALACIÓN.</b>	
7.1.- Habilitación de la cámara.	65
7.2.- Preparación del suelo.	65
7.2.1.- Trazado del perímetro.	65
7.2.2.- Construcción del vacío sanitario.	65
7.3.- Colocación de las paredes y techo.	66
7.4.- Colocación de aislantes del piso.	68
7.5.- Instalación de la puerta.	69
7.6.- Pintura.	70
7.7.- Habilitación mecánica del evaporador.	70
7.8.- Instalación del condensador.	72
7.9.- Soldadura, tendido y aislamiento de cañerías.	72
7.9.1.- Soldadura.	72
7.9.2.- Aislamiento.	73
7.9.3.- Tendido de cañería.	74
7.10.- Instalación de filtro, válvula solenoide y visor de liquido.	74
7.11.- Instalación eléctrica.	75
7.12.-Vacío y carga de refrigerante.	76

7.13.- Detección de fugas.	77
7.14.- Arranque y prueba del equipo.	78
<b><i>CAPÍTULO VIII</i></b>	<b>79</b>
<b>8. OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.</b>	
8.1.- Funcionamiento del sistema eléctrico.	79
8.2.- Circuito de potencia.	79
8.3.- Circuito de control o de mando.	79
8.3.1.- Termostato (Full Gauge Controls).	80
8.3.2.- Presostato de alta presión.	80
8.3.4.- Presostatos de baja presión.	80
8.3.5.- Válvula solenoide.	81
8.3.6.- Contactores.	81
8.3.7.- Timer de retardo temporizado.	81
8.4.- Datos de los elementos principales que componen la cámara frigorífica.	83
8.5.- Guía de operación de arranque del equipo.	84
8.6.- Costo del proyecto de la cámara frigorífica.	87

### **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Conductividad térmica del material aislante	<b>40</b>
<b>Tabla2.</b> Coeficiente de conductividad térmica de algunos materiales en función del espesor	<b>43</b>
<b>Tabla 3.</b> Renovación de aire diario por las aberturas de puertas para las condiciones normales de	

explotación <<cámaras negativas>> y <<cámaras por encima de 0 °C >>	46
<b>Tabla 4.</b> Calor del aire (en K/J m <sup>3</sup> ) para el aire exterior que penetra en la cámara fría	47
<b>Tabla 5.</b> Potencia calorífica aportada por las personas	47
<b>Tabla 6.</b> Temperatura recomendada, calor másico específico de alimentos refrigerados	48

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1-</b> Esquema del equipo t diagrama Ts de un ciclo de refrigeración en cascada	3
<b>Fig. 2-</b> .Diagrama Ts de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor de dos etapas con refrigeración intermedia	4
<b>Fig. 3-</b> Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	5
<b>Fig. 4-</b> Diagrama P-h de un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	6
<b>Fig. 5-</b> Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	7
<b>Fig. 6-</b> Ciclo de Carnot Inverso-Diagrama Ts de Carnot	8
<b>Fig. 7-</b> Diagrama p-h del sobrecalentamiento del líquido	10
<b>Fig. 8-</b> Diagrama p-h efectos de la caída de presión	11
<b>Fig. 9-</b> Diagrama p-h del subenfriamiento del líquido.	12

## ÍNDICE DE GRAFICOS.

<b>Gráf. 1-</b> Paneles prefabricados de poliuretano expandido.	<b>13</b>
<b>Gráf.2-</b> (A; B; C; D; E; F) Paneles para distintos tipos de construcción de cámaras frigoríficas.	<b>16</b>
<b>Gráf. 3-</b> Tuberías rígidas de cobre.	<b>18</b>
<b>Gráf.4-</b> T de cobre	<b>18</b>
<b>Gráf. 5-</b> Cople con ranura.	<b>18</b>
<b>Gráf. 6-</b> Trampa de aceite	<b>19</b>
<b>Gráf. 7-</b> Reductor de medida	<b>19</b>
<b>Gráf. 8-</b> Aislante Robatex.	<b>20</b>
<b>Gráf. 9-</b> Termostato digital	<b>21</b>
<b>Gráf. 10-</b> PresostatoDanfoss	<b>21</b>
<b>Gráf. 11-</b> Manómetros de alta y baja presión	<b>22</b>
<b>Gráf. 12-</b> Compresor hermético	<b>25</b>
<b>Gráf. 13-</b> Válvula de expansión	<b>29</b>
<b>Gráf. 14-</b> Válvula de control de flujo	<b>30</b>
<b>Gráf. 15-</b> Válvula de expansión electrónica	<b>31</b>
<b>Gráf. 16-</b> Suelo del taller de refrigeración.	<b>43</b>
<b>Gráf. 17-</b> Ficha técnica sobre el aceite	<b>54</b>
<b>Gráf. 18-</b> Ficha técnica sobre el compresor	<b>55</b>
<b>Gráf. 19-</b> Ficha técnica sobre el gas refrigerante,	

condensador y evaporador.	56
<b>Gráf. 20</b> Plan de mantenimiento preventivo de la cámara frigorífica.	57
<b>Gráf. 21-</b> Cuadro de la matriz de Leopold, valores positivos y negativos. Acciones-Factores	59
<b>Gráf. 22-</b> Resultados de la matriz. Acciones-Factores	59
<b>Gráf. 23-</b> Resultados de la matriz por orden, factor, valor y acción.	61
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>89</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>96</b>

## CAPÍTULO I

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REFRIGERACIÓN

#### 1.1. Ciclo básico de refrigeración

El ciclo básico de refrigeración consta de 4 puntos que son: evaporación, compresión, condensación, control y expansión. A continuación se dará un breve resumen de cada uno de los puntos anteriores.

##### **Evaporación;**

En la etapa de evaporación el refrigerante absorbe el calor del espacio que lo rodea y por consiguiente lo enfría. Esta etapa tiene lugar en un componente denominado evaporador, el cual es llamado así debido de que en el refrigerante se evapora, cambia de líquido a vapor.

##### **Compresión;**

Después de evaporarse el refrigerante sale del evaporador en forma de vapor a baja presión, pasa al compresor en donde se comprime incrementando su presión (este aumento de presión es necesario para que el gas refrigerante cambie fácilmente a líquido y lo bombea así a la etapa de condensación)

##### **Condensación;**

La etapa de condensación del ciclo se efectúa en una unidad llamada “condensador” que se encuentra localizado en el exterior del espacio refrigerado. Aquí el gas refrigerante a alta presión y alta temperatura, rechaza calor al medio ambiente (es enfriado por una corriente de agua o de aire), cambiando de gas a líquido frío y a una alta presión.

### **Control y expansión;**

Esta etapa es desarrollada por un mecanismo de control de flujo, este dispositivo retiene el flujo y expansiona al refrigerante para facilitar su evaporación posterior. Después de que el refrigerante deja el control del flujo se dirige al evaporador para absorber calor y comenzar un nuevo flujo.

### **1.2. El ciclo invertido de Carnot**

El ciclo de Carnot es un ciclo totalmente reversible que se compone de dos procesos isométricos reversible y de dos procesos isentrópicos. Tiene la máxima eficiencia térmica para determinados límites de temperaturas y sirve como un estándar contra el cual los ciclos de potencia reales se comparan. Puesto que es un ciclo reversible, los cuatro procesos que comprende el ciclo de Carnot pueden invertirse. Al hacerlo también se invertirán las direcciones de cualquier interacción de calor y de trabajo.

El resultado es un ciclo que opera en dirección contraria a las manecillas del reloj en los diagramas  $t-s$  que se llama el ciclo invertido de Carnot. Un refrigerador o bomba de calor que opera en el ciclo invertido de Carnot es definido como un refrigerador de Carnot o una bomba de calor de Carnot. Considere un ciclo invertido de Carnot ejecutado dentro de la campana de saturación de un refrigerante, según lo muestra la figura (1). El refrigerante absorbe calor isotérmicamente de una fuente de baja temperatura a  $T_L$  en la cantidad de  $Q_L$  (proceso 1-2). Se comprime isentropicamente hasta el estado 3 (la temperatura se eleva hasta  $T_H$ ). Rechaza calor isotérmicamente en un sumidero de alta temperatura a  $T_H$  en la cantidad de  $Q_H$  (proceso 3-4). Se expande de isentropicamente hasta el estado 1 (la temperatura desciende hasta  $T_L$ ). El refrigerante cambia de un estado de vapor saturado a un estado de líquido saturado en el condensador durante el proceso 3-4.

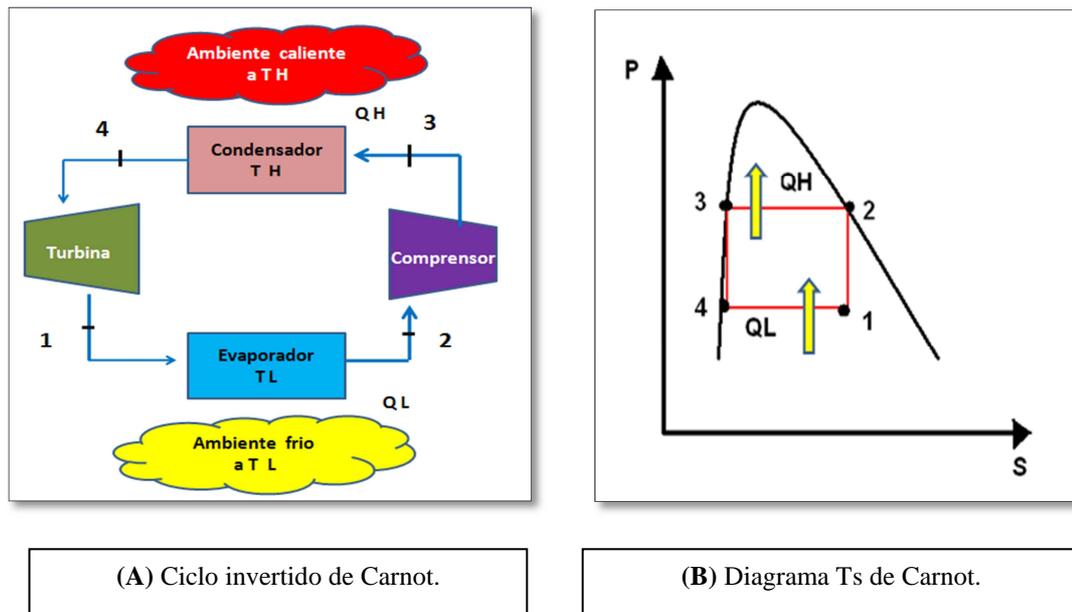


Fig. 1. Ciclo de Carnot Inverso-Diagrama Ts de Carnot<sup>1</sup>

### 1.3. Ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.

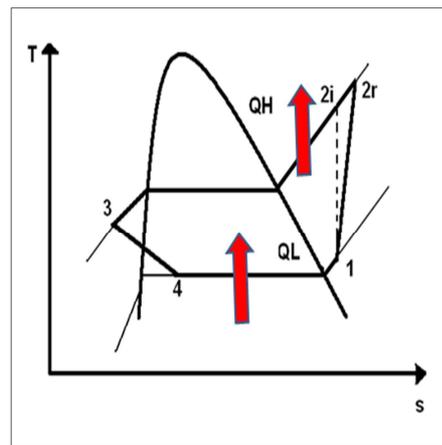
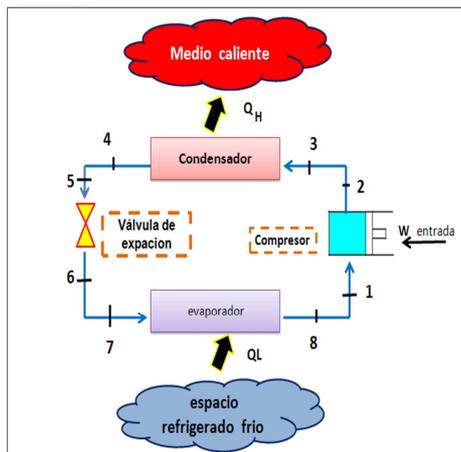
Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la de fricción de fluido (causa caídas de presión) y la transferencia de calor desde o hacia los alrededores.

El diagrama T-s de un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se muestra en la (fig. 2). En el ciclo real, el refrigerante sale del evaporador y se mete al compresor como vapor saturado. Sin embargo, en la práctica, no es posible controlar el estado del refrigerante con tanta precisión. En lugar de eso, es fácil diseñar el sistema de modo que el refrigerante se sobrecaliente ligeramente en la entrada el compresor.

Este ligero sobrecalentamiento asegura que el refrigerante se evapora por completo cuando entra al compresor. También, la línea que conecta al evaporador con el compresor suele ser muy larga; por lo tanto, la caída de presión ocasiona

<sup>1</sup>Fuente: Termodinámica- edición 5- Yunus A. Cengel (pág. 609).

por la fricción del fluido y la transferencia de calor de los alrededores al refrigerante pueda ser muy significativa. El resultado del sobrecalentamiento, de la ganancia de calor en la línea de conexión y las caídas de presión en el evaporador y la línea de conexión, consiste en un incremento en el volumen específico y, por consiguiente, en un incremento en los requerimientos de entrada de potencia al compresor puesto que el trabajo de flujo establece es proporcional al volumen específico. El proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático y, por ende, isentrópico. Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá efectos de fricción, los cuales incrementan la entropía y la transferencia de calor, lo que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo de la dirección. Por consiguiente, la entropía del refrigerante puede incrementarse (proceso 1-2) o disminuir (proceso 1-2') durante un proceso de compresión real, dependiendo del predominio de los efectos.



**(A)** Ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.

**(B)** Diagrama T-s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.

**Fig. 2** Esquema y diagrama T-s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Fuente: Termodinámica- edición 5- Yunus A. Cengel (pág. 614).

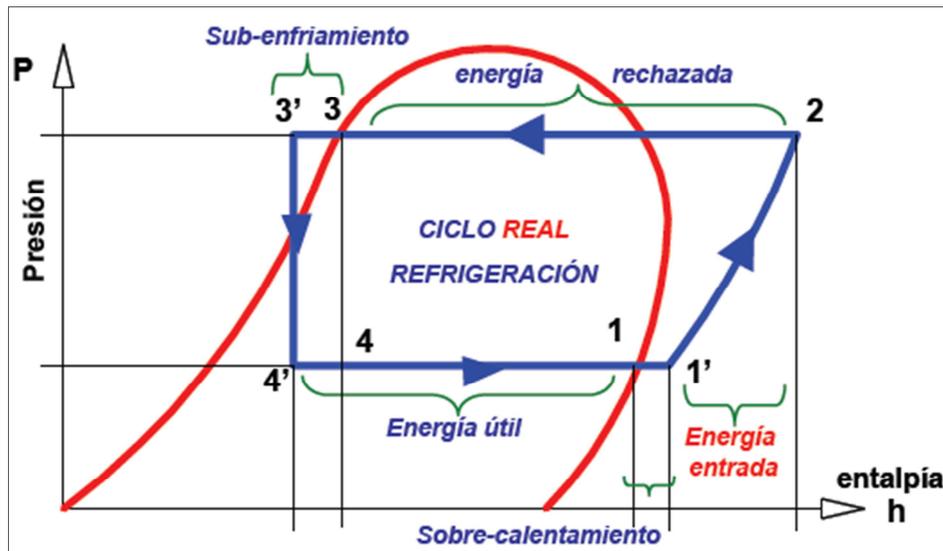
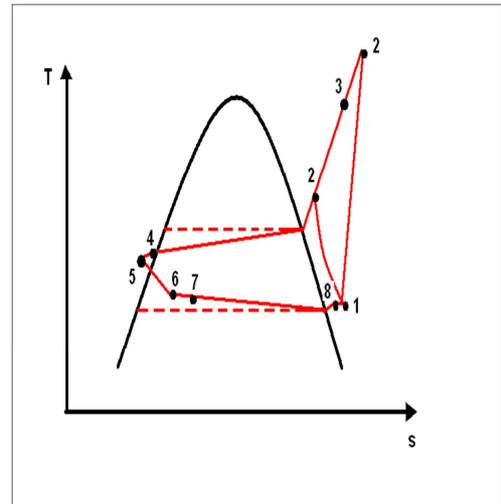
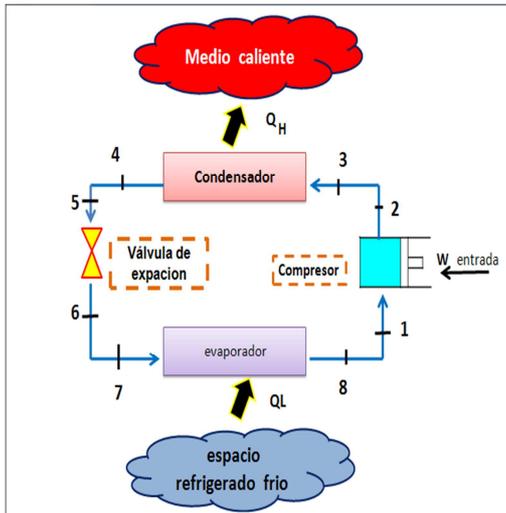


Fig. 3. Diagrama p-h del ciclo real.

#### 1.4. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

Muchos de los aspectos asociados con el ciclo invertido de Carnot pueden ser eliminados al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como la válvula de expansión o un tubo capilar. El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, y se muestra de manera esquemática y en un diagrama T-s en la figura 3 el ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el que más se utiliza en refrigeradores, sistemas de acondicionamientos de aire y bombas de calor. Se compone de 4 procesos:

- 1-2 Compresión isentrópica en un compresor
- 2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador
- 3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión
- 4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador



(A) Ciclo ideal de refrigeración.

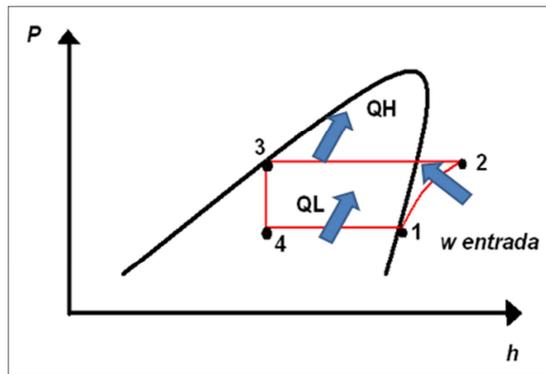
(B) Diagrama Ts del ciclo ideal.

**Fig. 4.** Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.<sup>3</sup>

En un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentropicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica, hasta un valor bastante superior al de la temperatura del medio circundante. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado del rechazo de calor hacia los alrededores. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura de los alrededores.

Otro diagrama utilizado con frecuencia en el análisis de los ciclos de refrigeración por compresión de vapor es el diagrama P-h como se muestra en la figura 4. En este diagrama, 3 de los 4 procesos aparecen como línea recta, y la transferencia de calor en el condensador y el evaporador es proporcional a las longitudes de las e un ciclo ideal curvas del proceso correspondiente

<sup>3</sup>Fuente: Termodinámica- edición 5- Yunus A. Cengel (pág. 610).



