



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL, MENCIÓN MANTENIMIENTO**

**TÍTULO DEL PROYECTO**

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA DETERMINAR  
ÍNDICES DE CARGA TÉRMICA EN UNA CÁMARA DE CONGELACIÓN DE LA  
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD  
ESTATAL DE MILAGRO”**

**Autores: GUANANGA PACALLA MARCO  
CORNEJO MERO ALEX**

**Milagro, Julio 2015**

**Ecuador**

## **ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Por la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por los Tigos. Marco Guananga Pacalla y Alex Cornejo Mero, para optar al título de Ingeniero Industrial, Mención Mantenimiento y que acepto tutorial a los estudiantes, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 22 días del mes de mayo del 2015



---

**Ing. Luis Buchelli Carpio**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Consejo Directivo de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de nuestra propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que esta referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título o Grado de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 22 días del mes de mayo del 2015



Tigo. Marco Guananga Pacalla

C.I. 0922165642



Tigo. Alex Cornejo Mero

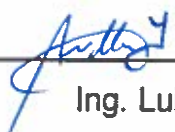
C.I. 0913039871

## CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

EL TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL, MENCIÓN MANTENIMIENTO, otorga al presente  
proyecto de investigación las siguientes calificaciones:

|                    |     |
|--------------------|-----|
| MEMORIA CIENTÍFICA | [ ] |
| DEFENSA ORAL       | [ ] |
| TOTAL              | [ ] |
| EQUIVALENTE        | [ ] |

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Luis Buchelli Carpio

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Luis Arellano

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Aristides Reyes

## **DEDICATORIA**

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos

**Los Autores**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud, principalmente está dirigida a Dios por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de la carrera.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

**Los Autores**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

**MSc. FABICIO GUEVARA BIEJO**


---

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.


Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de Cesión de Derechos del autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de nuestro Título de Tercer Nivel, cuyo tema fue: **“Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro.”** y que corresponde a la Unidad Académica de Ciencias de la ingeniería

Milagro, 22 de mayo del 2015



---

Tigo. Marco Guananga Pacalla  
C.I. 0921002671



---

Tigo. Alex Cornejo Mero  
C.I. 0913039871

## ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.</b>                      | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO I</b>                         |           |
| <b>EL PROBLEMA</b>                        | <b>4</b>  |
| 1.1 Planteamiento del problema            | 4         |
| 1.1.1 Problematización                    | 4         |
| 1.1.2 Delimitación del problema           | 7         |
| 1.1.3 Formulación del problema            | 8         |
| 1.1.4 Sistematización del problema        | 8         |
| 1.1.5 Determinación del tema              | 9         |
| 1.2 Objetivos                             | 10        |
| 1.3 Justificación                         | 10        |
| <b>CAPÍTULO II.</b>                       |           |
| <b>MARCO REFERENCIAL</b>                  | <b>13</b> |
| 2.1 Marco teórico                         | 13        |
| 2.1.1 Antecedentes históricos             | 13        |
| 2.1.2 Antecedentes referenciales          | 14        |
| 2.1.3 Fundamentación                      | 15        |
| 2.2 Marco legal                           | 33        |
| 2.3 Marco conceptual                      | 39        |
| 2.4 Hipótesis y variables                 | 42        |
| 2.4.1 Hipótesis general                   | 42        |
| 2.4.2 Hipótesis particulares              | 43        |
| 2.4.3 Declaración de las variables        | 44        |
| 2.4.4 Operacionalización de las variables | 44        |



### **CAPÍTULO III.**

#### **MARCO METODOLÓGICO 46**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Tipo y diseño de la investigación           | 46 |
| 3.2   | La población y la muestra                   | 49 |
| 3.2.1 | Características de la población             | 49 |
| 3.2.2 | Delimitación de la población                | 49 |
| 3.2.3 | Tipo de muestra                             | 50 |
| 3.2.4 | Tamaño de la muestra                        | 50 |
| 3.2.5 | Proceso de selección                        | 51 |
| 3.3   | Los métodos y las técnicas                  | 51 |
| 3.3.1 | Métodos teóricos                            | 51 |
| 3.3.2 | Métodos empíricos                           | 52 |
| 3.3.3 | Técnicas e instrumentos                     | 53 |
| 3.4   | Procesamiento estadístico de la información | 53 |

### **CAPÍTULO IV.**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTOS 55**

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Análisis de la situación actual                          | 55 |
| 4.2 | Análisis comparativo, evolución, tendencia y perspectiva | 62 |
| 4.3 | Resultados   | 63 |
| 4.4 | Verificación de hipótesis                                | 63 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO V.</b>                          |            |
| <b>PROPUESTA.</b>                           | <b>66</b>  |
| 5.1 Tema.                                   | 66         |
| 5.2 Justificación.                          | 66         |
| 5.3 Fundamentación                          | 68         |
| 5.4 Objetivos                               | 95         |
| 5.5 Ubicación                               | 96         |
| 5.6 Estudio de factibilidad.                | 97         |
| 5.7 Descripción de la propuesta             | 98         |
| 5.7.1 Actividades                           | 98         |
| 5.7.2 Recursos, análisis financiero         | 100        |
| 5.7.3 Impacto                               | 101        |
| 5.7.4 Cronograma                            | 102        |
| 5.7.5 Lineamiento para evaluar la propuesta | 103        |
| <b>CONCLUSIONES</b>                         | <b>104</b> |
| <b>RECOMENDACIONES</b>                      | <b>106</b> |
| <b>MATERIALES DE REFERENCIA</b>             | <b>107</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>                         | <b>107</b> |
| <b>ANEXOS.</b>                              | <b>109</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1   |    |
| Transmisión de calor a través de las paredes                               | 23 |
| <br>   |    |
| Cuadro 2   |    |
| Longitud equivalente de accesorios de cobre                                | 32 |
| <br>   |    |
| Cuadro 3   |    |
| Resultados pregunta 1  | 55 |
| <br>   |    |
| Cuadro 4   |    |
| Resultados pregunta 2  | 57 |
| <br>   |    |
| Cuadro 5   |    |
| Resultados pregunta 3  | 58 |
| <br>   |    |
| Cuadro 6   |    |
| Resultados pregunta 4  | 59 |
| <br>   |    |
| Cuadro 7   |    |
| Resultados pregunta 5  | 61 |
| <br>   |    |
| Cuadro 8   |    |
| Rangos de temperatura de evaporación                                       | 71 |
| <br>   |    |
| Cuadro 9   |    |
| Presión y temperatura de los distintos puntos del sistema de refrigeración | 76 |
| <br>   |    |
| Cuadro 10  |    |
| Regulación del presostato de alta presión                                  | 77 |
| <br>   |    |
| Cuadro 11  |    |
| Calor disipado por las personas dentro del espacio refrigerado             | 84 |
| <br>   |    |
| Cuadro 12  |    |
| Calor disipado por los motores eléctricos                                  | 84 |
| <br>   |    |
| Cuadro 13  |    |
| Tipo de producto almacenado  | 85 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Cuadro 14                         |    |
| Área de utilización de la carcasa | 86 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1  |    |
| Cámara de congelación(Universidad Católica Santiago de Guayaquil) | 20 |
| Figura 2  |    |
| Barrera de vapor instalada en el piso de una cámara frigorífica   | 25 |
| Figura 3  |    |
| Circuito frigorífico básico por compresión a vapor                | 26 |
| Figura 4  |    |
| Sistema de refrigeración auto contenido o tipo mochila            | 28 |
| Figura 5  |    |
| Unidad condensadora enfriada por aire                             | 29 |
| Figura 6  |    |
| Unidad evaporadora  | 30 |
| Figura 7  |    |
| Instalación típica de tubería de refrigeración                    | 31 |
| Figura 8  |    |
| Cuadro estadístico de pregunta 1                                  | 56 |
| Figura 9  |    |
| Cuadro estadístico de pregunta 2                                  | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 10<br>Cuadro estadístico de<br>pregunta 3                            | 59 |
| Figura 11<br>Cuadro estadístico de<br>pregunta 4                            | 60 |
| Figura 12<br>Cuadro estadístico de<br>pregunta 5                            | 61 |
| Figura 13<br>Paneles Mafrico para la construcción de paredes y techo        | 68 |
| Figura 14<br>Instalación de plancha de poliuretano en el piso               | 69 |
| Figura 15<br>Instalación de paredes de poliuretano en aula                  | 69 |
| Figura 16<br>Unidad condensadora instalada en la UNEMI                      | 72 |
| Figura 17<br>Circuito de refrigeración                                      | 73 |
| Figura 18<br>Bloque de construcción   | 80 |
| Figura 19<br>Materiales de las paredes de la cámara de<br>congelación Media | 81 |
| Figura 20<br>Media carcaza o canal de res vacuna                            | 86 |
| Figura 21<br>Proceso de congelación   | 90 |
| Figura 22<br>Pantalla 1 del programa de cálculo de<br>Danfoss               | 91 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 23<br>Pantalla 2 del programa de cálculo danfoss                 | 92 |
| Figura 24<br>Pantalla 3 del programa de cálculo danfoss                 | 92 |
| Figura 25<br>Pantalla 4 del programa de cálculo danfoss                 | 93 |
| Figura 26<br>Pantalla 5 del programa de cálculo danfoss                 | 93 |
| Figura 27<br>Pantalla 6 del programa de cálculo danfoss                 | 94 |
| Figura 28<br>Pantalla 7 del programa de cálculo danfoss                 | 94 |
| Figura 29<br>Pantalla 8 del programa de cálculo danfoss                 | 95 |
| Figura 30<br>Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Industrial (UNEMI) | 97 |

## RESUMEN

La cámara de congelación fue diseñada y construida para ser utilizado como un recurso didáctico por los docentes y estudiantes de la carrera de ingeniería industrial. Los pasos que se siguieron para iniciar su construcción, fueron: encontrar la ubicación adecuada, para realizar los estudios, el análisis de transferencia de calor para conocer índices de carga térmica y determinar la capacidad del equipo de refrigeración que va a mantener la temperatura deseada dentro del compartimiento refrigerado, para esto es necesario conocer los parámetros de funcionamiento de la cámara de congelación, así como la temperatura exterior, temperatura del compartimiento, el producto que va a ser almacenado, su temperatura de almacenamiento y cantidad máxima que puede ingresar, medidas interiores y exteriores de la cámara y el material de las paredes, piso y techo. Estos valores se ingresaron en la hoja de cálculo de la Cía. Copeland, para comparar el resultado, también se ingresaron en el software de cálculo de carga térmica de la Cía. Danfoss, esto no dio como resultado la capacidad del sistema de refrigeración. La cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro puede almacenar 5 940 libras de carne de res a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . No menos importante es el proceso de selección del equipo de refrigeración, una vez que se conoce la capacidad del mismo. El equipo de refrigeración es el conjunto de componentes y equipos conectados convenientemente para cumplir con las especificaciones de diseño. El refrigerante que se va a utilizar, que este sea amigable con el medio ambiente, que no contribuya a la destrucción de la capa de ozono ni al efecto invernadero, debe tener una buena performance en el ciclo de refrigeración, lo que significa ahorro de energía. El mantenimiento preventivo debe ser constante para ayudarlo a lograr un servicio confiable e ininterrumpido al servicio de los estudiantes de esta Unidad Académica.

Palabras claves: Transferencia de calor, Índice de carga térmica, equipo de refrigeración

## **ABSTRACT**

The freezing chamber was designed and built to be used as an educational resource for teachers and students studying industrial engineering. The steps followed to begin construction were: finding the right location to conduct studies, analysis of heat transfer rates to meet heat load and determining the ability of refrigeration equipment that will maintain the desired temperature within the refrigerated compartment, this requires knowing the operating parameters of the freezing chamber as well as the outside temperature, compartment temperature, the product to be stored, the storage temperature and maximum amount you can enter, internal measures and exterior of the chamber and the material of the walls, floor and ceiling. These values are entered in the spreadsheet of the firm. Copeland, to compare the result, also entered the calculation software thermal load of the firm. Danfoss, this did not result in the ability of the cooling system. The freezing of the Academic Unit of Engineering Sciences at the State University of Milagro can store 5940 pounds of beef to -15 °C. No less important is the selection of refrigeration equipment, once the capacity of the known. The cooling equipment is the set of components and conveniently connected to meet design specifications equipment. The refrigerant to be used, this is friendly to the environment, which does not contribute to the destruction of the ozone layer and the greenhouse effect, should have good performance in the refrigeration cycle, which means energy savings . Preventive maintenance should be constant to help you achieve a reliable and uninterrupted service to serve the students of this academic unit.

Keywords: heat transfer, thermal load index, refrigeration equipment



## INTRODUCCIÓN

Hoy, que la refrigeración doméstica, comercial e industrial ha llegado a constituirse en uno de los principios básicos de seguridad en la vida, esto se debe, a que es, el tratamiento de conservación de alimentos más extendido y el más utilizado, su uso tiene la enorme ventaja de no producir modificaciones en los alimentos.

Todos los alimentos, una vez que han sido cosechados o sacrificados, se los debe refrigerar, porque la actividad de los microorganismos y de las enzimas de los microorganismos y de los propios alimentos son enlentecidas, se produce un retraso en la degradación de los componentes de los alimentos, los alimentos duran más, los microorganismos patógenos van a inhibirse en su crecimiento, lo que permite mantener las condiciones de seguridad de los alimentos.

En nuestro país, el uso de la refrigeración se ha expandido, esto llevado al desarrollo de esta área y a su profesionalización, los sistemas de refrigeración comercial son muy utilizados en supermercados como sistemas centrales localizados en un cuarto de máquina, conectado a las cámaras de congelación y conservación, refrigeradores y mostradores.

La expansión, desarrollo y profesionalización, le presenta a la refrigeración nuevos desafíos, ya no basta con enfriar o congelar los productos perecederos, sino que sean más eficientes, pero, la palabra eficiencia en la refrigeración tiene un amplio significado, porque no solamente se tiene que pensar en un bajo consumo energético, sino que, también sea amigable con el medio ambiente.

El Proyecto de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, mención Mantenimiento: “Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro”, este tema es de gran importancia, si se desea disminuir las ganancias de calor que afectan el funcionamiento de un compartimiento refrigerado.

Disminuir las ganancias de calor es hacer uso de prácticas eficientes y responsables en la industria de la refrigeración, por lo que resulta de gran ayuda conocer todo el equipamiento que interviene. El aislamiento de las paredes y tuberías hace su contribución en un considerable ahorro de energía durante la vida útil de la cámara de congelación, además tienen una repercusión positiva tanto en la economía como en el medio ambiente.

El proyecto de grado, hace un análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación basados en el uso las tablas y hoja de caculo que proporciona la ASRHAE. Para los cálculos de la transferencia de calor se necesita tener toda información necesaria, con el propósito de pronosticar con exactitud los índices de carga térmica de una necesidad de refrigeración específica.

Cuando se cuenta con la información más completa y detallada se obtendrán los mejores resultados de cálculo, un buen cálculo es el primer paso para asegurar la selección adecuada del equipo de refrigeración en un proyecto. El trabajo inicial de reconocimiento deberá ser tan completo como sea posible.

Capítulo I: En este capítulo, se hace un análisis del porque se realiza este trabajo, se plantean los objetivos generales y específicos.

Capitulo II: En este capítulo, se desarrolla el marco teórico y se plantean las hipótesis.

Capítulo III: En este capítulo se desarrolla el marco metodológico, donde se dan a conocer los diferentes tipos de investigación que se llevaron a cabo para la realización de este proyecto de grado.

Capítulo IV: En este capítulo, se hace un análisis de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas de la encuesta realizada, también se hace la verificación de las hipótesis.

Capítulo V: En este capítulo, se desarrolla todos los cálculos que se llevaron a efecto a fin de determinar los índices de carga térmica de la cámara de congelación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1 Problematización**

El estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación es el primer paso que se realiza para diseñar una planta de refrigeración, es calcular la cantidad de calor que ingresa al compartimiento que va a ser refrigerado para disminuir o mantener la temperatura de diseño.

En un compartimiento en donde se va a extraer el calor, la carga calorífica que ingresa se debe eliminar mediante enfriamiento mecánico, la capacidad resultante es la sumatoria de las cargas caloríficas en las que están involucradas diferentes fuentes. Esta cantidad de calor se denomina capacidad de la cámara, la mayoría de los elementos de la cámara se seleccionan teniendo en cuenta esta capacidad.

El profesional involucrado en los cálculos de la transferencia de calor necesita toda la información pertinente con el fin de pronosticar con exactitud los índices de carga térmica de una necesidad de refrigeración específica.

Los índices de carga térmica es el calor que se debe extraer de una cámara, con el fin de que se mantenga la temperatura de diseño en su interior, este calor coincide con el calor que entra y que se genera dentro de una cámara de

congelación. Cuando se cuenta con la información más completa se obtendrán los mejores resultados de cálculo, un buen cálculo es el primer paso para asegurar la selección adecuada del equipo de refrigeración en un proyecto.

Para determinar los índices de carga térmica se tienen que considerar las condiciones extremas a la que una cámara de congelación y su equipo trabajarán, como la demanda de productos, la temperatura ambiente, así como el tipo y condición del producto por ser refrigerado.

Normalmente, las cámaras de congelación trabajan en tres condiciones de aplicación: condición de alta carga térmica, conocida también como condición de proyecto; condición normal, y condición de baja carga térmica también conocida como condición normal.

La condición de alta carga térmica es la más extrema a la que una cámara de congelación puede trabajar, considera la más alta temperatura ambiente, el período del día con mayor venta de productos y, por consiguiente, con más apertura de puertas, el llenado de la cámara de congelación con una carga de productos a temperatura ambiente.

La Universidad Estatal de Milagro, la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería, la malla curricular por competencias y créditos de la carrera de Ingeniería Industrial está dividida por áreas: área de asignaturas básicas, área de asignaturas humanas, área de asignaturas industriales, área de asignaturas de electricidad, y área de asignaturas administrativas.

Dentro del área de asignaturas industriales se encuentran:

En el semestre III, Fluidos. En el semestre IV, Termodinámica. En el semestre V, Vapor y Refrigeración. En el semestre VII, Transferencia de Calor.

Dentro del área de asignaturas eléctricas se encuentran:

En el semestre V, Maquinarias Eléctricas. En el semestre VI, Control Industrial. En el semestre VIII, Mantenimiento Eléctrico y Automatización y en semestre IX, Control Automático.

Las asignaturas antes mencionadas, constituyen partes de la carrera donde se organizan los conocimientos, las habilidades, los valores y las sensibilidades y se estructuran de manera lógica y pedagógica en el currículo en correspondencia con los campos de acción y esfera de actuación propios del objeto de la profesión, en estas se agrupan partes de los conocimientos que sirven de base a la actividad profesional.

A través del desarrollo de estas asignaturas y de las demás que componen el currículo por competencias se debe alcanzar la educación y la instrucción del profesional que se requiere en este siglo: dominio profundo de la profesión, una alta cultura general, elevadas convicciones políticas, ideológicas, morales y de servicio a la comunidad a la que pertenece. Estos objetivos se van alcanzados a lo largo de todo el proceso docente educativo de la carrera, en el que cada área y las asignaturas irán contribuyendo a su logro.

Dentro del área de las asignaturas industriales, en el VII semestre se tiene Transferencia de Calor. La Transferencia de Calor es una asignatura de suma importancia que se aplica a campos diversos de la ingeniería y la ciencia lo que la hace ser considerada como una asignatura básica en la formación de los ingenieros.

Las leyes de Transferencia de Calor tienen primordial importancia en el diseño y funcionamiento de múltiples equipos, entre ellos las cámaras de congelación para la conservación de alimentos por frío. La aplicación del frío, por refrigeración o congelamiento detiene los procesos bacteriológicos y enzimáticos que destruyen los alimentos. Un manejo adecuado y exacto de la temperatura en una cadena productiva es imprescindible, protege la calidad de los alimentos a un costo muy competitivo, en este caso el objetivo principal es minimizar las ganancias de calor mediante paredes debidamente aisladas.

En todos los ámbitos donde se ponen en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas se transfiere energía, más aún en las instalaciones de refrigeración por las diferencias de temperatura que existen. El aislamiento térmico de una cámara de congelación es el medio eficaz para mantener la temperatura deseada el mayor tiempo.

El estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación se lo hace para preservar significativamente la calidad sensorial y nutricional de los alimentos además de poderse realizar con costos asumibles comercialmente.

El problema que se observa: el estudiante del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial al culminar la asignatura Transferencia de Calor, no conoce la metodología que se sigue para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación. La selección correcta del equipo de refrigeración depende mucho de la exactitud del cálculo de la carga calorífica del compartimiento en donde se va a realizar la extracción del calor; por ello, los estudiantes y futuros profesionales deben conocerla previamente, basándose en los conocimientos de transmisión de calor.

El Proyecto de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, mención Mantenimiento: “Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro”, servirá para potenciar el aprendizaje del estudiante, el aprendizaje es un proceso que implica un cambio en la persona por medio de la influencia de sus actos o experiencia.

### **1.1.2 Delimitación del problema**

**Campo:** Área de Termo fluidos

**Área:** Asignaturas Industriales

**Aspecto:** Refrigeración

**País:** Ecuador.

**Región:** Costa.

**Provincia:** Guayas.

**Cantón:** Milagro.

**Lugar:** Universidad Estatal de Milagro.

### **1.1.3 Formulación del problema**

¿La implementación de una cámara de congelación servirá para que el estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica?

### **Categorización de las Variables**

#### **Variable Independiente**

Implementación de una cámara de congelación.

#### **Variable Dependiente**

El estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica.

### **1.1.4 Sistematización del problema**

¿Con la implementación de una cámara de congelación servirá para que el estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica y seleccionar correctamente el equipo de refrigeración?



¿Con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán desarrollar habilidades analíticas y experimentales?

¿Con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán dar solución a problemas de ingeniería aplicados al área térmica?

¿Con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial dejarán de ser sujetos pasivos en el proceso de enseñanza- aprendizaje de esta asignatura?

¿Con la implementación de una cámara de congelación, en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor, el docente de esta asignatura dejaría de utilizar el método convencional expositivo como estrategia didáctica?

#### **1.1.5 Determinación del tema**

El tema se lo determina en base al problema observado: el estudiante del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial, al culminar el aprendizaje de la asignatura Transferencia de Calor, no conoce la metodología que se sigue para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación. La selección correcta del equipo de refrigeración depende mucho de la exactitud del cálculo de la carga calorífica del compartimiento en donde se va a realizar la extracción del calor; por ello, los estudiantes y futuros profesionales deben conocerla previamente, basándose en los conocimientos de transmisión de calor.

Tema: “Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro”.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General de la Investigación**

Dar a conocer al estudiante la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Proporcionar a los docentes de la asignatura termo fluidos, un medio que estimule un cambio metodológico de estudio, fomentado y apoyado en el uso de materiales interactivos, prácticas de simulación y trabajo personal.

Desarrollar en los estudiantes habilidades analíticas y experimentales.

Proponer soluciones a problemas de ingeniería enfocados al área térmica.

Emplear la cámara de congelación para dar soluciones a problemas de eficiencia energética.

Proponer el uso de la cámara de congelación en el proceso de enseñanza aprendizaje de otras asignaturas.

Mejorar la calidad del aprendizaje en la asimilación de procedimientos como en el aprendizaje significativo de los conceptos.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Justificación de la investigación**

La Transferencia de Calor es una asignatura de suma importancia que se aplica a campos diversos de la ingeniería y la ciencia lo que la hace ser considerada como una asignatura básica en la formación de los ingenieros

Siempre que exista una diferencia de temperatura en un sistema, o cuando se ponen en contacto dos sistemas a diferentes temperaturas, se transfiere energía, el proceso por el cual tiene lugar el transporte de energía, se conoce como transferencia de calor.

Hoy en día la importancia de esta asignatura radica en la de contrarrestar los efectos de la transferencia de calor por medio de materiales mejor aislantes como una medida para el ahorro de energía.

Con la implementación de la cámara de congelación servirá para que el estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, este tipo de estudio y análisis sirve para seleccionar correctamente el equipo de refrigeración que se debe instalar con el objetivo garantizar la estabilidad de la temperatura dentro de la cámara. Con el uso de la cámara desarrollaran habilidades analíticas y experimentales muy importantes en el proceso de enseñar y aprender en el nivel superior, representando situaciones dentro del contexto real que es la base para el aprendizaje, con este enfoque se potencia el pensamiento divergente, que se relaciona con el proceso creativo por la diversidad de opciones que proporciona este recurso didáctico.

El uso de la cámara de congelación como un generador de soluciones a problemas de ingeniería enfocados al área térmica, es un método activo-participativo, este método tiende a exigir al docente cualidades que deben ser cultivadas como: la creatividad para darle el uso adecuado a este recurso didáctico, el desarrollo de una metodología de trabajo activa-participativa en donde los estudiantes puedan desarrollar el sentido del análisis, preocupación por la formación integral de estos, habilidad para el manejo de grupos de trabajo, una comunicación clara y precisa con los estudiantes y, el deseo de enseñar. Se potencia la autonomía y responsabilidad de los estudiantes, se supera la dirección del aprendizaje que consiste en que el docente imparte los conocimientos para integrarse como un estudiante más en el laboratorio.

En los momentos actuales, el problema medioambiental, el calentamiento global causados por el efecto invernadero en el cual el CO<sub>2</sub> tiene una elevada responsabilidad, el uso eficiente de la energía es necesario. Todo esto provoca que cada día se dediquen más esfuerzos para reducir el consumo de energía en todos los aspectos de la vida, focos ahorradores, coches con mejores rendimientos, energía eólica, etc.

La selección adecuada y el manejo responsable de un sistema de refrigeración son factores vitales en la reducción energética. Los equipos de refrigeración pueden llegar a representar cerca del 50 por ciento del total del consumo eléctrico, si se considera que este rubro es el segundo o tercer gasto más importante en un negocio, después del rol de pago y la renta.

Cada kilovatio hora que se ahorre en la refrigeración y cada libra menos de refrigerante que se escape al ambiente tienen un fuerte impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se puede reducir la huella ecológica de las operaciones de un negocio, además de ahorrar dinero para evitar el calentamiento global y el cambio climático que ha tenido efectos tan adversos en los últimos años.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 Antecedentes históricos**

El tema del presente Proyecto de Grado “Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro”, no existe en la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería, ni en ninguna otra biblioteca de la Universidad Estatal de Milagro sede Guayaquil.

Este proyecto se lo ha elaborado con la finalidad de que sea aplicado a los estudiantes de VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial mención Mantenimiento, para conocer la metodología que se sigue para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación. La selección correcta del equipo de refrigeración depende mucho de la exactitud del cálculo de la carga calorífica del compartimiento en donde se va a realizar la extracción del calor; por ello, los estudiantes y futuros profesionales deben conocerla previamente, basándose en los conocimientos de transmisión de calor.

El desarrollo de este proyecto, así como el desarrollo de la solución de problemas, se deriva de la filosofía pragmática que establece que los conceptos son entendidos a través de las consecuencias observables y que el aprendizaje

implica el contacto directo con las cosas. Este proyecto emerge de una de las visiones de la educación en la cual los estudiantes toman una mayor responsabilidad de su propio aprendizaje y en donde aplican, en proyectos reales, las habilidades y conocimientos adquiridos en el salón de clase.

De utilizarse la cámara de congelación como recurso didáctico, los estudiantes van a estimular sus habilidades más fuertes y desarrollaran algunas nuevas. Se va a motivar en ellos el amor por el aprendizaje, un sentimiento de responsabilidad y esfuerzo y un entendimiento del rol tan importante que tienen en su escenario de competencia.