**Fig. 5** Diagrama P-h de un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.<sup>4</sup>

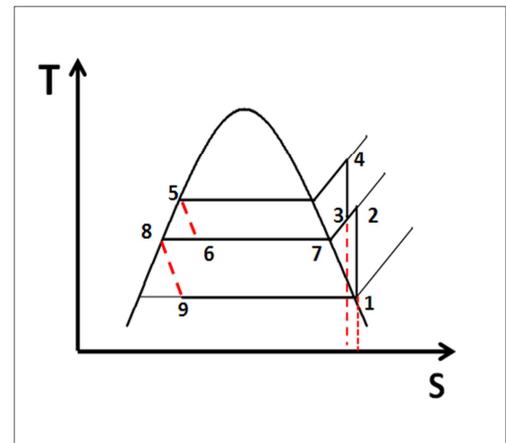
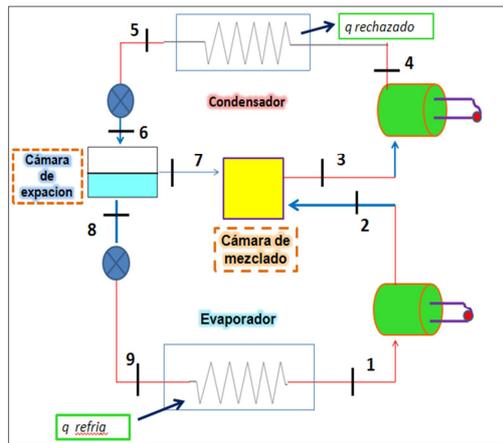
### 1.5. Sistema de compresión de vapor. Multi-etapa

Otra modificación del ciclo de refrigeración por compresión de vapor consiste en la compresión en etapas múltiples con enfriamiento intermedio para disminuir la entrada de trabajo.

Cuando el fluido de trabajo utilizado en el sistema de refrigeración en cascada es el mismo, el intercambiador de calor entre las etapas puede sustituirse por un intercambiador de calor regenerativo, ya que éste cuenta con mejores características de transferencia de calor.

Ciclo de compresión en dos etapas con enfriamiento intermedio regenerativo (fig.6). El líquido que sale del condensador se estrangula (proceso 5-6) al entrar a una cámara de expansión mantenida a presión intermedia entre la presiones del evaporador y el condensador. Todo el vapor que se separa del líquido en la cámara de expansión se transfiere a una cámara de mezclado, donde se mezcla con el vapor que sale del compresor de baja presión en el estado 2. La cámara de mezclado actúa como un enfriador intermedio regenerativo, pues enfría el vapor que sale del compresor de baja presión antes que toda la mezcla entre la etapa de alta presión del compresor en el estado 3. El líquido saturado de la cámara de expansión se estrangula al pasar a la presión del evaporador en el estado 9.

<sup>4</sup>Fuente: Termodinámica- edición 5- Yunus A. Cengel (pág. 610).



(A) ciclo de refrigeración por compresión de dos etapas.

(B) Diagrama Ts de refrigeración por Compresión de dos etapas.

**Fig.6** Diagrama Ts de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor de dos etapas con refrigeración intermedia.<sup>5</sup>

El proceso de compresión de dos etapas con enfriamiento intermedio regenerativo se muestra en un diagrama Ts en la Figura 2, en la cual se ha supuesto compresión isentrópica. Aunque el mismo refrigerante circula en ambos circuitos de todo el sistema, los flujos en cada circuito no son iguales.

Con objeto de analizar el sistema conviene suponer que en uno de los circuitos circula la unidad de masa. En este análisis supongamos que la unidad de masa pasa por los estados 3-4-5-6 del circuito de alta presión. La fracción de vapor formado en la cámara de expansión es la calidad por del fluido en el estado 6 de la figura 2 y ésta es la fracción del flujo que pasa por el condensador que atraviesa la cámara de mezclado. La fracción del líquido que se forma es (1-x) y es la fracción del flujo total que pasa por el evaporador. Se puede evaluar la entalpía en el estado 3 por medio de un balance de energía en la cámara de mezclado en condiciones adiabáticas

$$Xh_7 + (1 - x) h_2 = 1 (h_3)$$

<sup>5</sup>Fuente: Termodinámica- edición 5- Yunus A. Cengel (pág. 623).

En la que  $h_3$  es la única incógnita. El efecto de refrigeración por unidad de masa que pasa por el evaporador es

$$q_{\text{refrig}} = (1 - x)(h_1 - h_9)$$

La entrada total de trabajo al compresor por unidad de masa que pasa por el condensador es la suma de las cantidades para las dos etapas, es decir,

$$W_{\text{comp}} = (1 - x)(h_2 - h_1) + 1(h_4 - h_3)$$

### **1.6. Efecto del sobrecalentamiento de líquido.**

En la fig. 7 se observa el comportamiento del ciclo de refrigeración ideal pero los puntos 2'' y 3'' representan estados que se presentan con el efecto de sobrecalentamiento.

Este efecto se da debido a que la temperatura del refrigerante continua aumentando después de salir del evaporador, como consecuencia de esto se tiene:

- Mayor calor respecto al que se tiene cuando el refrigerante entra al compresor como vapor saturado, ya que el refrigerante ingresa al compresor como vapor sobrecalentado, esto se observa en el punto 2'' de la fig. 7.
- Temperatura de descarga del compresor mayor a la que se obtiene en el ciclo ideal.
- La temperatura de entrada al condensador es mayor, respecto al ciclo ideal, por lo que este debe eliminar mayor cantidad de calor, tomando en cuenta que se debe eliminar cierta cantidad de calor sensible adicional, de 3'' a 3 además el calor sensible que se tenía en el ciclo ideal de 3 a 4 de la fig. 7.

El sobrecalentamiento se puede producir:

- A la salida del evaporador.
- En la tubería de succión que está dentro del evaporador, esto depende del diseño del sistema.

- En la tubería de succión que se encuentra fuera del evaporador (espacio refrigerado).

El efecto de sobrecalentamiento se puede aprovechar para tener un mayor efecto de enfriamiento, lo que genera algunas diferencias con relación al ciclo ideal y son:

- El efecto refrigerante y el volumen específico a la succión por cantidad de refrigerante es mayor.
- La razón de flujo de masa del refrigerante es menor.
- El volumen de vapor comprimido por capacidad unitaria es menor al igual que la potencia requerida.

Al contrario, cuando no se aprovecha para un enfriamiento se necesita una mayor razón de flujo de volumen de vapor y potencia requerida por capacidad unitaria es mayor al igual que la cantidad de calor eliminada en el condensador si se compara con el ciclo ideal. En consecuencia se necesita un compresor y un condensador de mayor capacidad para obtener los mismos resultados de un ciclo ideal.

Es importante considerar también, que la razón de flujo de masa es la misma para el ciclo ideal y real, esto se debe a que la densidad en la succión del compresor es menor en un ciclo real.

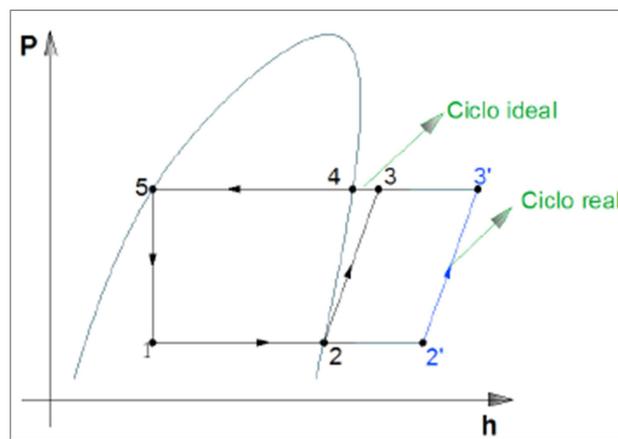


Fig. 7. Diagrama p-h del sobrecalentamiento del líquido.

### 1.7. Efecto de la caída de presión.

La caída de presión que se da en el ciclo de refrigeración real es otro parámetro importante que se debe tomar en cuenta, esto se debe a que el líquido cuando se

mueve de un elemento a otro debe vencer la fricción entre las diferentes moléculas de líquido y la fricción con la tubería.

Cuando el refrigerante circula por la línea de presión alta es muy importante que no experimente considerables caídas de presión ya que esto genera la formación de vapor lo que causa daños en la tubería y los accesorios (válvulas solenoides) ya que estos están diseñados para trabajar con líquidos. Del mismo modo al existir vapor en esta zona del sistema la capacidad de las válvulas de expansión se verán afectadas, ya que al trabajar con vapor no suministrarán la cantidad de refrigerante requerida.

Además de las caídas de presión que se dan en las tuberías que unen los diferentes elementos también se debe tener muy en cuenta las diferentes caídas de presión que se dan dentro de cada elemento por ejemplo al circular por las tuberías del evaporador o del condensador.

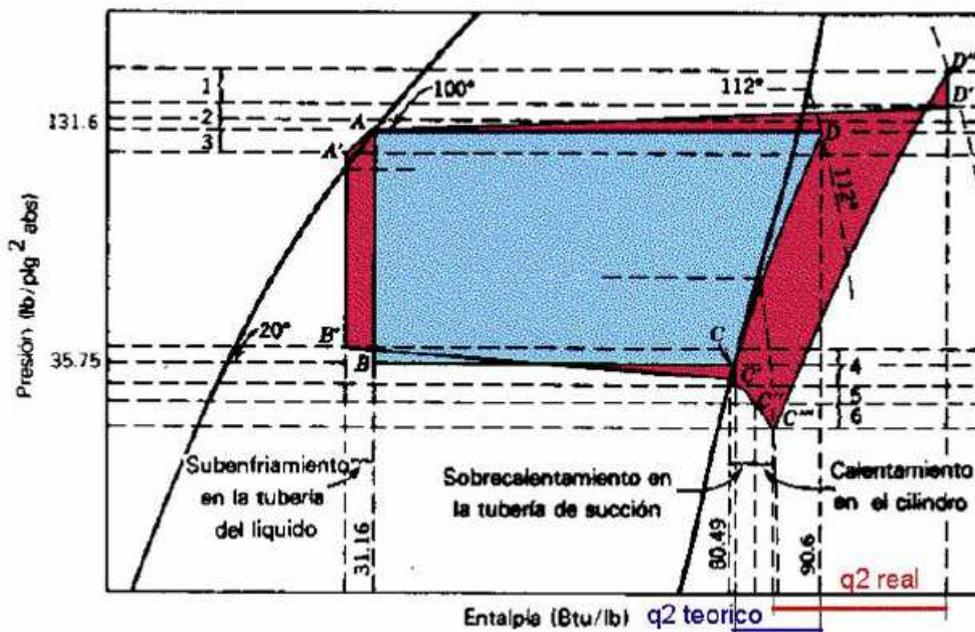


Fig. 8. Diagrama p-h efectos de la caída de presión.



## CAPÍTULO II

### REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN, ACCESORIOS Y EQUIPOS

#### 2.1 Cámaras frigoríficas

Es todo local aislado térmicamente en cuyo interior pueden mantenerse razonablemente la temperatura y la humedad relativa requeridas mediante la acción de una instalación frigorífica.

##### **Características:**

Las cámaras frigoríficas industriales se adaptan fácilmente a cualquier necesidad, tamaño y capacidad. Iluminación incorporada. La unión entre paneles, se protege con un sellador de composición elástica, especialmente diseñado para lograr un correcto salto de frío.

El rango de temperaturas de trabajo de las cámaras abarcan desde los -25°C hasta los 80°C Perfil interior.

##### **Cámaras de frío uso.**

Media y baja temperatura, climatizaciones. Aislación térmica poliestireno Expandido, poliuretano inyectado."Paneles tipo industrial, rápido montaje y sencillas de ampliar.

##### **Capacidad frigorífica en productos de la pesca. Enfriamiento.**

Cuando se trate de productos de la pesca, las cámaras frigoríficas deben poseer una capacidad de enfriamiento tal, que permitan obtener la temperatura de 0 grado centígrado en el centro de la masa muscular de la especie de mayor tamaño, en el término de 4 horas. En ese tiempo la temperatura de la superficie no podrá ser inferior a 1,5 grados centígrados bajo cero.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup>Fuente: Refrigeración, congelación y envasado de alimentos- A. Madrid, F. Santiago, J.M. Cenzano (pág. 71) Año 2003 (AMV ediciones).

## 2.2 Paneles

Los paneles empleados en la instalación de cámaras en tiendas de conveniencia, se conforman de una estructura tipo “sándwich”, basada en placas nervadas de acero unidas entre sí por espuma de poliuretano inyectada a alta presión.



**Gráf. 1-** Paneles prefabricados de poliuretano expandido<sup>7</sup>.

La unión entre paneles es tipo machihembrada, incorporando juntas flexibles de PVC, calidad alimentaria, que cierran y ocultan la unión entre los mismo.

La densidad apropiada es (40 Kg. /m<sup>3</sup>), se consigue mediante el proceso de inyección de espuma de poliuretano con máquina de alta presión, actualmente el método más avanzado para la elaboración de paneles que cumplen con las exigentes demandas impuestas por los sectores de la construcción, industria del frío.

En dicho proceso y en una sola etapa, la espuma de poliuretano rellena completamente la cavidad del panel y se une firmemente a las placas nervadas de acero, formando, de este modo un elemento estructural compacto. Los paneles fabricados para la instalación de cámaras en tiendas de conveniencia, tienen un

---

<sup>7</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

ancho Standard de 1.11 m. para su modulación pudiendo ajustarse a las dimensiones que marque la obra.

El espesor del panel utilizado en la instalación de cámaras en tiendas de conveniencia es el siguiente:

Cámara de Refrescos (0° a 2 °C), se emplea panel de 2.5” de espesor en muros y techos.

Cámara de Cervezas (-2° a -5°C), se emplea panel de 2.5” de espesor en muros y techos, para el piso de la cámara se emplea panel de 3” de espesor.

El coeficiente de conductividad térmica del poliuretano de los paneles utilizados en la instalación de cámaras en tiendas de conveniencia, es:

➤  $\lambda = 0.020 \text{ Kcal. /hm}^\circ\text{C}$

Acabados en panel:

- ✓ Placa lacada ( Lamina )
- ✓ La placa lacada lleva un recubrimiento de zinc en caliente de 200 grs/m<sup>2</sup>, el cual proporciona una fuerte protección contra la corrosión.
- ✓ El revestimiento exterior es de 5 micras de imprimación y 20 micras de pintura poliéster, color RAL-9002.
- ✓ La placa presenta un ligero nervado, con el fin de aumentar su resistencia a deformaciones.
- ✓ Incorporan un plástico adherido a la placa nervada para protección durante las manipulaciones de la instalación (transporte, resguardo instalación, etc.)
- ✓ Combinando los diferentes tipos de placa, se obtienen diversas terminaciones tanto en el interior como en el exterior de las cámaras en tiendas de conveniencia.

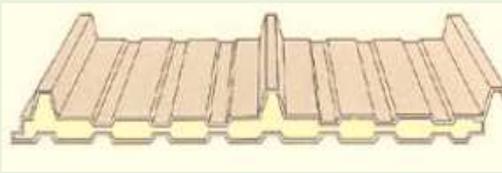
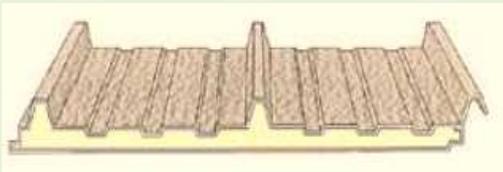
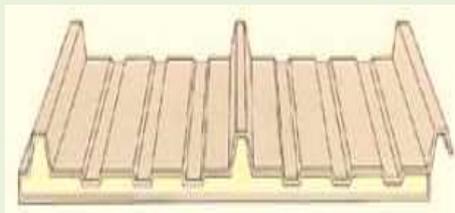
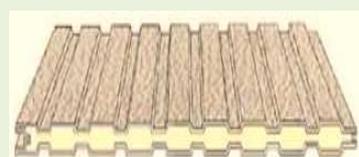
### **2.2.1 Tipos de paneles para techos y paredes<sup>8</sup>.**

---

<sup>8</sup>Fuente:<http://www.panelsandwich.org/panel-sandwich-fachada/Panel-Sandwich>

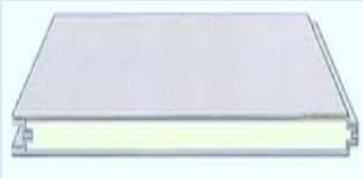
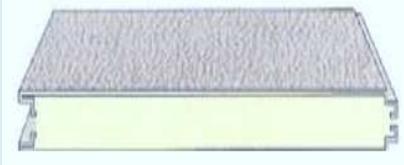
Los paneles tienen como característica un sándwich formado por dos láminas de metal, aluminio liso o Acero Galvanizado de diferentes espesores y un núcleo o relleno de poliuretano inyectado lo conforma un panel monolítico que garantiza el mayor aislamiento térmico y rigidez estructural, permitiendo grandes ahorros en costos de estructuras aquí citamos algunos:

### **Paneles para techos**

<p><b>(A) Paneles para Techos BC</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 35.50mm.</li> <li>✓ Ancho Útil: 960mm.</li> </ul>	<p><b>(B) Paneles para Techos BC</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 35,50mm</li> <li>✓ Ancho Útil: 960mm</li> </ul>
<p><b>(C) Liviano bc l</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 24mm</li> <li>✓ Ancho Útil: 960mm</li> </ul>	<p><b>(D) Panel tipo “d”</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 35, 50, 70, 80, 150</li> <li>✓ Ancho Útil: 1.080mm</li> </ul>

### **Paneles para paredes<sup>9</sup>**

<sup>9</sup>Fuente: <http://www.panelsandwich.org/panel-sandwich-fachada/Panel-Sandwich-Frigorifico.html>

<p><b>(E) Panel de pared tipo “e”</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 35, 50, 70, 80, 150</li> <li>✓ Ancho Útil: 1.132mm</li> </ul>	<p><b>(F) Panel de pared tipo “ei”</b></p>  <p><b>Características:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espesor del Panel: 80, 100, 150mm</li> <li>✓ Ancho Útil: 960mm</li> </ul>
--	---

**Gráf.2-** (A; B; C; D; E; F) Paneles para distintos tipos de construcción de cámaras frigoríficas.

Están diseñados también para resolver problemas específicos de temperaturas como son: cavas de refrigeración, ambientes de temperatura controlada, túneles de secado, hogares con aire acondicionado y poderes divisorios en industrias, pudiendo ser pintados en esmaltes o acabados texturizados.

Ventajas:

- No necesitan mantenimiento.
- Abaratan costos de estructuras.
- Permiten juegos de luces y diseño.
- Excelente aislamiento térmico y acústico.
- Considerable ahorro de energía.

### 2.3 Espuma de poliuretano

Material aislante compuesto por polio e isocianato procesado industrialmente que forma una espuma rígida, con cerradas celditas que le permiten una altísima eficacia como aislamiento. Es el único sistema de aislamiento exterior que no interfiere para nada en la utilización del local, además de conseguir una disminución en la carga de la estructura. Su capacidad impermeable y como

aislante térmico, consigue una apropiada respuesta con una sola aplicación exterior.

Aplicaciones:

- ✓ Su aplicación es tanto para interiores como exteriores.
- ✓ Utilizado sobre cubiertas planas, su adherencia y aplicación en continuo, sin juntas, así como su resistencia a la compresión, permite su uso en azoteas no transitables con una pintura de protección.
- ✓ Aplicado sobre cubiertas inclinadas, configura una mayor rapidez estructural de las estructuras ligeras, obteniendo una apropiada eliminación de las condensaciones.
- ✓ Como cerramiento, aumenta la superficie habitable gracias al mínimo espesor requerido para el adecuado grado de aislamiento.

Beneficios:

- ✓ Confiere impermeabilidad absoluta ante la humedad exterior, ofreciendo una estructura final celular cerrada y estanca.
- ✓ Consigue asilar los posibles puentes térmicos de pilares y eliminar las fugas térmicas por las juntas.
- ✓ Evita la formación de humedades de condensación, estableciendo una barrera térmica que impedirá que el tabique interior del cerramiento alcance baja temperatura y se condense la humedad ambiente del interior.

Propiedades:

- ✓ Capacidad aislante
- ✓ Excelente relación peso/aislamiento.
- ✓ Comportamiento técnico
- ✓ Resistencia química
- ✓ Comportamiento al fuego

## **2.4 Tubería de cobre**

Se utiliza en todos los sistemas de refrigeración doméstica es de cobre especialmente recocido. La tubería de cobre fabricada para trabajos de refrigeración se identifica como o tubería ACR, lo que significa que está dedicada para uso en trabajos de aire acondicionado y refrigeración. la tubería ACR es purgada por el fabricante con gas nitrógeno para sellar el metal con el aire, la humedad y la suciedad, y también para minimizar los perjudiciales óxidos .



**Gráf. 3-** Tuberías rígidas de cobre.<sup>10</sup>

#### 2.4.1 Accesorios para la tubería de cobre.<sup>11</sup>

T de cobre

Medida en pulgadas 3/8 a 2.5 /8



**Gráf.4-** T de cobre.

Cople con ranura. Cobre a cobre

Medida en pulgadas 3/8 a 2.5 / 8



**Gráf. 5-**Cople con ranura.

<sup>10</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

<sup>11</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

Trampa de aceite para evaporadores

Medida en pulgadas 3/8 a 2. 5 / 8



Gráf. 6- Trampa de aceite.

Reductor de medida cobre a cobre

Medida en pulgadas 3/8 a 2. 5 / 8



Gráf. 7- Reductor de medida.

## 2.5 Aislamiento para tubería

Aislamiento aramaflex, precortado y pre engomado para tuberías de agua helada, refrigeración o agua caliente desde 3/8" de diámetro hasta 4", para tuberías de IPS, CPVC, PVC, y CTS. Espesor del aislamiento de acuerdo con las características del medio en que se instalara. Espesores de aislamiento de tuberías desde 3/8 " hasta 1".

Polímero espumado de alta ingeniería de celda cerrada, flexible para aislamiento de tuberías y tanques. Excelente en aplicaciones de control de condensación. Cumple con la propagación de flama y densidad de humos. No es toxico ni corrosivo. No promueve el corrosivo. No promueve la corrosión o fatiga en la tubería de cobre. No promueve crecimiento de hongos o moho.

Aplicaciones:

- Recubrimiento en tuberías de retorno de agua helada
- Líneas de succión de refrigerante
- Líneas de líquido refrigerante
- Líneas de drenaje de condensación

- Refrigeración comercial , sistemas de amoniaco

Características:

- Resistencia a la difusión del vapor de agua.
- Instalación fácil para el usuario, precortado y pre engomado.
- Cero corrosivos Agrietantes por Esfuerzo Potenciales.
- Cero formaciones de moho o crecimiento de hongos.



**Gráf. 8-** Aislante Robatex.<sup>12</sup>

## **2.6 Elementos y accesorios básicos que componen el sistema de refrigeración.**

### **2.6.1 Termostatos**

Estos dispositivos son utilizados para vear la temperatura que se eleva o desciende de la asignada al equipo de refrigeración, cuando el ambiente alcanza una temperatura predeterminada o establecida, el termostato detiene el funcionamiento del sistema de refrigeración hasta que la temperatura se incremente por ganancia de calor. Estos elementos responden a la temperatura, esto lo hacen por medio del efecto de deformación de una tira bimetálica o debido a la presión del fluido aunque hoy en día existen termostatos con mayor capacidad de respuesta y totalmente digitales.

---

<sup>12</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta



Gráf. 9- Termostato digital.<sup>13</sup>

### 2.6.2 Presostatos.

Es un dispositivo que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. El flujo ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite la sensibilidad de disparo del presostatos al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte.



Gráf. 10-PresostatoDanfoss.<sup>14</sup>

### 2.6.3 Manómetros

Son instrumentos de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Esencialmente se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases.

<sup>13</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

<sup>14</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta



Gráf. 11- Manómetros de alta y baja presión.<sup>15</sup>

#### 2.6.4 Motor eléctrico

La función del motor eléctrico en un sistema de refrigeración es entregar energía mecánica necesaria al compresor el cual eleva la presión del refrigerante. Para escoger correctamente el motor al cual va acoplado el compresor se lo realiza en función del tipo y capacidad.

#### 2.7 Compresor

El compresor recibe como sustancia de trabajo un vapor sobrecalentado a temperatura baja.

Las funciones del compresor son:

- Aumentar la presión del refrigerante y de esta manera su temperatura para posteriormente ser condensado.
- Extraer el refrigerante que absorbió calor dentro del evaporador para permitir el ingreso de nuevo refrigerante y así continuar disminuyendo la temperatura de la carga manteniendo la presión deseada en el evaporador.

Es muy importante evitar el ingreso del líquido al compresor, ya que al ser incompresible, provoca una disminución de la capacidad volumétrica del compresor y genera daños.

Los compresores utilizados en refrigeración están diseñados para trabajar en la succión con gases a temperaturas bajas. (De acuerdo a la aplicación).

Existen dos métodos para evitar la entrada del líquido al compresor los cuales son:

1. Lapso de secado el cual consiste en que a la salida del evaporador, un poco lejos del espacio a refrigerarse, existe una cantidad adecuada de tubería sin

---

<sup>15</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

aislar, de esta manera el porcentaje de refrigerante que aún sigue en estado de líquido se evapora, ya que la temperatura ambiente siempre es mayor que la temperatura a la cual el refrigerante sale del evaporador.

2. Unir la válvula que va hacia los elementos de control de flujo con la línea de succión, aislándolas del ambiente, de esta manera se elimina el líquido que se encuentra en la línea de succión y se sub-enfría el líquido que va a ser expandido.

La capacidad de un compresor se mide por el volumen de vapor que succiona, es por esta razón que se habla de capacidad volumétrica.

La relación de compresión esta dada por:

$RC = \text{presión absoluta de la línea de descarga} / \text{presión absoluta de la línea de succión}$

### **2.7.1 Tipos de compresores**

Los compresores se clasifican por el funcionamiento y por la manera de ensamblaje

Por el funcionamiento los compresores se clasifican en:

- Alternativos o reciprocantes.
- Centrífugos.
- Rotativos.
- De tornillo (Simple o doble).

Por la manera de ensamblaje un compresor puede ser:

- Herméticos.
- Semi-herméticos.

### **2.7.2 Compresor recíprocante**

En este tipo de compresores el trabajo se realiza mediante pistones que se desplazan dentro del compresor, utilizan válvulas las cuales permiten la succión de vapor del evaporador y la salida del vapor comprimido.

Algunas de las causas por las cuales la capacidad de un compresor recíprocante se ve afectada son:

- El tamaño del espacio muerto del compresor está directamente relacionado con la cantidad de vapor remanente después de la compresión, lo que ocasiona que el volumen de vapor en la succión sea menor disminuyendo así la capacidad volumétrica.
- Calentamiento del vapor en el cilindro(expansión)
- Reflujos en las válvulas de succión o descarga
- Pérdidas de densidad del vapor. La densidad del vapor dentro de los cilindros del compresor debe ser mayor a la densidad del vapor que se encuentra en la línea de succión
- Si existe un efecto de estrangulamiento durante la entrada o salida del vapor del cilindro hacia o desde las líneas (succión y
- descarga), esto genera caídas de presión las cuales afectan a la densidad del vapor.

### **2.7.3 Compresor de tornillo**

Se caracteriza por sus altas relaciones de compresión sin perder una eficiencia volumétrica, lo cual es muy difícil lograr con un compresor de pistón. Su funcionamiento es diferente cuando se trata de tornillo doble o de tornillo simple. En el compresor de tornillo doble el vapor después de ser succionado ingresa por las ranuras que existen en el tornillo hasta llenar el espacio con los lóbulos adyacentes, dicho espacio varía debido al movimiento de los rotores lo que genera que la lumbrera de entrada sea sellada lo cual permite que con el movimiento de los rotores el vapor ocupe un menor espacio produciéndose así el aumento de presión.

En un compresor de tornillo simple el espacio que ocupa el vapor dentro de las ranuras del tornillo es reducido mediante un “gate rotor”, el cual gira de tal manera que se logra la compresión al conjugarse con el tornillo del elemento.

### **2.7.4 Compresor centrífugo**

Son compresores donde la presión se la da mediante una fuerza centrífuga, normalmente se utilizan cuando el flujo másico de refrigerante es bastante grande.

### **2.7.5 Compresor hermético**

Son construidos con una carcasa soldada por lo que es imposible abrirlos para realizar alguna reparación o mantenimiento.

### **2.7.6 Compresor semi hermético**

Son equipos en los cuales la carcasa puede ser abierta para realizar mantenimiento o reparación en las diferentes partes internas.



**Gráf. 12-** Compresor hermético.<sup>16</sup>

## **2.8 Condensador**

Este elemento tiene como objetivo recibir el refrigerante como vapor sobrecalentado y transformarlo en líquido. Esto lo logra mediante el intercambio de calor del refrigerante con el medio condensante el cual puede ser agua, aire, etc.

Antes de comenzar con el cambio de fase el condensador realiza un proceso de enfriamiento mediante el cual disminuye la temperatura del refrigerante manteniendo la presión hasta llegar a la temperatura de saturación correspondiente a la presión. Esto convierte al vapor sobrecalentado en un vapor saturado que puede iniciar su condensación.

Es muy importante que el vapor sea condensado a la misma tasa a la que se evapora ya que de esta manera se tiene un proceso de refrigeración continuo.

La temperatura de condensación la establece el proceso, es decir que se auto regula, ya que depende de varios factores, los cuales son:

---

<sup>16</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

- Cantidad de vapor que ingresa al condensador.
- Presión a la que se encuentra el vapor dentro del condensador.
- Temperatura del medio condensante.

De acuerdo a estos tres factores para poder tener intercambio de calor en el condensador la temperatura de condensación es el parámetro que se regula ya que al área de transferencia de calor no es variable.

Es importante distinguir temperatura de condensación y temperatura de descarga:

- Temperatura de descarga es la temperatura a la cual sale refrigerante del compresor después de ser comprimido.
- Temperatura de condensación es la temperatura de saturación correspondiente a la presión a la que se encuentra el refrigerante al salir del compresor.

### **2.8.1 Tipos de condensadores**

Los condensadores pueden ser:

- Enfriados por aire
- Enfriados por agua
- Evaporativos

### **2.8.2 Condensador enfriado por aire.**

El medio condensante de este tipo de condensador es el aire, la transferencia de calor se lleva a cabo por convección natural o forzada. En varios casos también en la superficie del condensador se añaden aletas para aumentar el área de transferencia de calor.

### **2.8.3 Condensador enfriado por agua**

Utiliza como medio condensante el agua y existen de los siguientes tipos:

- De doble tubo
- De casco y serpentín
- Acorazado

### **2.8.4 Condensador Evaporativo**

En este tipo de condensador recircula el agua como medio condensante para lo cual el agua antes de absorber el calor del refrigerante es atomizada para que al absorber el calor se evapore. Posteriormente se lo enfría con aire. Es decir el agua atomizada absorbe calor latente del refrigerante y lo gana de la misma manera en forma de calor latente y después se lo enfría con aire y pierde dicho calor latente al volver al estado líquido para volver a ser utilizado.

## **2.9 Evaporador**

Es el elemento donde se cumple con el objetivo principal de un sistema de refrigeración, ya que su función es extraer calor, es por esto que se encuentra en el espacio que se necesita refrigerar.

### **2.9.1 Tipos de evaporadores**

Los evaporadores se clasifican de acuerdo a lo que se necesita enfriar, a la forma de construcción y a su funcionamiento.

De acuerdo a lo que se necesita refrigerar son:

- Para enfriar aire.
- Para enfriar líquidos.

De acuerdo a su funcionamiento son:

- De expansión seca.
- Inundados.
- Recirculados.

De acuerdo a la forma de construcción son:

- De tubo descubierto.
- Superficie de placa.
- Aleteados.

### **2.9.2 Evaporador de expansión seca**

En este tipo de evaporadores después de la expansión se forma un porcentaje de líquido y un porcentaje de vapor, es por esto que al evaporador ingresa una mezcla disminuyéndose así el área “mojada” de los ductos que se encuentran en el evaporador.

El líquido es el que absorbe calor, lo que quiere decir que el área de transferencia de calor no es proporcional a todo el perímetro de la tubería sino al porcentaje de líquido que ingresa al evaporador. Esto llega a representar un problema ya que la eficiencia del evaporador es mayor cuando se tiene una mayor área de transferencia por lo que se vuelve un aspecto crítico cuando la temperatura de evaporación es muy baja ya que en esas condiciones se forma mayor cantidad de vapor.

Como características importantes de este tipo de evaporadores se mencionan las siguientes:

- Poseen un diseño simple.
- Requieren menor carga de refrigerante.
- No son buenos para bajas temperaturas.

### **2.9.3 Evaporadores Inundados**

Utiliza un tanque donde el vapor generado por la expansión se separa del líquido impidiendo así que el vapor ingrese al evaporador, es por ésta razón que los ductos son totalmente inundados por líquido refrigerante, teniendo así una mayor área de transferencia de calor.

Este tipo de evaporador tiene las siguientes ventajas:

- Es más eficiente.
- No requiere de válvulas de control de flujo.
- Optimiza la superficie de los evaporadores.

### **2.9.4 Evaporador de tubo descubierto.**

Son serpentines de evaporadores que no tienen una carcasa, por lo general se utilizan para enfriar el medio ambiente y particularmente el aire.

### **2.9.5 Evaporador de superficie de placa**

Tiene ciertas características similares al evaporador de tubos descubierto pero además de la superficie de los tubos, tienen una superficie de placa.

### **2.9.6 Evaporador aleteado**

En la superficie adyacente de los tubos tienen aletas para aumentar el área de transferencia de calor, por lo que llegan a tener un factor de conductancia total (U) mayor que los evaporadores mencionados anteriormente.

## 2.10 Válvula de expansión

La válvula de expansión es el término con que generalmente en la industria se designa a cualquier dispositivo que dosifique o regule el flujo de refrigerante líquido hacia un evaporador.

### 2.10.1 Tipos de válvula de expansión

. Tiene dos propósitos:

- Reducir la presión del refrigerante líquido.
- Regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador.

Por esta razón divídelos lados de alta y de baja presión del sistema.



Gráf. 13-Válvula de expansión.<sup>17</sup>

### 2.10.2 Válvula de expansión manual.

En esta válvula la velocidad del flujo queda determinado por:

- El tamaño de la apertura u orificio del puerto de la válvula.
- La diferencia de presión a través del orificio.
- El procedimiento de abertura de la válvula.

---

<sup>17</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

Un incremento en cualquiera de estas situaciones aumentará el flujo; un decremento lo reducirá.

La desventaja de la válvula manual es que no tiene ningún sistema automático para controlar el tamaño del orificio. Estas válvulas se solían utilizar en sistemas con carga razonablemente constante y con un operador para hacer los ajustes necesarios.



Gráf. 14- Válvula de control de flujo.<sup>18</sup>

### 2.10.3 Válvula de expansión electrónica

Activada por un motor de pulso controlado electrónicamente. La flecha del motor se mueve hacia adentro y hacia fuera en pequeños pasos. Cuando la camisa sujeta a la flecha se mueve hacia arriba, abre más ranuras de medición.

Con esto se incrementa el flujo del refrigerante hacia el evaporador. Cuando se mueve hacia abajo, cubre las ranuras reduciendo así el flujo y la capacidad de enfriamiento. Está diseñada para mantener un sobrecalentamiento constante igual que la termostática. La señal de pulso la obtiene de un sistema de control electrónico que mide el sobrecalentamiento del refrigerante. Puede tener una carrera larga y una caída de presión correspondientemente baja.

Dado que se controla independientemente de la presión, esta válvula puede proporcionar un arranque, cierre y operación seguros y una eficiencia energética alta en todo un orden completo de situaciones de operación.

---

<sup>18</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta



Gráf. 15- Válvula de expansión electrónica.<sup>19</sup>

### 2.11 Refrigerante 404.<sup>20</sup>

El R-404 A es una mezcla compuesta por R-125, R-134a, y R-143a. Termodinámicas lo constituyen como el sustituto ideal del R-502 para el sector de la refrigeración en nuevas instalaciones para bajas y medias temperaturas. El R-404 A se caracteriza por su notable estabilidad química y de su bajo deslizamiento de temperatura. Este refrigerante es un fluido de largo plazo dedicado a las aplicaciones a bajas temperaturas monoetapa (temperatura de evaporización > -44·c) para el frío comercial, transporte e industria. Es posible emplearlo también con sistemas de cascada, multietapa o incluso inyección de líquido. El R-404 A es muy eficaz a temperaturas altas (hasta una temperatura de evaporización = + 15 ·C) y permite la utilización de compresores de baja cilindrada.

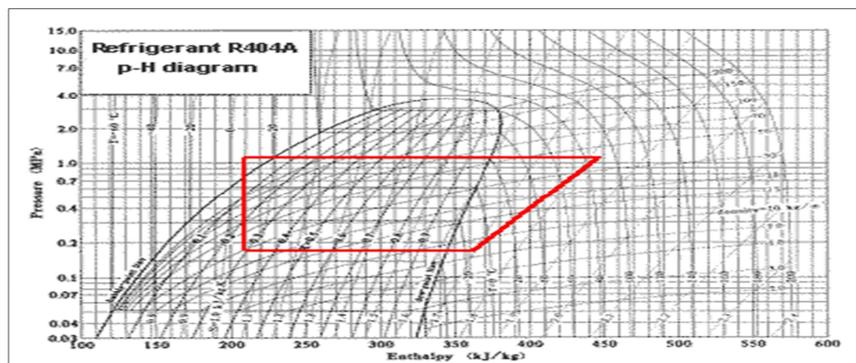


Diagrama p-h del refrigerante 404A.