### **2.1.2 Antecedentes referenciales**

La Transferencia de Calor es la energía que se transfiere de un sistema a otro con menor temperatura, debido únicamente a la diferencia de temperatura.

Siempre que existe un gradiente de temperatura en un sistema, o cuando se ponen en contacto dos sistemas a diferentes temperaturas, se transfiere energía. El proceso por el cual tiene lugar el transporte de la energía, se conoce como transferencia de calor. Lo que está en tránsito, llamado calor, no puede ser medido u observado directamente, pero los efectos que produce son posibles de observar y medir.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la determinación de la rapidez de transferencia de calor a una diferencia de temperatura especificada constituye el problema principal.

La refrigeración y el acondicionamiento de aire que son ramas de la ingeniería, su mayor enemigo es la transferencia de calor. En la refrigeración cuyo uso más común es la conservación de artículos comerciales putrescible.

---

<sup>1</sup>KREITH, Frank: Principios de Transferencia de Calor, Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. México, 1970.

Hoy, la conservación de alimentos tiene más importancia que la que antes tuvo, las grandes ciudades, como Guayaquil, Milagro, etc., necesitan de enormes cantidades de alimentos, muchos de los cuales son producidos y procesados en lugares muy apartados, estos alimentos deben conservarse en condiciones adecuadas durante su traslado y el subsecuente almacenamiento hasta que estos sean consumidos.

La industria de la conservación de alimentos fundamenta su desarrollo tecnológico en el aumento de la demanda de los productos alimenticios que por lo general son perecederos.

La refrigeración y la congelación para la conservación de alimentos es uno de los métodos más extendidos y utilizados por el desarrollo que han experimentado los sistemas frigoríficos que son usados para este fin. Los cambios que experimentan los productos en sus características como: apariencia, sabor, estructurales, bioquímicos, etc., son mínimos y no afectan su consumo.

La refrigeración detiene el crecimiento de los microorganismos, retrasando la acción que degrada los componentes de los alimentos y, que terminan con la descomposición. El éxito de la refrigeración como un sistema óptimo para la conservación de los alimentos depende mucho de la calidad de la materia prima, la aplicación inmediata y el mantener constante el tratamiento a lo largo de todas las etapas de la cadena de frío, que se inicia en la producción y termina en el consumo.

Para retardar el mayor tiempo posible el proceso de descomposición de los alimentos, se buscan las condiciones de almacenamiento óptimas como son la temperatura, humedad relativa, circulación del aire de la cámara. Los procesos de descomposición de los alimentos dependen en gran parte de la temperatura en que son almacenados.

Contrarrestar la transferencia de calor por la diferencia de temperatura existente entre el ambiente y la cámara de congelación mediante un buen aislamiento es la labor del ingeniero.

### **2.1.3 Fundamentación**

El presente Proyecto de Grado “Estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro”, fundamenta su marco teórico en los siguientes argumentos científicos:

#### **2.1.3.1 Fundamentación Pedagógica**

**La educación es la clave para hacer mejores personas, para transformar la familia y la sociedad y, en definitiva, para cambiar el mundo.**

Este proyecto de grado se fundamenta en el modelo pedagógico del constructivismo social, cuyo exponente más representativo fue el filósofo ruso Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934). Para Lev Vygotsky, el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio, pero el medio entendido como algo social y cultural, no solamente físico.

El constructivismo es una posición compartida por diferentes tendencias de la investigación psicológica y educativa. Entre ellas se encuentran las teorías de Jean Piaget (1952), Lev Vygotsky (1978), David Ausubel (1963), Jerome Bruner (1960), y aun cuando ninguno de ellos se denominó como constructivista sus ideas y propuestas claramente ilustran las ideas de esta corriente.

El constructivismo sostiene que el aprendizaje es esencialmente activo. Una persona que aprende algo nuevo, lo incorpora a sus experiencias previas y a sus propias estructuras mentales. Cada nueva información es asimilada y depositada en una red de conocimientos y experiencias que existen previamente en el sujeto, como resultado podemos decir que el aprendizaje no es ni pasivo ni objetivo, por el contrario es un proceso subjetivo que cada persona va modificando constantemente a la luz de sus experiencias (Abbott, 1999).

---

<sup>2</sup> PARICA RAMOS, Amarilis Tania; BRUNO LIENDO, Freddy Jesús; ABANCIN OSPINA Ramón Antonio: Teoría del Constructivismo Social. Universidad central de Venezuela, Facultad de Humanidades y Educación, 2005.



En el contexto de la asignatura “Transferencia de Calor”, se trata de que exista aprendizaje por descubrimiento, experimentación y manipulación de realidades concretas, pensamiento crítico, diálogo y cuestionamiento continuo. Detrás de todas estas actividades descansa la suposición de que todo individuo, de alguna manera, será capaz de construir su conocimiento a través de tales actividades.

Esta construcción del conocimiento se puede comparar con cualquier trabajo mecánico, así, los esquemas serían comparables a las herramientas. Es decir, son instrumentos específicos que por regla general sirven para una función muy determinada y se adaptan a ella y no a otra. Si se toma como ejemplo la cámara de congelación, para entender la mayoría de las situaciones que se presenta en la realidad, se tiene que tener una representación de los diferentes elementos que la componen.

Un Esquema: es una representación de una, situación concreta o de un concepto que permite manejarlos internamente y enfrentarse a situaciones iguales o parecidas en la realidad, los esquemas pueden ser muy simples o muy complejos, también pueden ser muy generales o muy especializados.

Si se quiere dar a conocer la metodología para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación a los estudiantes del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial que toman esta asignatura, implementando una cámara como recurso didáctico, la estrategia metodológica para lograr que los estudiantes se sientan altamente motivados y comprometidos con su aprendizaje, va a depender mucho del docente, en este nuevo enfoque del aprendizaje se potencia el proceso creativo desarrollando la autonomía y responsabilidad del estudiante, en la dinámica de la clase se hace uso de la flexibilidad que permite que el aprendizaje sea cooperativo o grupal, con lo cual, la comunicación se hace más horizontal es decir se supera la dirección del aprendizaje.

---

<sup>3</sup>PAYER, Mariángeles: Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación con la teoría de Jean Piaget, <http://www.proglocode.unam.mx/system/files/>

Normalmente el estilo de aprendizaje de los estudiantes de educación superior es el pragmatismo; el estudiante, cuyo estilo de aprendizaje es el pragmatismo, son personas que intentan poner en práctica las ideas. Buscan la rapidez y eficacia en sus acciones y decisiones. Se muestran seguros cuando se enfrentan a los proyectos que les ilusionan. Les gusta probar ideas, teorías y técnicas nuevas, y comprobar si funcionan en la práctica. La construcción de la cámara de congelación y la instalación del sistema de refrigeración es un proyecto, donde los autores son estudiantes pragmáticos, ponen en pruebas sus ideas, sus teorías y nuevas técnicas de construcción, que no lo pueden hacer en su trabajo cotidiano por obvias razones. Una vez que se experimentó y resultó se pone en práctica inmediatamente, los resultados van ahorrar tiempo y materiales y obviamente dinero. El diseño y la construcción de la cámara no es el producto de discusiones en el aula, con la idea plasmada en un plano se procedió tomar decisiones y resolver los problemas que se presentaban “in situ”, tomando estos como un reto.

David Kolb, en su *Estudiantes Pragmático* dice:

Los estudiantes pragmáticos aprenden mejor: Con actividades que relacionen la teoría y la práctica, cuando ven a los demás hacer algo, Cuando tienen la posibilidad de poner en práctica inmediatamente lo que han aprendido.

Tienen dificultad de aprendizaje cuando: Cuando lo que aprenden no se relacionan con sus necesidades inmediatas, con aquellas actividades que no tienen una finalidad aparente, cuando lo que hacen no está relacionado con la realidad”.

Otras características:

Técnico, Útil, Rápido, Decidido, Planificador, Positivo, Concreto, Objetivo, Claro, Seguro de sí, Organizador, Actual, Solucionador de problemas, Aplicador de lo aprendido, Planificador de acciones.

---

<sup>4</sup>KOLB,David:AlumnosPragmáticos,www.galeon.com/aprenderaaprender/Kolb/pragmaticos.htm

### 2.1.3.2 Fundamentación Técnica

#### **Cámaras frigoríficas:**

Se entiende por cámara de congelación (figura 1) el local construido con material aislante térmico, destinado a la conservación por medio del frío de productos perecederos.

El producto agrícola, vegetales y frutas, se alimenta de la misma planta, después del corte y recolección sigue su proceso de vida utilizando la sustancia almacenada, esto produce cambios en los vegetales y en las frutas que conducen a su maduración y completo deterioro.

Al colocar estos productos bajo refrigeración se retarda el proceso de vida natural, disminuyendo la actividad enzimica, por lo que el producto se puede conservar por un tiempo que varía desde 3-4 días hasta 6-8 meses, de acuerdo a la especie y a la variedad.

Los productos animales, carne de diferentes especies como: bovinos, porcinos, peces, aves, son sustancias alimenticias sin vida, después de sacrificados no siguen ningún proceso natural, también son afectados por las enzimas, estas a temperatura ambiente, atacan los tejidos. Los productos animales dejan de ser comestible en 2-3 días.

Wikipedia, la enciclopedia libre dice:

Manteniendo las carnes a bajas temperaturas, el proceso de deterioro se puede evitar y así consumir la carne varios meses después del sacrificio.

---

<sup>5</sup>WIKIPEDIA, la enciclopedia libre: Cámara frigorífica. [wikipedia.org/wiki/Cámara\\_frigorífica](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_frigor%C3%ADfica)

Ofrecer los frutos y las carnes por un mayor período de tiempo es importante para las cadenas de supermercados, económicamente es rentable, porque no tienen que estar movilizándolo constantemente sus medios de transportes.

Por este motivo, se almacenan los productos en cámaras de congelación a temperatura adecuadas permitiendo ofrecerlo al consumidor final mucho tiempo después del sacrificio o de la cosecha.

Los manuales de los sistemas de refrigeración tienen tablas que indican la temperatura y humedad relativa que debe estar la cámara de congelación para conservar los productos, hasta su consumo.



**Figura 1.** Cámara de congelación (Universidad Católica Santiago de Guayaquil)

Los elementos constitutivos básicos de una cámara frigorífica son tres:

- Aislamiento Térmico.
- Barrera anti vapor.
- Revestimientos.

## **Aislamiento Térmico**

Todos los materiales, en mayor o menor medida, se oponen al paso del calor a través de ellos. Algunos casos, tienen una mínima oposición, por ejemplo, los metales, otros tienen una resistencia media, por ejemplo, los materiales de construcción. Los materiales que ofrecen una resistencia muy alta se llaman materiales aislantes. No existe un material aislante del calor perfecto, siempre existirá una cierta cantidad de calor fluyendo.

Aislante térmico es todo material usado en la construcción de cámaras frigoríficas que se caracteriza por su alta resistencia térmica, este elemento establecen una alta oposición al paso de calor entre dos ambientes con distintas temperaturas.

Los aislamientos térmicos más utilizados son materiales de constitución porosa o fibrosa como las lanas minerales, poli estireno expandido, poli estireno extruido, espuma de poliuretano, corcho, etc.

El aislamiento térmico de una cámara frigorífica ocupa un lugar muy importante, tanto es así que en algunos casos, su costo e instalación llega a ser del orden de un 20% del costo total de la instalación, la selección de un buen aislante y de un espesor óptimo significa una economía en el costo del funcionamiento.

El aislamiento térmico evita el aporte calorífico hacia el espacio refrigerado, ayuda a mantener la temperatura interna al valor deseado.

Entre las principales propiedades que deben de caracterizar a un buen aislante térmico se tiene:

- La conductividad térmica.
- La resistencia a la compresión.
- La densidad.
- La combustibilidad.

- La permeabilidad al vapor de agua.

### **Conductividad Térmica**

El poder aislante de un material esta limitado por su coeficiente de conductividad y se define como la cantidad de vapor que atraviesa una pared:

Durante la unidad de tiempo: 1 hora.

Cuyo espesor es la unidad de longitud: 1 metro o pie.

La superficie, la unidad correspondiente: 1 metro cuadrado o pies<sup>2</sup>.

La diferencia de temperatura entre las dos caras del material: °C o °F.

### **Tabla de cálculo rápido para cámaras frigoríficas**

Para el cálculo rápido de la transmisión de calor a través de paredes aisladas, se utiliza la tabla 1, esta indica la ganancia de calor para diversos espesores de aislantes que comúnmente se utilizan. El espesor indicado, es el del aislante y no el espesor total de la pared.

**Cuadro 1.** Transmisión de calor a través de paredes aisladas en BTU x 1 oF D.T. x pie<sup>2</sup> x 24 horas

| <b>Aislante</b>  | <b>Pulgadas de aislante</b>                            |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|  | 2  | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12  |
| <b>Poliuretano expandido. Factor k= 0.17</b>   | 2.04   | 1.36 | 1.02 | .815 | .68  | .58  | .51  | .45  | .41  | .37 | .34 |
| <b>Fibra de vidrio, corcho, placa y relleno de lana mineral y poliestireno expandido. Factor k= 0.25</b> | 3.0  | 2.0  | 1.5  | 1.2  | 1.0  | .86  | .75  | .67  | .60  | .55 | .50 |
| <b>Aserrín. Factor k= 0.45</b>   | 5.40   | 3.60 | 2.70 | 2.16 | 1.80 | 1.54 | 1.35 | 1.20 | 1.08 | .98 | .90 |
| <b>Vidrio</b>  | <b>BTU por 1 oF D.T. por pie cuadrado por 24 horas</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |
| <b>Vidrio sencillo</b>   | 17.52  |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |
| <b>Doble vidrio aislante</b>   | 11.76  |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |
| <b>Triple vidrio aislante</b>  | 9.12   |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

### Resistencia a la Compresión

Las consideraciones con respecto a la resistencia por compresión son importantes con relación a la forma como va a ser utilizado e instalado el aislamiento.

En el caso que vaya a ser utilizado como relleno, ya sea solo o en combinación con otros materiales, los esfuerzos verticales son absorbidos por la estructura, los rellenos recibirán esfuerzos horizontales para los cuales deberán tener una resistencia a la flexión.

El aislamiento usado en los pisos deberá tener una resistencia al aplastamiento que le permita soportar la carga debida a los productos almacenados. Los materiales aislantes no deberán sufrir disgregación por efectos de las vibraciones.

## **Densidad**

La densidad es el peso por unidad de volumen de un material. Generalmente, la conductividad aumenta con la densidad, sin embargo en la misma categoría de materiales aislantes, un material ligero puede ser menos aislante que otro mas denso.

## **Combustibilidad**

El riesgo de incendio, es otra de las propiedades que se toman en cuenta para seleccionar un aislamiento, se ha comprobado que los aislamientos de origen mineral son lo que mejor resisten a la acción del fuego.

## **Permeabilidad al vapor de agua**

La permeabilidad de los materiales aislantes es muy variable, siendo muy alta para los materiales fibrosos pero prácticamente nulos para ciertos aislantes celulares.

La mayor parte de los materiales aislantes está constituido por células de aire limitadas por fibras o gránulos, el aire incluido es el elemento fundamental de la conductibilidad y en consecuencia el aislamiento se caracteriza por su porosidad.

El aire que se encuentra contenido en las células debe ser aire seco, el aire húmedo es más conductor que el aire seco, es por eso la necesidad de que la pared de la célula de aire del material aislante no sea permeable al vapor de agua.



## **Barrera anti vapor de agua.**

La barrera de vapor (figura 2) es una membrana impermeable al vapor de agua que debe instalarse en la cara más caliente del aislamiento, esta barrera evita el paso del vapor de agua contenido en el aire al interior del aislamiento, de ocurrir el ingreso, el aislamiento perdería eficiencia y en el caso de operar la cámara a temperaturas inferiores al punto de congelamiento del agua se formaría hielo que al acumularse destruiría el aislamiento.



**Figura 2.** Barrera de vapor instalada en el piso de cámara frigorífica en la UNEMI.

**Los materiales con uso más extendido son:**

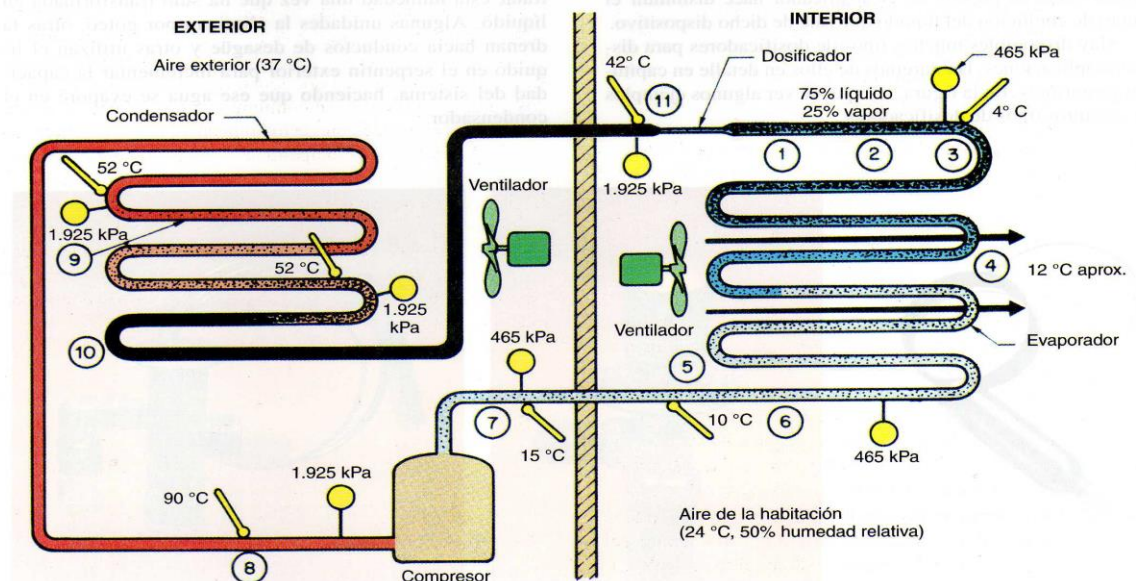
- Poli estireno extruido.
- Poli estireno expandido.
- Lana de roca
- Lana de vidrio
- Poliuretano

- Paneles sándwich
- Productos ligeros reflectantes
- Eco aislamiento

### Equipo de Refrigeración

El equipo de refrigeración o el sistema de refrigeración está diseñado primordialmente para disminuir la temperatura del producto almacenado en las cámaras frigoríficas, las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme sus especificaciones.

El sistema más extendido para la extracción del calor de un compartimiento, es el llamado sistema de refrigeración por compresión mecánica del vapor, este sistema consiste en un circuito cerrado en el que circula un fluido refrigerante que es sometido a procesos de cambios de estado por la variación de su punto de ebullición por cambio de presión. Es el llamado ciclo de refrigeración por compresión de vapor, que se representa en la figura 3.



**Figura 3.** Circuito frigorífico básico por compresión de vapor (Tecnología de la Refrigeración y Aire acondicionado, William C. Whitman, William M. Johnson)

Los sistemas de refrigeración por compresión se basan en el principio de la variación del punto de ebullición por cambios de la presión.

Aumentando la presión sobre cualquier líquido se aumenta su punto de ebullición, por el contrario, si la presión se reduce su punto de ebullición desciende.

Todos los líquidos se comportan de esta forma y el refrigerante de un sistema de refrigeración sufre continuos cambios de presión que varían su punto de ebullición.

Cuando la presión del refrigerante se reduce por el efecto aspirante del motor compresor, su punto de ebullición desciende. La baja temperatura a la que su evaporación se produce es lo que hace posible la producción de frío.

Cuando el refrigerante que se ha evaporado, se comprime, su punto de ebullición aumenta y si en este punto se enfría por debajo de su punto de ebullición se condensa de nuevo quedando así dispuesto para un nuevo ciclo de evaporación y enfriamiento.

La figura 3 muestra el ciclo completo de un sistema de refrigeración. La secuencia de estos procesos es el siguiente:

El líquido entra en un serpentín conocido como evaporador a través de un dosificador. El serpentín se halla a una baja presión por lo que el líquido se evapora a baja temperatura produciendo así un efecto refrigerante.

La salida del evaporador se halla conectada a la aspiración del motor compresor. La aspiración producida por el motor compresor reduce la presión en el evaporador y elimina el vapor producido por la evaporación del refrigerante.

El compresor bombea el refrigerante a una elevada presión hacia otro serpentín, el condensador, aumentando de esta forma su punto de ebullición. El condensador se enfría con aire por lo que el vapor comprimido se condensa de nuevo completando de esta forma el ciclo.

En la cámara frigorífica que se va a construir en el aula designada por la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro, se pueden instalar dos tipos sistemas de refrigeración: Sistema de refrigeración auto contenido o tipo mochila (figura 4).



**Figura 4.** Sistema de refrigeración auto contenido o tipo mochila (Universidad Católica Santiago de Guayaquil)

Este tipo de equipo de refrigeración, es un sistema compacto, compuesto con un gabinete único que acomoda al evaporador, condensador, compresor, válvulas, controles y conexiones eléctricas.

**Ventajas y características de un sistema de refrigeración auto contenido:**

**Rápida Instalación:** Un equipamiento compacto permite una instalación fácil y simplificada que necesita apenas de una abertura en la parte lateral de la cámara frigorífica para instalarlo. Una vez instalado está listo para el uso, para esto necesita conectarse a la red eléctrica. Los parámetros de operación son ajustados en fábrica para una aplicación estándar.

**Total accesibilidad:** La tapa frontal está compuesta por dos partes, permitiendo el acceso a los componentes internos de la unidad condensadora.

Deshielo en los modelos de baja temperaturas: El deshielo del serpentín evaporador se lo realiza por gas caliente, lo que garantiza un proceso rápido de limpieza. El deshielo de la bandeja de condensado es realizado por resistencia eléctrica, garantizando el desagüe de esta.

Mejor espacio de la cámara refrigerada: Estos equipos están diseñados para ser instalados cerca del techo asegurando una mejor dispersión del aire, además proporciona mayor capacidad de almacenaje de la cámara.

### **Sistema de refrigeración de componentes separados**

En este tipo de sistema de refrigeración, los componentes están separados, la unidad condensadora (figura 5), va instalada en la parte exterior de la cámara pero no a la intemperie, los elementos que la componen no están protegidos para la lluvia. La unidad condensadora permite al refrigerante que sale en estado gaseoso del compresor en alta presión cambiar de estado gas a estado líquido, para poder alimentar el dispositivo de expansión con el líquido necesario hasta producir una buena evaporación. Para tener este cambio de estado se necesita un enfriamiento que puede producirse por dos medios: aire o agua, la unidad condensadora de la figura es enfriada por aire.



**Figura 5.** Unidad condensadora enfriada por aire (Universidad católica Santiago de Guayaquil)

La unidad evaporadora (figura 6), va instalada en el interior de la cámara frigorífica, La tarea principal del evaporador es enfriar el medio a la temperatura deseada.

Cuando el refrigerante está pasando por el evaporador, éste utiliza el calor del aire en su alrededor para cambiar de estado líquido pasando a vapor. Éste es el efecto de enfriamiento, y por esto se dice que la tarea del evaporador es enfriar.

Normalmente el flujo de los fluidos es en contracorriente. Las aletas del evaporador, al aumentar significativamente la superficie de transmisión de calor, hacen que éste sea más efectivo. Para asegurar una alta eficiencia y capacidad de enfriamiento del evaporador, es necesario realizar en los evaporadores para cámaras frigoríficas de baja temperatura deshielos, cada cierto tiempo.



**Figura 6.** Unidad evaporadora instalada en cámara frigorífica UNEMI

### **Tuberías de refrigeración**

Cuando el sistema de refrigeración es de componentes separados, el elemento que une estos componentes es la tubería de refrigeración. La tubería que

normalmente se utiliza en las instalaciones de refrigeración es de cobre del tipo L y K.

El correcto dimensionado, recorrido e instalación de las tuberías y accesorios permite mantener los equipos de refrigeración en condiciones adecuadas de funcionamiento. La tubería lleva el refrigerante a través de todos sus componentes, también proporciona el modo para que el aceite retorne hacia el compresor



**.Figura 7.** Instalación típica de la tubería de refrigeración (Supermercado de carnes Orellana)

Se recomienda el uso de tubería de cobre especial para refrigeración, esta se adquiere limpia deshidratada y sellada para evitar la contaminación.

Cada accesorio en una tubería de refrigeración contribuye a la caída de presión por fricción provocando la oposición o restricción al flujo uniforme. Por lo complicado y detallado de medir la caída de presión de cada accesorio individualmente, se ha establecido en la práctica una longitud equivalente de

tubería recta para cada accesorio, esto permite la consideración del largo total de la tubería incluyendo los accesorios como una longitud equivalente de línea recta.

Las longitudes equivalentes de los accesorios comúnmente utilizados se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Longitud equivalente de accesorios de cobre

| DIAMETRO |    | ACCESORIO- LONGITUD EQUIVALENTE (METROS) |          |      |                   |       |           |               |                  |
|----------|----|--|----------|------|-------------------|-------|-----------|---------------|------------------|
| PULG.    | mm | CODO 90°                                 | CODO 45° | "T"  | "T"<br>DERIVACION | SIFON | REDUCCION | VAVULA ESFERA | VISOR DE LIQUIDO |
| 3/8      | 10 | 0.40                                     | 0.20     | 0.20 | 0.60              | 0.80  | 0.30      | -             | 1.80             |
| 1/2      | 12 | 0.50                                     | 0.25     | 0.25 | 0.70              | 0.95  | 0.40      | -             | 2.20             |
| 5/8      | 16 | 0.55                                     | 0.27     | 0.28 | 0.80              | 1.10  | 0.50      | 0.05          | 2.60             |
| 3/4      | 18 | 0.60                                     | 0.30     | 0.32 | 0.90              | 1.20  | 0.60      | 0.06          | 3.00             |
| 7/8      | 22 | 0.70                                     | 0.35     | 0.38 | 1.00              | 1.40  | 0.65      | 0.06          | 3.10             |
| 1 1/8    | 28 | 0.80                                     | 0.45     | 0.45 | 1.20              | 1.65  | 0.70      | 0.08          | 3.80             |
| 1 3/8    | 35 | 1.20                                     | 0.60     | 0.60 | 1.50              | 2.30  | 1.00      | 0.10          | 4.90             |
| 1 5/8    | 42 | 1.40                                     | 0.70     | 0.80 | 2.10              | 2.70  | 1.20      | 0.11          | 6.10             |
| 2 1/8    | 54 | 1.50                                     | 0.75     | 0.90 | 2.50              | 3.10  | 1.60      | 0.13          | 7.30             |
| 2 5/8    | 65 | 1.90                                     | 0.95     | 1.20 | 3.20              | 3.80  | 2.00      | 0.15          | 8.40             |
| 3 1/8    | 80 | 2.40                                     | 1.20     | 1.50 | 4.20              | 4.70  | 2.50      | 0.19          | 8.80             |
| 3 5/8    | 90 | 2.80                                     | 1.40     | 2.00 | 5.00              | 5.50  | 3.00      | 0.23          | 10.00            |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

Para dimensionar el diámetro de la tubería de vapor y líquido, se tiene que tener presente que la caída de presión en las líneas reduce la capacidad del equipo de refrigeración y a aumentar los requerimientos de potencia.



## **2.2 Marco Legal**

### **Constitución de la República del Ecuador 2008**

#### **TÍTULO II: Derechos**

##### **Capítulo II**

##### **Derechos del buen vivir**

##### **Sección quinta: Educación**

**Art. 26.-** La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.

**Art. 27.-** La educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar. La educación es indispensable para el conocimiento, el ejercicio de los derechos y la construcción de un país soberano, y constituye un eje estratégico para el desarrollo nacional.