<sup>19</sup>Fuente: Almacén de REFRISA - Manta

<sup>20</sup>Fuente: manual técnico de refrigerantes- Angel Luis Miranda Barrera 2012 ( pág. 137 )

## CAPÍTULO III

### CÁLCULOS DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS

#### 3.1 Criterios generales

Para mantener fría una cámara y todo lo que está contenido en ella, es necesario extraer el calor inicial y después el que pueda ir entrando en la cámara, por bien aislada que este.

El requerimiento total de refrigeración  $Q \cdot total$ , puede establecerse como sigue:

$$Q \cdot total = Q \cdot productos + Q \cdot otras fuentes$$

Para estos términos pueden emplearse como unidades las  $Kcal/h$ ,  $W$  o  $KW$ .

$Q \cdot productos$ .- representa los sumandos necesarios que tienen en consideración la carga térmica a eliminar procedente del calor sensible, del calor latente de solidificación de las reacciones químicas, del embalaje y del calor absorbido para la congelación del agua de los alimentos o productos que se desea refrigerar.

$Q \cdot otras fuente$ .- incluye entre otros los flujos de calor a través de los cerramientos de la cámara por trasmisión de paredes, suelo y techo, la refrigeración para el aire exterior que se introduce, la ventilación, las cargas térmicas debidas a ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, etc.

Como el calor generado en las 24 horas de un día se ha de extraer en un número de horas menor, en las  $t$  hora de funcionamiento diario, la potencia frigorífica de la maquinaria  $Nr$  habrá de ser superior a la potencia  $Q \cdot total$  calculada para extraer en las 24 horas. Su valor ser:

$$Nr = Q \cdot total (24/t)$$

#### 3.2 cálculo de las cargas térmicas de una cámara

Para optimizar las dimensiones y características térmicas de un evaporador y de una instalación frigorífica en general es necesario considerar, los siguientes factores.

- ❖ Flujo de calor a través de los cerramientos.
- ❖ Entrada de aire exterior en la cámara.
- ❖ Calor liberado por la iluminación interior.
- ❖ Calor liberado por las personas.
- ❖ Calor de los ventiladores del evaporador, si los hay, para la circulación forzada del aire.

Todos estos factores hasta aquí enumerados constituirán el sumando de “otras fuentes”

Además tendríamos:

- ❖ Refrigeración de los alimentos en distintas etapas.
- ❖ Calor de respiración de frutas y verduras.
- ❖ Calor de mercadería y su embalaje.

### **3.3 Trasmisión de calor a través de paredes y cerramientos**

La tasa de calor que entra en la cámara por trasmisión de calor a través de las paredes y el techo viene dada por la expresión:

$$Q \cdot t = K \cdot A \cdot \Delta T$$

$Q \cdot t$  = tasa de calor en W.

$K$  = coeficiente de trasmisión de calor en  $W / (m^2 \cdot C)$

$A$  = superficie de cerramiento en  $m^2$

$\Delta T$  = salto térmica en la cámara en  $\cdot C$

Aire exterior en la cámara.

Siempre es necesario proceder en mayor o menor medida a una aireación de la cámara fría en ocasiones esta ventilación se produce por la frecuencia de

apertura de las puertas para la entrada y salida de género , pero si esto no fuera suficiente debería procederse a la utilización de sistemas de ventilación forzada complementarios .

El número de renovaciones puede establecerse por hora o por día.

Este último caso la expresión a utilizar sería:

$$Q \cdot a = V \cdot (\Delta h) \cdot n / 86,4$$

$Q \cdot a$  = potencia calorífica aportada por el aire en (W)

$V$  = volumen de la cámara en metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

$\Delta h$  = calor del aire en (KJ/ m<sup>3</sup>) obtenido por el diagrama psicrométrico o por las tablas.

$N$  = número de renovaciones de aire por día.

En la tabla 4 pueden observarse los valores normalmente empleados para la evaluación de ( n/ d) para cámaras negativas y cámaras por encima de 0° C en función del volumen de las mismas.

En la tabla 5 se pueden observar los valores del calor del aire en ( KJ/ m<sup>3</sup>) que penetra en la cámara para distintas condiciones de temperatura y humedad relativa . Este dato también puede observarse de la utilización en términos diferenciales de diagrama psicrométrico. Los valores obtenidos representan el calor necesario para bajar la temperatura de 1m<sup>3</sup> de aire de las condiciones de entrada hasta las condiciones de temperatura final de la cámara.

### **3.4 Calor liberado por la iluminación interior**

Las lámparas existentes en el interior de la cámara libera un calor equivalente a:

$$Q \cdot i = p \cdot t / 24$$

$P$  = potencia total de todas las lámparas en (W).

$T$  = duración o tiempo de funcionamiento en horas / días de las mismas

$Q \cdot i$  = potencia ocasionada por la iluminación que debe anotarse en el cálculo de la carga térmica de la cámara en (W).

Si las lámparas son de tipos fluorescentes se multiplica la potencia total de todas las lámparas por el factor 1,25 para considerar el consumo complementario de las reactancias.

Si no se conoce la potencia de las lámparas puede estimarse un valor comprendido entre el 5 y 15 W/m<sup>2</sup> de planta de cámara.

### **3.5 Calor liberado por las personas**

También las personas que entran en una cámara liberan calor a razón de

$$Q \cdot p = q \cdot n \cdot t / 24$$

Q= calor por personas en (w) según la tabla 6.

N= número de personas en la cámara

T= tiempo de permanencia horas / días.

El tiempo de permanencia variara según el trabajo que deban efectuar las personas en el interior de la cámara. generalmente se evalúa entre 0,5h/día y 5h/día , pero conviene una información precisa sobre este extremo , que se obtendrá de la consideración en su utilización de cada caso .

### **3.6 Calor liberado por los motores**

En el interior de una cámara frigorífica existen aportaciones de calor debida al funcionamiento de los ventiladores del evaporador . Asimismo , cualquier máquina que realice un trabajo dentro de una cámara frigorífica , por ejemplo las carretillas elevadoras , desprenderá calor . La siguiente expresión permite terminar el calor liberado por los motores.

$$Q \cdot i = P \cdot t / 24$$

P= potencia de cada motor (W)

T= tiempo de funcionamiento en horas

Los ventiladores solo se utilizan durante el funcionamiento de la maquina frigorífica y , generalmente , no funcionan en los periodos destinados al desescarcha de los evaporadores .

### **3.7 Refrigeración de los productos**

La carga calorífica correspondiente a la conservación de los alimentos puede dividirse, a su vez, en distintos sumandos, según sea el caso:

- a) refrigeración de alimentos
- b) congelación de alimentos

#### **3.7.1 a) Refrigeración de alimentos**

Cuando las condiciones de conservación del producto precisen temperaturas superiores a la de congelación, la carga calorífica de refrigeración, en KW, se obtendrá a partir de:

$$Q_r = c_p \cdot M \cdot (T_e - T_f)$$

$C_p$  = calor específico másico del producto antes de la congelación, en KJ/ (Kg K)

$m$  = masa del producto q debe enfriar, en Kg.

$T_e$  = temperatura del producto al entrar a la cámara, en °C

$T_f$  = temperatura del producto al final del enfriamiento, en °C

#### **3.7.2 b) Congelación de alimentos**

En este proceso se distinguen tres etapas:

- ✚ b1) enfriamiento del producto hasta alcanzar la temperatura de congelación
- ✚ b2) congelación del producto
- ✚ b3) enfriamiento del producto hasta alcanzar la temperatura de congelación

**b1) Enfriamiento del producto hasta alcanzar la temperatura de congelación.**

En esta etapa el producto se enfría desde la temperatura de entrada hasta la de congelación, y el calor generado, en KW, es el siguiente:

$$Q_{c1} = c_p \cdot M (T_e - T_c)$$

$c_p$  = calor específico del producto antes de la congelación, en KJ/ ( Kg K )

$T_e$  = temperatura del producto al entrar a la cámara en °C

$T_c$  = temperatura de congelación del producto, en °C

### **b2) Congelación del producto**

En esta fase del proceso, el producto se congela y realiza un cambio de estado a temperatura constante. El calor generado, en KW, es el siguiente:

$$Q_{c2} = L \cdot m$$

$L$  = calor latente de congelación, en (Kj/Kg)

$M$  = masa del producto, en (kg)

### **b3) Enfriamiento del producto hasta alcanzar la temperatura de congelación**

El calor generado, en KW, en la última etapa del proceso es el siguiente:

$$Q_{c3} = c_p \cdot m \cdot (T_e - T_f)$$

$C_p$  = calor específico másico del producto después de la congelación

$T_c$  = temperatura de congelación del producto

$T_f$  = temperatura final del producto en la cámara

### **3.8 Método de Cálculo.**

En este proyecto se desarrollará el cálculo de la cámara para la conservación de albacora en un espacio frío estará ubicado en la Facultad de Mecánica Naval en el área del taller de refrigeración.

Anteriormente hemos descrito los conceptos básicos de la termodinámica y los sistemas de refrigeración, así como equipos y componentes que podemos utilizar en el sistema para desarrollar nuestro propósito.

Consecuentemente en este capítulo procedemos a realizar los cálculos que nos permitirá hacer una correcta elección de los equipos que nos facilitará una óptima conservación del producto de una manera eficiente, económica y segura.

### ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Lugar: Facultad de Mecánica Naval – Taller de Refrigeración, ULEAM – Manta

Características de la especie “ALBACORA”

	<p><b>Cantidad del producto:</b> 500 kg/día</p>
	<p><b>Calor específico de congelación:</b>C<sub>pA</sub>: 245 kJ/Kg</p>
	<p><b>Temperatura de entrada del producto a la cámara:</b>-10 °C</p>
	<p><b>La cámara frigorífica está en capacidad para almacenar albacora de distintas dimensiones.</b></p>

#### **Dimensiones exteriores de la cámara:**

Largo: 2.20 metros

Ancho: 2.00 metros

Alto: 2.26 metros

#### **Dimensiones interiores de la cámara:**

Largo: 2.00 metros

Ancho: 1.80 metros

Alto: 1.87 metros

**Temperatura exterior:**30 °C

**Temperatura interior:**-20 °C

**Altitud:**Nivel de mar

**Humedad relativa:** 60 %

**Aislamiento térmico:**Paneles de poliuretano

**Característica del producto:** Especie albacora  
**Cantidad del producto:**500 kg/día  
**Temperatura de entrada del producto a la cámara:**-10 °C  
**Temperatura recomendada de almacenamiento:**-18°C  
**Temperatura de congelación del producto:**-2.2 °C  
**Calor específico de congelación:** $C_{pA}$ : 245 kJ/Kg  
**Calor másico después de la solidificación:** 1,74kJ/kg k  
**Humedad relativa del producto:** 90-95%  
**Número de personas dentro de la cámara:**1 persona  
**Motor eléctrico dentro de la cámara:**2 Motores 93 Watts  
**Capacidad de la lámpara:**1 fluorescentes de 60 Watts  
**Volumen de almacenamiento:**6.73 m<sup>3</sup>

### **CALCULO DE LA CARGA TÉRMICA**

#### **Espesor de aislamiento**

El principal objetivo en el diseño de una cámara frigorífica es conseguir que las pérdidas térmicas estén dentro de unos valores admisibles. Los valores de la temperatura interior y exterior de la cámara no pueden variar, ya que dependen respectivamente de su medio geográfico.

Por la tanto es muy importante determinar el tipo de aislamiento que se va a utilizar para la construcción así como su espesor.

Para determinar del tipo de aislante que se debe emplear es necesario conocer su comportamiento al paso del calor, su permeabilidad al vapor de agua, su densidad, su resistencia la compresión. En la tabla 1 se va a observar algunos valores de conductividad térmica de materiales aislante.

Material	Densidad K/m <sup>3</sup>	Conductividad W (m °C)
Poliuretano	De 26 a 28	0.026
	De 28 a 32	0.023
	De 32 a 40	0.020
	De 40 a 46	0.016

**Tabla 1.** Conductividad térmica del material aislante.<sup>21</sup>

El flujo de calor que atraviesa una superficie plana viene dado por la expresión:

$$q = k ( t_e - t_i )$$

Dónde:  $q$  = flujo de transmisión de calor en,  $w / m^2$

$k$  = coeficiente de transmisión de calor, en  $w / ( m^2 °C )$

$t_e$  = temperatura exterior de la cámara, en  $°C$

$t_i$  = temperatura interior de la cámara, en  $°C$

El valor del coeficiente global de trasmisión de calor viene dado por:

$$1/k = 1 / h_i + e / \lambda + 1 / h_e$$

Dónde:

$h_i$  y  $h_e$  = coeficientes superficiales de convección interior y exterior, en  $w / ( m^2 °C )$

$e$  = espesor del aislante, en m.

$\lambda$  = conductividad térmica del aislante; en  $W / ( m^2 °C )$

---

<sup>21</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

En la práctica se omite el valor de la resistencia superficial por convección y solo se tiene en cuenta el del aislante. Por lo tanto, el flujo de calor a través de la pared se puede expresar de la siguiente forma:

$$q = \lambda / e ( t_e - t_i )$$

Si despejamos el aislante, se obtiene:

$$e = \lambda ( t_e - t_i ) / q$$

El valor máximo que suele utilizarse para el flujo de calor es:

$$\text{Cámaras de conservación: } q = 8 \text{ W / m}^2$$

$$\text{Cámaras de congelación: } q = 6 \text{ W / m}^2$$

Tomando como base el catalogo del fabricante, adoptamos un coeficiente de conductividad térmica;  $\lambda = 0.016 \text{ w / ( m } ^\circ\text{C )}$

Aplicando la fórmula de espesor obtendremos:

$$e = 0.016(28 - (-20)) / 8 = \mathbf{0.096 \text{ m} = 10 \text{ cm}}$$

### **Perdidas por transmisión de paredes y cerramientos.**

La cantidad de calor por pérdidas y cerramientos a través de paredes depende de tres factores:

- a) Aislamiento empleado
- b) Superficie total exterior de la cámara.
- c) Diferencia de temperatura entre la del ambiente exterior donde estará instalada la cámara y la que debe obtenerse en su interior.

#### **a) Aislamiento empleado**

De las posibles soluciones, en este caso se ha optado por la de cámara con dos tipos de aislamiento: uno para las paredes y techo, panel prefabricado, y para el suelo poliuretano proyectado. Así pues, tendremos dos coeficientes de transmisión global  $k$  distintos. Este coeficiente de transmisión global determina a partir del coeficiente de conductividad y el de convección  $h$ .

El coeficiente de convección  $h$  depende de la velocidad del aire que circula por el interior y exterior de la superficie plana, y que solo se tendrá en cuenta para el suelo; para paredes y techos no se tendrá en cuenta pues haría variar muy poco el valor de  $k$ , ya que la cámara se encontrara en el interior del taller de refrigeración.

Suponiendo una velocidad interior de aire de  $1\text{ m/s}$  y tomando en estas condiciones como expresión para el cálculo

Interior de la cámara ( $c = 1\text{ m/s}$ )

$$h_i = 10.35 \text{ w/ ( m}^2 \text{ }^\circ\text{C )}$$

Exterior de la cámara ( $c = 4 \text{ m/s}$ )

$$h_e = 22.91 \text{ w/ ( m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

El coeficiente de transmisión  $k$  depende del tipo de aislante empleado, que determina un coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$  y del espesor que se haya colocado, por lo que:

- Para paredes y techo que están hechos de panel prefabricado y tomando como base los catálogos de fabricantes, adoptaremos un coeficiente de conductividad térmica de  $\lambda = 0.016 \text{ W/ ( m }^\circ\text{ C)}$ .

Según el cálculo de espesor la cámara frigorífica tendrá un espesor de 10 cm.

- En los cálculos para el suelo, sin embargo consideraremos que además del aislante térmico propiamente dicho, está constituido por una serie de materiales que actúan como aislantes, aunque en menor proporción, pero que finalmente modifican el valor de  $k$ . Así que vamos a utilizar coeficientes de conductividad térmica, así como los espesores que componen el suelo.

Una vez terminado todos los coeficientes y espesores, se puede pasar a calcular el coeficiente de transmisión general  $K$ . Dicho coeficiente se calcula mediante expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}$$

Dónde:  $h_i$  y  $h_e$  = coeficientes de convección.

$$h_i h_e \dots e_n$$

$e_1 e_2 \dots e_n$  = Espesores de los distintos materiales en metros

$\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_3$  = coeficiente de conductividad de los distintos materiales en W/ (m °C).

Material	Coficiente $\lambda$ W/(m°C)	Espesor en centímetros
<b>Hormigón armado</b>	<b>0.55</b>	<b>5</b>
<b>Hormigón en masa</b>	<b>0.55</b>	<b>5</b>
<b>Poliuretano inyectado</b>	<b>0.029</b>	<b>10</b>
<b>densidad = 40Kg/m<sup>3</sup></b>		

**Tabla2.** Coficiente de conductividad térmica de algunos materiales en función del espesor.<sup>22</sup>

Llamaremos  $K_s$  al coeficiente de transmisión del suelo y  $K_{ptr}$  al de paredes y techo aplicando la siguiente formula obtendremos:

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_e}$$

- Para el suelo:

<b>Hormigón en masa 5cm</b>		
<b>Poliuretano 10 cm</b>		
<b>Hormigón armado 5 cm</b>		
<b>Ladrillo</b>	<b>vacío sanitario</b>	<b>Ladrillo</b>

**Gáf. 16-**Suelo del taller de refrigeración.

<sup>22</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{10.35(\text{airein})} + \frac{0.05}{0.55(\text{hormigonarmado})} + \frac{0.10}{0.029(\text{poliuretano})} + \frac{0.05}{0.55(\text{hormigonenmasa})} + \frac{1}{22.91(\text{vaciosanitario})}$$

$$= 0.096 + 0.091 + 3.45 + 0.091 + 0.043 = 3.76$$

$$\text{Por lo tanto } \frac{1}{k_s} = 3.72; k_s = \frac{1}{3.72} = \mathbf{0.268W/(m^2 \cdot C)}$$

Donde  $k_s = 0.268 W/(m^2 \cdot C)$  Suelo

- Para paredes y techo:

$$\frac{1}{k_{pt}} = \frac{0.1}{0.016} = 6.25$$

$$\text{Por lo que } k_{pt} = \frac{1}{6.25} = \mathbf{0.16 W/(m^2 \cdot C)}$$

Donde  $k_{pt} = 0.16 W/(m^2 \cdot C)$  Paredes y techo

### **b) Superficie exterior de la cámara**

Otro de los factores que influyen en las pérdidas de carga térmica por transición es la superficie de las paredes, pues cuando más grande sean, mayores pérdidas se producirán. Suponiendo una orientación podemos señalar las paredes con los nombres correspondientes a los puntos cardinales.