**Art. 28.-** La educación responderá al interés público y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos. Se garantizará el acceso universal, permanencia, movilidad y egreso sin discriminación alguna y la obligatoriedad en el nivel inicial, básico y bachillerato o su equivalente. Es derecho de toda persona

y comunidad interactuar entre culturas y participar en una sociedad que aprende. El Estado promoverá el diálogo intercultural en sus múltiples dimensiones. El aprendizaje se desarrollará de forma escolarizada y no escolarizada. La educación pública será universal y laica en todos sus niveles, y gratuita hasta el tercer nivel de educación superior inclusive.

**Art. 29.-** El Estado garantizará la libertad de enseñanza, la libertad de cátedra en la educación superior, y el derecho de las personas de aprender en su propia lengua y ámbito cultural. Las madres y padres o sus representantes tendrán la libertad de escoger para sus hijas e hijos una educación acorde con sus principios, creencias y opciones pedagógicas.

## **TÍTULO VII**

### **Régimen del Buen Vivir**

#### **Sección primera- Educación**

**Art. 350.-** El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo.

**Art. 352.-** El sistema de educación superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios de música y artes, debidamente acreditados y evaluados. Estas instituciones, sean públicas o particulares, no tendrán fines de lucro.

---

<sup>6</sup> REPUBLICA DEL ECUADOR: Constitución del Ecuador 2008, (pp.) 18,1 9, 71 y 72

# **LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR**

## **TITULO I**

### **ÁMBITO, OBJETO, FINES Y PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

#### **CAPÍTULO 1**

##### **ÁMBITO Y OBJETO**

Art. 1.- Ámbito.- Esta Ley regula el sistema de educación superior en el país, a los organismos e instituciones que lo integran; determina derechos, deberes y obligaciones de las personas naturales y jurídicas, y establece las respectivas sanciones por el incumplimiento de las disposiciones contenidas en la Constitución y la presente Ley.

Art. 2.- Objeto.- Esta Ley tiene como objeto definir sus principios, garantizar el derecho a la educación superior de calidad que propenda a la excelencia, al acceso universal, permanencia, movilidad y egreso sin discriminación alguna.

#### **CAPÍTULO 2**

##### **FINES DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR**

Art. 3.- Fines de la Educación Superior.- La educación superior de carácter humanista, cultural y científica constituye un derecho de las personas y un bien público social que, de conformidad con la Constitución de la República, responderá al interés público y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos.

Art. 4.- Derecho a la Educación Superior.- El derecho a la educación superior consiste en el ejercicio efectivo de la igualdad de oportunidades, en función de los

méritos respectivos, a fin de acceder a una formación académica y profesional con producción de conocimiento pertinente y de excelencia.

Las ciudadanas y los ciudadanos en forma individual y colectiva, las comunidades, pueblos y nacionalidades tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo superior, a través de los mecanismos establecidos en la Constitución y esta Ley.

Art. 8.- Serán Fines de la Educación Superior.- La educación superior tendrá los siguientes fines:

a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción científica y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas;

b) Fortalecer en las y los estudiantes un espíritu reflexivo orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico;

c) Contribuir al conocimiento, preservación y enriquecimiento de los saberes ancestrales y de la cultura nacional;

d) Formar académicos y profesionales responsables, con conciencia ética y solidaria, capaces de contribuir al desarrollo de las instituciones de la República, a la vigencia del orden democrático, y a estimular la participación social;

e) Aportar con el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo previsto en la Constitución y en el Plan Nacional de Desarrollo;

f) Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional;

g) Constituir espacios para el fortalecimiento del Estado Constitucional, soberano, independiente, unitario, intercultural, plurinacional y laico; y,

h) Contribuir en el desarrollo local y nacional de manera permanente, a través del trabajo comunitario o extensión universitaria.

### **CAPÍTULO 3**

#### **PRINCIPIOS DEL SISTEMA DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

Art. 13.- Funciones del Sistema de Educación Superior.-

Son funciones del Sistema de Educación Superior:

a) Garantizar el derecho a la educación superior mediante la docencia, la investigación y su vinculación con la sociedad, y asegurar crecientes niveles de calidad, excelencia académica y pertinencia;

b) Promover la creación, desarrollo, transmisión y difusión de la ciencia, la técnica, la tecnología y la cultura;

c) Formar académicos, científicos y profesionales responsables, éticos y solidarios, comprometidos con la sociedad, debidamente preparados para que sean capaces de generar y aplicar sus conocimientos y métodos científicos, así como la creación y promoción cultural y artística;

m) Promover el respeto de los derechos de la naturaleza, la preservación de un ambiente sano y una educación y cultura ecológica;

n) Garantizar la producción de pensamiento y conocimiento articulado con el pensamiento universal; y,

ñ) Brindar niveles óptimos de calidad en la formación y en la investigación.

Art. 14.- Son instituciones del Sistema de Educación Superior:

a) Las universidades, escuelas politécnicas públicas y particulares, debidamente evaluadas y acreditadas, conforme la presente Ley; y,

b) Los institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores,

## **TÍTULO IV**

### **IGUALDAD DE OPORTUNIDADES**

#### **CAPÍTULO 2**

##### **DE LA GARANTÍA DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES**

Art. 87.- Requisitos previos a la obtención del título.- Como requisito previo a la obtención del título, los y las estudiantes deberán acreditar servicios a la comunidad mediante prácticas o pasantías pre profesionales, debidamente monitoreadas, en los campos de su especialidad, de conformidad con los lineamientos generales definidos por el Consejo de Educación Superior.

Dichas actividades se realizarán en coordinación con organizaciones comunitarias, empresas e instituciones públicas y privadas relacionadas con la respectiva especialidad.

Art. 88.- Servicios a la comunidad.- Para cumplir con la obligatoriedad de los servicios a la comunidad se propenderá beneficiar a sectores rurales y marginados de la población, si la naturaleza de la carrera lo permite, o a prestar servicios en centros de atención gratuita.

## **TÍTULO VII**

### **INTEGRALIDAD**

#### **CAPITULO 2**

##### **Sección Tercera**

##### **Del Funcionamiento de las Instituciones de Educación Superior**

Art. 144.- Tesis Digitalizadas.- Todas las instituciones de educación superior estarán obligadas a entregar las tesis que se elaboren para la obtención de títulos académicos de grado y posgrado en formato digital para ser integradas al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

**Calor:** Es una forma de energía que se transmite entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura.

**Transferencia de calor:**

- Pasará calor de un cuerpo a otro cuerpo solo cuando exista una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos.
- Cuando un cuerpo está en equilibrio térmico con (es decir a la misma temperatura) sus alrededores, no habrá transferencia de calor entre el cuerpo y sus alrededores.
- La transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja (de un cuerpo caliente a un cuerpo frío) y nunca en la dirección opuesta.

**Conducción:** Ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre las moléculas de un cuerpo simple o entre las moléculas de dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos.

**Convección:** Ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye.

**Radiación:** Ocurre en forma de movimiento ondulatorio similar a ondas ligeras, en donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de la intervención de la materia.

**Conductividad térmica:** Es una medida de la capacidad térmica de un material para conducir calor.

**Refrigeración:** Es un caso particular de transferencia térmica e incluye la producción y utilización de temperaturas inferiores a la temperatura ambiente mediante diferentes procesos.

**Capacidad de refrigeración:** Esta dada en términos de medida arbitraria de capacidad, la tonelada.

**Congelación:** Es conseguir una temperatura en la que el agua que contenga ese elemento cambie su estado de líquido a sólido.

**Refrigerante:** En cualquier proceso de refrigeración la sustancia o cuerpo que absorbe el calor es denominado refrigerante.

**Efecto refrigerante:** Es la cantidad de calor que puede absorber para vaporizarse, la fracción líquida de cada libra de refrigerante que entra al evaporador. Es la diferencia entre la entalpía en los puntos de saturación (hfg) a la presión de evaporación menos la entalpía del líquido que sale de la válvula de control.

**Enfriamiento sensible:** Cuando el calor absorbido por el refrigerante hace que su temperatura aumente.

**Enfriamiento latente:** Cuando el calor hace que el agente cambie de estado. Si queremos que el efecto refrigerante sea continuo debemos mantener la temperatura del agente refrigerante por debajo del espacio o material que estamos enfriando.



**Entropía:** Es la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir un trabajo. En un sentido más amplio se interpreta como la medida del desorden de un sistema. Es una función de estado de carácter extensivo y su valor en un sistema aislado crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La palabra entropía procede del griego (έντροπία), y significa evolución o transformación.

**Entalpía:** Es una propiedad que puede ser calculada de la materia que muchas veces ha sido definida como calor total. Específicamente la entalpía, de una masa dada de un material a una condición termodinámica conocida es la suma de todas las energías suministradas a la misma para mantenerla en su condición actual con respecto a una condición inicial conocida arbitrariamente como punto de entalpía cero.

**Compresión:** Es la acción mecánica por la que se reducen volumen de los cuerpos o se disminuye la distancia entre las partículas que los componen. Evaporación: Es convertir un líquido en vapor. Calor de compresión: Es el trabajo realizado por el compresor para aumentar la presión del gas desde la presión del evaporador hasta la presión del condensador.

**Succión:** Es extraer un líquido o gas de un lugar mediante dispositivos mecánicos o manuales.

**Condensación:** Es el paso de un vapor a los estados líquido o sólido. Deshidratación: Es cuando se quita a un cuerpo o algún organismo el agua que contiene.

**BTU/h:** (British Thermal Unit) Unidad en la que se mide la carga térmica respecto al tiempo.

**Aislamiento:** Material que se usa para evitar una pérdida o ganancia de calor de una superficie sometida a una diferencia de temperatura.

---

<sup>7</sup> DOSSAT, Roy J, : Principios de Refrigeración, p. 69 y 70.

**Poliuretano:** Espuma rígida que sirve para aislar térmicamente y acústicamente a una superficie cerrada.

**Constructivismo:** Es la construcción del conocimiento.

**Constructivismo social:** Es la interacción dinámica entre los instructores, los estudiantes en base a una interacción.

**Dinamizar:** Relativo a dinámica, parte de la mecánica que trata de las leyes del movimiento en relación con las fuerzas que lo producen.

**Enseñanza:** Acción y efecto de enseñar, sistema y método de Instrucción.

**Estudios:** Esfuerzo que pone el entendimiento para conocer y aprender una obra en que un autor estudia una cuestión.

**Estudiantes:** Que estudian, personas que actualmente cursan un estudio.

**Guía:** Libro de preceptos o datos.

**Orientación.-** Acción y efecto de orientar u orientarse.

**Sociales:** Relativo a la sociedad y a las personas que la constituyen.

**Técnicas:** Relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes;

**Experto:** Especialista, diestro y práctico.

## **2.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **2.4.1 Hipótesis General**

Al implementarse la cámara de congelación en donde se puedan realizar estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica, el estudiante de VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial va a conocer la metodología que se sigue para realizar este tipo de estudio y análisis que es muy importante para calcular la capacidad del equipo de refrigeración.

En esta hipótesis general las unidades de análisis son los estudiantes. Las variables son: estudio y análisis de la transferencia de calor, índices de carga térmica y conocer la metodología que se sigue para realizar este estudio y análisis.

La relación de asociación que une la acción, implementación de una cámara frigorífica; con las variables es “en donde”.

### **2.4.2 Hipótesis Particulares**

Si se le proporciona a los docentes de la asignatura transferencia de calor una cámara de congelación en donde se puedan realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica, esta va a estimular un cambio metodológico de estudio, fomentado y apoyado en el uso de materiales interactivos, prácticas de simulación y trabajo personal.

El uso de la cámara de congelación para realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica, va a desarrollar habilidades analíticas y experimentales en los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro 2013

Con el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en la cámara de congelación, se propondrá soluciones a problemas de ingeniería enfocados al área térmica.

Con el estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en la cámara de congelación, se podrá dar soluciones a problemas de eficiencia energética.

El uso de la cámara de congelación mejora la calidad del aprendizaje tanto en la asimilación de procedimientos como en el aprendizaje significativo de los conceptos.

### **2.4.3 Declaración de Variables**

#### **2.4.3.1. Variable independiente**

Implementación de la cámara de congelación en donde se puedan realizar estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica.

#### **2.4.3.2. Variable dependiente**

Conocerá la metodología que se aplica para realizar este tipo de estudio y análisis que es muy importante para calcular la capacidad del equipo de refrigeración de una cámara de congelación.

### **2.4.4 Operacionalización de las Variables**

#### **Indicadores de la variable independiente:**

Uso de la cámara de congelación.

Estudio y análisis de transferencia de calor.

Índices de carga térmica.

## **Indicadores de la variable dependiente**

Desarrollo habilidades analíticas y experimentales.

Estudiantes motivados.

Cambio de estrategias didácticas.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y SU PERSPECTIVA GENERAL

Este Proyecto de Grado desarrolla su contenido, fundamentándose en la utilización de métodos y medios de investigación:

Según su finalidad:

**Aplicada:** El Proyecto de grado hace uso de la investigación aplicada, porque trata de solucionar el problema observado en los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial, al culminar la asignatura Transferencia de Calor, no conocen la metodología que se sigue para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación. Al implementarse esta, el estudiante podrá analizar las condiciones que se deben mantener en una cámara de congelación para determinados productos, estas varían en relación al producto que se almacena.

Una de las tareas para dimensionar el equipo de refrigeración es entender todas las condiciones de trabajo al que este podrá estar sujeto en su aplicación, como las variaciones de temperatura ambiente, el tipo de producto almacenado, la demanda de este y otros parámetros que pueden ayudar a definir las características de los componentes.

En el proceso de conocimiento de la realidad que se desarrolla para diagnosticar necesidades y problemas a efecto de profundizar en el problema planteado, es

necesario saber que se busca y hacia donde se orienta la búsqueda, para establecer una solución práctica en esta asignatura.

Según su objetivo gnoseológico:

**Descriptiva:** La investigación descriptiva, también llamada diagnóstica, este tipo de investigación consiste en observar y describir los fenómenos en su ambiente natural para la obtención de datos cuantitativos y cualitativos.

Es lo que se está llevando a cabo, dentro de este contexto, los ejercicios desarrollados en todo el semestre de la asignatura Transferencia de calor son los que están en los textos, son generales, el docente no se profundiza en desarrollar una metodología que se aplique para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación, aunque esto, en realidad corresponde a estudios especializados en esta área del conocimiento, dentro del campo profesional se presentan situaciones como la descrita al Ingeniero Industrial.

Con la implementación y puesta al servicio de los estudiantes la cámara de congelación, va existir un cambio en el proceso de enseñanza y aprendizaje, una renovación y transformación en la educación al hacerse esta activa participativa. Su aplicación como metodología de aprendizaje, va a desarrollar en los estudiantes una destreza laboral que le va a permitir la construcción de soluciones valideras para los problemas de mediana complejidad que se le presenten en su futura profesión.

Según su contexto:

**De campo:** Se conoce así al estudio que se realiza en un espacio concreto en contacto directo con los estudiantes que son la población objeto de estudio, el presente trabajo se realizó con los estudiantes del primero al séptimo semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro.

Según el control de las variables:

**No experimental:** En este Proyecto de Grado, los autores no manipulan las variables solamente las observa por lo que entra en el campo de una investigación no experimental.

Según la orientación temporal:

**Longitudinal:** Por el tiempo que dura este trabajo, es un estudio longitudinal, más de seis meses.

Este Proyecto de Grado utiliza la metodología de investigación cuantitativa por los datos numéricos que se recopila y que sirven de base para este estudio.

Los autores de este Proyecto de Graduación, por la profesión en que desenvuelven, la Refrigeración en todos sus campos, doméstico, comercial e industrial, a la asignatura Transferencia de Calor le encontraron una enorme aplicación práctica; por el clima del litoral ecuatoriano, disminuir la ganancia de calor de una cámara refrigerativa con criterios de eficiencia energética.

La eficiencia energética (EE) es una herramienta que ayuda a reducir el consumo energético de los sistemas eléctricos y térmicos, y a su vez busca optimizar el desempeño de los mismos, evaluando sus parámetros de funcionamiento, sus consumos energéticos, la variación de la carga durante el periodo de trabajo, sus rendimientos, entre otros parámetros específicos de cada equipo.

La construcción de la cámara de congelación con su equipo de refrigeración, no solo serviría para el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica, también serviría para tener un panorama general de las medidas en eficiencia energética que se podrían implementar en una empresa dentro de sus procesos productivos.

Todo este descubrimiento ha motivado a los autores de este Proyecto de Graduación con la realización del diseño y construcción de la cámara de congelación, tratar de reducir el consumo de energía, sin disminuir los parámetros



de diseño, protegiendo de este modo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad del suministro energético.

### **3.2 LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA**

#### **Población**

Es el conjunto de sujetos en los que se va a producir la investigación, los estudiantes de primero a octavo año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, estos se van a constituir en el objeto a quienes se pretende solucionar el problema.

#### **Muestra**

Como no es posible conocer la opinión de cada uno de los estudiantes del primero a octavo año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, lo que se hace es trabajar con una muestra, entendiéndose como tal a una parte representativa y adecuada de la población.

#### **3.2.1 Características de la población**

La población considerada para este proyecto son los estudiantes de primero a octavo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro.

#### **3.2.2 Delimitación de la población**

El tamaño de la población es de 578 estudiantes que cursan el año lectivo 2011 – 2012.

Es este caso la población es finita, porque está delimitada y se conoce el número de estudiantes que la integran.

### 3.2.3 Tipo de muestra

Como todos los estudiantes del primero a octavo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, tienen las mismas posibilidades de ser parte de la muestra, esta es considerada probabilística.

### 3.2.4 Tamaño de la muestra

Para el cálculo del tamaño de la muestra, siendo la muestra tomada finita, se va a utilizar la fórmula:

$$n = \frac{N p q}{\frac{(N - 1) E^2}{Z^2} + p q}$$

Dónde:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población

p: posibilidad de que ocurra un evento,  $p = 0,5$

q: posibilidad de no ocurrencia de un evento,  $q = 0,5$

E: error, se considera el 5%;  $E = 0,05$

Z: nivel de confianza, que para el 95%,  $Z = 1,96$

$$n = \frac{578 (0,5)(0,5)}{\frac{(578 - 1)(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,5)(0,5)}$$

$$n = \frac{144,5}{\frac{1,44}{3,84} + 0,25}$$

$$n = \frac{144,5}{0,375 + 0,25}$$

$$n = \frac{144,5}{0,625}$$

$$n = 231,2$$

$$n = 231$$

N= Población es 578

n= Muestra es 231

### **3.2.5 Proceso de selección**

Como se conoce ya el tamaño de la muestra, se selecciona a los estudiantes que van a ser los sujetos de análisis que integran la totalidad de la muestra mediante el método aleatorio simple.

## **3.3 LOS MÉTODOS Y LAS TÉCNICAS**

### **3.3.1 Métodos teóricos**

El problema que se observa: el estudiante del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial al culminar la asignatura Transferencia de Calor, no conoce la metodología que se sigue para realizar el estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación. La selección correcta del equipo de refrigeración depende mucho de la exactitud del cálculo de la carga calorífica del compartimiento en donde se va a realizar la

extracción del calor; por ello, los estudiantes y futuros profesionales deben conocerla previamente, basándose en los conocimientos de transmisión de calor.

Al enunciar este problema se hace uso del método inductivo, este se fundamenta en base a una realidad que parte de la observación exacta de los hechos, si se diseña y construye una cámara congelación va a existir un módulo didáctico que va a asegurar que los contenidos teóricos de la asignatura se conviertan en actividades de enseñanza aprendizaje que llevaría a la experiencia y a la practica en el aula. Durante este proceso los docentes y estudiantes podrían hacer propuestas de actividades puntuales relacionadas a diferentes asignaturas, la información que se obtiene va a ayudar a dar repuesta a las interrogantes planteadas en la sistematización del problema, para ello hay que realizar un trabajo de análisis e interpretación de ella.

Analizar significa descomponer toda la información en sus partes constitutiva para realizarle el más concienzudo examen, complementar esta actividad con la síntesis, que consiste en explorar las relaciones entre las partes estudiadas y proceder a reconstruir la totalidad inicial.

Si el objeto de estudio son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, los datos obtenidos solo cobran sentido por la integración de estos, estos datos integrados necesitan de un estudio minucioso para darle un significado que lleve a los objetivos propuestos.

### **3.3.2 Métodos empíricos**

La observación realizada a los estudiantes del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, donde se detecta el problema, es el primer procedimiento de carácter empírico. Este procedimiento busca y procesa cierto orden existente en la realidad detectada y hace que los resultados que se obtengan sirvan a las intenciones que los guían.

Al existir una realidad captada por los órganos de los sentidos, se construye una explicación a partir de esta, que tiene que contrastarse continuamente con los hechos para ratificar su veracidad o falsedad.

Otro método empírico utilizado en este Proyecto de Grado es la medición: esta consiste en observar y registrar minuciosamente todo aquello que en el objeto de estudio seleccionado sea relevante. Los datos obtenidos de la medición se pueden aplicar utilizando operaciones lógico matemáticas, y que pueden pertenecer a la escala nominal, ordinal, de intervalo o de razón. La información obtenida puede ser de carácter cualitativo y cuantitativo.

### **3.3.3 Técnicas e instrumentos**

Las técnicas constituyen el conjunto de medios utilizados para recolectar los datos del problema que se estudia, de estos se vale el investigador para acercarse a la realidad y acceder a su conocimiento. La técnica utilizada para la recolección de datos es la encuesta.

La encuesta es una técnica que sirve para recolectar la información pertinente al problema que se estudia, en base a preguntas realizadas a una persona escogida al azar de la población objeto de estudio, para realizar esta encuesta se utiliza el cuestionario. El cuestionario es el instrumento utilizado, que consiste en un conjunto de preguntas preparadas cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan al investigador, para que sea contestado por la población. Las preguntas fueron elaboradas en base al problema y tema investigado, las mismas que tuvieron una acogida extraordinaria, por parte de los estudiantes que ven que se soluciona un problema académico.

## **3.4 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN**

Después de haberse calculado y establecido la muestra, utilizando la formula cuando la población es finita y saber con certeza la información del tamaño de la muestra, las entrevistas realizadas a los estudiantes de primero a octavo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de

Milagro, fueron tabuladas, las respuestas obtenidas servirán para la interpretación y análisis de donde saldrán los elementos de juicio para plantear las conclusiones

Las preguntas realizadas a los estudiantes de ingeniería industrial de la universidad estatal de milagro son cinco:

1. ¿Cree Usted que con el diseño y construcción de una cámara de congelación servirá para que el estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica?
2. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar estudios y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán desarrollar habilidades analíticas y experimentales?
3. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán dar solución a problemas de ingeniería aplicados al área térmica?
4. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial dejarán de ser sujetos pasivos en el proceso de enseñanza- aprendizaje de esta asignatura?
5. ¿Con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga termia, el docente de esta asignatura dejaría de utilizar el método convencional expositivo como estrategia didáctica? .

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

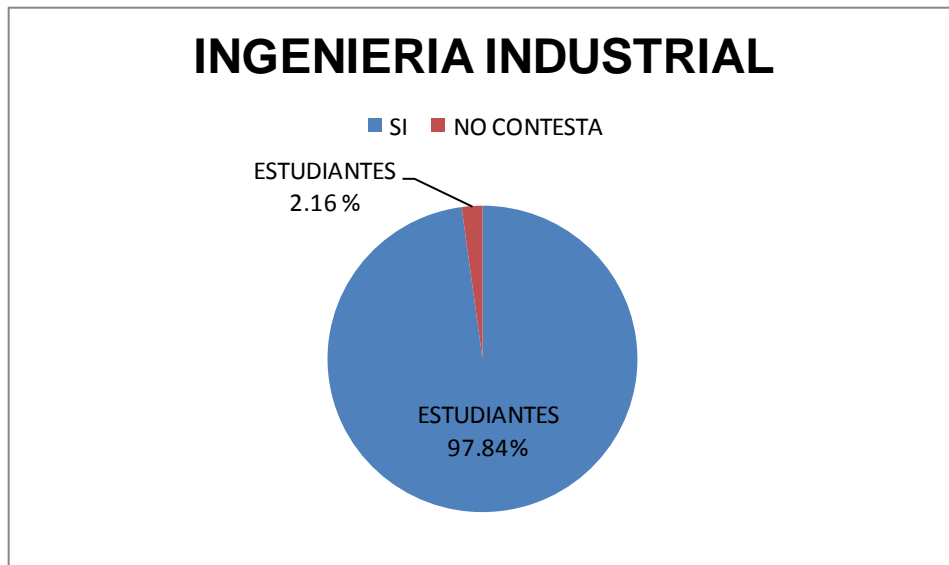
Resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas dirigidas a los estudiantes del 1º al 8º semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, objeto del estudio.

Pregunta 1. ¿Cree Usted que con el diseño y construcción de una cámara de congelación servirá para que el estudiante conozca la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica?

**Cuadro 3.** Estudiantes de ingeniería industrial UNEMI

| <b>VALORACION</b>  | <b>FRECUENCIA</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <b>SI</b>          | 226               | 97.84 %           |
| <b>NO</b>          | 0                 | 0%                |
| <b>NO CONTESTA</b> | 5                 | 2.16 %            |
| <b>TOTAL</b>       | 231               | 100 %             |

Fuente: Universidad Estatal de Milagro



**Figura 8.** Cuadro estadístico de la pregunta número 1

Los estudiantes, al contestar mayoritariamente que si (97.84%) a esta pregunta, están plenamente seguros que con el diseño y construcción de la cámara de congelación, van a conocer la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de la transferencia de calor para determinar índices de carga térmica.

La primera tarea para dimensionar un sistema de refrigeración es entender todas las condiciones de trabajo al que éste podrá estar sujeto en su aplicación, como las variaciones de temperatura ambiente, el tipo de producto que se va a almacenar, la demanda de éste y otros factores que pueden ayudar a definir las características de los componentes, así como las principales condiciones del entorno donde va a estar instalado.

Si se define correctamente la temperatura ambiente en que se puede aplicar la cámara de congelación, se está definiendo un punto importante para elegir el aislamiento del cámara, características del condensador, capacidad del compresor, evaporador, válvula de expansión y otros, es decir, la temperatura del entorno es un factor que contribuye al incremento o disminución de la carga térmica de la cámara.

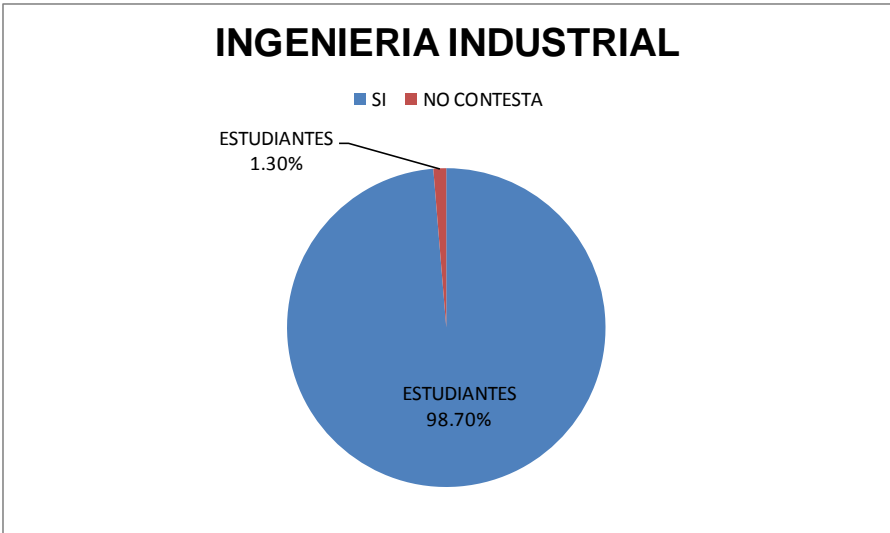


Pregunta 2. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar estudios y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán desarrollar habilidades analíticas y experimentales?