Así pues las superficies serán:

$$\text{Paredes A: } 2 \times 2.20 \times 2.26 = 9.04m^2$$

$$\text{Paredes B: } 2 \times 2.26 \times 2.20 = 9.94m^2$$

$$\text{Techo: } 2 \times 2.20 = 4.40m^2$$

**Área total de Paredes y techo = 23.38 m<sup>2</sup>.**

### **c) Diferencia de temperatura**

El otro factor es la diferencia de temperatura entre la temperatura interior de la cámara y la temperatura exterior.

La temperatura interior de la cámara será de  $-20^{\circ}\text{C}$ , ya que la temperatura mínima necesaria para la conservación de productos congelados es de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Este es el intervalo máximo para una correcta conservación de los productos congelados, sin que se produzcan alteraciones en los alimentos. Así pues,  $t_1 = -20^{\circ}\text{C}$ .

Para la temperatura exterior debe calcularse siempre la temperatura media en la época más calurosa, que en este caso la temperatura ambiente es de  $30^{\circ}\text{C}$ . Pero la cámara no estará ubicada en el exterior, sino que está en el interior del taller de refrigeración, en el lugar q estará instalada la cámara no está expuesta directamente al sol, por lo que la temperatura exterior y la interior tienen una diferencia de  $2^{\circ}\text{C}$ , la temperatura exterior en este caso será de  $28^{\circ}\text{C}$  y la temperatura del suelo donde se instalara la cámara es de  $24^{\circ}\text{C}$ .

Las temperaturas de proyecto son:

- Interior de cámara:  $t_i = -20^{\circ}\text{C}$
- Suelo:  $t_e = 24^{\circ}\text{C}$
- Techo y resto de paredes:  $t_e = 28^{\circ}\text{C}$

### **Perdidas por transmisión en cada pared**

Una vez conocidos todos los factores que influyen en las pérdidas de transmisión en paredes, se obtendrá la cantidad de calor con la expresión:

$$\dot{Q}_{ts} = K.A.(t_e - t_i) \text{ en (W)}$$

- Suelo  $\dot{Q}_{ts} = (0.268)(4.40)(24 - (-20)) = 51.88 \text{ W}$

Por lo tanto  $\dot{Q}_{ts} = \mathbf{51.88 \text{ W}}$

- Techo y resto de paredes de la cámara

$$\dot{Q}_{tpr} = KPT (A_a + A_b + A_t)(t_e - t_i)$$

$$\dot{Q}_{tpr} = (0.16) (9.04 + 9.94 + 4.40) (28 - (-20)) = 179.55 \text{ W}$$

Donde  $\dot{Q}_{tpr} = \mathbf{179.55 \text{ W}}$

### **Total de pérdidas por transmisión**

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{ts} + \dot{Q}_{tpr}$$

$$\dot{Q}_t = 51.88 \text{ W} + 179.55 \text{ W} = 231.43 \text{ W}$$

Donde  $\dot{Q}_t = 231.43 \text{ W}$

### Renovación de aire

Volumen de la cámara: 6.73 m<sup>3</sup>

Números de renovaciones (tabla 3) para valores de 6.73 m<sup>3</sup> aproximadamente.

Haciendo la interpolación de los datos de la tabla obtendremos el valor:

Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	Renovación de aire diario n/d
4.0	53
5.0	47
7.5	38

**Tabla 3.** Renovación de aire diario por las aberturas de puertas para las condiciones normales de explotación <<cámaras negativas>> y <<cámaras por encima de 0 °C >><sup>23</sup>

Formula de interpolación:  $y = y_0 + (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0) * (x - x_0)$

$$y = 47 + (38 - 47) / (7.5 - 5) * (6.73 - 5)$$

$$= 40.77$$

$$n = 40.77 \text{ renovaciones / día}$$

Contenido el calor del aire (tabla3) entrada 30 y final - 20 con 60% de humedad relativa.

<sup>23</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

<b>ti</b>	<b>+28 · C</b>
<b>te</b>	<b>60% H.R</b>
<b>-20 · C</b>	<b>117.8</b>

**Tabla 4.** Calor del aire (en K/J m<sup>3</sup>) para el aire exterior que penetra en la cámara fría.<sup>24</sup>

La potencia expresada en w será:

$$\dot{Q}_a = V * \Delta h * n$$

$$\dot{Q}_a = (6.73) (117.8) (40.77) = 32322.2 \text{ hj/d} \times 1000 / (24)(3600) = \mathbf{374 \text{ W}}$$

**Calor liberado por la iluminación interior**

$$P = 1 \times 60 \text{ w} \times 1.25 = 75 \text{ w (por ser fluorescente)}$$

$$t = 1 \text{ horas / día}$$

$$\dot{Q}_i = p. t / 24 = (75) (1) / 24 = \mathbf{3.1 \text{ w}}$$

**Calor liberado por las personas (tabla 5)**

Temperatura de la cámara ° C	Potencia liberada por persona (W)
<b>0</b>	<b>270</b>
<b>-5</b>	<b>300</b>
<b>-10</b>	<b>330</b>
<b>-15</b>	<b>360</b>
<b>-20</b>	<b>390</b>
<b>-25</b>	<b>420</b>

**Tabla 5.** Potencia calorífica aportada por las personas.<sup>25</sup>

$$n = 1 \text{ persona; } t = 1 \text{ h / día}$$

<sup>24</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

<sup>25</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

Para -20 °C será  $q = 390$  w persona

$$\dot{Q}_p = q * n * t / 24 = (390)(1)(1) / 24$$

$$W = 16.25 \text{ w}$$

### Calor liberado por motores

Para una evaluación exacta del calor liberado por los ventiladores es preciso conocer las características del evaporador y sus dimensiones y en función de estos datos se obtendría la potencia total de los mismos. Según la placa de características del evaporador el motor tiene una potencia de 186 w.

Por lo tanto:

$$\dot{Q}_m = p * t / 24 = (186)(16) / 24 = 124 \text{ w}$$

Ejerciendo un trabajo de 16 horas diarias.

### **Carga total de otras fuentes**

$$\dot{Q}_f = \dot{Q}_t + \dot{Q}_a + \dot{Q}_i + \dot{Q}_p + \dot{Q}_m$$

$$\dot{Q}_f = 231.43 + 374 + 301 + 16.25 + 124 = 748.78 \text{ w}$$

### Refrigeración de alimentos

Carga total = 500 kg / día

<b>Alimentos</b>	<b>Temperatura de almacenamiento (° C)</b>	<b>Calor másico después de la solidificación (kJ/Kg °K)</b>
Pescado	-18	1.74

**Tabla 6.** Temperatura recomendada, calor másico específico de alimentos refrigerados.<sup>26</sup>

<sup>26</sup>Fuente: Juan Antonio Ramírez – Refrigeración

Calor específico másico de la especie albacora a -18 °C es 1.74 kJ/kg °K

$$\Delta t = \text{de } -10 \text{ °C hasta } -18 \text{ °C} = 8 \text{ °C}$$

Suponiendo un incremento de un 10% en concepto de pérdidas, embalaje, etc.

$$\dot{Q}_r = (500) (1.74) (8) / 86.4 = \mathbf{80.55w}$$

(Se divide por 86.4 para pasar a w (pues  $3.600.24 / 1000 = 86.4$ )

### **Calor de embalaje**

Suponemos que es el 10% del calor de refrigeración del producto:

$$\dot{Q}_e = (0.1) (\dot{Q}_r) = (0.1 \times 80.55) = \mathbf{8.05 w}$$

### **Calor total del producto**

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_r + \dot{Q}_e = 80.55 + 8.05 = \mathbf{88.6w}$$

### **Calor total de refrigeración**

Con todos estos valores se calcula el calor total de refrigeración necesario, es decir

$$748.78w + 88.6 w = \mathbf{837.38w}$$

Es conveniente incrementar esta cantidad en un 10% como margen de seguridad; así pues

$$\dot{Q}_t = 837.47 w \times 1.1 = \mathbf{921.1w}$$

### **Potencia nominal frigorífica**

Suponiendo un funcionamiento diario de 16 h la potencia frigorífica nominal necesaria sería de

$$\dot{N}_r = \dot{Q}_t (24) / 16 = 921.1 w (24) / 16 = \mathbf{1381 W}$$

Por lo tanto: 1hp = 745.7w

Realizándose la conversión en *hp*, necesitaremos un equipo con una potencia de **1.8 hp**.

$$1.8 \text{ hp} \times \frac{2544.5 \text{ BTU/h}}{1 \text{ hp}} = \mathbf{4714 \text{ BTU/h evaporador.}}$$

Según los cálculos realizados se determinó que necesitamos un evaporador de 5000 BTU/h de capacidad calorífica, y un compresor de 1.8 hp.

La adquisición del equipo se la realizara por medio del catálogo de fabricante del equipo.

**Condensador:**

- Marca: EMBRACO
- Modelo: UNJ12212GH
- Potencia: 1.8 hp
- Refrigerante: R 404 A - R 507
- Amp: 40 LRA
- Amp mínimo: 6.6 amp

**Evaporador:**

- Marca: DELTA FRIO
- Modelo: DFI 15.25
- Tención eléctrica: 220 VAC
- Potencia eléctrica total: 2000W
- Corriente: 0.9 Amp

**Válvula de expansión:**

- Marca: DANFOSS
- Modelo: 068Z3403
- Refrigerante: R 404A - R 507
- Temperatura: -40/10C
- Cañería: 3/8 o 1/2
- Aguja de 1/2 tonelada de refrigeración.

## CAPITULO IV

### PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES.

Existen muchos peligros alimentarios relacionados con un mal mantenimiento o un mal funcionamiento de equipos, maquinarias o instalaciones.

- ✚ Contaminaciones físicas por mal mantenimiento de instalaciones.
- ✚ Contaminaciones químicas producidas por lubricantes o refrigerante de la máquina.
- ✚ Alteración de alimentos por mal funcionamiento de los equipos frigoríficos.
- ✚ Acumulación de suciedad en superficies lo q dificulta la limpieza, debido a un mal mantenimiento como por ejemplo grietas en el suelo o en las paredes.
- ✚ Presencia de óxido en las superficies metálicas

Por eso hay que establecer un sistema de mantenimiento que garantice:

- ✚ Que se realicen revisiones y acciones periódicas de mantenimiento para retrasar o prevenir las averías, los funcionamientos incorrectos, el desgaste, etc. Este tipo de mantenimiento se lo considera mantenimiento preventivo.
- ✚ Que en caso que aparezca una avería, un mal funcionamiento o una ruptura de alguna pieza, se detecte y se corrija antes que afecte la calidad o seguridad del producto almacenado. Este tipo de mantenimiento se considera mantenimiento correctivo.

#### **4.1 Mantenimiento preventivo**

Para garantizar el correcto estado de mantenimiento y el funcionamiento de las instalaciones, existen unas operaciones de mantenimiento y revisión de los equipos planificados durante el tiempo de trabajo de los equipos frigoríficos.

- ✚ Los manuales de instrucciones de equipos y maquinaria.
- ✚ Las garantías de los equipos, en caso de estar vigentes.
- ✚ La lista de equipos y maquinaria sujetos a mantenimiento preventivo
- ✚ El calendario de actuaciones de mantenimientos. Las fichas o los procedimientos explicativos del mantenimiento al que están sometidos estos equipos.
- ✚ El registro de mantenimiento preventivo donde quede constancia de la realización de una acción y la comprobación de su eficacia.

#### **4.2 Mantenimiento correctivo**

Aunque se realice un buen mantenimiento preventivo, el riesgo cero en la aparición de incidencias o funcionamientos erróneos en las maquinas no existe; por este motivo, se debe disponer también de un plan de mantenimiento correctivo. Este plan no responde a ninguna programación o planificación; se trata más bien de un protocolo de actuación en caso de mal funcionamiento de la maquinaria, mal mantenimiento de las instalaciones, etc.

El protocolo de actuación en este caso es el siguiente:

- ✚ Detección de la incidencia por parte del operador de la cámara frigorífica.
- ✚ Comunicación al responsable del mantenimiento o de gestión del mantenimiento.
- ✚ Registro de la incidencia en el registro de mantenimiento correctivo.
- ✚ Estudio de la incidencia para valorar el origen y las actuaciones a realizar.
- ✚ Aplicación de las medidas propuestas.
- ✚ Comprobación del buen estado o funcionamiento del elemento después de la acción de mantenimiento.
- ✚ Cierre de la incidencia en el registro de mantenimiento correctivo.

### 4.3 Averías en las instalaciones frigoríficas.<sup>27</sup>

Los equipos e instalaciones frigoríficas están compuestos de maquinaria que requieren cuidado y mantenimiento como cualquier otro dispositivo mecánico. Para asegurar el buen funcionamiento de los equipos es necesario cuidados, precauciones mínimas, algunas de las cuales podrán parecer obvias, pero que es importante establecerlas. Se debe ante todo consultar el manual de los equipos y seguir las recomendaciones, e instrucciones allí señaladas. Las consideraciones señaladas más abajo son generales y corresponden a situaciones u otros que en ocasiones el manual no señalan, pues están en ocasiones relacionadas con el manejo general de las instalaciones frigoríficas.

A continuación presentamos, chequeos de rutina que deben de efectuarse al operar una máquina frigorífica.

- ✚ Se debe realizar una inspección óptica diaria ( si el equipo está en uso ) .en esta inspección se debe verificar la condición general de instalación , confirmando que no exista presencia de manchas de aceites o escape de fluidos, cable o alambres sueltos, piezas o soldaduras rotas, tornillo, tuerca o fijaciones sueltas, desperdicios, basura o elementos que puedan interferir con el funcionamiento del compresor, condensador u alguna otra parte del equipo .
- ✚ Verificar amperajes de motores eléctricos tanto del evaporador como del condensador y amperaje del compresor, inspeccionar las presiones en las líneas de alta y baja presión, confirmando que exista una buena relación de compresión.
- ✚ Solo deben manejar el equipo personas autorizadas y que posean al menos una instrucción básica en la operación del equipo. como en toda máquina, personal no calificado no debiese manejarla.

---

<sup>27</sup>Fuente: formulario del frío – Pierre Rapin – Patrick Jacquard (pág. 452).

En caso de presentarse ruidos anormales, olor a quemado, vibraciones extrañas, desgastes en piezas u otro tipo de funcionamiento anormal, desconecte la alimentación eléctrica del equipo y solucione el problema.

- ✚ El equipo no debe funcionar si el suministro de corriente es anormal en caso que alguno de los sistemas de seguridad detenga el equipo (presostatos, relés térmicos u otros), debe considerarse que se ha producido algún hecho anormal.

#### 4.4 Fichas técnicas sobre fallas más comunes de una instalación frigorífica.

Componente	Síntomas	Causas posibles	Solución
<i>Aceite</i>	Aceite de compresor se solidifica.	<p>Para instalaciones de temperaturas extremadamente bajas, hay que tener una atención especial en el empleo de aceites convenientes.</p> <p>Un aceite que se solidifica, no recircula por el circuito, obstruyendo a su vez el paso regular del gas refrigerante. Estorba el buen funcionamiento de la válvula de expansión en alto grado, pudiendo llegar a impedirlo por completo.</p>	<p>El punto de solidificación del aceite tiene que ser lo suficientemente bajo, para estar seguro de que quede líquido, también a las temperaturas más bajas que puedan presentarse en el evaporador.</p> <p>Se recomienda el cambio de aceite del compresor.</p>

Gráf. 17- Ficha técnica sobre el aceite.

Componente	Síntomas	Causas posibles	Solución
<i>Compresor</i>	No retiene las presiones de aspiración y descarga.	<p>-Las válvulas de aspiración y descarga, están mal.</p> <p>-Posibles golpes de líquido al compresor (suelen vidriarse).</p> <p>-Pueden tener en el asiento suciedad incrustada.</p>	Reparar el compresor y montar una válvula de retención que no permita el retorno de la presión de descarga hacia el compresor.
	El compresor está escarchado.	<p>-El gas refrigerante está evaporando en el interior del compresor</p> <p>-Evaporador sobrellenado.</p>	<p>-Equilibrar la carga de gas refrigerante.</p> <p>-Regular la válvula de expansión; el bulbo no está bien colocado, no detecta la temperatura del gas recalentado.</p>

**Gráf. 18-** Ficha técnica sobre el compresor.

Componente	Síntomas	Causas posibles	Solución
<b>Gas refrigerante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Suciedad en el circuito.</li> <li>-Presenta los mismos fallos que por humedad en el sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aceite en mal estado.</li> <li>-Humedad en el circuito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cambio de filtro deshumificador.</li> <li>- Realizar barrido del sistema con nitrógeno en caso de suciedad del circuito.</li> </ul>
<b>Condensador</b>	El gas refrigerante pasa por el visor en estado gaseoso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilador averiado.</li> <li>Aletas del condensador obstruidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reparar el ventilador.</li> <li>-Peinar las aletas.</li> <li>-Limpiar el condensador</li> </ul>
<b>Evaporador</b>	-Fuerte caída de presión en el evaporador.	-El evaporador tiene solamente el final del serpentín cubierto de escarcha, quedando la entrada o las primeras vueltas relativamente calientes.	-Hay que bajar la alta presión, que existe al principio del evaporador.

**Gráf. 19-** Ficha técnica sobre el gas refrigerante, condensador y evaporador.

**Plan de mantenimiento para los equipos de la cámara frigorífica.**

OPERACION	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
Compresor		X		
Realizar la inspección general del equipo		X		
Verificar las válvulas de servicio	X			
Limpieza exterior		X		
Comprobación conexión placa de bornes		X		
Comprobación Presostatos, manómetros, termómetros			X	
condensador		x		
Limpieza exterior		X		
Limpieza interior			X	
Comprobación de fugas			X	
Filtro deshidratador			x	
sustitución			X	

**Gráf. 20-** Plan de mantenimiento preventivo de la cámara frigorífica.

## **CAPITULO V**

### **EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

#### **5.1 Introducción.**

La necesidad de elaborar un estudio de impacto ambiental para el cálculo diseño y construcción de una cámara frigorífica de capacidad de ½ tonelada para la Facultad de Mecánica Naval, se creó a partir de una evaluación de impactos ambientales basado en los factores y acciones que influyen en nuestro proyecto. Para el cual hemos optado utilizar el procedimiento de la Matriz de Leopold, éste es un sistema el cual nos va a permitir evaluar de manera específica las distintas acciones que van a intervenir en los diversos factores en la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

#### **5.2 La matriz causa – efecto.**

Son procesos de que nos van a mostrar una identificación y una valoración, siendo así métodos cualitativos y no cuantitativos, ya que nos permiten identificar, analizar y explicar los impactos positivos y negativos que podrían ocasionarse en el ambiente y de esta manera poder relacionar una asociación entre una acción y un efecto sobre el medio proyectante.

El sistema consiste en una matriz con columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto (por ej.: extracción de tierras, ruido, polvo...). Y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados (aire, agua, geología...).

Las intersecciones entre ambas se numeran con dos valores, uno indica la magnitud (de -10 a +10) y el segundo la importancia (de 1 a 10) del impacto de la actividad respecto a cada factor ambiental.

### 5.3 Matriz de Leopold

#### Primera lista de priorización de impactos ambientales.

	Equipamiento del Taller	Limpieza del área	Generación de residuos de la cámara	Emisión de los gases de Soldadura	Emisión de los gases Refrigerantes	Emisión de Ruido	Generación de residuos de Albañilería	Prueba y arranque del Equipo
SUELO	4	6	-5	4	-2	4	-3	4
AIRE	7	-2	-4	-5	-4	7	7	7
ATMOSFERA	4	-1	-8	-8	-6	4	-3	4
INTERESES ACADEMICOS	9	6	-1	-1	-1	-4	-1	7
SALUD	10	-3	-5	-4	-3	-2	-6	-4
Seguridad Estudiantil	6	-2	6	-3	-1	-4	6	6
Uso del área/Taller	6	8	6	-2	6	6	-2	6

Gráf. 21- Cuadro de la matriz de Leopold, valores positivos y negativos. Acciones-Factores

#### Segunda lista de priorización de impactos ambientales.

	Equipamiento del Taller	Limpieza del área	Generación de residuos de la cámara	Emisión de los gases de Soldadura	Emisión de los gases Refrigerantes	Emisión de Ruido	Generación de residuos de Albañilería	Prueba y arranque del Equipo
SUELO	0	24	-20	0	-8	0	-12	0
AIRE	0	-14	-28	-35	-28	0	0	0
ATMOSFERA	0	-4	-32	-32	-24	0	-12	0
INTERESES ACADEMICOS	63	54	-9	-9	-9	-36	-9	63
SALUD	-30	-50	-40	-30	-20	-60	-40	-10
Seguridad Estudiantil	0	-12	0	-18	-6	-24	0	0
Uso del área/Taller	48	36	-12	0	0	0	-12	0

Gráf. 22- Resultados de la matriz. Acciones-Factores.

Tercera lista de priorización de priorización de impactos ambientales

**TERCERA LISTA DE PRIORIZACION DE IMPACTOS**

ORDEN	FACTOR	VALOR	ACCIO N
1	Emisión de ruido	-60	Salud
2	Limpieza del Área	-50	Salud
3	Generación de residuos de la cámara	-40	Salud
4	Generación de residuos de Albañilería	-40	Salud
9	Equipamiento del taller	-30	Salud
10	Emisión de gases de soldadura	-30	Salud
17	Emisión de los gases refrigerantes	-20	Salud
25	Prueba y arranque del equipo	-10	Salud
	impactos negativos	-280	
	impactos positivos	0	
	total	-280	

16	Generación de residuos de la cámara	-20	Suelo
22	Generación de residuos de albañilería	-12	Suelo
30	Emisión de los gases refrigerantes	-8	Suelo
34	Limpieza del área	24	Suelo
	impactos negativos	-40	
	impactos positivos	24	
	total	-16	
6	Emisión de gases de soldadura	-35	Aire
12	Generación de residuos de la cámara	-28	Aire
13	Emisión de los gases refrigerantes	-28	Aire
19	Limpieza del área	-14	Aire
	impactos negativos	-105	
	impactos positivos	0	
	total	-105	
7	Generación de residuos de la cámara	-32	Atmósfera
8	Emisión de gases de soldadura	-32	Atmósfera
14	Emisión de los gases refrigerantes	-24	Atmósfera

23	Generación de residuos de albañilería	-12	Atmósfera
33	Limpieza del área	-4	Atmósfera
	impactos negativos	-104	
	impactos positivos	0	
	total	-104	
5	Emisión de ruido	-36	Interés Académico
26	Generación de residuos de la cámara	-9	Interés Académico
27	Emisión de gases de soldadura	-9	Interés Académico
28	Emisión de los gases refrigerantes	-9	Interés Académico
29	Generación de residuos de albañilería	-9	Interés Académico
37	Limpieza del área	54	Interés Académico
38	Equipamiento del taller	63	Interés Académico
39	Prueba y arranque del equipo	63	Interés Académico
	impactos negativos	-72	
	impactos positivos	180	
	total	108	
15	Emisión de ruido	-24	Seguridad Estudiantil
18	Emisión de gases de soldadura	-18	Seguridad Estudiantil
20	Limpieza del área	-12	Seguridad Estudiantil
31	Emisión de los gases refrigerantes	-6	Seguridad Estudiantil
	impactos negativos	-60	
	impactos positivos	0	
	total	-60	
21	Generación de residuos de la cámara	-12	Uso del Área/Taller
24	Generación de residuos de albañilería	-12	Uso del Área/Taller
35	Limpieza del área	36	Uso del Área/Taller
36	Equipamiento del taller	48	Uso del Área/Taller
	impactos negativos	-24	
	impactos positivos	84	
	total	60	

**Gráf. 23-** Resultados de la matriz por orden, factor, valor y acción.

Para el desarrollo de la Evaluación de Impacto Ambiental hemos descrito detalladamente el proceso en tres fases:

- ✓ Construcción
- ✓ Operación
- ✓ Mantenimiento

#### **5.4 Proceso de la fase de construcción.**

En este proceso se ha considerado detalladamente los trabajos de selección limpieza, acondicionamiento del área, ubicación y dimensiones del proyecto, además de indicar las necesidades de materiales, equipos y recursos tanto energéticos como humanos y partir de este desarrollo evaluar todo tipo de emisiones y desechos que crean cada uno de estos complementos.

#### **5.5 Proceso de la fase de operación.**

Se describe un detalle del proceso de fabricación de preparación del suelo y área del proyecto, adecuación y preparación de los paneles de poliuretano montaje de paneles, del techo, y de los equipos del sistema de frío y del sistema eléctrico. Se incluye además un detalle de los puntos de producción de efluentes líquidos, desechos y tipos de gases contaminantes, así como los puntos dispersos y los puntos de emisión.

#### **5.6 Proceso de la fase de mantenimiento.**

Este procedimiento establece una relación entre la manera en que se relaciona la gestión ambiental y la práctica del mantenimiento aplicado para el sistema del cuarto frío, enfocando la fiabilidad y óptimas condiciones del equipo pero también orientándose donde se producen los mayores impactos ambientales, y basado a esto se toman acciones para corregir y prevenir estos impactos.<sup>28</sup>

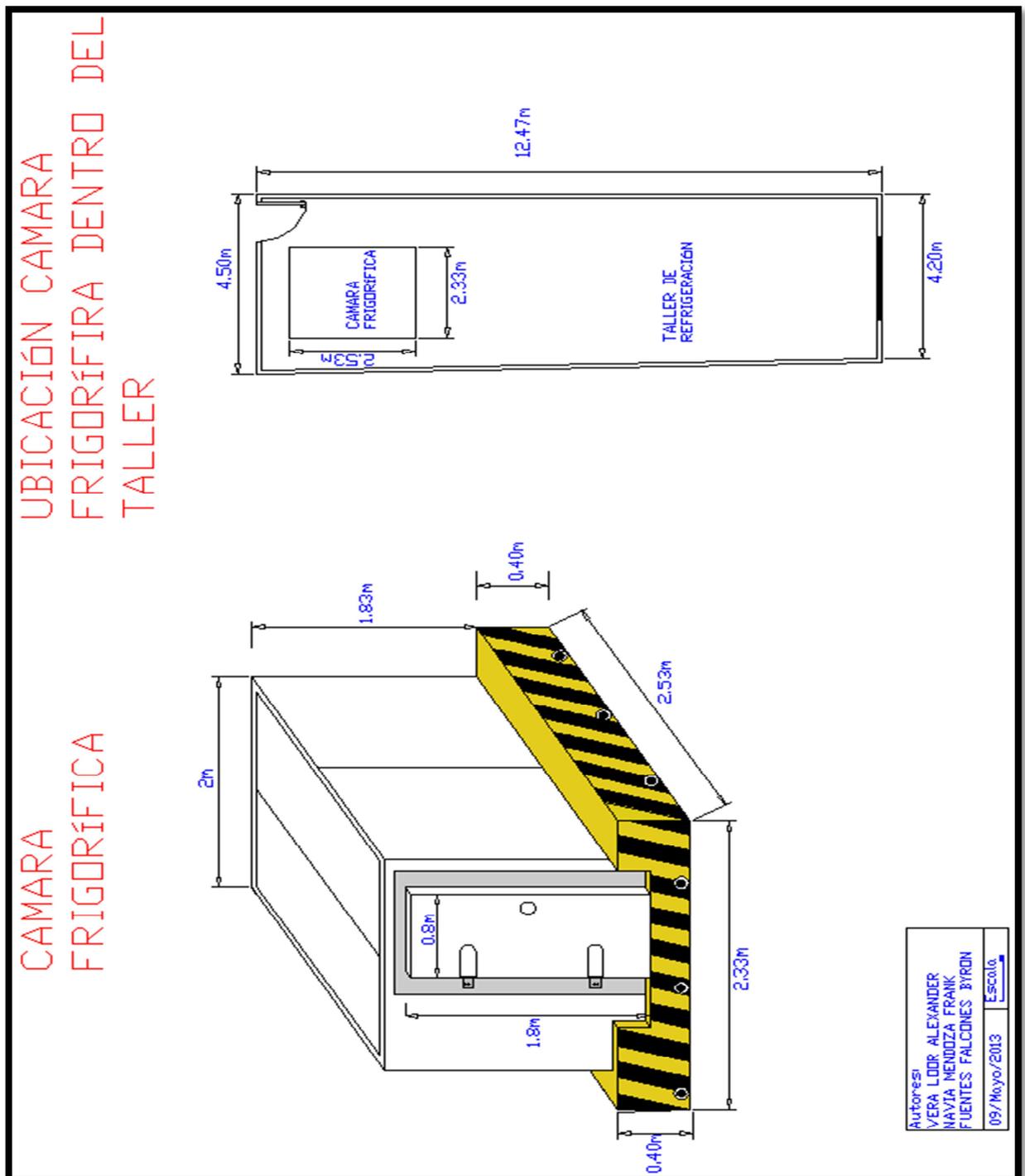
---

<sup>28</sup>Fuente: guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental – Vicente ConesaFdez – 4ª edición (pág. 167).

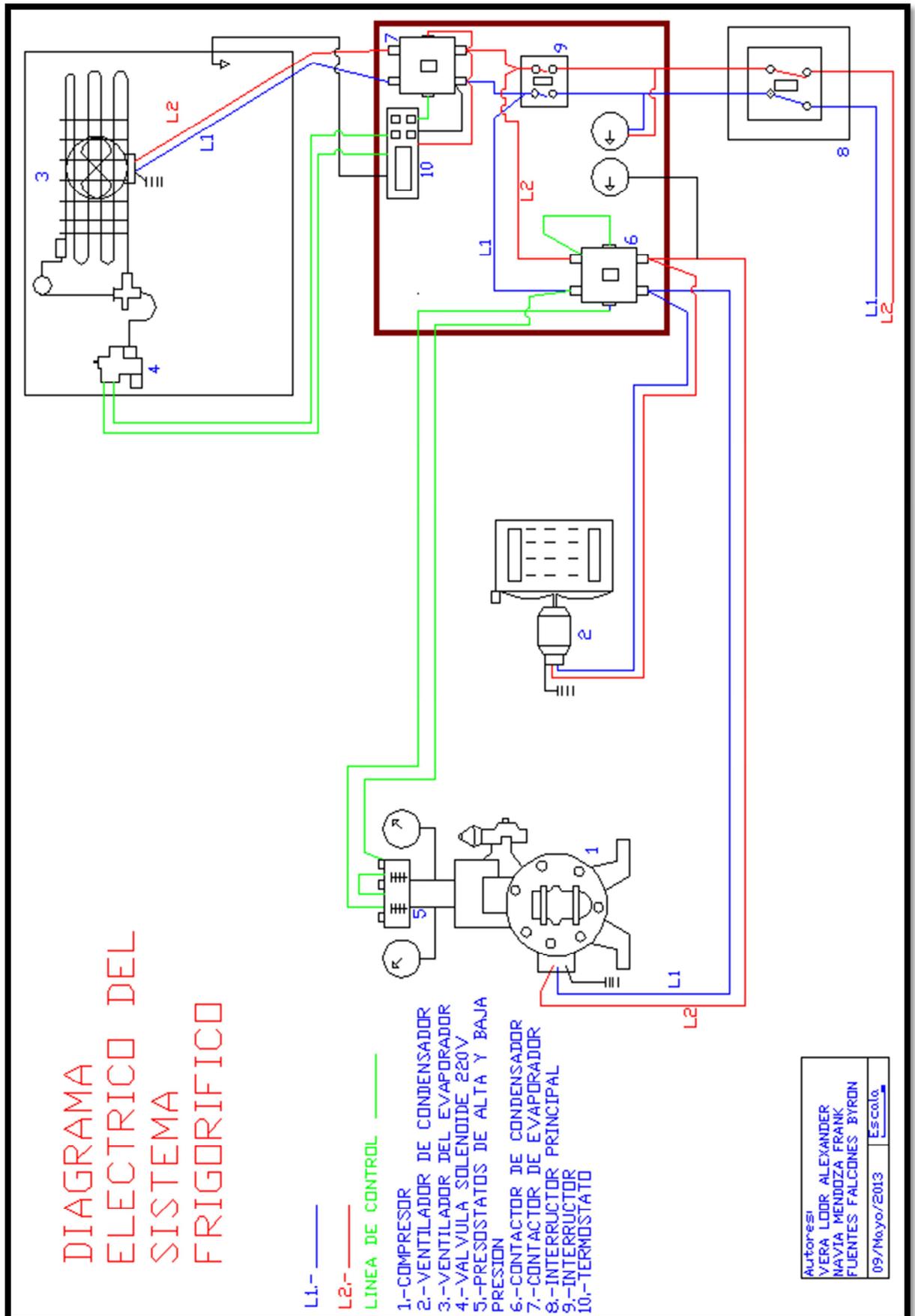
## CAPITULO VI

### DISEÑOS DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.

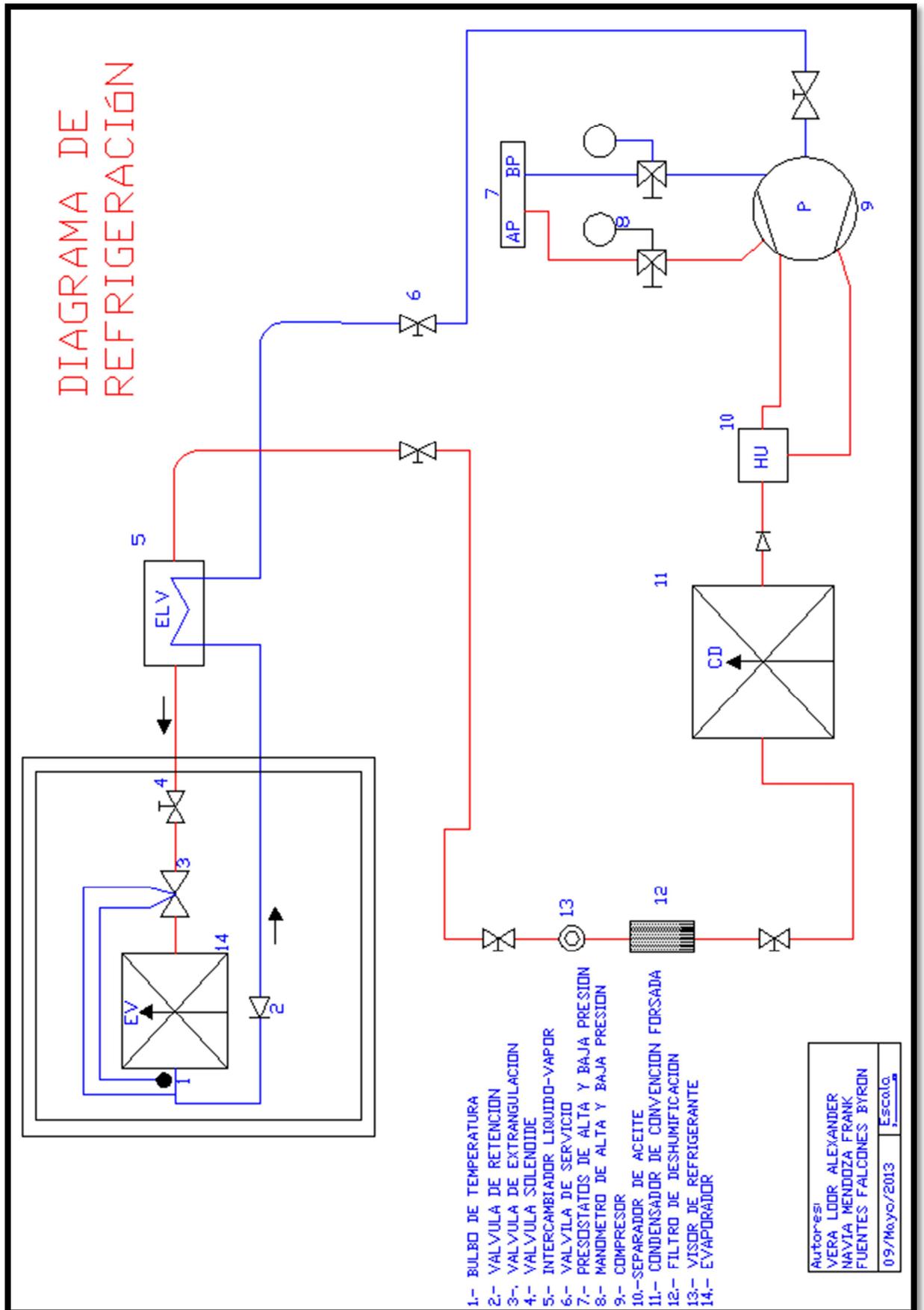
#### 6.1. Diseño y ubicación de la cámara frigorífica.



## 6.2. Diagrama eléctrico.



### 6.3. Diagrama de refrigeración.



## CAPITULO VII

### DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA INSTALACIÓN.

#### 7.1. Habilitación de la cámara.

A continuación Expondremos el desarrollo del proceso constructivo de ensamblaje de cámaras frigoríficas, siguiendo los pasos que nos lleven a una secuencia lógica y entendible para las personas que lo necesiten.

#### 7.2. Preparación del suelo.

##### 7.2.1. Trazado del perímetro.

- Trazado del perímetro donde estará ubicada la cámara frigorífica.
- El trazo debe iniciar por el respaldo de la cámara.
- Los ángulos deben verificarse con escuadra (90°).



Foto 1.- Trazo del perímetro de la cámara.

##### 7.2.2. Construcción del vacío sanitario.

- Distribución de ladrillos y tuberías para la circulación de aire del vacío.
- Colocación de tubos para la circulación de aire.



**Foto 2.-** Distribución de ladrillos.

- Fabricación de las losetas (5 cm espesor) para el vacío sanitario.
- Colocación de las losetas
- Corrección de imperfecciones, cierre con cemento del vacío sanitario.