**Cuadro 4.** Estudiantes de ingeniería industrial UNEMI

| <i>VALORACION</i>  | <i>FRECUENCIA</i> | <i>PORCENTAJE</i> |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <i>SI</i>          | 228               | 98.70 %           |
| <i>NO</i>          | 0                 | 0%                |
| <i>NO CONTESTA</i> | 3                 | 1.30 %            |
| <i>TOTAL</i>       | 231               | 100 %             |

Fuente: Universidad Estatal de Milagro



**Figura 9.** Cuadro estadístico de la pregunta número 2

Los estudiantes, al contestar mayoritariamente que si (98.70%) a esta pregunta, están consciente que se mejorará la metodología del aprendizaje empleada por los docentes, estos deberían aplicar la metodología de investigación- acción que desarrollaría las

habilidades analíticas y experimentales. Un estudiante que cuente con estas habilidades puede argumentar y estructurar mejor sus ideas y razonar antes situaciones problemática de la realidad, pudiendo dar solución a cada tipo de problema.

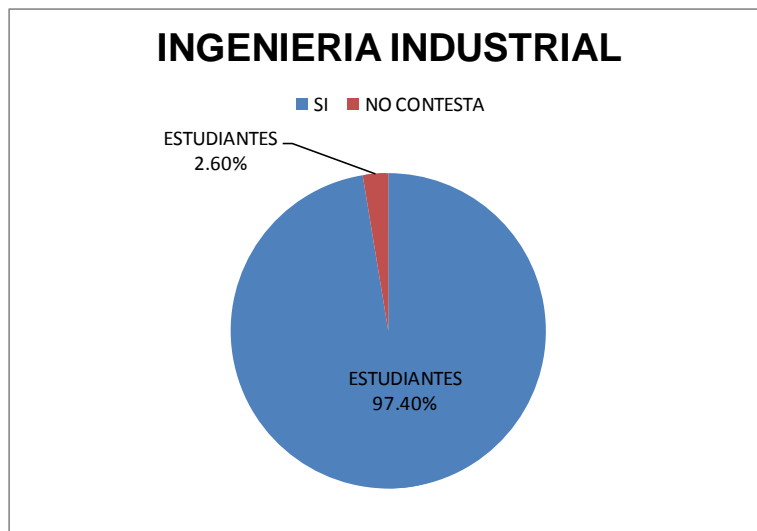
El enfoque práctico que se estructura con el método de investigación- acción, es aplicable a contextos diversos, la cámara de congelación por la diversidad de estudios, análisis, experimentos, que se pueden desarrollar es muy útil.

Pregunta 3. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial podrán dar solución a problemas de ingeniería aplicados al área térmica?

**Cuadro 5.** Estudiantes de ingeniería industrial UNEMI

| <b>VALORACION</b>  | <b>FRECUENCIA</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <b>SI</b>          | 225               | 97.40 %           |
| <b>NO</b>          | 0                 | 0%                |
| <b>NO CONTESTA</b> | 6                 | 2.60 %            |
| <b>TOTAL</b>       | 231               | 100 %             |

Fuente: Universidad Estatal de Milagro



**Figura 10.** Cuadro estadístico de la pregunta número 3

Los estudiantes, al contestar mayoritariamente que si (97.40%) a esta pregunta, están seguros que se podrá dar solución a problemas de Ingeniería aplicados al área térmica, solamente en la industria de la refrigeración que actualmente atraviesa por diversas modificaciones en la búsqueda de equipos y sistemas más eficiente, estos cambios no podrían entenderse en su totalidad, sin conocimiento acerca del concepto e eficiencia y su amplitud en la refrigeración.

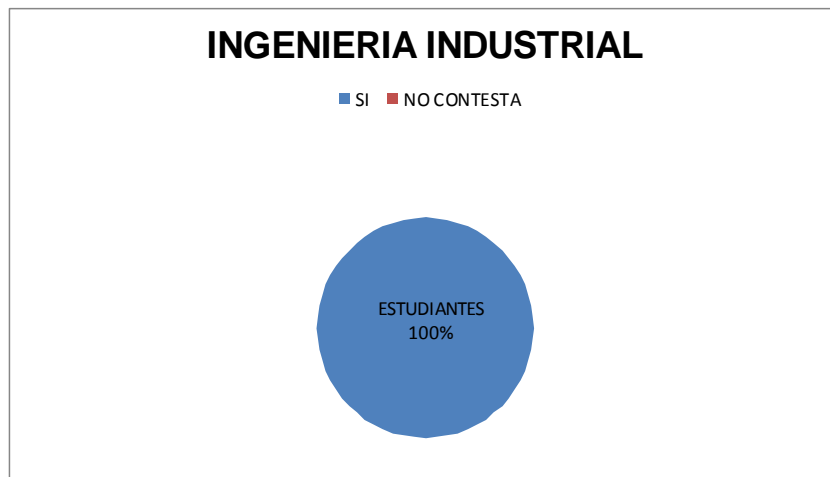
El concepto de una cámara de congelación eficiente en general se refiere a la capacidad de un sistema para refrigerar un producto consumiendo menos energía eléctrica. Si se disminuye la ganancia de calor a través de los elementos constructivos de la cámara de congelación se obtiene un sistema más eficiente, que significa refrigerar con mayor rapidez, con menor consumo de energía, con menor generación de ruido, con la capacidad de mantener la temperatura del producto más estable

Pregunta 4. ¿Cree Usted que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios de la Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial dejarán de ser sujetos pasivos en el proceso de enseñanza- aprendizaje de esta asignatura?

**Cuadro 6.** Estudiantes de ingeniería industrial UNEMI

| <b>VALORACION</b>  | <b>FRECUENCIA</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <b>SI</b>          | 231               | 100 %             |
| <b>NO</b>          | 0                 | 0%                |
| <b>NO CONTESTA</b> | 0                 | 0 %               |
| <b>TOTAL</b>       | 231               | 100 %             |

Fuente: Universidad Estatal de Milagro



**Figura 11.** Cuadro estadístico de la pregunta número 4

Los estudiantes, al contestar mayoritariamente que si (100 %) a esta pregunta, esta consciente que el proceso de aprendizaje parte de una participación activa, de ellos en las clases. Con la cámara de congelación en pleno funcionamiento se habrá construido un poderoso entorno de aprendizaje donde se estructuraran y sintetizaran los contenidos de aprendizaje, se podrá poner en práctica lo aprendido en la materia de estudio, va a permitir a los estudiantes ser responsables de su propio aprendizaje.

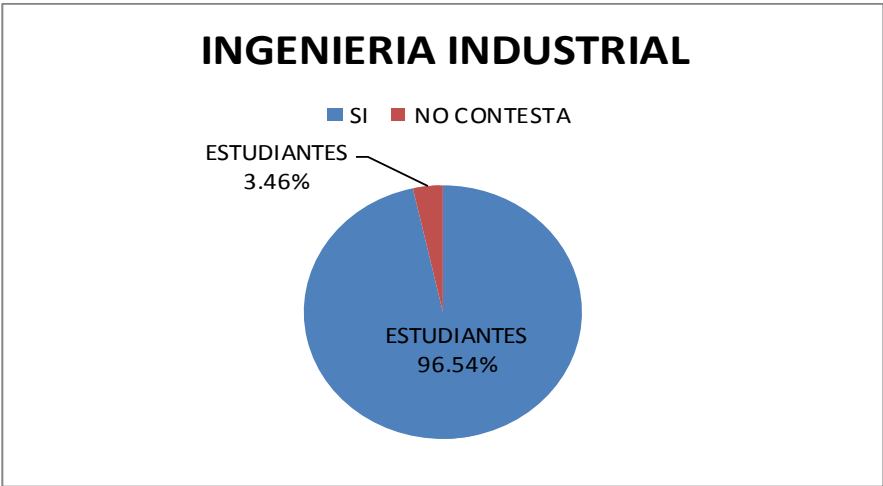
Hoy que el aprendizaje requiere de pensamiento, de pensamiento crítico, para aprender, para conocer, para realmente comprender procesos que muchas veces no se asimilan completamente, la cámara de congelación permitirá palpar una realidad cotidiana de los Ingenieros Industriales con mención mantenimiento.

Pregunta 5. ¿Con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga termia, el docente de esta asignatura dejaría de utilizar el método convencional expositivo como estrategia didáctica?

**Cuadro 7.** Estudiantes de ingeniería industrial UNEMI

| <i>VALORACION</i>  | <i>FRECUENCIA</i> | <i>PORCENTAJE</i> |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <i>SI</i>          | 223               | 96.54 %           |
| <i>NO</i>          | 0                 | 0%                |
| <i>NO CONTESTA</i> | 8                 | 3.46 %            |
| <i>TOTAL</i>       | 231               | 100 %             |

Fuente: Universidad Estatal de Milagro



**Figura 12.** Cuadro estadístico de la pregunta número 5

Los estudiantes, al contestar mayoritariamente que si (96,54 %) a esta pregunta, están completamente seguros que con la implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar Estudios y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica, el docente de esta asignatura dejaría de utilizar el método convencional expositivo como estrategia didáctica, utilizaría metodologías activas para convertir el proceso de enseñanza en actividades que fomente la participación activa del estudiante y lo lleven al aprendizaje. Los métodos activos exigen una participación constante del estudiante, fomenta la curiosidad y el desarrollo de destreza que facilitan el estudio, además permite que el estudiante se sienta parte activa del proceso.

#### **4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO, EVOLUCIÓN, TENDENCIA Y PERSPECTIVAS**

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro han contestado si, en su gran mayoría a las preguntas de la encuesta, compartiendo el mismo punto de vista que tienen los autores de este trabajo, la necesidad de implementar una cámara de congelación para hacer estudios de la transferencia de calor a través de sus elementos constructivos para elevar el interés por estudiar esta asignatura. Los estudiantes están conscientes de que; este recurso didáctico les permitirá trabajar de manera colaborativa en pequeños grupos, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades.

En la situación actual, la aplicación de nuevos enfoques en el proceso educativo, requiere la implementación de recursos didácticos que permitan acercarse a una situación real como base para la formulación de nuevos objetivos, organizar los conocimientos. Plantear problemas usando la cámara de congelación es siempre una oportunidad de aprendizaje, las nuevas demandas requieren de cambios en la forma tradicional de enseñar y aprender.

La implementación de la cámara de congelación como recurso didáctico, propone cambio sustanciales en la forma de enseñar y aprender, va más allá de un simple

cumplimiento, si es aprovechada correctamente, el estudiante pasa a ser de un simple receptor de conceptos emitidos por el docente a ser el centro de aprendizaje y lo estimula a cuestionar las practicas que se imparten.

### 4.3 RESULTADOS

Los autores de este Proyecto de Grado, una vez aplicada la encuesta, a cada uno de los 231 estudiantes escogidos, procedieron a tabular cada una de las respuestas, con los resultados que se determinaron, se deduce que la mayoría de los estudiantes involucrados respondieron positivamente a la necesidad de implementar una cámara de congelación refrigerativa para realizar estudio de transferencia de calor a través de sus elementos constructivos., este recurso didáctico motivaría a los estudiantes a involucrarse más en el aprendizaje debido a que sienten que tienen la posibilidad de interactuar con la realidad, podrán desarrollar habilidades analíticas y experimentales, podrán dar solución a problemas ingenieriles aplicados al área térmica, pasaran a ser elementos activos en su proceso de aprendizaje.

### 4.4 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

| <b>HIPOTESIS GENERAL</b>   | <b>VERIFICACION</b>  |
|--|--|
| <p><b><i>Con la Implementación de una cámara de congelación en donde se puedan realizar estudios y análisis de la transferencia de calor, los estudiantes del VII semestre de la Carrera de ingeniería Industrial, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro 2013, van a conocer la metodología que se aplica para determinar índices de carga térmica.</i></b></p> | <p>La cámara de congelación, como recurso didáctico proporciona una serie de situaciones problemáticas de la realidad para que se estudien y analicen, de esta manera se entrena al estudiante en la generación de soluciones.</p> |
|  |  |

| <b>HIPOTESIS PARTICULARES</b>   | <b>VERIFICACION</b>   |
|---|---|
| <p><b><i>Si se le proporciona a los docentes de la asignatura transferencia de calor una cámara de congelación, en donde se puedan realizar estudios y análisis de transferencia de calor, esta va a estimular un cambio metodológico de estudio.</i></b></p>   | <p>Al proporcionársele a los docentes de la asignatura Transferencia de Calor, una cámara de congelación, esta va a estimular un cambio metodológico de estudio, evidentemente, al tratarse de un método pedagógico activo, se exigen algunas condiciones mínimas. Por ejemplo, algunos supuestos previos en el profesor: creatividad, metodología activa, preocupación por una formación integral, habilidades para el manejo de grupos, buena comunicación con el alumnado y una definida vocación docente</p>                                    |
| <p><b><i>El uso de la cámara de congelación para realizar estudios y análisis de transferencia de calor, va a desarrollar habilidades analíticas y experimentales en los estudiantes del VII semestre de la Carrera de Ingeniería Industrial, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro 2013</i></b></p> | <p>La cámara de congelación, al estudiante no le va a proporcionar soluciones, sino datos concretos para la reflexión, el análisis y debatir en grupo las posibles respuestas que se pueden encontrar a ciertos problemas. No le da las soluciones al estudiante, sino que le entrena para generarlas. Este recurso didáctico obliga al estudiante a la generación de alternativas de solución, permitiéndole desarrollar su habilidad creativa, la capacidad de innovación y representa un recurso para conectar la teoría a la práctica real.</p> |
| <p><b><i>Con el estudio y análisis de transferencia de calor en una cámara de congelación, se propondrá soluciones a problemas de ingeniería enfocados al área térmica.</i></b></p>   | <p>Es de vital importancia para el ingeniero que trata con los problemas térmicos del medio ambiente la comprensión de los principios básicos y las aplicaciones de la transferencia de calor</p>   |



***Con el estudio de la transferencia de calor en una cámara de congelación se podrá dar soluciones a problemas de eficiencia energética.***

El ahorro y la eficiencia energética son conceptos que desde hace años se han incorporado en la vida diaria, acentuando la importancia del papel de la sociedad en el consumo de energía, un bien escaso, que con algunos acciones puede tener un uso más racional y eficiente. La cámara de congelación puede ser utilizada como una guía práctica de ahorro energético y dirigida a los profesionales del sector para el análisis de la gestión energética de su establecimiento, proporcionando información, recomendaciones y consejos prácticos para una mayor eficiencia.

***El uso de la cámara de congelación va a mejorar la calidad del aprendizaje en la asimilación de procedimientos como en el aprendizaje significativo de los conceptos.***

Esto es indudable, El uso de la cámara refrigerativa como recurso didáctico proporcionara al estudiante, una alternativa que servirá para:

1. Analizar un problema.
2. Determinar un método de análisis.
3. Adquirir agilidad en determinar alternativas o cursos de acción.
4. Tomar decisiones.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **5.1 TEMA**

Diseño y construcción de una cámara de congelación para determinar índices de carga térmica a implementarse en un aula designada por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro.

#### **5.2 JUSTIFICACIÓN**

El estudio y análisis de Transferencia de Calor a través de paredes, techo y piso de una cámara de congelación se lo hace para determinar índices de carga térmica o la ganancia de calor a través de estos elementos constructivos.

El calor se transfiere debido a que existe una diferencia de temperaturas entre dos puntos, si no hay diferencia de temperaturas, no hay potencial que genere la transferencia de calor.

El calor se transfiere de tres formas: a través de las superficies sólidas, lo que se conoce por transferencia por conducción, con la corriente que circula de aire, lo que se conoce por transferencia por convección, los cuerpos calientes emiten radiaciones calóricas, lo que se conoce por transferencia por radiación.

Cada una de estas formas o procesos de transferencia de calor obedecen a leyes físicas y se pueden medir, por lo tanto, también se pueden calcular y conocer cuánto calor se transmite.

Una cámara de congelación, por las condiciones que deben mantenerse para conservar los productos, siempre va a estar ganando calor, más aun si está

instalada en una ciudad como Milagro con temperaturas ambiente parecidas a las de la ciudad de Guayaquil.

La cámara de congelación para el estudio y análisis de transferencia de calor servirá para facilitar el aprendizaje de los estudiantes del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial, ayudándolo a comprender de una manera más clara y precisa, el desarrollo de los cálculos para determinar índices de carga térmica o la ganancia de calor, la construcción, funcionamiento de los sistemas mecánicos y eléctricos utilizados, proporcionándole situaciones en las que desarrollará las competencias prevista en el programa de estudio. El desarrollo de la competencia se concreta, porque significa crear experiencias de aprendizaje, este recurso didáctico es indispensable para resolver problemas en diversas situaciones o contextos, permitiendo el logro de un desempeño eficiente, autónomo, flexible y responsable en situaciones específicas.

La competencia implica la comprensión y transferencia de los conocimientos a situaciones de la vida real; ello exige relacionar, integrar, interpretar, inventar, aplicar y transferir los saberes a la resolución de problemas. Esto significa que el contenido, los medios de enseñanza, las estrategias de aprendizaje, las formas de organización de la clase y la evaluación se estructuran en función de la competencia a formar.

Con el diseño y construcción de una cámara de congelación que servirá como laboratorio de pruebas para la asignatura Transferencia de calor, se está aportando a la carrera de Ingeniería Industrial un recurso didáctico que le va a permitir realizar prácticas reales del funcionamiento de un sistema de refrigeración, también se puede utilizar como un aporte extra para laboratorios de Fluidos, Termodinámica, Vapor y Refrigeración, Maquinarias Eléctricas, Control Industrial, Mantenimiento Eléctrico y Automatización, Control Automático.

### 5.3 FUNDAMENTACIÓN

La implementación de la cámara de congelación en un aula, ver el plano (anexo 13), cuyas medidas externas son: 7,51 metros x 4.30 metros, designada por la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal de Milagro, se lo irá haciendo paso por paso, las paredes y techos son construidos con paneles MAFRICO (figura 7), con aislamiento de poliuretano inyectado, de 35 kg/m<sup>3</sup> de densidad, de 10 centímetros (4 pulgadas) de espesor forrados con plancha metálica de acero galvanizado pre pintada en blanco, ajuste modular por medio de amachimbrado directo de la misma lámina y sellado hermético con silicón especial para cuartos fríos.



**Figura 13.** Paneles MAFRICO, para la construcción de las paredes y el techo de la cámara frigorífica UNEMI.

En el piso se instaló planchas peladas de 7.5 centímetros (3 pulgadas) de espesor de poliuretano inyectado de alta presión, con una densidad de 35 Kg/m<sup>3</sup>., estas se instalaron antes de fundir la losa, que tiene 8 centímetros de espesor, con su respectiva barrera de vapor.



**Figura 14.** Instalación de material aislante poliuretano para el piso de cámara frigorífica UNEMI.

Los paneles MAFRICO se irán adosando a las paredes del aula hasta cubrir toda la superficie (Figura 14).



**Figura 15.** Instalación de las paredes de poliuretano dentro del aula donde se construye la cámara frigorífica UNEMI.

Al aula- cámara de congelación, se le instalará una puerta corrediza para baja temperatura de 0.90 metros de ancho x 2.00 metros de alto, se incluye cortinas plásticas y mecanismo de apertura desde el interior.

El aislamiento poliuretano es una de las armas más importantes que se tiene para luchar contra el cambio climático, es uno de los aislantes más eficaces que existen, es ligero, fácil de manipular y de instalar, su baja conductividad térmica permite alcanzar el mismo nivel de eficiencia energética de otros materiales aislantes con un espesor mucho menor. También es muy versátil y puede utilizarse en cualquier aplicación.

Las materias primas para la producción del poliuretano proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener, después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente Isocianato y Polioli. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos y los aditivos que se incorporen, un material macizo o poroso, rígido o flexible, de celdas abiertas o cerradas, etc.

La mezcla de los dos componentes Polioli e Isocianato, que son líquidos a temperatura ambiente, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el Polioli y el Isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente. Si el calor que desprende la reacción se utiliza para evaporar un agente de expansión, se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denomina espuma rígida de poliuretano, o PUR.

La espuma rígida de poliuretano es un material sintético duro plástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de 35 kg/m<sup>3</sup>, sólo el 3% del volumen es materia sólida).

### **5.3.1. Estudio y análisis de Transferencia de Calor a través de paredes, techo y piso de la cámara de congelación para determinar índice de carga térmica**

La cámara de congelación, va a tener instalado un sistema de refrigeración dividido (componentes separados) de baja temperatura (-15 °C) compuesto de:

Unidad condensadora marca “HEATCRAFT”, modelo Flexcold FLEX600X6B, para trabajar en intemperie, equipada con compresor hermético COPELAND, dispuesto para trabajar con refrigerante R-404A y con una alimentación eléctrica de 220 voltios, 1fase, 60 ciclos, 27.6 amperios.

Una unidad evaporadora de baja silueta marca “HEATCRAFT” modelo FLEXCOLD EFE4469 con descongelamiento eléctrico. Se conoce la temperatura de la cámara: - 15 °C (5 °F), no se conoce la temperatura de evaporación. Para determinar la temperatura de evaporación se hace uso de la siguiente tabla:

**Cuadro 8. Rangos de temperatura de evaporación**

| <i>Rango de temperatura</i>         | <i>Humedad relativa deseada</i> | <i>Diferencia de temperatura: T. de la cámara- t. de evaporación.</i> |
|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| <b>25°F(-3.89°C) a 45°F(7.22°C)</b> | 90%                             | 8 °F a 12 °F  |
| <b>25°F(-3.89°C) a 45°F(7.22°C)</b> | 85%                             | 10 °F a 14 °F   |
| <b>25°F(-3.89°C) a 45°F(7.22°C)</b> | 80%                             | 12 °F a 16 °F   |
| <b>25°F(-3.89°C) a 45°F(7.22°C)</b> | 75%                             | 16 °F a 22 °F   |
| <b>10 °F e inferior</b>             | -                               | 15 °F o menor   |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

Diferencia de temperatura = temperatura de la cámara – temperatura de evaporación

$$15 \text{ °F} = 5 \text{ °F} - \text{temperatura de evaporación} \quad (\text{ec-1})$$

$$15 \text{ °F} - 5 \text{ °F} = - \text{temperatura de evaporación} \quad (\text{ec-2})$$

$$10 \text{ °F} = - \text{Temperatura de evaporación} \quad (\text{ec-3})$$

Temperatura de evaporación = - 10°F (-23.33 °C)

La capacidad de la unidad condensadora es 4 030 kcal/h (15 992.33 BTU/h), para mantener la temperatura que se desea contra el calor que se filtra, de fábrica la

línea de líquido es de  $\frac{1}{2}$ " y la línea de succión es de  $\frac{3}{4}$ ", todos estos datos son obtenidos del manual del fabricante (anexos 2, 3 y 4)

La unidad evaporadora, la unidad condensadora en donde está incorporado el motor compresor, (figura 8), y la válvula de expansión son los cuatro puntos más importantes en un sistema de refrigeración, (figura 9). Ellos cambiarán de capacidad según sean los requisitos del trabajo que deban hacer.



**Figura 16.** Unidad condensadora instalada en la UNEMI

Las temperaturas y presiones de evaporación y condensación también varían para amoldarse a la temperatura de la cámara de congelación y del medio ambiente en donde va a estar instalado el condensador.

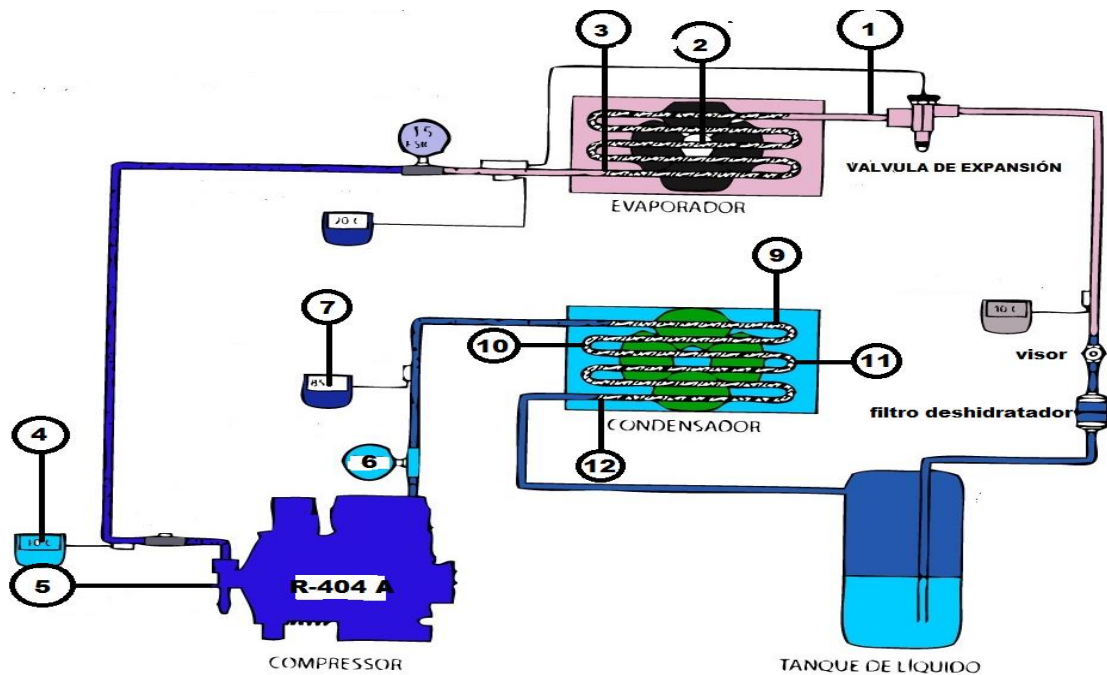
La temperatura de evaporación es de  $-23.33\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-10\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), la presión del R- 404 A, a esa temperatura es: 36.6 PSI. La temperatura de condensación es de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $122\text{ }^{\circ}\text{F}$ ), la presión del R- 404 A, a esa temperatura es: 318.3 PSI.

En el circuito de la (figura 9) se puede apreciar que los únicos lugares donde el refrigerante y cualquier fuente externa de energía cambian calor y trabajo son:

En el evaporador, donde el refrigerante se evapora tomando el calor del aire de la cámara de congelación. En el compresor, donde el trabajo se hace sobre el vapor del refrigerante, elevando su presión de evaporación a la de condensación.



En el condensador se transforma en líquido a 50 °C, en la práctica, se puede enfriar unos cuantos grados, sub enfriándolo antes de que abandone el condensador, si el sub enfriamiento no es considerable, se lo desestima.



**Figura 17.** Circuito de refrigeración (Entrenamiento Técnico avanzado 2012, HEATCRAFT)

Para analizar el funcionamiento del evaporador, se empieza a la salida de la válvula de expansión (punto 1), en el evaporador entra una mezcla de líquido y vapor a -15 °C y 36.6 libras/ pulgadas<sup>2</sup>, aproximadamente el 75% es líquido y el 25% es vapor. El 25% del líquido que entra a la válvula de expansión se convierte en vapor y enfría el 75% restante hasta su temperatura de evaporación -15 °C.

La mezcla parcial de líquido y vapor que fluye en el evaporador hacia la aspiración del motor compresor se evapora debido a que absorbe el calor de la cámara, al final del evaporador (punto 3), todo el líquido tiene que haberse evaporado, en este punto el refrigerante se conoce como vapor saturado, es decir el vapor refrigerante está saturado de calor. Si se añade calor al vapor saturado su temperatura sube, si se quita calor comenzaría a condensarse. El vapor saturado tiene la temperatura de evaporación -15 °C.

Este punto es muy importante en cualquier sistema de refrigeración, el valor crítico el cual debe ser chequeado es el sobrecalentamiento de succión. El sobrecalentamiento de succión se chequea en el compresor de la siguiente manera:

- Medir la presión de succión en la válvula de servicio de succión del compresor (punto 5) y determinar la temperatura de saturación correspondiente a esta presión, usando las tablas de presión-temperatura.
- Medir la temperatura de succión de la línea de succión aproximadamente a 30.48 centímetros antes del compresor usando un termómetro (punto 4).
- Restar la temperatura saturada de la temperatura real de la línea de succión, la diferencia es el sobrecalentamiento.

Un sobrecalentamiento de succión demasiado bajo puede ocasionar el regreso de líquido al compresor, esto causa dilución del aceite y una falla eventual mecánica en el motor compresor.

Un sobrecalentamiento de succión demasiado alto, traerá como consecuencia una excesiva temperatura en la descarga del motor compresor, esto causa degradación del aceite provocando desgaste del pistón, anillos del pistón y daños en la pared del cilindro.

La capacidad de una instalación frigorífica disminuye cuando el sobrecalentamiento en la succión aumenta, para conseguir la máxima capacidad de una instalación frigorífica, el sobrecalentamiento de succión debe mantenerse tan bajo como sea práctico, depende de la diferencia de temperatura, temperatura de la cámara de congelación menos temperatura de evaporación. Para una cámara de congelación con una diferencia de temperatura hasta 5.55 °C, el sobrecalentamiento debe estar entre 3.33 a 5.55 °C para una máxima eficiencia.

Para cámara de congelación con diferencias de temperaturas mayores, el sobrecalentamiento puede ser ajustado de 6.66 °C hasta 8.33 °C.

Analizando el funcionamiento del motor compresor, este lo que realmente hace es aumentar la presión desde el valor de la presión de succión (punto 5) hasta el valor de la presión de descarga (punto 6).

En el equipo de refrigeración que se va a instalar en la cámara de congelación, la presión de succión a – 15 °C es de 36.6 PSI y la presión de descarga a 50 °C es de 318.3 PSI. El compresor incrementa la presión en: 281.7 PSI.

La relación de compresión (RC) se utiliza para hacer referencia a la diferencia de presión:

RC = presión absoluta del lado de alta presión dividida para la presión absoluta del lado de baja presión.

$$RC = 318.3 + 14.69 / 36.6 + 14.69 \quad (\text{ec-4})$$

$$RC = 332.99 / 51.2 \quad (\text{ec-5})$$

$$RC = 6.49$$

La relación de compresión sirve para comparar las condiciones del motor compresor, cuando las relaciones de compresión suben por encima de 12:1, para un compresor alternativo hermético la temperatura del refrigerante se eleva, esto puede llevar a recalentar el aceite, el aceite recalentado se puede convertir en carbón y generar ácido en el interior del sistema.

El condensador es el elemento de intercambio de calor, se encarga de expulsar el calor de sistema que ha sido absorbido por el evaporador. Este calor se encuentra en forma de gas caliente que hay que enfriar hasta que se condense.

El gas caliente entra al serpentín condensador aproximadamente a 100 °C, si toca la tubería de descarga del motor compresor (punto 6), probablemente se quemará la mano, la temperatura de condensación es 15 °C mayor que la temperatura ambiente.

Si la temperatura exterior en la ciudad de Milagro es de 35 °C, la temperatura de condensación es: 35 °C + 15 °C = 50 °C. El refrigerante tiene que enfriarse hasta los 50 °C (punto 11) antes de que comience a condensarse.

Cuando el refrigerante llega al final del serpentín condensador, los tubos de este estarán llenos de líquido y se depositará en el receptor de líquido.

El receptor de líquido es usado con el fin de acumular o recibir el refrigerante que se ha transformado en líquido en el condensador y para controlar la cantidad de refrigerante que hay en el sistema.

El cuadro siguiente es de referencia de operación del equipo de refrigeración.

**Cuadro 9.** Presión y temperatura en los distintos puntos del sistema de refrigeración instalado en la UNEMI.

| <i>Elemento</i>    | <i>Punto</i> | <i>% líquido y vapor</i> | <i>Presión (PSI)</i> | <i>Temperatura (°C)</i> |
|--------------------|--------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| <i>Evaporador</i>  | 1            | 75%- 25%                 | 36.6                 | -15                     |
|                    | 2            | 50%- 50%                 | 36.6                 | -15                     |
|                    | 3            | 0%- 100%                 | 36.6                 | -15                     |
| <i>Compresor</i>   | 5            | 0%- 100%                 | 36.6                 | -15                     |
| <i>Compresor</i>   | 6            | 0%- 100%                 | 318.3                | 100                     |
| <i>Condensador</i> | 11           | 0%-100%                  | 318.3                | 50                      |
| <i>Condensador</i> | 12           | 100%- 0%                 | 318.3                | 50                      |

Fuente: Marco Guananga

Conocer las presiones de trabajo del sistema que se instala es importante, sirve para regular los presostatos. Los presostatos de acuerdo a sus usos pueden ser:

- Presostato de baja presión.
- Presostato de alta presión.
- presostato de alta y de baja combinados.
- Presostato diferenciales de aceite

**Cuadro 10.** Regulación del presostato de baja presión instalado en la UNEMI

| <b>Temperatura<br/>mínima de la<br/>cámara</b> | <b>Refrigerante 404 A</b> |                             |
|--|---------------------------|-----------------------------|
|  | <b>Conecta<br/>(PSI)</b>  | <b>Desconecta<br/>(PSI)</b> |
| <b>10</b>                                      | 90                        | 35                          |
| <b>4</b>                                       | 70                        | 35                          |
| <b>-1</b>                                      | 55                        | 35                          |
| <b>-12</b>                                     | 45                        | 25                          |
| <b>-18</b>                                     | 25                        | 7                           |
| <b>-23</b>                                     | 20                        | 1                           |
| <b>-29</b>                                     | 12                        | 1                           |
| <b>-34</b>                                     | 8                         | 1                           |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

Un presostato de baja presión actúa con la presión de succión del refrigerante y normalmente se utiliza como control de límite de baja presión. El presostato de baja presión cierra el circuito al subir la presión y lo corta al bajar esta.

El presostato de alta presión es sensible a la presión de descarga del motor compresor, normalmente se utiliza para parar al motor compresor en el caso de que exista una presión excesiva.

El estudio y análisis de transferencia de calor para determinar índices de carga térmica se hace uso de la hoja de cálculo, anexo 9, 9-1:

Aplicación: Cámara de congelamiento.

Temperatura del cuarto: - 15 ° C (5 °F)

Humedad relativa del compartimiento: dependiendo del producto que se vaya a almacenar.

Temperatura ambiente: 92 °F (33.33 °C) humedad relativa 60% (Anexo 10)

Medidas externa de la cámara: 7,51 metros x 4,30 metros

Largo: 7.51 metros (24.64 pies)

Ancho: 4.30 metros (14.11 pies)

Altura: 2.35 metros (7.71 pies)

Volumen de la cámara: 75.89 metros cúbicos (2 680.54 pies cúbicos)

Paredes de poliuretano de 4 pulgadas de espesor.

Medidas interna de la cámara: 6.91 metros x 3,70 metros

Largo: 6.91 metros (22.67 pies)

Ancho: 3.70 metros (12.14 pies)

Altura: 2.10 metros (6.89 pies)

Volumen interior de la cámara: 53.69 metros cúbicos (1 896.22 pies cúbicos)

La determinación de los índices de carga térmica a través de paredes, piso y tumbado se fundamenta en: "La cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo a través de las paredes de la cámara de congelación, es función e tres factores cuya relación se expresa a través de la siguiente ecuación"<sup>1</sup>:

$$Q = A \times U \times DT \quad (\text{ec-6})$$

Donde Q = Cantidad de calor transferida en BTU/ Hora

A = Área de la superficie de la pared externa en pies cuadrados

U = Coeficiente total de transmisión de calor en BTU por hora por pie cuadrado por grado Fahrenheit.

DT = Diferencial de temperatura a través de la pared en grado Fahrenheit.

El factor “U”: “es una medida de la rapidez a la cual fluye calor a través de una área de superficie de pared de un pie<sup>2</sup> entre el aire de un lado y el aire del otro lado por cada 1 °F de diferencia de temperatura a través de la pared”<sup>2</sup>.

Los coeficientes totales o factores “U” ya han sido calculados para varios tipos de construcción de pared, estos valores se obtienen a partir de tablas.

La conductividad y la conductancia térmica de los materiales usados en las paredes de la cámara de congelación son los siguientes:

Bloque de concreto agregado de arena de 8 pulgadas (C) = 0.90

Poliuretano expandido (k) = 0.17

Conociendo la conductividad y la conductancia térmica de los materiales con los que está construida la cámara de congelación es fácil conocer el factor “U”.

“La conductividad térmica o factor “k” de un material es la razón en BTU por hora a la cual pasa calor a través de una superficie de 1 pie<sup>2</sup> para un material de 1 pulgada de espesor por cada 1 oF de diferencia de temperatura a través del material y está dado en BTU por hora por pie cuadrado por grado Fahrenheit por pulgada de espesor”<sup>3</sup>.

El factor “k” está disponible para materiales homogéneos y el valor dado es para una pulgada de espesor del material.

“La conductancia térmica o factor “C” está disponible tanto para materiales homogéneo como para no homogéneo y el valor esta dado en BTU por hora por pie cuadrado por grado Fahrenheit para un espesor especificado de material”<sup>4</sup>.

Para los materiales homogéneos se puede obtener el valor de la conductancia térmica para cualquier espesor de material al dividir el factor k entre el espesor del material en pulgadas:  $C = k/e$ , donde “e”, es el espesor del material en pulgadas.

---

<sup>8</sup>DOSSAT, Roy J: Principios de Refrigeración (pág. 191-192).

Calculando la conductancia térmica de la pared de poliuretano expandido:

$$C = \frac{0.17 \text{ BTU. Pulg / hr. Pie}^2. \text{ }^\circ\text{F}}{4 \text{ pulg}} = 0.0425 \text{ BTU hr pie}^2 \text{ }^\circ\text{F} \quad (\text{ec-7})$$

Debido a que la razón de transmisión de calor a través de los materiales no homogéneo, como el bloque de construcción (figura 10), uno de los elementos constructivo del aula, es variable en las diferentes partes del material, debe obtenerse experimentalmente el factor C para materiales no homogéneo.



**Figura 18.** Bloque de construcción de paredes de cámara frigorífica (Ing. Manuel Flores)

La resistencia que ofrece la pared de la cámara de congelación al flujo de calor es inversamente proporcional a la habilidad de la pared a la transmisión de calor.

La resistencia térmica total de la pared de la cámara de congelación puede expresarse como el recíproco del coeficiente de transmisión total.

Resistencia térmica total, R:

$$R = \frac{1}{U} \quad (\text{ec-8})$$

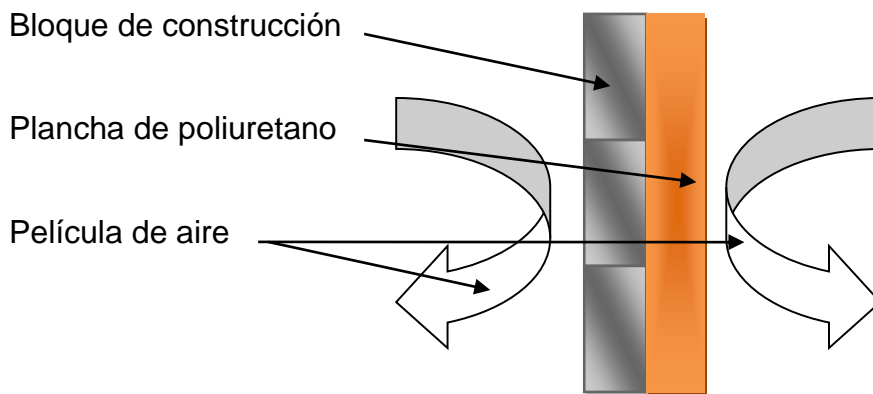


La resistencia térmica de cada material en particular

$$R = \frac{1}{K} \text{ o } \frac{1}{C} \text{ o } \frac{x}{k} \quad (\text{ec-9})$$

Los términos  $1/k$  y  $1/C$  expresan la resistencia al flujo de calor a través de un material simple, solamente de superficie a superficie sin tomar en cuenta la resistencia térmica de la película delgada de aire que se adhiere a todas las superficies expuestas.

La cámara de congelamiento está construida de dos capas de diferentes materiales (figura 11), la resistencia térmica total de la pared es la suma de las resistencias de los diferentes materiales de que está construida la pared, incluyendo las películas de aire:



**Figura 19.** Materiales de las paredes de la cámara de congelación (Marco Guananga)

$$1/U = 1/fe + 1/C + x/k + 1/fi \quad (\text{ec-10})$$

Por lo tanto:

$$U = \frac{1}{1/fe + 1/C + x/k + 1/fi} \quad (\text{ec-11})$$

Donde  $1/f_e$  = coeficiente de convección de pared exterior, piso o techo = 4.00

$1/f_i$  = coeficiente de convección de pared exterior, piso o techo = 1.65

Reemplazando:

$$1/f_e = 4$$

$$1/C = 0.37$$

$$x / k = 4/.17$$

$$1/f_i = 1.65$$

$$U = 1/ 0.25 + 2.7 + 23.53 + 0.61 = 1/ 27.09 \quad (\text{ec-12})$$

$$U = 0.037 \text{ BTU/ (hora) (pies}^2\text{) (}^\circ\text{F)} \quad (\text{ec-13})$$

Para obtener la ganancia de calor a través de las paredes de la cámara de congelación en BTU por 24 horas como así lo requiere la carga de refrigeración, el valor U deberá multiplicarse por 24 horas.

$$U = 0.037 \times 24 \text{ horas} = 0.89 \quad (\text{ec-14})$$

Haciendo uso de la hoja de cálculo (anexo 9)

### **CARGA DE TRANSMISION DE CALOR BTU/24 horas**

Paredes laterales  $24.64 \text{ L} \times 7.71 \text{ A} \times 2 = 379.95 \text{ área} \times 87 \text{ DT} \times 0.89 \text{ factor} = 29419.44$

Paredes frontales  $14.11 \text{ L} \times 7.71 \text{ A} \times 2 = 217.58 \text{ área} \times 87 \text{ DT} \times 0.89 \text{ factor} = 16846.93$

Techo  $24.64 \text{ L} \times 14.11 \text{ A} = 347.67 \text{ área} \times 87 \text{ DT} \times 1.04 \text{ factor} = 31457.22$

Piso  $24.64 \text{ L} \times 14.11 \text{ A} = 347.67 \text{ área} \times (92 - 77) 15 \text{ DT} \times 0.89 \text{ factor} = 4\,641.40$

Ganancia de calor total: 77 827.96 BTU/24 horas.

Otro valor que es importante calcular es la infiltración de aire debido a la apertura de la puerta. Cualquier cantidad de aire que se introduce a la cámara debe reducirse a la temperatura del compartimiento, aumentando de esta manera la carga de refrigeración.

## **INFILTRACION DE AIRE**

Volumen de la cámara: 1 896.22 pies<sup>3</sup>

Cambios de aire cada 24 horas: 12.0 (Anexo 4)

Factor de uso: 2 horas diarias

Carga por infiltración: 3.40 BTU/pies<sup>3</sup> (Anexo 5)

BTU/24 horas: 154 731.55

Hasta aquí se ha calculado la ganancia de calor que tiene la cámara por las paredes, piso, techo y por la infiltración de aire debido a la apertura de puertas.

También se tiene que calcular la ganancia de calor por el ingreso de personas a la cámara y por motores eléctricos, en este caso el motor ventilador de la unidad evaporadora, para realizar estos cálculos existen tablas que a continuación se muestran:

**Cuadro 11.** Calor disipado por las personas dentro del espacio refrigerado

| <b>Temperatura de la cámara (oF)</b> | <b>Calor disipado por persona (BTU/hora)</b> |
|--------------------------------------|--|
| 50                                   | 720  |
| 40                                   | 840  |
| 30                                   | 950  |
| 20                                   | 1 050  |
| 10                                   | 1 200  |
| 0                                    | 1 300  |
| -10                                  | 1 400  |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

**Cuadro 12.** Calor disipado por los motores eléctricos

| <b>HP del motor</b> | <b>BTU por HP hora</b>                        |  |  |
|---------------------|---|--|--|
|                     | <b>Motor y ventilador dentro de la cámara</b> | <b>Motor fuera y ventilador dentro</b> | <b>Motor dentro y ventilador fuera</b> |
| <b>De 1/8 a 1/2</b> | 4 250   | 2 545                                  | 1 700                                  |
| <b>De 1/ a 3</b>    | 3 700   | 2 545                                  | 1 150                                  |
| <b>De 3 a 20</b>    | 2 950   | 2 545                                  | 400                                    |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

Dependiendo lo que se quiera conservar se tiene que calcular la carga del producto.

### 5.3.2 Carga del producto

La cámara de congelación va a congelar carne de res, dicho de esta manera se piensa que la refrigeración es el proceso de conservación de la carne, es realmente uno de los tantos procesos interrelacionados que tienen como objetivo mantener la calidad del producto.

Para la conservación de productos cárnicos más allá de las cuatro semanas, se debe recurrir a la congelación, asegurando en el centro del producto una temperatura de por lo menos -18 °C.

La misión principal de la congelación en términos económicos estriba en conservar la calidad del producto cárnico durante los almacenamientos de larga duración a bajas temperaturas.

Para que la carne de res almacenada dentro de una cámara de congelación, se conserve correctamente, se siguen algunas normas: Los rieles estarán a una distancia mínima entre sí de 0.80 metros y se hallaran a no menos de 0.60 metros de las paredes, equipo de enfriamiento o cualquier otro elemento constructivo o funcional que exista dentro de la cámara. Los rieles se colocarán a no menos de 30 cm del techo y las reses suspendidas deberán hallarse a no menos de 30 cm del suelo.

La Empresa Heat Craft para cada tipo de producto tienen una densidad para utilización por m<sup>3</sup>, (Ver tabla). Para un buen acondicionamiento de productos en el interior de la cámara se sugiere la utilización de 70% del espacio útil de la cámara frigorífica.

**Cuadro 13.** Tipo de producto de almacenamiento

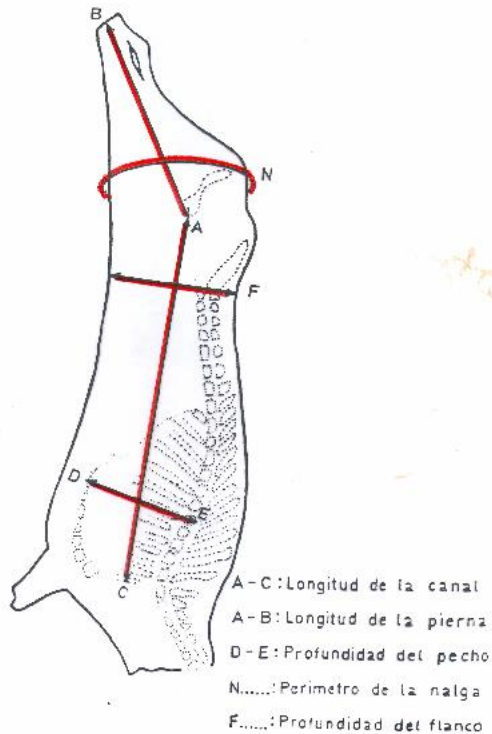
| <b>Producto</b> | <b>1 carcaza<br/>(kilos) (Libras)</b> | <b>1/2 carcaza<br/>(kilos) (Libras)</b> | <b>1/4 carcaza<br/>(kilos) (Libras)</b> |
|-----------------|---------------------------------------|---|---|
| <b>BOVINOS</b>  |                                       |   |   |
| <b>RES</b>      | 150 (330,693)                         | 75 (165,35)                             | 38 (83,78)                              |

Fuente: Entrenamiento Técnico Avanzado 2012, Heat Craft

La carcaza o canal, Es el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza ni extremidades. La carcaza o canal es el producto primario; es un paso intermedio en la producción de carne, que es el producto terminado.

La carcaza o canal es un continente cuyo contenido es variable y su calidad depende fundamentalmente de sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo y grasa. (Máximo de carne, mínimo de hueso y óptimo de grasa)

La media canal, es cada una de las dos partes resultantes de dividir la canal, mediante un corte longitudinal que pasa por la línea media de la columna vertebral.



**Figura 20.** Media carcaza o canal de res de especie vacuna (Entrenamiento Técnico Avanzado 2012, HEATCRAFT)

**Cuadro 14.** Área de utilización de las carcaza, es la siguiente:

| <i>Producto</i> | <i>Capacidad normal</i> | <i>Capacidad máxima</i>     |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>BOVINOS</b>  |                         |                             |
| <b>VACA</b>     | ½ carcaza               | 2 piezas/metro <sup>2</sup> |
|                 |                         | 3 piezas/metro <sup>2</sup> |

Fuente: Entrenamiento Técnico Avanzado 2012, Heat Craft

Para calcular las ½ carcazas o canales que se pueden almacenar en la cámara de congelación se procede de la siguiente manera:

Se Calcula el área de utilización de la cámara de congelación:

Medidas interiores:

Largo:  $6.91 \text{ metros} - 1.20 \text{ metros} = 5.71 \text{ metros}$

Ancho:  $3.70 \text{ metros} - 1.20 \text{ metros} = 2.50 \text{ metros}$

Se calcula la cantidad de  $\frac{1}{2}$  carcaza de res de la especie vacuna que pueden almacenarse en la cámara frigorífica, utilizando los valores de capacidad normal se tiene:

$2 \text{ piezas} \times 5.71 \text{ metros} = 11.42 \text{ aproximando}; 12 \text{ piezas} \times 75 \text{ kilos} = 900 \text{ kilos}$

Transformando los kilos a libras se obtiene:  $900 \text{ kilos} \times 2.2 = 1\,984.16 \text{ libras}$

Las 1984.16 libras se multiplica por 2, que es la cantidad de hilera que se va a tener dentro de la cámara de congelación:  $1\,984.16 \times 2 = 3\,968.32 \text{ libras}$ .

Si se calcula la cantidad de  $\frac{1}{2}$  carcaza de res de la especie vacuna que pueden almacenarse en la cámara frigorífica, utilizando los valores de capacidad máxima se tiene:

$3 \text{ piezas} \times 5.71 \text{ metros} = 17.13 \text{ aproximando}; 18 \text{ piezas} \times 75 \text{ kilos} = 1350 \text{ kilos}$ .

Transformando los kilos a libras se obtiene:  $1350 \text{ kilos} \times 2.2 = 2\,970 \text{ libras}$

$2\,970 \text{ libras} \times 2 = 5\,940 \text{ libras}$

Por lo general, la carne de res se almacena en una cámara de congelamiento, a una temperatura superior a la temperatura de almacenamiento. Debido a que tiene un alto porcentaje de agua, su reacción, con respecto a la pérdida de calor, es completamente diferente arriba y debajo del punto de congelación.

Por encima del punto de congelación el agua se mantiene en forma líquida, mientras que por debajo del punto de congelación el agua ha cambiado su estado por convertirse en hielo.

El calor que debe extraerse a la carne de res para reducir su temperatura por encima del punto de congelación, puede calcularse, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = W \times C \times (T1 - T2) \quad (\text{ec-15})$$

Dónde:

Q = BTU que deben extraerse

W = peso del producto en libras

C = Peso específico por encima de la congelación BTU/ °F. libra

T1= Temperatura que se almacena la carne en °F

T2 = Temperatura final en oF (punto de congelación de la carne).

Reemplazando:

$$Q = 5940 \text{ Libras} \times 0.77 \text{ BTU/ lb. } ^\circ\text{F} (42 ^\circ\text{F} - 29 ^\circ\text{F}) \quad (\text{ec-16})$$

$$Q = 59\,459.4$$

El calor que debe extraerse a la carne de res para congelarla, puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q = W \times H \quad (\text{ec-17})$$

Dónde:

Q = BTU que deben extraerse

W = peso del producto en libra.

H = Calor latente de fusión en BTU/lb.



Reemplazando:

$$Q = 5\,940 \text{ libras} \times 100 \text{ BTU/lb.} \quad (\text{ec-18})$$

$$Q = 594\,000 \text{ BTU}$$

Una vez que se ha congelado el contenido de agua de la carne de res, puede seguirse enfriando sensiblemente.

El calor que debe extraerse de la carne de res para reducir su temperatura por debajo del punto de congelación, puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q = W \times C_i \times (T_2 - T_3) \quad (\text{ec-19})$$

Dónde:

Q = BTU que deben extraerse

W = peso del producto en libras

C<sub>i</sub> = Peso específico por debajo del punto congelación BTU/ °F. Libra

T<sub>2</sub> = Temperatura de congelación en °F

T<sub>3</sub> = Temperatura final en °F (punto de congelación de la carne).

Reemplazando:

$$Q = 5940 \text{ libras} \times 0.40 \text{ BTU/oF. Lb.} \times (29 \text{ °F} - 5 \text{ °F}) \quad (\text{ec-20})$$

$$Q = 57\,024 \text{ BTU}$$

La carga total del producto es la suma de las cargas individuales:

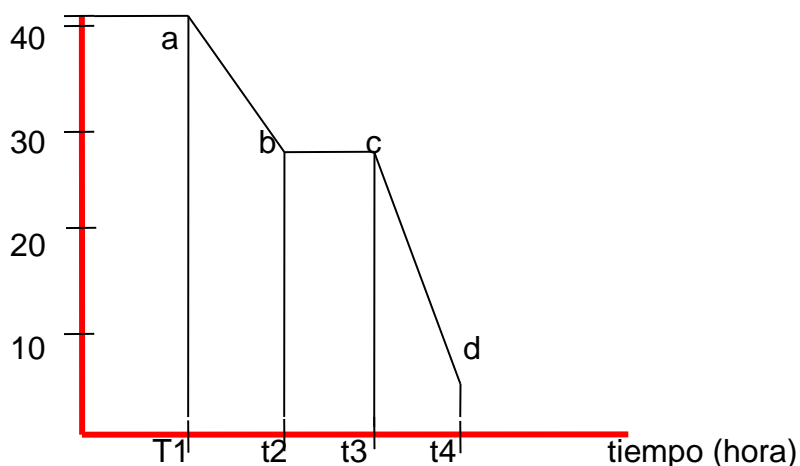
Calor sensible por encima del punto de congelación: 59 459. 4 BTU

|   |           |     |
|---|-----------|-----|
| Calor latente de congelación:                       | 594 000   | BTU |
| Calor sensible por debajo del punto de congelación: | 57 024    | BTU |
|   | -----     |     |
|   | 710 483.4 | BTU |

Los 710 483.4 BTU, es la cantidad de calor que se tiene que extraer a 5 940 libras de carne de res para bajar su temperatura de 40 °F a 5 °F, que es la temperatura de la cámara de congelación.