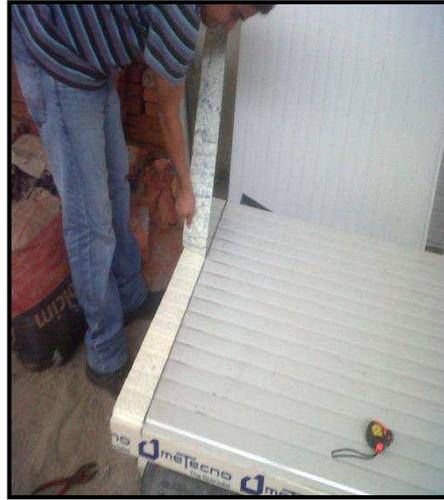
**Foto 3.-** Colocación de las panchas sobre el muro de ladrillo.

### **7.3. Colocación de las paredes y techo.**

Para que haya un cierre hermético en cada esquina donde haya contacto entre paneles, se debe de hacer un pequeño corte en el área de contacto para retirar la lamina que recubre el poliuretano, y de esta forma lograr el contacto entre el poliuretano de cada panel.



**Foto 4.-** Corte del área de contacto.



**Foto 5.-** Retiro de lamina metálica.

Para la fijación de las paredes y techo de la cámara, utilizaremos unos ángulos de (90 °) prefabricados, que irán fijados con remaches y en cada contacto entre paneles inyectaremos poliuretano para su cierre hermético.



**Foto 6.-** Inyección de poliuretano.



**Foto 7.-** colocación del ángulo de (90 °).

Para la colocación del techo se siguen los mismos pasos de la colocación de las paredes.



**Foto 8.-** Fijación del techo de la cámara.

#### **7.4. Colocación de aislantes del piso.**

Para distribuir el aislante del piso se debe:

- Ubicar barreras anti vapor.
- Colocar el aislante del piso (10 cm espesor).
- Tejer la maya metálica para la fundición del piso.
- Inyectar poliuretano en cada contacto del aislante del piso.
- Construir el cerramiento del perímetro de la cámara.



**Foto 9.-** Colocacion de la barrera anti vapor. **Foto 10.-** Distribucion del aislante.



**Foto 11.-** Inyección de poliuretano.



**Foto 12.-** Construcción de piso y cerramiento.



**Foto 13.-** Cerramiento terminado.

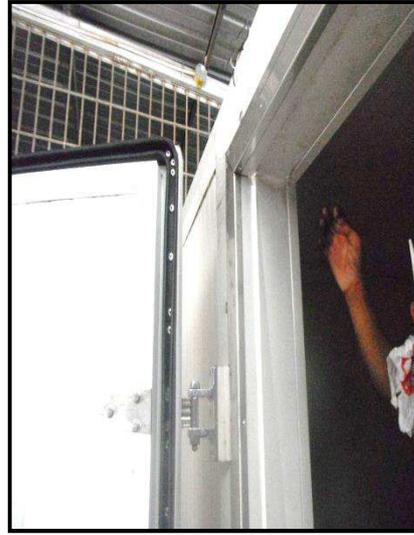
### **7.5. Instalación de la puerta.**

El reglamento de seguridad para planta e instalaciones frigoríficas, indican que en toda cámara frigorífica acondicionada para trabajar a una temperatura inferior a 0°C, las puertas frigoríficas llevarán incorporadas dispositivos de calentamiento, los cuales se pondrán en marcha siempre que funcione por debajo de dicha temperatura, no existiendo interruptor que pueda impedirlo.

Esto se debe, a que la ausencia de este elemento, provocaría congelación, e impediría abrir la puerta frigorífica.



**Foto 14.-** Instalación de la puerta.



**Foto 15.-** Resistencia eléctrica de la puerta.

## 7.6. Pintura.

El color amarillo y negro es de alta visibilidad e indica ATENCION y peligros.



**Foto 16.-** Pintura del muro exterior.



**Foto 17.-** Pintura de franjas negra.

## 7.7. Habilitación mecánica del evaporador.

Una vez construido el cerramiento de la cámara se procede a instalar el evaporador. El tamaño varía dependiendo de la capacidad que se requiera sin embargo el procedimiento de instalación es el mismo.

Criterios de ensamble:

- No debe de colocarse arriba o próximo a la puerta del cuarto frio.
- Preferible al fondo del cuarto.
- Debe de tener un flujo de aire adecuado.
- Sujetado con una varilla galvanizada de hierro con hilo.

El evaporador de bajo perfil, es fabricado con tubo de cobre y aleteado en aluminio con recubrimiento anticorrosivo.

- Ventiladores balanceados estática y dinámicamente.
- Motores de alta eficiencia.
- Cableado eléctrico a prueba de humedad.
- Cubierta de aluminio granulado.
- Deshielo por aire y resistencia eléctrica.



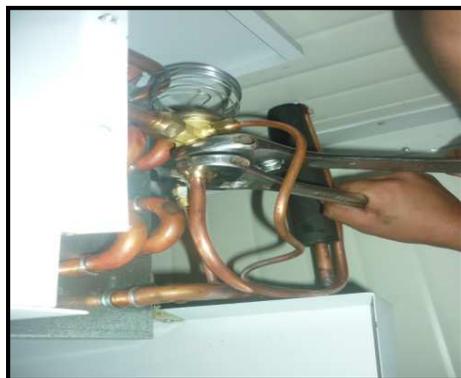
**Foto 18.-** Instalación del evaporador.



**Foto 19.-** Soldadura de cañerías.



**Foto 20.-** Instalación de la válvula solenoide.



**Foto 21.-** Ajuste de la válvula.

## 7.8. Instalación del condensador.

Antes de la instalación del condensador se debe de tener en cuenta:

- Que haya espacio suficiente para que exista buen flujo de aire a través del condensador.
- La base donde estará ubicado el condensador debe ser fija y no obstaculice el paso peatonal.
- Entre la base del condensador y el condensador colocar unos cauchos que absorberán la vibración de la máquina.



Foto 22.- Fijación del condensador.

## 7.9. Soldadura, tendido y aislamiento de cañerías.

### 7.9.1. Soldadura.

En un sistema de tuberías de refrigeración la soldadura debe ser tal que soporte las presiones y temperaturas del gas refrigerante, para eso recomienda que sean soldadas con soldadura de plata al 15% y el procedimiento es el siguiente:

- Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe de someter a una limpieza estricta de la tubería, se verifica que esté libre de grasas principalmente, después se procede a lijarlos en la parte externa de la tubería y de la parte interna de los codos y accesorios.

- Se procede a aplicar el fundente a cada una de las piezas asegurando una mayor penetración de la soldadura en los elementos.
- El equipo de soldado deberá ser una mezcladora de oxi-acetileno, la flama deberá ser regulada a un 60% de acetileno y 40% oxígeno, en tal caso de que la tubería tenga un diámetro menor a 5/8 se puede soldar con una botella de gas propano (MAP-PRO).



**Foto 23.-** Soldadura de cañería.



**Foto 24.-** Aplicación varilla de plata.

### 7.9.2 Aislamiento.

Las tuberías de un sistema de refrigeración deben ser necesariamente aisladas para evitar la ganancia de calor en el sistema y pueda provocar alguna falla en los compresores. El aislamiento deberá ser aramaflex o rubatex de alta calidad cuyas paredes tengan un espesor de 1" en todas las tuberías de succión de baja y media temperatura.



**Foto 25.-** Aislamiento de cañería.

### 7.9.3. Tendido de cañería.

Para el tendido de cañería se debe tener en cuenta que en cada curva se suelden codos en cañerías superiores a ½". Poner especial atención de que en ningún tramo exista estrangulamiento de las cañerías.



Foto 26.- Corte de un tramo.



Foto 27.- Tendido de cañería.

### 7.10. Instalación de filtro, válvula solenoide y visor de liquido.



Foto 28.-Instalación de filtro y visor.



Foto 29.- Instalación de la válvula Solenoide.



**Foto 30.-** Accesorios instalados.

### **7.11. Instalación eléctrica.**

- Alimentación monofásica del equipo.
- Resistencias eléctricas del evaporador y sus ventiladores.
- Resistencia eléctrica de la puerta.
- Alimentación de breaker eléctrico, contactores, timer, controlador de los sistemas ( Full Gauge Controls )



**Foto 31.-**Instalación de la caja eléctrica.



**Foto 32.-**Instalación del cableado.



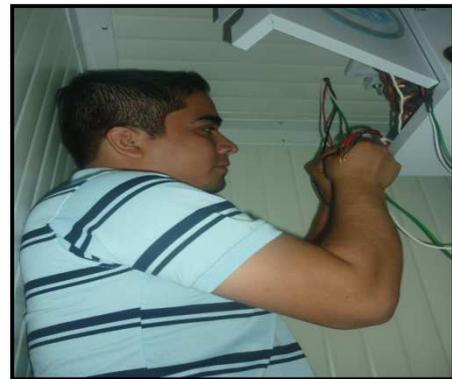
**Foto 33.-** Breaker, timer y contactores.



**Foto 34.-** Full Gauge Controls instalado.



**Foto 35.-** Cableado del compresor.



**Foto 36.-** Cableado de evaporador.

### **7.12. Vacío y carga de refrigerante.**

Cabe mencionar que el comportamiento de todos los gases son casi idénticos y este comportamiento se realiza a través de las variaciones de 3 parámetros que son: volumen, presión y temperatura, así el estado de un gas se caracteriza por los valores que toman estos parámetros y en general ellos pueden modificarse simultáneamente, pero es recomendable estudiar previamente el comportamiento del gas cuando permanece constante uno de los parámetros los otros dos varían.

Antes de realizar la carga de refrigerante, se debe realizar un vacío completo en el sistema y esto se efectúa con una bomba de vacío fabricada especialmente para este propósito, y que tenga la capacidad de generar un vacío de por lo menos 50 micrones.



**Foto 37.-** Vacio del sistema.



**Foto 38.-** Comprobación del vacío.



**Foto 39.-** Carga de refrigerante.



**Foto 40.-** Presiones de alta y baja.

### 7.13. Detección de fugas.

Utilizando una brocha fina y agua con detergente, se procede a colocar espuma en todos los elementos que hayan sido colocados.



**Foto 41.-** Comprobación de fuga.



**Foto 42.-** Corrección de fuga.

#### 7.14. Arranque y prueba del equipo.



**Foto 43.-** Prueba y arranque del sistema.

## **CAPÍTULO VIII**

### **OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA Y COSTOS DE INSTALACIÓN.**

#### **8.1. Funcionamiento del sistema eléctrico.**

En un sistema de refrigeración por compresión mecánica las instalaciones constan de dos circuitos que gobiernan el sistema de refrigeración que son:

#### **8.2. Circuito de potencia.**

El circuito de potencia es la parte que más consumo de corriente eléctrica necesita, esta parte se encarga de alimentar los relés, contactores, activa los dispositivos de salida, ya sea la unidad condensadora, unidad evaporadora o el circuito de control.

#### **8.3. Circuito de control o de mando.**

Es el cerebro de la cámara frigorífica permite darle funcionamiento al todo lo que compone el sistema de circuito de control, como está diseñado y programado estos dispositivos constituyen unos de los factores más importante, ya que de su preciso y exacto funcionamiento dependerá el éxito de la instalación frigorífica automática. El rol principal de los dispositivos de control son:

- ✓ Producción de frío acorde a las necesidades reales de la planta frigorífica
- ✓ Suministra al evaporador la suficiente cantidad de líquido de refrigerante
- ✓ Mantener bajo un rango considerable las temperatura, humedad relativa
- ✓ Mantener las presiones de condensación y evaporización dentro de los límites deseables

Entonces los principales dispositivos de control que tendrá la cámara frigorífica serán:

- ✓ Termostato
- ✓ Presostatos de alta y baja presión
- ✓ Válvula solenoide
- ✓ Contactores
- ✓ Timer de retardo temporizado

### **8.3.1. Termostato (Full Gauge Controls).**

- Marca: DANFOSS
- Modelo: EKC202C
- Voltaje: 203VAC - 60HZ

### **8.3.2. Presostato de alta presión.**

Es un dispositivo que previene la parada del motor compresor cuando la presión de condensación es alta.

El presostato de alta presión evita que se eleve la presión por encima de su punto crítico que normalmente sucede por taponamiento en la circulación de aire en los serpentines de condensación o evaporación en donde este dispositivo ira ubicado a la salida del compresor en donde las características principales del presostato de alta presión seleccionado son:

- Marca: ARTICCO
- Modelo: 012-1549
- Temperatura ambiente de trabajo: -40a 60°C:
- Presión de prueba máxima permisible: 300psig/20bar

### **8.3.4. Presostatos de baja presión.**

Al igual que el presostato de alta presión es un dispositivo de seguridad el cual es usado para asegurar que no exista una presión de aspiración excesivamente baja, este desconectara el circuito eléctrico del motor compresor y las características principales del presostatos de baja presión seleccionado son:

- Marca: ARTICCO
- Modelo: 012-1549

- Temperatura ambiente de trabajo: -40a 60°C:
- Presión de prueba máxima permisible: 15psig /1bar

### **8.3.5. Válvula solenoide.**

Las válvulas solenoides o electromagnética son dispositivos van instalados antes de la válvula de expansión con el fin de cortar el paso de refrigerante cuando el equipo frigorífico este parado sus características son:

- Marca: DANFOSS
- Modelo: 018F6264
- Voltaje: 220v 60hz
- Potencia: 10w

### **8.3.6. Contactores.**

3 CONTACTORES

- Marca: GENERAL ELECTRIC
- Modelo: HCCY2XU011AA
- AMP: 35
- Voltaje: 2 POLOS 208/240 VAC

### **8.3.7. Timer de retardo temporizado.**

- Modelo: DOM102
- Voltaje: 18-240VAC/VDC
- AMP: 1.5
- Intervalo de tiempo: 0.03 a 10mint

## **8.4. Datos de los elementos principales que componen la cámara frigorífica.**

### **Condensador:**

- Marca: EMBRACO
- Modelo: UNJ12212GH
- Potencia: 2 hp
- Refrigerante: R 404 A - R 507

- Amp: 40 LRA
- Amp mínimo: 6.6 amp

#### **Evaporador:**

- Marca: DELTA FRIO
- Modelo: DFI 15.25
- Tensión eléctrica: 220 VAC
- Potencia eléctrica total: 2000W
- Corriente: 0.9 Amp

#### **Filtro de líquido:**

- Marca: EMERSON

#### **Válvula de expansión:**

- Marca: DANFOSS
- Modelo: 068Z3403
- Refrigerante: R 404A - R 507
- Temperatura: -40/10C
- Cañería: 3/8 o 1/2
- Aguja de 1/2 tonelada de refrigeración

### **8.5. Guía de operación de arranque del equipo.**

#### **Encendido**

En el tablero se encuentran varios dispositivos de control manual como el termostato con una pantalla digital y unos pulsadores para programar la temperatura y funcionamiento deseado, que van conectado con dos switches para el encendido o apagado manualmente correcto y más seguro del sistema de la cámara.

Uno de los interruptores para activar o desactivar el termostato al momento de operación de La cámara y el otro switches sirve para activar o desactivar la válvula solenoide.

Advertencia: Al momento de operar la cámara primero se debe desactivar la válvula solenoide después activa el termostato, esto se lo realiza para que no sea muy fuerte el encendido y encienda la unida evaporadora por medio del TIMER y después de 3 a 4 minuto encienda la unidad condensadora

**Pasos de encendido:**

- 1 Termostato (Full Gauge Controls)**
- 2 Interruptor de encendido del equipo.**
- 3 Interruptor de válvula solenoide.**
- 4 Interruptor encendido de la lámpara.**



**Conjunto de elemento de regulación.**

La temperatura de la cámara no será constante,pero sí se mantendrá dentro de unos valores establecidos, conviene que el producto se mantenga en unas condiciones lo más estable posible y que no se sometan a un exceso de frio ni de calor.

También no conviene fijar una variación de temperatura muy pequeña obligatoria al sistema a trabajar en ciclos muy cortos de paro y marcha, acortando la vida útil del compresor y otros elementos de sistema.

En nuestro caso la regulación del termostato la fijaremos en + y - 2 respecto a la temperatura de diseño. Los niveles térmicos máximos y mínimos fijados, serán de -20 °C y 18 °C respectivamente.

La regulación de la temperatura de la cámara se consiguiera mediante un sensor de temperatura instalado en el interior de cámara, este sensor nos dará la orden de la apertura o cierre de la válvula de alimentación al evaporador.

Respecto al compresor, estará regulado por los presostatos de alta y baja presión, que determinaran los ciclos de puesta en marcha y paradas de la instalación.

El funcionamiento de los elementos será el siguiente:

- 1- Cuando la instalación entre en funcionamiento, la temperatura en el interior de la cámara empieza a bajar, hasta que llegue al nivel mínimo de -22 °C.
- 2- En este momento el termostato dará la orden de cerrar la válvula de alimentación del evaporador y como ya no pasa fluido, el compresor cada vez tiene menos fluido para aspirar, en consecuencia la presión de aspiración empieza a bajar hasta alcanzar el valor fijado en el presostato de baja y este para el compresor
- 3- Debido a la entrada de calor del exterior y otros factores, la temperatura en el interior de la cámara empieza a subir, ya que los evaporadores no extraen este calor.
- 4- Cuando el termostato detecta este aumento de temperatura y alcanza el valor máximo fijado -18 °C, se alimenta el paso de corriente a la válvula solenoide encargada de alimentar al evaporador. El fluido se encuentra almacenado en el recipiente de líquido a alta presión, y al abrirse dicha válvula, pasa por el evaporador, extrae calor de la cámara y su presión y temperatura aumenta hasta el valor fijado en el diferencial de los presostatos y el compresor vuelve a entrar en funcionamiento.

### **Apagado del equipo**

Para apagar la cámara es lo contrario primero desactive la solenoide para que la unidad condensadora apague por vacío y después desactive el termostato.

**Pasos de apagado:**

**2 Interruptor de encendido del equipo.**

**1 Interruptor de válvula solenoide.**



**8.6 Costo del proyecto de la cámara frigorífica.**

En todo proyecto de diseño y construcción se debe hacer un estudio de costos desde la adquisición de la materia prima hasta el momento de obtener el producto final, de esta forma saber la factibilidad del proyecto.

**Costo directo**

Se debe considerar costos de materiales, mano de obra, herramienta y transporte.