En la figura 13, que se muestra a continuación se puede observar el curso típico del proceso de congelación, en este caso de la carne de res. Este diagrama varía de acuerdo con los siguientes factores: método de congelación, tamaño, forma, composición química y propiedades físicas del producto, y tipo de envasado o ausencia de este.

Temperatura (° F)



**Figura 21.** Proceso de congelación (Marco Guananga)

En este caso se pueden determinar tres etapas, que corresponden a las fases del proceso de congelamiento. En la primera fase que corresponde al tramo a hasta b, se produce la refrigeración de la carne de res a congelar, desde la temperatura inicial 42 oF hasta la temperatura promedio de congelación 29 oF. El tramo b hasta c, corresponde a la congelación propiamente dicha, en teoría este tramo tendría que ser horizontal. En el punto en que comienza bruscamente a descender punto c, se inicia una nueva fase que es pos enfriamiento del producto

congelado. En esta fase c hasta d, disminuye la temperatura del producto congelado, hasta la temperatura de la cámara.

Calculo de carga utilizando programas informáticos

Por lo general las empresas que distribuyen los equipos de refrigeración tienen programas de cálculos de carga térmica para sus clientes, en estos programas se tienen que ingresar todos los datos que solicita el programa.

El siguiente programa de la empresa Danfoss nos permite realizar el cálculo de carga térmica mediante el ingreso de datos específicos al sistema.

```
Enter Thickness of Floor Insulation in inches. PgUp/PgDn for next field
===== BOX DATA ===== ESC exits =====
Date:07/17/14 Job:CAMARA FRIGORIFICA UNEMI Ambient: 92 Box Temp: 5
      14.11 Depth      24.64 Width      7.71 Height
INSULATION >  WALLS: .14 k Urethane Panels inches: 4.00
              CEILING: .14 k Urethane Panels inches: 4.00
              FLOOR: .14 k Urethane Panels inches: 3.00
```

```

D      W I D T H
P
E
T
H
```

**Figura 22.** Pantalla 1 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 22 de la pantalla 1 se ingresan los datos del proyecto a realizar como son: la fecha, el tipo de proyecto, temperatura de ambiente exterior, temperatura a la cual la cámara frigorífica debe estar, las medidas de la cámara frigorífica y el espesor del aislante térmico.

```

Adjacent Wall temperature #1.                               PgUp/PgDn for next field
===== BOX DATA ===== ESC exits =====
Date: 07/17/14   Job: CAMARA FRIGORIFICA UNEMI   Ambient: 92   Box Temp: 5
      14.11 Depth      24.64 Width      7.71 Height
INSULATION >   WALLS: .14 k Urethane Panels   inches: 4.00
                CEILING: .14 k Urethane Panels inches: 4.00
                FLOOR: .14 k Urethane Panels   inches: 3.00

Enter Adjacent Temperatures:  (or accept Defaults)

      wall #1 temp 92
wall #3 temp 92  [ D   W I D T H ]  92 wall #4 temp
                  [ P   ]
                  [ E   ]
                  [ T   ]
                  [ H   ]
                  [     ]
      wall #2 temp 92
                                temp at: Box Door 92
                                Ceiling 92
                                Floor 77

```

Figura 23. Pantalla 2 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 23 de la pantalla 2 se ingresan los datos de la temperatura exterior de las paredes y el piso de la cámara frigorífica.

```

Box Product Misc Output CRS Quit
Box data: Enter Box info here
-----
Date: 07/17/14   Job: CAMARA FRIGORIFICA UNEMI   RT hrs: 18
      14.11 Depth      24.64 Width      7.71 Height      5 deg Box 92 deg Ambient

                Sq Ft Surface Gain      5395 Btuh
Infiltration Load - 1 Box Door(s)      4852 Btuh Normal usage
      1570 lbs *GENERAL STORAGE          314 Btuh 24 hr Pulldown

Lights: Watts per Sq Ft 1.0            1947 Btuh

                Total Load      12508 Btuh
                Estimated Fan Load      1891 Btuh
                Estimated Defrost Load      346 Btuh
                Total Load with Fan and Defrost      14745 Btuh
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor      16219 Btuh
INSULATION: Walls .14 k Urethane Panels      4.00 in.
              Ceiling .14 k Urethane Panels      4.00 in.
              Floor .14 k Urethane Panels      3.00 in.
*GENERAL STORAGE Entering at 15 deg (Pulldown of 10 degs)

```

Figura 24. Pantalla 3 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 23 de la pantalla 3 se observa los valores de carga térmica que se generan a través de las paredes, piso y techo de la cámara frigorífica.

SELECT a New Product or ESC to cancel

| PRODUCT               | GENERAL STORAGE | ENTER                 | FINAL | PULLDOWN | g Ambient      |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------|----------|----------------|
| BEEF                  | APPLES          | °F                    | 5°F   | in Hrs   |                |
| 594                   | ARTICHOKEs      |                       |       |          |                |
| Ligh                  | ASPARAGUS       |                       | 990   | Btuh     | 24 hr Pulldown |
|                       | AVACODOS        | t 1.0                 | 1947  | Btuh     |                |
|                       | BACON           |                       |       |          |                |
|                       | BANANAS         |                       |       |          |                |
|                       | BEEF            |                       |       |          |                |
|                       | BEER            |                       |       |          |                |
|                       | BEETS           | ad                    | 13184 | Btuh     |                |
|                       | BERRIES         | ad                    | 1993  | Btuh     |                |
|                       | BLACKBERRIES    | ad                    | 364   | Btuh     |                |
|                       | BLUEBERRIES     | ost                   | 15542 | Btuh     |                |
| Total Load            | BREAD           | tor                   | 17096 | Btuh     |                |
| Total Load Adjusted w | BROCCOLI        | Panels                | 4.00  | in.      |                |
| INSULATION: Walls     | BRUSSEL SPROUTS | Panels                | 4.00  | in.      |                |
| Ceiling               | BUTTER          | Panels                | 3.00  | in.      |                |
| Floor                 | CABBAGE         | (Pulldown of 10 degs) |       |          |                |
| *BEEF                 | CARROTS         |                       |       |          |                |

Figura 25. Pantalla 4 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 25 de la pantalla 4 se ingresa la información del producto que se va a almacenar, la cantidad de este, la temperatura a la que el producto entra, la temperatura a la que el producto debe llegar y las horas de funcionamiento del equipo frigorífico.

Required pulldown time? (normally 24 hrs.)

ESC exits

| PRODUCT                 | LBS/DAY   | ENTER                 | FINAL        | PULLDOWN    | g Ambient      |
|-------------------------|---|-----------------------|--------------|-------------|----------------|
| BEEF                    | 5940  | 41°F                  | 5°F          | in Hrs      | 16             |
| 5940 lbs                | *BEEF   |                       | 990          | Btuh        | 24 hr Pulldown |
| Lights: Watts per Sq Ft | 1.0   |                       | 1947         | Btuh        |                |
|                         | <b>Total Load</b>                                 |                       | <b>13184</b> | <b>Btuh</b> |                |
|                         | Estimated Fan Load                                |                       | 1993         | Btuh        |                |
|                         | Estimated Defrost Load                            |                       | 364          | Btuh        |                |
|                         | Total Load with Fan and Defrost                   |                       | 15542        | Btuh        |                |
|                         | <b>Total Load Adjusted with 10% Safety Factor</b> |                       | <b>17096</b> | <b>Btuh</b> |                |
| INSULATION: Walls       | .14 k Urethane Panels                             |                       | 4.00         | in.         |                |
| Ceiling                 | .14 k Urethane Panels                             |                       | 4.00         | in.         |                |
| Floor                   | .14 k Urethane Panels                             |                       | 3.00         | in.         |                |
| *BEEF                   | Entering at 15 deg                                | (Pulldown of 10 degs) |              |             |                |

Figura 26. Pantalla 5 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 26 de la pantalla 5 se observa el total de la carga térmica del producto que se va a almacenar.

```

Box      Product      Misc      Output      CRS      Quit
Select Type of Product for Storage
-----
Date: 07/17/14  Job: CAMARA FRIGORIFICA UNEMI  RT hrs: 18
14.11 Depth    24.64 Width    7.71 Height  5 deg Box  92 deg Ambient

                Sq Ft Surface Gain    5395 Btuh
Infiltration Load - 1 Box Door(s)  4852 Btuh  Normal usage
                5940 lbs *BEEF          43418 Btuh  16 hr Pulldown

                Lights: Watts per Sq Ft 1.0    1947 Btuh

                Total Load          55612 Btuh
                Estimated Fan Load          8408 Btuh
                Estimated Defrost Load      1536 Btuh
                Total Load with Fan and Defrost 65557 Btuh
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor 72112 Btuh
INSULATION: Walls .14 k Urethane Panels  4.00 in.
              Ceiling .14 k Urethane Panels 4.00 in.
              Floor .14 k Urethane Panels  3.00 in.
*BEEF          Entering at 41 deg (Pulldown of 36 degs w/LHF)

```

Figura 27. Pantalla 6 del programa de cálculo Danfoss

En la figura 27 de la pantalla 6 nos indica la suma del total de la carga térmica.

```

Number of Occupants / Workers
-----
MISC DATA  ESC exits  ORIFIFICA UNEMI  RT hrs: 1
7.71 Height    5 deg Box  92 deg Ambient

Run Time Hrs 16
Usage Factor 2.0
No. of Doors 1

Lights/Watts sq.ft. 2.0
Material Handling EHP 0.00

Glass Doors 0
Adjacent Temp 92

People 1

Surface Gain    97111 Btuh
Box Door(s)    87334 Btuh  Normal usage
                43418 Btuh  16 hr Pulldown

er Sq Ft 1.0    35045 Btuh

Total Load          262908 Btuh
Fan Load        39752 Btuh
rost Load      7264 Btuh
nd Defrost     309923 Btuh
ety Factor     340915 Btuh
ethane Panels  4.00 in.
Ceiling .14 k Urethane Panels 4.00 in.
Floor .14 k Urethane Panels 3.00 in.
*BEEF          Entering at 41 deg (Pulldown of 36 degs w/LHF)

```

Figura 28. Pantalla 7 del programa de cálculo de Danfoss

En la figura 28 de la pantalla 7 se va al menú de Misc Data para ingresar los datos de las horas de funcionamiento del equipo frigorífico, número de lámpara, número de puertas y número de personas.

```

Box      Product      Misc      Output      CRS      Quit
Send Output to Printer
-----
Date: 07/17/14   Job: CAMARA FRIGORIFICA UNEMI   RT hrs: 16
 14.11 Depth    24.64 Width    7.71 Height    5 deg Box    92 deg Ambient

                Sq Ft Surface Gain    6069 Btuh
Infiltration Load - 1 Box Door(s) 10917 Btuh Heavy usage
                5940 lbs *BEEF          43418 Btuh 16 hr Pulldown

                Lights: Watts per Sq Ft 2.0    4381 Btuh
                        1 Occupants          1012 Btuh

                Total Load    65797 Btuh
                Estimated Fan Load    9949 Btuh
                Estimated Defrost Load    1818 Btuh
                Total Load with Fan and Defrost    77563 Btuh
Total Load Adjusted with 10% Safety Factor    85320 Btuh
INSULATION: Walls    .14 k Urethane Panels    4.00 in.
                Ceiling    .14 k Urethane Panels    4.00 in.
                Floor    .14 k Urethane Panels    3.00 in.
*BEEF                Entering at 41 deg <Pulldown of 36 degs w/LHF>

```

Figura 29. Pantalla 8 del programa de cálculo Danfoss

En la figura 29 de la pantalla 8 se culmina el proceso de cálculo de carga térmica.

En resumen, el programa de cálculo de carga térmica nos indica que se necesita un valor de 85 320 BTU/H para el proyecto de la cámara frigorífica, a diferencia del cálculo que se desarrolló con la “hoja de cálculo” de la Copeland Refrigeration de México, S. A. (Anexo 9) que indica un valor de 82 089.71, comparando los dos resultados se tiene una diferencia del 3,8 % entre estos dos resultados.

## 5.4. OBJETIVOS

### 5.4.1. Objetivo General de la Investigación

Dar a conocer al estudiante la metodología que se sigue para realizar estudio y análisis de Transferencia de Calor para determinar índices de carga térmica en una cámara de congelación.

### 5.4.2. Objetivos específicos

- Proporcionar a los docentes de la asignatura Transferencia de calor, un medio que estimule un cambio metodológico de estudio,

fomentado y apoyado en el uso de materiales interactivos, prácticas de simulación y trabajo personal.

- Desarrollar en los estudiantes habilidades analíticas y experimentales para que aporten soluciones a problemas de ingeniería enfocados al área térmica.
- Proponer el uso de la cámara de congelación en el proceso de enseñanza aprendizaje de otras asignaturas, para crear situaciones de aprendizaje reales.

## **5.5 UBICACIÓN**

El diseño y construcción de una cámara de congelación para el estudio y análisis de transferencia de Calor se implementará en un aula designada por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro. San Francisco de Milagro o simplemente Milagro, es una ciudad de la provincia del Guayas de la República del Ecuador. Está situada en el sudoeste del país, en las riberas del río homónimo. Es la cabecera cantonal del Cantón Milagro. El cantón Milagro es cantón desde el 17 de septiembre de 1913.

El nombre de Milagro se origina a que en el año de 1784 llegó a la parcialidad Los Chirijos un oidor de la real audiencia de Quito llamado Miguel de Salcedo, durante su estadía su esposa María enfermó de paludismo agudo, agravándose su estado debido a las continuas fiebres que soportaba. A fin de solicitar salud para la enferma se organizó una novena en honor de San Francisco de Asís, coincidiendo que en uno de estos días, también un indio Chirijo, vecino del español le entregó a Miguel de Salcedo un puñado de raíces, compuesto por quina y trozos de bejuco llamado Zaragoza y le dio un cocimiento de aquellas hierbas a la enferma, estas le devolvieron la salud luego de 10 días. El español en agradecimiento a San Francisco de Asís autor del milagro, pidió al Gobernador de Guayaquil, que se fundara una villa con el nombre de San Francisco de Milagro, quedando así con este nombre en la historia y geografía del país.

El uso de la cámara de congelación está dirigido para los estudiantes del VII semestre, asignatura Transferencia de Calor de la carrera de Ingeniería Industrial,



esta cámara- laboratorio estará siempre a disposición de docentes y estudiantes que deseen contrastar la parte teórica con la realidad.



**Figura 30.** Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Industrial 2012 (UNEMI)

## 5.6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En lo relacionado al aspecto administrativo:

El presente estudio fue aprobado por el H. Consejo Directivo de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería de la universidad estatal de milagro.

En lo relacionado al aspecto legal:

Estando en vigencia la nueva Ley Orgánica de Educación Superior, la implementación de laboratorios y equipos que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje, es una necesidad. El presente trabajo contribuye a cumplir con esta normativa.

En lo relacionado al aspecto presupuestario:

Los costos de la construcción de la cámara de congelación y del sistema de refrigeración son asumidos por los autores de este proyecto, como una muestra de gratitud a la Universidad Estatal de Milagro.

En lo relacionado al aspecto técnico:

La experiencia adquirida por varios años de trabajo en la industria, van ha permitir la construcción de esta cámara- laboratorio.

## **5.7 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

La Implementación de la cámara de congelación en una de las aulas designada por la Unidad Académica de ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal de Milagro se hará siguiendo el debido proceso:

### **5.7.1 Actividades**

- Estudio de las necesidades e inspección del área, medición para la compra de materiales y accesorios.
- Diseño de cámara de congelación.
- Selección de materiales.
- Cotización de materiales para cámara de congelación.
- Compra de materiales para aislamiento y fundición de piso.
- Transporte de materiales.
- Preparación del material, instalación del aislante para el piso de cámara de congelación, fundición del piso y construcción de muro perimetral
- Compra de aislamiento para construcción de paredes, techo y puerta de la cámara de congelación y del sistema de refrigeración.
- Transporte de material aislante de la cámara de congelación.
- Instalación de las partes laterales y superiores de la cámara congelación.
- Instalación de punto eléctrico para la unidad evaporadora y unidad condensadora de la cámara congelación.
- Transporte de unidad condensadora y evaporadora.
- Instalación de la unidad evaporadora
- Instalación de unidad condensadora
- Arranque y prueba del equipo de la cámara de congelación.

## PROCESO DE INSTALACION DE CAMARA FRIGORIFICA EN LA UNEMI

En este primer paso se conoce la ubicacion donde se podria llevar a cabo la implementacion de la camara frigorifica , en este caso los laboratorios de ingenieria industrial



En este punto se realiza la medicion del area del laboratorio para realizar los planos de la camara frigorifica y seleccion de los elementos



Luego se realiza el listado de los materiales y la cotizacion de los mismos



Se compra materiales y se realiza el aislamiento termico del piso con planchas de poliuretano, barrera de vapor , y luego se realiza la fundicion del piso aislado



Se transporta los paneles de poliuretano para construccion de paredes y techo de camara frigorifica



Se realiza la instalacion del aislamiento termico de las paredes, puerta y techo de camara frigorifica



Procedemos a realizar el punto electrico para la unidad condensadora y evaporadora



En esta etapa se realiza la instalacion de la unidad condensadora y evaporadora y lamparas para camara frigorifica



En esta ultima etapa se realiza el arranque, puesta en marcha de equipo y pruebas de funcionamiento

## 5.7.2 Recursos, análisis financiero

| PROFORMA DE PROYECTO |      |   |                   |              |
|----------------------|------|---|-------------------|--------------|
| CANT                 | UNID | DETALLE   | V. UNIT.          | TOTAL        |
| 1.00                 | Glb  | CÁMARA FRIGORÍFICA<br>Dimensiones exteriores totales: 3.90m de frente x 7.15m de fondo x 2.35m de alto<br>Altura libre interior: 2.10m<br>Paredes y techo.-<br>Paneles MAFRICO con aislamiento de poliuretano inyectado, de 38kg/m3 de densidad, forrados con plancha metálica de acero galvanizado prepintada en blanco. |                   |              |
| 77.61                | m2   | Espesor de los paneles: 100mm   | \$58.00           | \$4,501.38   |
| 27.89                | m2   | Piso .-<br>Planchas de poliuretano inyectado de 75mm de espesor, con su respectiva barrera de vapor.  | \$28.00           | \$780.92     |
| 27.89                | m2   | Barrera de vapor (chova - plástico)   | \$7.00            | \$195.23     |
| 1.00                 | Und. | Puertas .-<br>Puerta corrediza baja temperatura 0.90m de ancho x 2.00m de alto.<br>Incluye cortinas plásticas y mecanismo de apertura desde el interior   |                   | \$1,465.00   |
| 4.00                 | Und. | Accesorios de instalación.-<br>Lámparas selladas  | \$42.00           | \$168.00     |
| 1.00                 | Und. | Aliviador de presión<br>Instalación.- (NO INCLUYE MANO DE OBRA)   |                   | \$55.00      |
| 1.00                 | Glb  | Materiales para la instalación de paneles y puertas: perfiles, silicón, remaches, tornillos, poliuretano.   |                   | \$309.47     |
| 1.00                 | Glb. | SISTEMA DE REFRIGERACION PARA MANTENIMIENTO A -15°C<br>El sistema está compuesto de :   |                   |              |
| 1.00                 | Und. | Unidad condensadora para trabajar en interperie marca HEATCRAFT modelo FLEXCOLD FLEX600X6B, equipada con compresor hermético COPELAND dispuesto para trabajar con refrigerante R-404A y con una alimentación eléctrica de 220v/1ph.   |                   | \$2,350.00   |
| 1.00                 | Und. | Evaporador de baja silueta marca HEATCRAFT modelo FLEXCOLD EFE4469 con descarche eléctrico  |                   | \$1,225.00   |
|                      |      |   | <b>SUMA US\$</b>  | \$ 11,050.00 |
|                      |      |   | <b>DESCUENTO</b>  | \$ 2,210.00  |
|                      |      |   | <b>SUBTOTAL</b>   | \$ 8,840.00  |
|                      |      |   | <b>I.V.A 12%</b>  | \$ 1,060.80  |
|                      |      |   | <b>TOTAL US\$</b> | \$ 9,900.80  |

### 5.7.3 Impacto

$$I = \frac{\text{Cant. de estudiantes que van a utilizar la cámara+docentes}}{\text{Cant. total de estudiantes que van a utilizar la cámara+docentes}} \times 100 \quad (\text{Ec-21})$$

$$I = \frac{398+5}{578+8} \times 100$$

$$I = \frac{403}{586} \times 100$$

$$I = 68\%$$

El 68% de los estudiantes de ingeniería industrial van a hacer uso de esta cámara frigorífica

Una vez implementada y entregada a la Universidad Estatal de Milagro, la cámara de congelación servirá para hacer estudios de la transferencia de calor a través de sus elementos constructivos, los beneficios que los estudiantes del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial obtendrán a mediano y largo plazo será una enseñanza más activa y participativa basada en el fundamento de la práctica.

La cámara de congelación una vez puesta en funcionamiento y al servicio de los estudiantes, propiciará una oportunidad única para que ellos trabajen en forma cooperativa y solucionen problemas de la realidad, el trabajo en grupo ayuda al estudiante a mejorar mediante la crítica mutua.

Uno de los objetivos fundamentales de la Universidad, es la investigación, es decir promover al estudiante el espíritu científico, la cámara de congelación bien utilizada va permitirle desarrollar habilidades, aprender técnicas elementales y familiarizarse con el manejo de instrumentos y sistemas complejos, también va motivarlo.

### 5.7.4 Cronograma

| Cronograma de diseño y construccion de una camara frigorifica para estudio de transferencia de calor en la unemi |   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
|--|---|--|-------|---|---------|---|-------|---|-------|---|------|---|-------|---|-------|---|-------|---|----------|---|--------|---|---------|---|-------|---|---------|---|---|---|---|
| ETAPAS   | AÑO 2012-2013   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
|  | MES   |  | Enero |   | Febrero |   | Marzo |   | Abril |   | Mayo |   | Junio |   | Julio |   | Agost |   | Septiemb |   | Octubr |   | Noviemb |   | Enero |   | Febrero |   |   |   |   |
|  | SEMANAS   |  | 2     | 4 | 1       | 2 | 3     | 4 | 1     | 2 | 3    | 4 | 1     | 2 | 3     | 4 | 1     | 2 | 3        | 4 | 1      | 2 | 3       | 4 | 1     | 2 | 3       | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 1  | Estudio de las necesidades e inspección del área, medición para la compra de materiales y accesorios.   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 2  | Diseño de camara frigorifica  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 3  | Selección de materiales   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 4  | Cotizaion de materiales para camara   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 5  | Compra de materiales para aislamiento y fundicion de piso.  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 6  | Transporte de materiales  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 7  | Preparación del material.<br>Instalación de aislante para el piso de camara frigorifica.<br>Fundicion de piso y construccion de muro perimetral |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 8  | Compra de aislamiento para construccion de paredes, techo y puerta de camara frigorifica y equipo frigorifico                                   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 9  | Transporte de material aislante de camara frigorifica   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 10   | Instalacion de las partes laterales y superiores de la camara frigorica.  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 11   | Instalacion de punto electrico para unidad evaporadora y condensadora de la camara frigorifica.   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 12   | Transporte de unidad condensadora y evaporadora para camara frigorifica   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 13   | Instalacion de unidad evaporadora.  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 14   | Instalacion de unidad condensadora.   |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |
| 15   | Arranque y prueba del equipo de la camara frigorifica.  |  |       |   |         |   |       |   |       |   |      |   |       |   |       |   |       |   |          |   |        |   |         |   |       |   |         |   |   |   |   |

### **5.7.5 Lineamiento para evaluar la propuesta**

Al término de este Proyecto de Grado, se puede tener la satisfacción de decir que se va a alcanzar el objetivo propuesto: Aumentar el interés de los estudiantes del VII semestre de la carrera de Ingeniería Industrial implementando una cámara refrigerativa para el estudio de la transferencia de calor a través de sus elementos constructivos.

Al aumentar el interés por el estudio, debido a la motivación, que es el motor capaz de poner en movimiento las expectativas y apetencias intelectuales del estudiante, se mejora el nivel académico porque cumplen con las tareas, se presentan a clases todos los días, etc.

## CONCLUSIONES

- La cámara de congelación tiene un costo de \$ 9,900.80 dólares USA, este valor de obra (100%), corresponde a los materiales que se utilizaron en la construcción de la cámara y la compra del equipo de refrigeración, no hay rubro de mano ya que esta fue construida íntegramente por los participantes de este proyecto.
- La cámara de congelación, una vez que se concluyó su construcción, se procedió a realizar el proceso de instalación de la unidad de refrigeración. Esta se realiza bajo las estrictas normas de una buena práctica que rige esta profesión, el correcto dimensionado de la línea de vapor y líquido, instalación de un filtro deshidratador de la línea de líquido, vacío de la unidad
- En el arranque y prueba de la unidad se evidencia la temperatura interior de la cámara  $-15^{\circ}\text{C}$ , esta se alcanza después de 4 horas de trabajo.
- Las presiones del refrigerante tanto en el lado de alta es de 318.3 PSI y en el lado de baja es 36.6 PSI
- A consideración del gremio, este equipo puede ser utilizado para almacenar y conservar otros productos que ingresen en estado semi-congelado, sean estos lácteos, cárnicos, pollo.
- La cámara de congelación puede almacenar un mínimo de 3,968 libras de producto y un máximo 5,940 libras.
- El consumo energético establecido a máxima carga y temperatura de diseño es de 2,923.80 KW / h. Generando un consumo económico de **\$292.30 mes.**



- También se debe considerar la posibilidad de alquilar este equipo, de los 46 m<sup>3</sup> existente total, el m<sup>3</sup> puede ser cobrado a \$ 60.00 mensuales, 24 m<sup>3</sup> libres disponibles generan \$1,440.00 de ingreso; lo demás dependerá del administrador.
  
- El mantenimiento mensual de esta cámara tiene un costo de \$120,00 lo cual garantizara el buen funcionamiento de los equipos y satisfacción de los usuarios, el producto debe ser almacenado sobre pallets de madera o plásticos, evitar arrastrar las cargas, así se mantendrá conservado el piso de concreto.
  
- Las tareas de enseñanza aprendizaje se van a llevar a cabo en un medio natural y con objetos reales, donde se podrá caracterizar situaciones similares en donde el estudiante tendrá la oportunidad de tomar decisiones que conduzcan a la solución de problemas, podrán demostrar lo valores, las actitudes, el comportamiento y el grado de dominio del conocimiento adquirido a través de la estrategia y tarea propuesta, podrán expresar los aprendizajes logrados evidenciándolos en acciones prácticas.

## RECOMENDACIONES

- Para que la unidad de refrigeración instalada en la cámara de congelación tenga una vida útil que sobrepase las expectativas, es importante el chequeo de sus controles eléctricos cada dos meses, este consiste:
  - Reajustar las líneas de fuerza, tanto a la entrada del breaker como en los bornes de la unidad condensadora.
  - Verificar la programación del control digital.
  - Comprobar el funcionamiento de la válvula solenoide.
- También es importante el mantenimiento preventivo de las unidades (evaporador y condensador) que consiste en:
  - Limpieza de la unidad condensadora cada dos meses, este trabajo no va a permitir que en el condensador se acumule polvo, permitiendo el libre paso del aire a través de él.
  - Limpieza de la unidad evaporadora cada dos meses, cuando se realiza esta limpieza es importante verificar el funcionamiento de las resistencias.

## BIBLIOGRAFÍA

AIR- CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE: *Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado*, Prentice Hall, México, 1999.

BUQUÉ, Francesc et al.: *Refrigeración*, Alfaomega Colombiana S. A., Bogotá, 2009.

FRANCO LIJÓ, Juan Manuel et al.: *Manual de Refrigeración*, Editorial Reverté S. A., España, 2006.

COPELAND: *Manual de refrigeración*, U. S. A., Autor, 2000.

DANFOSS: *Manual de Instalación, operación y mantenimiento*, Colombia, Autor, 2010.

DOSSAT, Roy J. et al.: *Principios de Refrigeración*, Compañía Editorial Continental, 1980.

HEAT CRAFT: *Instalación del Sistema de Refrigeración*, Brasil, Autor, 2010.

HEAT CRAFT: *Entrenamiento técnico avanzado*, Brasil, Autor, 2012.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA, Lucio Pilar: *Metodología de la Investigación*, Mc Graw- Hill Interamericana Editores S. A. de C. V., México, 1998.

WHITMAN, William C., JOHNSON, William M.: *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*, Paraninfo S. A., España, 2000.

SANGUINETTI R., Ernesto: "Almacenamiento de Productos Congelados", en *Revista ACR Latinoamérica*, Vol. 13, No 5, Colombia, 2010, pp. 41- 42- 43- 44- 45.

MORA GOYES, Hugo: *Desmontaje, Reconstrucción y reubicación de una cámara frigorífica*, pp. 30-31.

PATRICA Ramos, Amarilis Tania; BRUNO LIENDO, Fredy Jesús; ABANCIN OSPINA, Ramón Antonio: *Teoría del Constructivismo*, <https://www.google.com/search?q=Parica+ramos+teoria+de+constructivismo+soci+al&ie=utf-8&oe=utf-8>, extraído el 30 de Enero del 2015.

PAYER, Mariángeles: *Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación con la teoría de Jean Piaget*, <http://www.proglocode.unam.mx/system/files/>, extraído el 30 de enero del 2015

KOLB, David: *Alumnos Pragmáticos*, [www.galeon.com/aprenderaaprender/Kolb/pragmaticos.htm](http://www.galeon.com/aprenderaaprender/Kolb/pragmaticos.htm), extraído el 30 de enero del 2015.

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre: Cámara Frigorífica, [wikipedia.org/wiki/Cámara frigorífica](http://wikipedia.org/wiki/Cámara_frigorífica), extraído el 30 de Enero del 2015.

REPUBLICA DEL ECUADOR: Constitución del Ecuador 2008, (pp.) 18,19,71 y 72

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Unidades Condensadoras Modelos R404 A Unidades Condensadoras Modelos R404 A

| Modelo     | Dimensões Externas sem Embalagem<br>Dimensiones Externas sin Embalaje |                            |                    | Dimensões Externas com Embalagem<br>Dimensiones Externas con Embalaje |                            |                    | Dados Mecânicos<br>Datos Mecánicos |                                      |   | Peso Líquido<br>Peso Neto<br>(kg) | Peso Bruto | Ventiladores |              |                               | Nível de Ruído a 5m **<br>Nivel De ruido A 5 m ** |
|------------|---|----------------------------|--------------------|---|----------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------------|------------|--------------|--------------|-------------------------------|---|
|            | largura Largo<br>(A) (mm)   | Profund. Ancho<br>(B) (mm) | Altura<br>(C) (mm) | Largura Largo<br>(A) (mm)   | Profund. Ancho<br>(B) (mm) | Altura<br>(C) (mm) | Conexões / Conexiones              |                                      | Tanque de Líquido<br>Recibidor de Líquido<br>90% Cheio / Lleno (kg) |                                   |            |              |              |                               |   |
|            |   |                            |                    |   |                            |                    | líquido<br>Flare Pol.              | Sucção Succión<br>SWT (Ext.)<br>Pol. |   |                                   |            | Diâm. Diâm.  | Quant. Cant. | Vazão de ar<br>Caudal de aire |   |
| FLEX125X6* | 643   | 480                        | 483                | 703   | 630                        | 628                | 3/8                                | 3/8                                  | 3,5   | 44                                | 55         | 300          | 1            | 1555                          | 64  |
| FLEX150X6* | 643   | 480                        | 483                | 703   | 630                        | 628                | 3/8                                | 3/8                                  | 3,5   | 45                                | 56         | 300          | 1            | 1555                          | 64  |
| FLEX200X6* | 760   | 490                        | 494                | 820   | 640                        | 680                | 3/8                                | 3/4                                  | 3,5   | 54                                | 68         | 450          | 1            | 4251                          | 67  |
| FLEX250X6* | 760   | 490                        | 494                | 820   | 640                        | 680                | 3/8                                | 3/4                                  | 3,5   | 54                                | 68         | 450          | 1            | 4251                          | 70  |
| FLEX300X6* | 760   | 490                        | 494                | 820   | 640                        | 680                | 3/8                                | 3/4                                  | 3,5   | 55                                | 69         | 450          | 1            | 4251                          | 70  |
| FLEX350X6  | 851   | 520                        | 638                | 911   | 670                        | 783                | 1/2                                | 3/4                                  | 5,8   | 71                                | 88         | 450          | 1            | 4995                          | 69  |
| FLEX400X6  | 851   | 520                        | 638                | 911   | 670                        | 783                | 1/2                                | 3/4                                  | 5,8   | 71                                | 88         | 450          | 1            | 4995                          | 72  |
| FLEX500X6  | 931   | 554                        | 638                | 991   | 704                        | 643                | 1/2                                | 3/4                                  | 5,8   | 80                                | 99         | 500          | 1            | 5090                          | 69  |
| FLEX600X6  | 931   | 554                        | 638                | 991   | 704                        | 643                | 1/2                                | 3/4                                  | 5,8   | 81                                | 99         | 500          | 1            | 5090                          | 69  |

\*\*Valores a serem descontados para diferentes distâncias:

\*\*Valores a ser descontados para diferentes distancias:

| Distância / Distancia | 5m       | 10m      | 15        | 20        |
|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| Reduzir / Reducir     | 0 db (A) | 6 db (a) | 10 db (A) | 12 db (A) |

\* Modelos com condensador 100% em alumínio.

\* Modelos con condensador 100% en aluminio.

Os dados de ruído acima são típicos para "campo aberto", unidades condensadoras resfriadas a ar com fluxo horizontal - o nível de ruído é considerado na descarga do ar. Fatores como paredes próximas, ruídos de fundo e outras condições de montagem podem influenciar significativamente o nível de ruído.

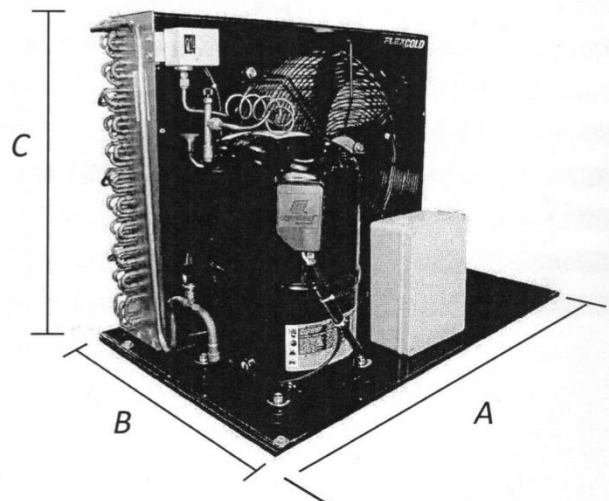
Los datos de ruido arriba son típicos para "campo abierto", unidades condensadoras enfriadas a aire con flujo horizontal - el nivel de ruido es considerado en la descarga de aire. Factores como paredes próximas ruidos de fondo y otras condiciones demontaje pueden influenciar significativamente el nivel de ruido.

### Correção das temperaturas ambiente em função da altitude Corrección de las temperaturas ambiente en función de la altitud

| Altitude<br>Altitud | Somar na temperatura ambiente °C/<br>Somar en la temperatura ambiente °C |
|---------------------|--|
| 1000                | 1  |
| 2000                | 3  |
| 3000                | 5  |
| 4000                | 7  |
| 5000                | 10   |

Temperatura externa de 25oC e altitude de 4000m, somando 25+7=32oC - é com esse valor de temperatura externa que a capacidade deve ser selecionada.

Temperatura externa de 25°C y altitud de 4000m, somando 25+7= 32°C - es con ese valor de temperatura externa que la capacidad debe ser seleccionada.



## ANEXO 2

### Dados Elétricos Datos Eléctricos

#### Unidades Condensadoras Modelos R22/HP81

| Modelo     | Compressor<br>Compressor | Compressor / Compresor |       |       |      |      |
|------------|--------------------------|------------------------|-------|-------|------|------|
|            |                          | Volts                  | Fases | HZ    | RLA  | LRA  |
| FLEX125H2B | WJ9460E-2                | 220                    | 1     | 60    | 4,78 | 29   |
| FLEX150H2B | RST70C1E-PFV             | 220                    | 1     | 60    | 7,7  | 46   |
| FLEX150H2C | RST70C1E-TFC             | 220                    | 3     | 50/60 | 5,5  | 36   |
| FLEX175H2B | CK20K3-PFV               | 220                    | 1     | 60    | 10,1 | 54   |
| FLEX175H2B | CR18K6-TF5               | 220                    | 3     | 50/60 | 5,5  | 40   |
| FLEX175H2B | CR18K6-TFD               | 380                    | 3     | 50/60 | 3,5  | 18   |
| FLEX225H2B | CK24KQ-PFV               | 220                    | 1     | 60    | 13,5 | 71   |
| FLEX225H2C | CR24K6M-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 9,3  | 55   |
| FLEX225H2D | CR24K6M-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 4,3  | 28   |
| FLEX250H2B | CK27K3-PFV               | 220                    | 1     | 60    | 15   | 70,5 |
| FLEX250H2C | CR28K6-TF5               | 220                    | 3     | 50/60 | 9,8  | 64   |
| FLEX250H2D | CR28K6-TFD               | 220                    | 3     | 50/60 | 4,7  | 31   |
| FLEX275H2B | CK30K3-PFV               | 220                    | 1     | 60    | 17   | 83   |
| FLEX300H2B | CR34K6M-PFV              | 220                    | 1     | 60    | 20   | 88   |
| FLEX300H2C | CR34K6M-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 10,7 | 77   |
| FLEX300H2D | CR34K6M-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 5,7  | 45   |
| FLEX350H2B | CR37K6M-PFV              | 220                    | 1     | 60    | 18,9 | 86   |
| FLEX350H2C | CR37K6M-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 11,6 | 100  |
| FLEX350H2D | CR37K6M-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 6,9  | 45   |
| FLEX450H2B | CR47KQM-PFV              | 220                    | 1     | 60    | 26,1 | 115  |
| FLEX450H2C | CR47KQM-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 18,4 | 125  |
| FLEX450H2D | CR47KQM-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 7,9  | 51   |
| FLEX500H2C | CR53KQM-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 20   | 135  |
| FLEX500H2D | CR53KQM-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 9,9  | 60   |
| FLEX600H2B | CR62KQM-PFV              | 220                    | 1     | 60    | 35   | 155  |
| FLEX600H2C | CR62KQM-TF5              | 220                    | 3     | 50/60 | 23,4 | 125  |
| FLEX600H2D | CR62KQM-TFD              | 380                    | 3     | 50/60 | 10,7 | 50   |

#### Unidades Condensadoras Modelo R404 A

| Modelo      | Compressor<br>Compressor | Compressor / Compresor |       |         |      |     |
|-------------|--------------------------|------------------------|-------|---------|------|-----|
|             |                          | Volts                  | Fases | HZ      | RLA  | LRA |
| FLEX125X6B  | RST6C1E-CAV              | 220                    | 1     | 60      | 6,9  | 37  |
| FLEX150X6B  | RST70C1E-PFV             | 220                    | 1     | 60      | 7,7  | 46  |
| FLEX150X6C  | RST70C1E-TFC             | 220                    | 3     | 50/60   | 5,5  | 36  |
| FLEX200X6B* | CS10K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 9,8  | 56  |
| FLEX200X6C* | CS10K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 6,7  | 51  |
| FLEX250X6B* | CS12K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 9,8  | 56  |
| FLEX250X6C* | CS12K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 6,7  | 51  |
| FLEX300X6B* | CS14K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 11,2 | 61  |
| FLEX300X6C* | CS14K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 8,2  | 55  |
| FLEX300X6D* | CS14K6E-TFD              | 380                    | 3     | 50/60   | 4,7  | 28  |
| FLEX350X6B  | CS18K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 14,4 | 82  |
| FLEX350X6C  | CS18K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 9,4  | 66  |
| FLEX350X6D  | CS18K6E-TFD              | 380                    | 3     | 50/60   | 3,9  | 33  |
| FLEX400X6B  | CS20K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 16,7 | 96  |
| FLEX400X6C  | CS20K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 10,3 | 75  |
| FLEX400X6D  | CS20K6E-TFD              | 380                    | 3     | 50/60   | 5,1  | 40  |
| FLEX500X6B  | CS27K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 21,5 | 95  |
| FLEX500X6C  | CS27K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 13,7 | 82  |
| FLEX500X6D  | CS27K6E-TFD              | 380                    | 3     | 50/60   | 7,6  | 41  |
| FLEX600X6B  | CS33K6E-PFV              | 220                    | 1     | 50/60** | 27,6 | 125 |
| FLEX600X6C  | CS33K6E-TF5              | 220                    | 3     | 50/60   | 18,6 | 90  |
| FLEX600X6D  | CS33K6E-TFD              | 380                    | 3     | 50/60   | 8,8  | 45  |

\* Modelos com condensador 100% em alumínio.

\* Modelos con condensador 100% en aluminio.

\*\* Para aplicação em 50Hz consultar o fabricante

\*\* Para aplicación en 50Hz consultar el fabricante

## ANEXO 3

### Dados de Capacidade - R404A Datos de Capacidad - R404A

| Modelo     | Temp. Externa |       | Temp. de Evaporação / Temp de Evaporación |       |       |       |       |       |       |
|------------|---------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |               |       | -1°C                                      | -5°C  | -10°C | -15°C | -20°C | -25°C | -30°C |
| FLEX125X6* | 32°C          | Q     | 2250                                      | 2060  | 1750  | 1370  | 930   | 570   | 400   |
|            |               | P     | 1,04                                      | 0,99  | 0,91  | 0,78  | 0,60  | 0,43  | 0,38  |
|            | 35°C          | Q     | 2120                                      | 1940  | 1650  | 1290  | 870   | 540   | 380   |
|            |               | P     | 1,06                                      | 1,00  | 0,91  | 0,78  | 0,60  | 0,43  | 0,37  |
|            | 38°C          | Q     | 1990                                      | 1830  | 1550  | 1220  | 820   | 510   | 350   |
|            |               | P     | 1,07                                      | 1,01  | 0,91  | 0,79  | 0,60  | 0,42  | 0,36  |
| 43°C       | Q             | 1630  | 1510                                      | 1260  | 940   | 650   | 510   | 320   |       |
|            | P             | 1,09  | 1,01                                      | 0,89  | 0,73  | 0,59  | 0,45  | 0,37  |       |
| FLEX150X6* | 32°C          | Q     | 2610                                      | 2360  | 2000  | 1630  | 1270  | 960   | 640   |
|            |               | P     | 1,21                                      | 1,14  | 1,04  | 0,93  | 0,82  | 0,72  | 0,60  |
|            | 35°C          | Q     | 2460                                      | 2220  | 1890  | 1540  | 1200  | 900   | 600   |
|            |               | P     | 1,23                                      | 1,15  | 1,04  | 0,94  | 0,82  | 0,71  | 0,58  |
|            | 38°C          | Q     | 2310                                      | 2090  | 1780  | 1450  | 1130  | 850   | 560   |
|            |               | P     | 1,24                                      | 1,16  | 1,05  | 0,94  | 0,83  | 0,70  | 0,58  |
| 43°C       | Q             | 1920  | 1740                                      | 1480  | 1200  | 890   | 640   | 480   |       |
|            | P             | 1,25  | 1,16                                      | 1,05  | 0,93  | 0,81  | 0,68  | 0,56  |       |
| FLEX200X6* | 32°C          | Q     | 4060                                      | 3590  | 2970  | 2330  | 1670  | 1150  | 790   |
|            |               | P     | 1,54                                      | 1,45  | 1,33  | 1,19  | 1,04  | 0,88  | 0,72  |
|            | 35°C          | Q     | 3830                                      | 3390  | 2800  | 2200  | 1580  | 1080  | 740   |
|            |               | P     | 1,57                                      | 1,47  | 1,35  | 1,19  | 1,03  | 0,87  | 0,71  |
|            | 38°C          | Q     | 3600                                      | 3190  | 2630  | 2060  | 1480  | 1020  | 700   |
|            |               | P     | 1,59                                      | 1,49  | 1,35  | 1,19  | 1,02  | 0,85  | 0,70  |
| 43°C       | Q             | 3250  | 2860                                      | 2320  | 1760  | 1200  | 770   | 580   |       |
|            | P             | 1,61  | 1,51                                      | 1,36  | 1,19  | 0,98  | 0,82  | 0,67  |       |
| FLEX250X6* | 32°C          | Q     | 4590                                      | 4090  | 3370  | 2660  | 1990  | 1440  | 940   |
|            |               | P     | 1,83                                      | 1,69  | 1,51  | 1,35  | 1,17  | 1,00  | 0,80  |
|            | 35°C          | Q     | 4330                                      | 3860  | 3180  | 2510  | 1880  | 1350  | 890   |
|            |               | P     | 1,84                                      | 1,71  | 1,53  | 1,36  | 1,17  | 0,99  | 0,79  |
|            | 38°C          | Q     | 4070                                      | 3630  | 2990  | 2360  | 1770  | 1270  | 840   |
|            |               | P     | 1,88                                      | 1,72  | 1,54  | 1,36  | 1,16  | 0,97  | 0,78  |
| 43°C       | Q             | 3780  | 3310                                      | 2680  | 2070  | 1490  | 1050  | 790   |       |
|            | P             | 1,91  | 1,75                                      | 1,55  | 1,35  | 1,15  | 0,94  | 0,75  |       |
| FLEX300X6* | 32°C          | Q     | 5050                                      | 4490  | 3830  | 3150  | 2450  | 1880  | 1430  |
|            |               | P     | 2,14                                      | 2,00  | 1,82  | 1,61  | 1,41  | 1,22  | 1,02  |
|            | 35°C          | Q     | 4760                                      | 4240  | 3620  | 2970  | 2310  | 1780  | 1350  |
|            |               | P     | 2,17                                      | 2,05  | 1,83  | 1,62  | 1,42  | 1,21  | 1,02  |
|            | 38°C          | Q     | 4480                                      | 3990  | 3400  | 2790  | 2170  | 1670  | 1270  |
|            |               | P     | 2,19                                      | 2,06  | 1,85  | 1,63  | 1,41  | 1,21  | 1,02  |
| 43°C       | Q             | 4140  | 3700                                      | 3110  | 2520  | 1940  | 1470  | 1110  |       |
|            | P             | 2,22  | 2,07                                      | 1,86  | 1,64  | 1,41  | 1,19  | 1,01  |       |
| FLEX350X6  | 32°C          | Q     | 7680                                      | 6690  | 5160  | 4130  | 3280  | 2360  | 1780  |
|            |               | P     | 2,37                                      | 2,31  | 2,15  | 1,91  | 1,67  | 1,43  | 1,20  |
|            | 35°C          | Q     | 7240                                      | 6310  | 4870  | 3900  | 3090  | 2230  | 1680  |
|            |               | P     | 2,43                                      | 2,33  | 2,17  | 1,94  | 1,68  | 1,42  | 1,19  |
|            | 38°C          | Q     | 6810                                      | 5940  | 4570  | 3660  | 2910  | 2100  | 1580  |
|            |               | P     | 2,51                                      | 2,39  | 2,19  | 1,94  | 1,67  | 1,42  | 1,18  |
| 43°C       | Q             | 5960  | 5180                                      | 3970  | 3140  | 2460  | 1760  | 1330  |       |
|            | P             | 2,58  | 2,42                                      | 2,22  | 1,94  | 1,66  | 1,37  | 1,13  |       |
| FLEX400X6  | 32°C          | Q     | 8400                                      | 7310  | 5560  | 4470  | 3670  | 2750  | 2070  |
|            |               | P     | 2,92                                      | 2,66  | 2,42  | 2,16  | 1,92  | 1,67  | 1,39  |
|            | 35°C          | Q     | 7930                                      | 6890  | 5250  | 4220  | 3460  | 2600  | 1960  |
|            |               | P     | 2,97                                      | 2,74  | 2,42  | 2,17  | 1,92  | 1,66  | 1,36  |
|            | 38°C          | Q     | 7450                                      | 6480  | 4940  | 3970  | 3250  | 2440  | 1840  |
|            |               | P     | 3,03                                      | 2,75  | 2,46  | 2,17  | 1,92  | 1,65  | 1,32  |
| 43°C       | Q             | 6470  | 5600                                      | 4230  | 3320  | 2590  | 1850  | 1390  |       |
|            | P             | 3,05  | 2,80                                      | 2,47  | 2,16  | 1,88  | 1,56  | 1,20  |       |
| FLEX500X6  | 32°C          | Q     | 11140                                     | 9600  | 7760  | 6070  | 4640  | 3550  | 2680  |
|            |               | P     | 3,77                                      | 3,69  | 3,29  | 2,92  | 2,54  | 2,17  | 1,88  |
|            | 35°C          | Q     | 10510                                     | 9050  | 7320  | 5730  | 4380  | 3350  | 2530  |
|            |               | P     | 3,96                                      | 3,75  | 3,35  | 2,96  | 2,55  | 2,17  | 1,85  |
|            | 38°C          | Q     | 9870                                      | 8510  | 6880  | 5390  | 4120  | 3150  | 2380  |
|            |               | P     | 4,05                                      | 3,91  | 3,43  | 2,98  | 2,56  | 2,15  | 1,83  |
| 43°C       | Q             | 8900  | 7560                                      | 5940  | 4540  | 3460  | 2680  | 2020  |       |
|            | P             | 4,15  | 4,00                                      | 3,48  | 2,99  | 2,52  | 2,07  | 1,70  |       |
| FLEX600X6  | 32°C          | Q     | 12470                                     | 10920 | 9010  | 7210  | 5580  | 4280  | 3220  |
|            |               | P     | 4,67                                      | 4,36  | 4,05  | 3,63  | 3,14  | 2,65  | 2,19  |
|            | 35°C          | Q     | 11760                                     | 10300 | 8500  | 6800  | 5270  | 4030  | 3040  |
|            |               | P     | 4,81                                      | 4,45  | 4,10  | 3,63  | 3,14  | 2,64  | 2,18  |
|            | 38°C          | Q     | 11050                                     | 9680  | 7990  | 6400  | 4950  | 3790  | 2860  |
|            |               | P     | 4,94                                      | 4,67  | 4,14  | 3,64  | 3,12  | 2,61  | 2,14  |
| 43°C       | Q             | 10050 | 8670                                      | 6950  | 5390  | 4050  | 3030  | 2290  |       |
|            | P             | 5,16  | 4,72                                      | 4,19  | 3,64  | 3,03  | 2,52  | 2,05  |       |

Notas:  
 Q = Capacidade (kcal/h) e P = Potência consumida (kw)  
 As capacidades são baseadas nas seguintes condições:  
 - Temperatura de sucção: 18,3°C  
 - Sub-resfriamento: 3,2°C

Notas:  
 Q = Capacidad (kcal/h) e P = Potencia consumida (kw)  
 Las capacidades son baseadas en las siguientes condiciones:  
 - Temperatura de succión: 18,3 °C  
 - Subenfriamiento: 3,2 °C

\* Modelos com condensador 100% em alumínio.  
 \*\* Modelos com condensador 100% em alumínio.