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Dobladora de plancha	Alquiler	1	15.00	15.00
Maestro albañil	Obra civil y gasfitero	1	180.00	180.00
Personal de apoyo	Ayudantes de obra civil	2	30.00	60.00
Soldador	Soldadura en general	1	30.00	30.00
Total				285.00
Total ( + IVA )				<b>347.80</b>

**Tabla de costo 1.- valores de mano de obra.**

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Unidad condensadora	Compresor de 2 hp	1	820.00	820.00
Unidad evaporadora	5000 BTU / h	1	635.00	635.00
Cañería de cobre	½ in	8 m	20.00	160.00
Cañería de cobre	3/8 in	8 m	12.00	96.00
Aislante de cañería	Robatex½ in	8 m	2.00	16.00
Refrigerante	R 404 A	10 lbs	9.50	95.00
Varilla de plata	5 %	6	3.00	18.00
Codos de cobre	½ in de 90°	10	1.50	15.00
Válvula de expansión	½ tonelada	1	72.00	72.00
Válvula solenoide	3/8 in	1	60.00	60.00
Válvula de servicio	½ in	1	30.00	30.00
Visor de liquido	3/8 in	1	13.00	13.00
Filtro des humificador	3/8 in	1	15.00	15.00
Tuercas de bronce	3/8 in	5	1.00	5.00
Tuercas de bronce	½ in	5	1.00	5.00
Presostatos	alta y baja	1	35.00	35.00
Total				2090.00
Total ( + IVA )				<b>2340.80</b>

**Tabla de costo 2.- valores de los elementos y accesorios del sistema frigorífico.**

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Ripio	Sacos de piedra	18	2.00	36.00
Arena	Sacos de arena	22	1.75	38.50
cemento	Sacos de cemento	10	7.50	75.00
Varilla de hierro	10 mm x 6 m	14	11.00	154.00
Alambre	Rollo de alambre	2 lbs	3.00	6.00
Tubos pvc	2 in x 4 m	2	3.00	6.00
Codos pvc	2 in de 90°	10	1.25	12.50
Codos pvc	1 in de 90°	6	0.80	4.80
Acoples pvc	Roscables	2	2.00	4.00
Rejillas	2 in	15	1.20	18.00
kalipega	Para tubo pvc	2	3.00	6.00
Total				384.80
Total ( + IVA )				<b>430.97</b>

**Tabla de costo 3.- valores de la obra civil.**

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Ángulos en U pre pintado, refuerzos.	Blanco 5 cm x 10 cm x 5 cm	8 m	8.00	64.00
Paneles pre fabricados de poliuretano.	10 cm espesor. 1 m x 2 m	20 m <sup>2</sup>	76.00	1520.00
Ángulos de esquina en L pre pintado interno.	Blanco 5 cm x 5 cm	24 m	5.00	120.00
Ángulos de esquina en L pre pintado Externo.	Blanco 5 cm x 13 cm	16 m	8.00	128.00
Plancha de poliuretano para aislamiento de piso.	2 planchas 2m x 1 m	4 m	40.00	160.00
Construcción de puerta.	74 cm x 1.68 cm	1	80.00	800.00
Remaches	3/16 in x 1 ½ in	300	0.05	15.00
Pernos acero inoxidable	½ in x 6 in	8	3.00	24.00
Electrodos	AGA-1311	2 lbs	6.00	12.00
Poliuretano	Químico - componente A	1 gal	45.00	45.00
Poliuretano	Químico - componente B	1 gal	45.00	45.00
Total				2933.00
Total ( + IVA )				<b>3284.96</b>

**Tabla de costo 4.- Valores del cerramiento de la cámara frigorífica.**

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Tablero eléctrico	30 cm x 40 cm	1	22.00	22.00
Interruptor	20 amp	2	8.00	16.00
Cable flexible	# 10	60 m	0.95	57.00
Cable flexible	# 16	60	0.40	24.00
Cable flexible	# 12	20 m	0.55	11.00
Contactores	40 amp 2 polos	4	12.00	48.00
Timer	Retardador	1	4.00	4.00
Interruptores	2 amp 1 polo	3	1.20	3.60
Termostato	Full gauge control	1	85.00	85.00
Terminales	Enchufe cable # 12	30	0.15	4.50
Terminales	U cable # 10	10	0.25	2.50
Total				277.60
Total ( + IVA )				<b>310.90</b>

**Tabla de costo 5.- valores de circuito eléctrico, accesorios.**

DENOMINACION	DESCRIPCION	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
Transporte de paneles	Quito – Manta ENETSA	1	75.00	75.00
Transporte de equipos frigoríficos	ANGLO S.A ENETSA	1	50.00	50.00
Transporte de materiales de obra civil	varios	10 viajes	5.00	50.00
Transporte de personal	Carreras de taxi	10 viajes	4.00	40.00
Total				215.00
Total ( + IVA )				240.80

**Tabla de costo 6.- valores de transporte y encomiendas.**

### Total de costos directos.

DENOMINACION	USD ( \$ )
Valores del cerramiento de la cámara frigorífica.	3284.96
Valores de los elementos y accesorios del sistema frigorífico.	2340.80
Valores de la obra civil.	430.97
Valores de mano de obra.	347.80
Valores de circuito eléctrico, accesorios.	310.90
Valores de transporte y encomiendas.	240.80
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	<b>6956.23</b>

### Criterio de ingeniería

El valor de criterio de ingeniería se considera entre el 10% y 15% del costo del equipo.

costo	Valor
Criterio de ingeniería	<b>\$ 695.62</b>

### Costos por imprevistos

Costo por imprevistos	<b>\$ 50.00</b>
-----------------------	-----------------

### Costos por utilidades

Se considera el 0% del costo del equipo, debido a que es un proyecto de tesis de grado. En caso de ser un trabajador particular debe tomarse en cuenta la asignación del valor correspondiente.

### Total de costo indirecto

DENOMINACION	USD (\$)
Costos por ingeniería	695.62
Costos por imprevistos	50.00
Costos por utilidades	0
Total de costos indirectos	<b>745.62</b>

### Costo total del proyecto

DENOMINACION	USD (\$)
Costos directos	6956.23
Costos indirectos	745.62
Costo total del proyecto	<b>\$ 7701.85</b>

El costo total del proyecto es de \$ 7701.85 (siete mil setecientos uno dólares americanos con 85/100).

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **Conclusiones**

- ✓ La elaboración de la cámara frigorífica, cumple con los parámetros analizados en el presente trabajo de graduación, y relacionadas las pruebas pertinentes se verifica dichos análisis matemáticos.
- ✓ La Facultad de Mecánica Naval se beneficia en el aporte práctico de la construcción de la cámara frigorífica, lo que permite poner en práctica habilidades, destrezas y conocimientos de los estudiantes que se educan en la unidad.
- ✓ La cámara frigorífica permite el almacenamiento de víveres que requieren de frío para su mantenimiento, así como carnes y pescados.

### **Recomendaciones**

- ✓ La cámara frigorífica debe tener un mantenimiento adecuado y oportuno, con la finalidad de preservarlo durante muchos años, con beneficio académico e institucional, por parte del tutor del presente trabajo de graduación.
- ✓ Los estudiantes del nivel sexto hasta el noveno de la carrera podrán efectuar prácticas pertinentes en la cámara frigorífica.
- ✓ La Facultad de Mecánica Naval puede hacer extensivo a sus estudiantes y la comunidad universitaria el uso de la cámara frigorífica, con la finalidad de aportar la preservación de víveres, carnes y pescado necesario de refrigeración.

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

**1. Refrigeración:** Proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

**2. Termodinámica:** Es una rama de la ciencia que trata sobre la acción mecánica del calor. Hay ciertos principios fundamentales de la naturaleza, llamados Leyes Termodinámicas, que rigen nuestra existencia aquí en la tierra, varios de los cuales son básicos para el estudio de la refrigeración.

La primera y la más importante de estas leyes dice: La energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de un tipo de energía en otro.

**3. Calor:** El calor es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor. Calor es frecuentemente definido como energía en tránsito, porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos cálidos a los cuerpos fríos.

**4. Transmisión De Calor:** La segunda ley importante de la termodinámica es aquella según la cual el calor siempre viaja del cuerpo más cálido al cuerpo más frío. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos.

**5. Temperatura:** La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor. También puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro.

**6. Refrigerante:** Es el fluido que se emplea en un circuito frigorífico para transportar el calor de un lado a otro. En los acondicionadores de aire, durante la refrigeración el refrigerante absorbe el calor del interior para llevarlo al exterior, mientras que durante la calefacción el ciclo se invierte y se absorbe calor del exterior para llevarlo al interior.

**7. Poliuretano:** Es cualquier polímero formado por una cadena de unidades orgánicas unidas por enlaces poliuretano. Los poliuretanos son ampliamente usados es Espumas Flexibles y Rígidas, Elastómeros

Durables, Adhesivos y Selladores de Alto

**8. Presión:** La aplicación de fuerza sobre una superficie. Es la fuerza total ejercida por unidad de área.

Presión = fuerza/área de la superficie = libras/pulgadas<sup>2</sup> = psi

**9. Energía:** Es la capacidad para producir un trabajo.

**10. Capacidad calorífica:** Es la cantidad de energía calorífica que se necesita para elevar la temperatura de un mol de sustancia en 1° C.

**11. Caloría:** Es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar en 1° C la temperatura de un gramo de agua.

**12. Entalpía o calor de formación de un compuesto:** La entalpía, se puede definir como la magnitud termodinámica de un cuerpo físico o material. Es igual a la suma de su energía interna más el producto de su volumen por la presión exterior.

**13. Entropía:** Es la relación entre la cantidad de calor que un cuerpo gana o pierde y su temperatura absoluta; cuando se produce una pérdida de calor la entropía aumenta; en cambio, disminuye en el proceso reversible de solidificación o congelación.

**14. Cantidad de calor de un cuerpo o sustancia:** La cantidad de calor que posee una sustancia o una porción determinada de sustancia (cuerpo) está relacionada con: su temperatura, la cantidad de sustancia considerada (masa), y el calor específico de la misma (es un coeficiente propio de cada sustancia que mide su capacidad para perder o ganar calor) En fórmula:  $Q=m \cdot C_e \cdot T$  (la cantidad de calor es igual a la masa por el calor específico por la temperatura)..

**15. Presión absoluta:** Es la presión medida sobre la escala absoluta. El cero está a presión atmosférica cero. La suma de las presiones manométrica y atmosférica se conoce como presión absoluta.

**16. Presión relativa:** Es la presión medida a partir de una escala referente a otra presión.

**17. Medición de la temperatura:** Al analizar un sistema de refrigeración es de importancia obtener lecturas precisas de la temperatura. El dispositivo de medición de temperatura más común es el termómetro de vidrio de bolsillo.

**18. Medición de la presión:** Las mediciones de temperatura usualmente se toma por fuera del sistema en operación, pero también es necesario para el técnico de servicio saber qué es lo que está pasando dentro del sistema. Esto debe averiguarse básicamente a partir de mediciones de presión.

**19. Calor sensible:** El calor que puede ser sentido o medido se conoce como calor sensible. Se trata del calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia sin cambiar de estado. Las sustancias, estén en un estado sólido, líquido o gaseoso, tienen algún grado de calor sensible, siempre que sus temperaturas estén por encima del cero absoluto.

**20. Calor latente:** En un cambio de estado físico, la mayor parte de las sustancias tendrán un punto de fusión en el que cambiarán de sólido a líquido sin ningún incremento de temperatura. En este punto si la sustancia está en estado líquido y se elimina calor de la misma, dicha sustancia se solidificará sin cambio en su temperatura. El calor involucrado en cualquiera de estos procesos (pasar de sólido a líquido, o de líquido a sólido), sin cambio en temperatura, se conoce como calor latente de fusión.

**21. Vaporización:** Un cambio de un líquido a vapor.

**22. Sublimación:** Un cambio de un sólido a vapor sin pasar por el estado líquido.

**23. Punto de ebullición:** Temperatura a la cual empezará a hervir un fluido, a una presión dada. Al cambiar la presión, el punto de ebullición también cambia. La elevación de presión incrementa el punto de ebullición.

**24. Evaporación:** En la etapa de evaporación el refrigerante absorbe calor del espacio que lo rodea y por consiguiente lo enfría. Esta etapa tiene lugar en un componente denominado evaporador, el cual es llamado así debido a que el refrigerante se evapora, cambia de líquido a vapor.

**25. Compresión:** Después de evaporarse, el refrigerante sale del evaporador en forma de vapor a baja presión y pasa al “compresor” en donde comprime incrementando su presión (este aumento de presión es necesario para que el gas

refrigerante cambie fácilmente a líquido) y lo bombea hacia la etapa de condensación.

**26. Condensación:** La etapa de condensación del ciclo se efectúa en una unidad llamada “condensador” que se encuentra localizado en el exterior del espacio refrigerado. Aquí el gas refrigerante a alta presión y alta temperatura, rechaza calor hacia el medio ambiente (es enfriado por una corriente de agua o de aire), cambiando de gas a líquido frío y a una alta presión.

**27. Control y Expansión:** Esta etapa es desarrollada por un mecanismo de control de flujo; este dispositivo restringe el flujo y expansiona al refrigerante para facilitar su evaporación posterior. Después de que el refrigerante deja el control de flujo se dirige expandido al evaporador para absorber el calor y comenzar un nuevo ciclo.

**28. Sobrecalentamiento:** Es la condición en la cual el refrigerante completamente evaporado comienza a calentarse al absorber más calor y, no existe más líquido que se evapore.

**29. Subenfriamiento:** Es la condición en la cual el refrigerante completamente condensado (puramente líquido) comienza a enfriarse para no existir más vapor que se condense al continuar cediendo calor.

**30. Compresores:** El compresor es uno de los componentes principales dentro del ciclo de refrigeración. Una vez que el refrigerante haya absorbido calor y se haya evaporado en el serpentín de enfriamiento, pasa a través de la tubería de succión hacia el compresor.

**31. Condensadores:** El condensador remueve el sobrecalentamiento del refrigerante producido por el compresor y así licua el refrigerante para otro ciclo a través del sistema. El condensador es el punto final para evacuar el calor del sistema de refrigeración.

**32. Evaporadores:** El evaporador o serpentín de enfriamiento es aquella parte del sistema de refrigeración donde se elimina el calor del producto; aire, agua o lo que se esté enfriando. Conforme el refrigerante se introduce en el evaporador, absorbe calor del producto que se está enfriando, conforme absorbe calor de la carga, empieza a hervir y se evapora. El evaporador lleva a cabo la refrigeración, objetivo principal del problema.

- 33. Separador De Aceite:** Es un dispositivo mecánico para recolectar aceite que esta siendo transportado fuera del compresor dentro o junto con el refrigerante de descarga y devolverlo al compresor. Los separadores de aceite se utilizan por lo general en sistemas de muy baja temperatura y en aquellos sistemas que utilizan un refrigerante que no es miscible con el aceite.
- 34. Silenciadores:** Es un dispositivo mecánico que se coloca en la tubería de gases calientes para amortiguar los pulsos creados por el compresor que pudieran causar ruidos y vibraciones molestas.
- 35. Termostatos:** Son dispositivos que se utilizan para variar la temperatura que se eleva o desciende de la asignada. Los termostatos responden a la temperatura, esto lo puede hacer en razón del efecto de deformación de una tira bimetálica o debido a la presión de fluido.
- 36. Ciclos:** Serie de fenómenos que se siguen en un orden determinado, periodo en el cual se repiten los mismos fenómenos.
- 37. Conducción:** Acción y efecto de dirigir y guiar algún tipo de energía.
- 38. Convención:** Es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque ésta se produce a través del desplazamiento de materia entre regiones con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente en materiales fluidos. Éstos al calentarse disminuyen su densidad y ascienden al ser desplazados por las porciones a menor temperatura que, a su vez, descienden y se calientan repitiendo el ciclo.
- 39. Aislamiento:** Material que se aplica a los cuerpos que interceptan el paso de la corriente y calor.
- 40. Reguladores para Acetileno:** Un regulador es un dispositivo electrónico creado para obtener un valor de salida deseado en base al nivel de entrada del acetileno.
- 41. Aislamiento Térmica:** Es el que se opone al paso del calor por conducción.
- 42. Sellado hermético:** Es el que se cierra de modo que no permite pasar el aire ni los fluidos. En Ingeniería mecánica, la palabra sello designa cualquier elemento destinado a evitar fugas de gases o líquidos contenidos en una cavidad. Son sinónimos de sello: Junta y empaque.
- 43. Filtros:** El filtro para líquidos, un elemento por el cual se hace pasar un líquido para retener los materiales que pueda llevar en suspensión.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1. A. Madrid, F. Santiago, J.M. Cenzano - refrigeración, congelación y envasado de alimentos**
- 2. Angel Luis Miranda Barrera \_ Manual técnico de refrigerantes- 2012**
- 3. <http://www.panelsandwich.org/panel-sandwich-fachada/Panel-Sandwich-Frigorifico.html>**
- 4. Juan Antonio Ramírez – Refrigeración**
- 5. Pierre Rapin – Patrick Jacquard - Formulario del frio**
- 6. Vicente Conesa Fdez. – Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental – 4ª edición**
- 7. Yunus A. Cengel - termodinámica- 5ª edición.**

# ANEXOS

## INDICE DE ANEXOS

### 1. ANEXO # A

- TALLER DE REFRIGERACIÓN ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL DESALOJO DE ESCOMBROS, LIMPIEZA Y RECOLECCIÓN DE BASURA.

### 2. ANEXO # B

- CONSTRUCCIÓN DEL PISO, PAREDES Y TECHO DE LA CÁMARA.

### 3. ANEXO # C

- INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS Y EQUIPOS DE LA CÁMARA.

### 4. ANEXO # D

- INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

### 5. ANEXO # E

- PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.

## ANEXO A



**Taller de refrigeración, antes de la instalación de la cámara frigorífica.**



**Desalojamiento del área de construcción.**

## ANEXO B



**Construcción del piso de la cámara.**



**Construcción del cerramiento de la cámara.**

## ANEXO C

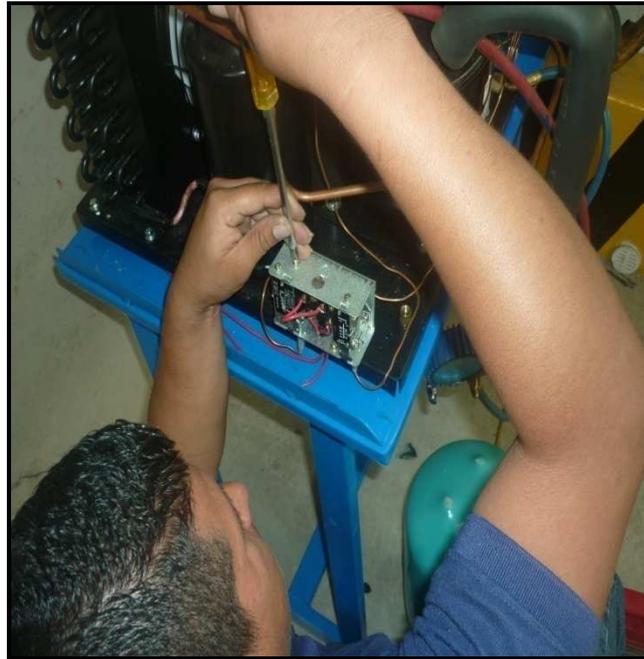


**Instalación de la puerta.**



**Instalación de los equipos de refrigeración.**

## ANEXO D



**Calibración del presostato.**



**Instalación de los componentes eléctricos.**

## ANEXO E



**Ajustes antes del encendido del equipo.**



**Puesta en marcha de los equipos.**