• Capacidade para Aplicação com Fluido Refrigerante R404 A  
 • Capacidade em kcal/h das Unidades de Baixa em 60Hz  
 (para 50Hz multiplicar por 0,833)

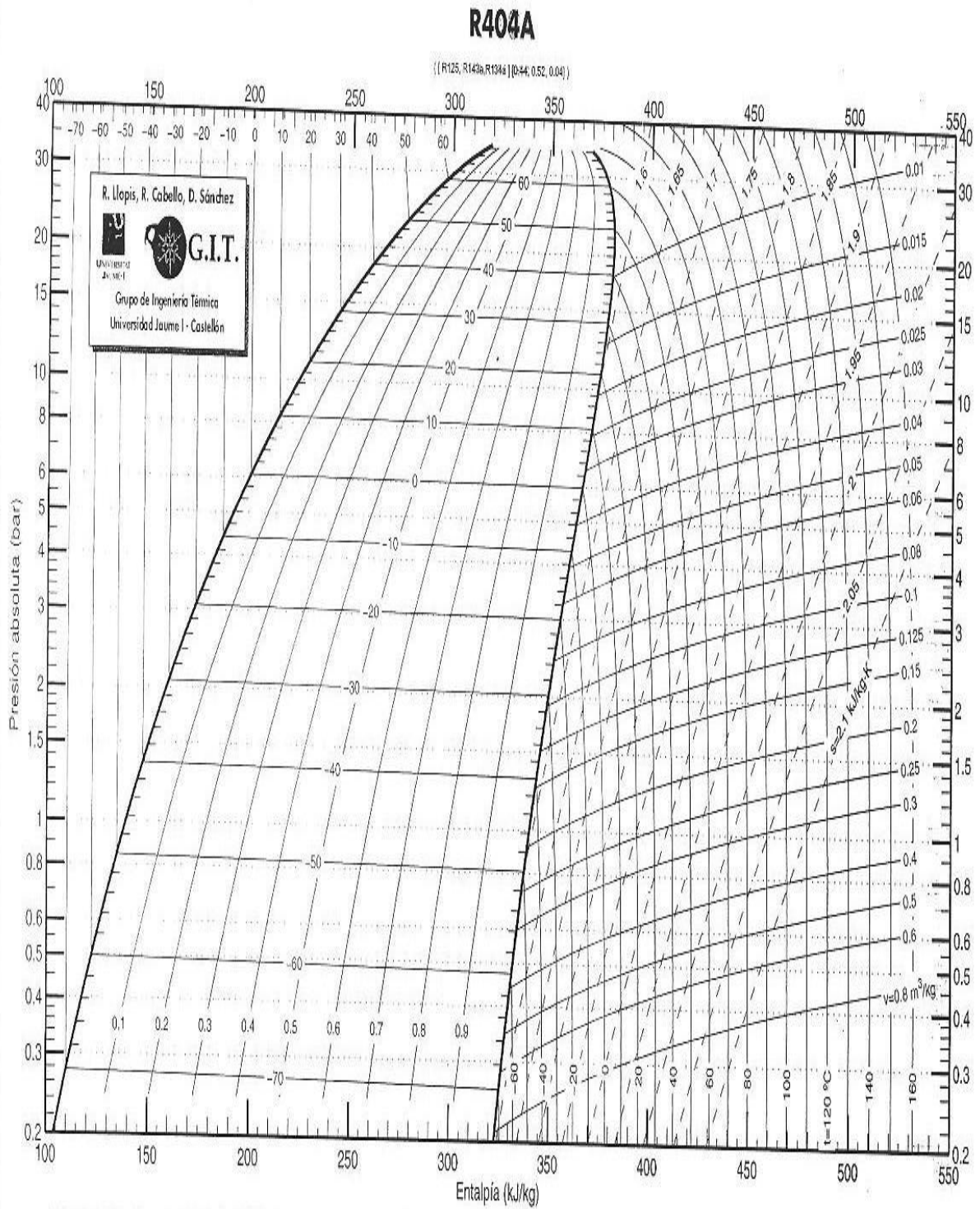
• Capacidad para Aplicación con Fluido Refrigerante R404A  
 • Capacidad en kcal/h de las Unidades de Baja en 60Hz  
 (para 50Hz multiplicar por 0,833)



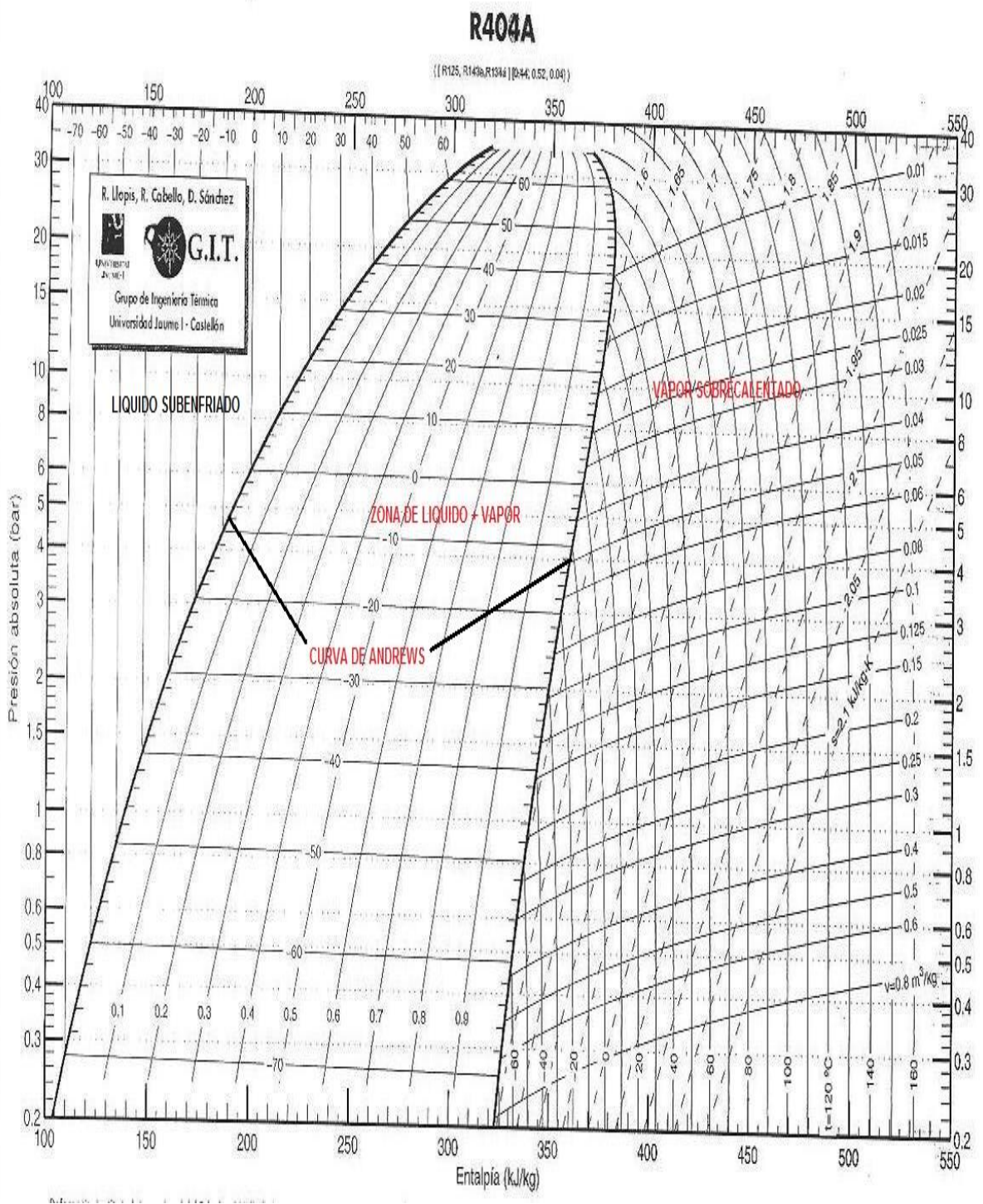


# ANEXO 5

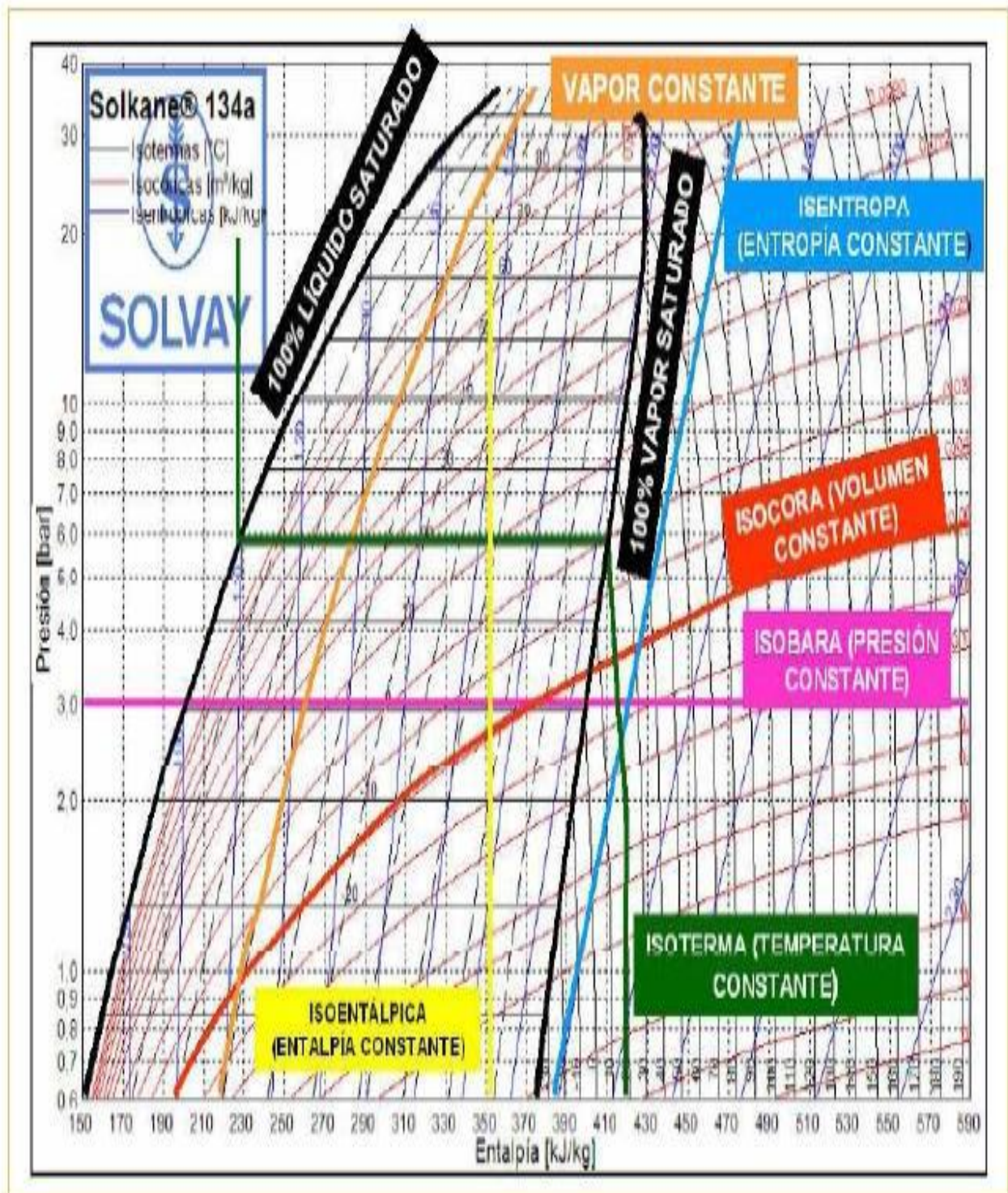
## Diagrama de presión- entalpia para el R-404 A



## ANEXO 6 Diagrama de presión- entalpia, zonas

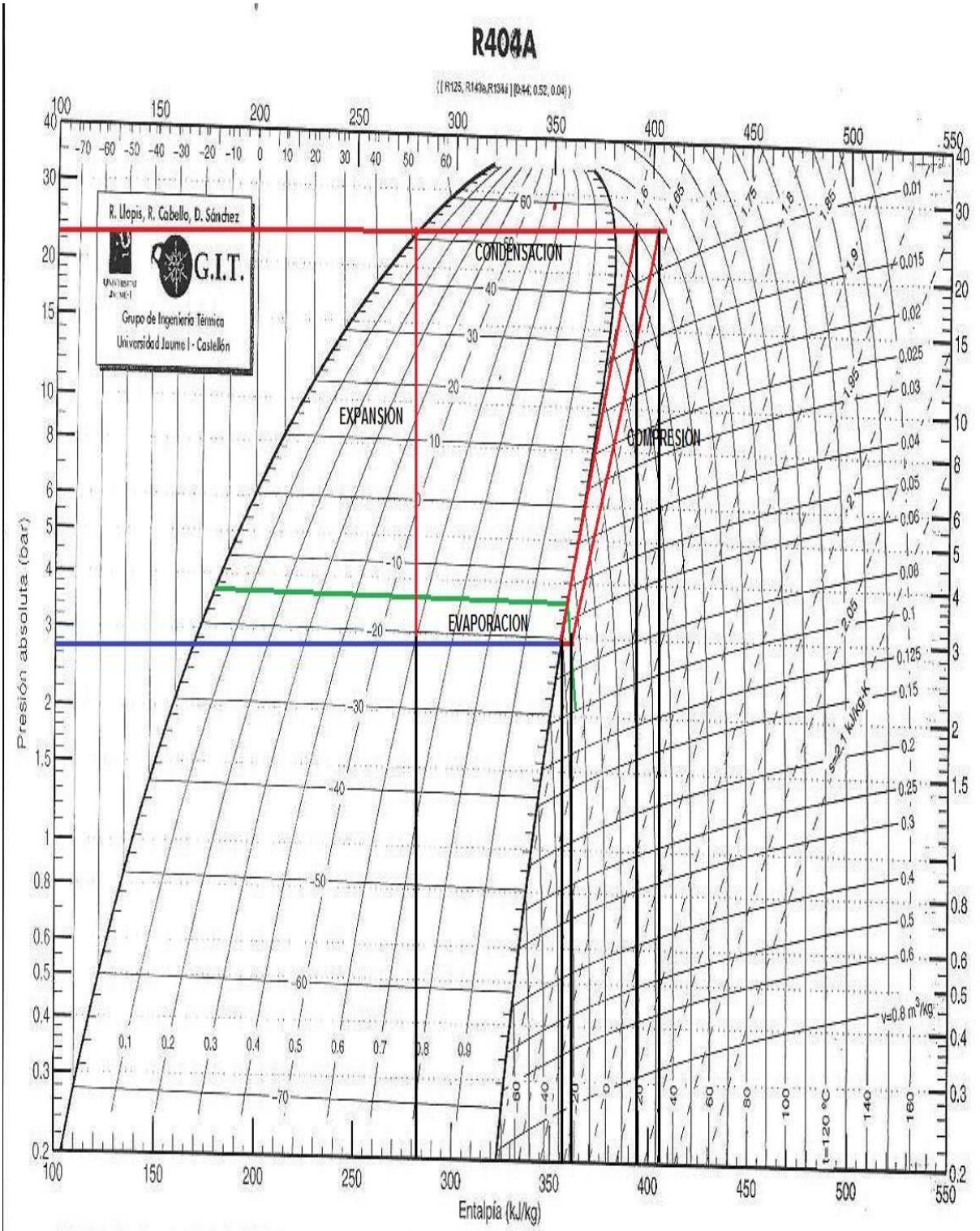


**ANEXO 7**  
**Diagrama de presión- entalpía, trayectorias de todas las variables**



# ANEXO 8

## Diagrama de presión- entalpia del Sistema instalado



## ANEXO 9

### HOJA PARA EL CALCULO DE CARGA FRIGORIFICA

|   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|---|---|-----------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|-------------|------------|---------------|
| CLIENTE:  | UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO                              | CALCULO:                          | MARCO GUANANGA                            |                           |                            |             |            |               |
| DIRECCION:  | UNEMI   | FECHA:                            |   |                           |                            |             |            |               |
| APLICACIÓN  | CONGELAMIENTO   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| TEMP. CUARTO  | 5 oF  | % H.R.                            |   |                           |                            |             |            |               |
| TEMP AMBIENTE   | 92 oF   | 60 % H.R.                         |   |                           |                            |             |            |               |
| DIF. TEMP.  | 87 oF   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | AISLAMIENTO:  | ESPESOR:                          | 1896,22 PIES3                             |                           |                            |             |            |               |
|   |   | TIPO:                             | 12" PULGADAS                              |                           |                            |             |            |               |
|   |   |                                   | BLOQUE DE CONCRETO                        |                           |                            |             |            |               |
|   |   |                                   | POLIURETANO                               |                           |                            |             |            |               |
| CARGA DEL PRODUCTO:   | 5940 LIBRAS DE CARNE DE RES                                 |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| LUCES, MOTORES:   | 2 LAMPARAS FLOURECENTES 2 X 40 WATTIOS Y 3 MOTORES DE .5 HP |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| PERSONAS, VARIOS.   | 1 PERSONA 2 HORAS   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| <b>CARGA DE TRANSMISION DE CALOR</b>  |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | LARGO (FT)  | ALTURA                            | AREA                                      | 2 PAREDES                 | AREA TOTAL                 | D.T. (o F)  | FACTOR     | BTU/ 24 HORAS |
| PAREDES LATERALES   | 24,64   | 7,71                              | 189,974                                   | 2                         | 379,9488                   | 87          | 0,89       | 29419,43558   |
| PAREDES FRONTALES   | 14,11   | 7,71                              | 108,788                                   | 2                         | 217,5762                   | 87          | 0,89       | 16846,92517   |
| TECHO   | 24,64   | 14,11                             | 347,67                                    |                           |                            | 87          | 1,02       | 30852,2713    |
| PISO  | 24,64   | 14,11                             | 347,67                                    |                           |                            | 15          | 0,89       | 4641,39984    |
| VIDRIO  |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| GANANCIA DE CALOR POR USO: (UTILICESE LA TABLA # A LA VUELTA, O CALCULE LA INFILTRACION, LA CARGA DEL DEL PRODUCTO Y LA CARGA SUPLEMENTARIA, COMO SE INDICA A CONTINUACION. SI LA CARGA DEL PRODUCTO ES ANORMAL NO UTILICE LA TABLA # |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | VOLUMEN (PIES3)   |                                   | FACTOR (BTU/24HORAS)                      |                           |                            |             |            |               |
| NO USE LOS INCISO A, B Y C CUANDO HAYA EMPLEADO EL CALCULO DE GANANCIA DE CALOR POR USO   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| <b>A.- INFILTRACION DE AIRE:</b>  |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | VOLUMEN (PIES3)   | CAMBIOS DE AIRE CADA 24 HORAS     |   | FACTOR DE USO (HORAS)     | BTU/PIES3                  |             |            |               |
|   | 1896,22   | 14                                |   | 2                         | 4,27                       | 226712,0632 |            |               |
| <b>B.- CARGA DEL PRODUCTO:</b>  |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| <b>REDUCCION DE LA TEMPERATURA DEL PRODUCTO</b>   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | CARGA (LIBRAS)  | CALOR ESPECIFICO                  | DT  |                           |                            |             |            |               |
|   | 5940  | 0,77                              | 13  |                           | 59459,4                    |             |            |               |
|   | 5940  | 0,4                               | 24  |                           | 57024                      |             |            |               |
| <b>CALOR LATENTE DE CONGELACION</b>   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | CARGA (LIBRAS)  | CALOR LATENTE DE FUSION (BTU/LB.) |   |                           |                            |             |            |               |
|   | 5940  | 100                               |   | 594000                    |                            |             |            |               |
| <b>CALOR DE EVOLUCION</b>   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | CARGA TONELADAS   | CALOR DE EVOLUCION BTU/24 HORAS   |   |                           |                            |             |            |               |
|   |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
| <b>C.- CARGA SUPLEMENTARIA</b>  |   |                                   |   |                           |                            |             |            |               |
|   | WATTIOS   | HORAS                             | BTU/HR.                                   |                           |                            |             |            |               |
|   | 160   | 2                                 | 3,42                                      |                           | 1094,4                     |             |            |               |
|   | HP  | HORAS                             | BTU/HR.                                   |                           |                            |             |            |               |
|   | 1,5   | 16                                | 3700                                      |                           | 88800                      |             |            |               |
|   | # PERSONAS  | HORAS                             | BTU/HR.                                   |                           |                            |             |            |               |
|   | 1   | 2                                 | 1300                                      |                           | 2600                       |             |            |               |
|   |   |                                   | <b>SUBTOTAL</b>                           |                           | 1111449,895                |             |            |               |
|   |   |                                   | <b>SUBTOTAL</b>                           |                           | <b>FACTOR DE SEGURIDAD</b> |             |            |               |
|   |   |                                   | 1009927,13                                |                           | 0,2                        |             | 201985,426 |               |
|   |   |                                   | <b>CARGA DE REFRIGERACION EN 24 HORAS</b> |                           | <b>1313435,321</b>         |             |            |               |
| <b>CAPACIDAD DEL COMPRESOR BASADA EN</b>  |   | 16                                |   | <b>HORAS DE OPERACIÓN</b> |                            | 82089,70757 |            |               |

## ANEXO 10

### CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

La tabla siguiente presenta las diferentes condiciones de temperaturas en la ciudad de Guayaquil a diferentes horas del día.

#### VARIACIONES EN LA TEMPERATURA EXTERIOR DE GUAYAQUIL

| TEMPERATURAS EXTERIORES °F Y °C |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| HORA                            | BS (°F) | BS (°C) | BH (°F) | BH (°C) |
| 5 a.m.                          | 74.0    | 23.33   | 71.8    | 22.11   |
| 6 a.m.                          | 74.4    | 23.56   | 72.4    | 22.44   |
| 7 a.m.                          | 75.0    | 23.89   | 72.7    | 22.61   |
| 8 a.m.                          | 76.0    | 24.44   | 73.5    | 23.06   |
| 9 a.m.                          | 78.0    | 25.56   | 74.8    | 23.78   |
| 10 a.m.                         | 80.5    | 26.94   | 76.4    | 24.67   |
| 11 a.m.                         | 84.0    | 28.89   | 77.8    | 25.44   |
| 12 m.                           | 87.0    | 30.56   | 78.7    | 25.94   |
| 1 p.m.                          | 90.0    | 32.22   | 79.4    | 26.33   |
| 2 p.m.                          | 91.5    | 33.06   | 79.8    | 26.56   |
| 3 p.m.                          | 92.0    | 33.33   | 80.0    | 26.67   |
| 4 p.m.                          | 91.5    | 33.06   | 79.8    | 26.56   |
| 5 p.m.                          | 90.0    | 32.22   | 79.4    | 26.33   |
| 6 p.m.                          | 88.3    | 31.28   | 79.1    | 26.17   |
| 7 p.m.                          | 86.3    | 30.17   | 78.5    | 25.83   |
| 8 p.m.                          | 84.5    | 29.17   | 78.0    | 25.76   |
| 9 p.m.                          | 83.0    | 28.33   | 77.5    | 25.28   |

## ANEXO 11

. Cambios de aire cada 24 horas en cuartos fríos, debidos a la a la abertura de puertas e infiltración

| VOLUMEN (METROS <sup>3</sup> ) | VOLUMEN (PIES <sup>3</sup> ) | Cambios de aire cada 24 horas |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 6                              | 200                          | 44.0                          |
| 8                              | 300                          | 34.5                          |
| 11                             | 400                          | 29.5                          |
| 14                             | 500                          | 26.0                          |
| 17                             | 600                          | 23.0                          |
| 23                             | 800                          | 20.0                          |
| 28                             | 1 000                        | 17.5                          |
| 42                             | 1 500                        | 14.0                          |
| 57                             | 2 000                        | 12.0                          |
| 85                             | 3 000                        | 9.5                           |
| 113                            | 4 000                        | 8.2                           |
| 142                            | 5 000                        | 7.2                           |
| 170                            | 6 000                        | 6.5                           |
| 226                            | 8 000                        | 5.5                           |
| 283                            | 10 000                       | 4.9                           |
| 425                            | 15 000                       | 3.9                           |
| 566                            | 20000                        | 3.5                           |
| 708                            | 25000                        | 3.0                           |
| 850                            | 30000                        | 2.7                           |
| 1133                           | 40000                        | 2.3                           |
| 1416                           | 50000                        | 2.0                           |
| 2124                           | 75000                        | 1.6                           |
| 2832                           | 100 000                      | 1.4                           |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967



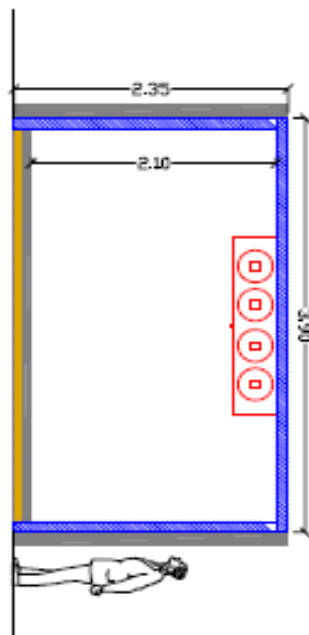
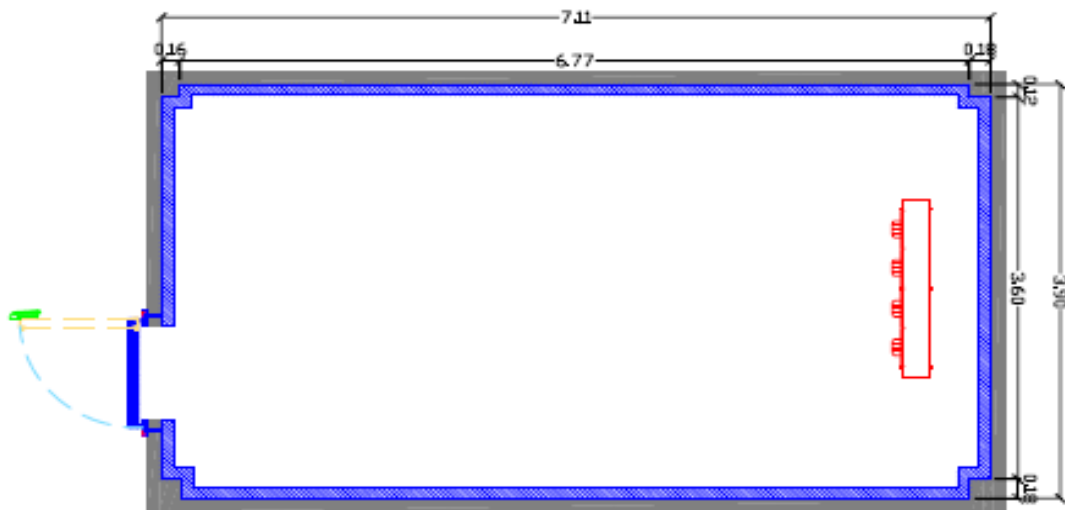
## ANEXO 12. CARGA POR INFILTRACION (BTU POR PIE CUBICO)

| TEMPERATURA DE LA CAMARA DE ALMACENAMIENTO EN °F | TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR EN °F |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 85                                  |      | 90   |      | 95   |      | 100  |      |
|  | PORCENTAJE DE LA HUMEDAD RELATIVA   |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 50                                  | 60   | 50   | 60   | 50   | 60   | 50   | 60   |
| 65   | 0.65                                | 0.85 | 0.93 | 1.17 | 1.24 | 1.54 | 1.58 | 1.95 |
| 60   | 0.85                                | 1.03 | 1.13 | 1.37 | 1.44 | 1.74 | 1.78 | 2.15 |
| 55   | 1.12                                | 1.34 | 1.41 | 1.66 | 1.72 | 2.01 | 2.06 | 2.44 |
| 50   | 1.32                                | 1.54 | 1.62 | 1.87 | 1.93 | 2.22 | 2.28 | 2.65 |
| 45   | 1.50                                | 1.73 | 1.80 | 2.06 | 2.12 | 2.42 | 2.47 | 2.85 |
| 40   | 1.69                                | 1.92 | 2.00 | 2.26 | 2.31 | 2.62 | 2.67 | 3.06 |
| 35   | 1.86                                | 2.09 | 2.17 | 2.43 | 2.49 | 2.79 | 2.85 | 3.24 |
| 30   | 2.00                                | 2.24 | 2.26 | 2.53 | 2.64 | 2.94 | 2.95 | 3.35 |

| TEMPERATURA DE LA CAMARA DE ALMACENAMIENTO EN °F | TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR EN °F |      |      |      |      |      |      |      |
|--|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 40                                  |      | 50   |      | 90   |      | 100  |      |
|  | PORCENTAJE DE LA HUMEDAD RELATIVA   |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 70                                  | 80   | 70   | 80   | 50   | 60   | 50   | 60   |
| 30   | 0.24                                | 0.29 | 0.58 | 0.66 | 2.26 | 2.53 | 2.95 | 3.35 |
| 25   | 0.41                                | 0.45 | 0.75 | 0.83 | 2.44 | 2.71 | 3.14 | 3.54 |
| 20   | 0.56                                | 0.61 | 0.91 | 0.99 | 2.62 | 2.90 | 3.33 | 3.73 |
| 15   | 0.71                                | 0.75 | 1.06 | 1.14 | 2.80 | 3.07 | 3.51 | 3.92 |
| 10   | 0.85                                | 0.89 | 1.19 | 1.27 | 2.93 | 3.20 | 3.64 | 4.04 |
| 5  | 0.98                                | 1.03 | 1.34 | 1.42 | 3.12 | 3.40 | 3.84 | 4.27 |
| 0  | 1.12                                | 1.17 | 1.48 | 1.56 | 3.28 | 3.56 | 4.01 | 4.43 |
| -5   | 1.23                                | 1.28 | 1.59 | 1.67 | 3.41 | 3.69 | 4.15 | 4.57 |
| -10  | 1.35                                | 1.41 | 1.73 | 1.81 | 3.56 | 3.85 | 4.31 | 4.74 |
| -15  | 1.50                                | 1.53 | 1.85 | 1.92 | 3.67 | 3.96 | 4.42 | 4.86 |
| -20  | 1.63                                | 1.68 | 2.01 | 2.09 | 3.88 | 4.18 | 4.66 | 5.10 |
| -25  | 1.77                                | 1.80 | 2.12 | 2.21 | 4.00 | 4.30 | 4.78 | 5.21 |
| -30  | 1.90                                | 1.95 | 2.29 | 2.38 | 4.21 | 4.51 | 4.90 | 5.44 |

Fuente: Manual de Fundamentos ASHRAE 1967

**ANEXO# 13**  
**PLANO DE PLANTA Y ALZADO DE LA CAMARA DE CONGELACION**



**ANEXO# 14**  
**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PROPIEDADES DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Tabla 13 (CONT.)

**CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PROPIEDADES DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

| Producto                      | Temp. de Almac. °F | Humedad Relativa % | Duración Aproximada | Producto                            | Temp. de Almac. °F | Humedad Relativa % | Duración Aproximada |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <b>CARNES</b>                 |                    |                    |                     | <b>VARIOS</b>                       |                    |                    |                     |
| Aves de corral frescas        | 32                 | 85 - 90            | 1 semana            | Aceite para ensaladas               | 35                 | --                 | 1 año               |
| Aves de corral congeladas     | -20-0              | 90 - 95            | 9 - 10 meses        | Café en grano                       | 35 - 37            | 80 - 85            | 2 - 4 meses         |
| Carne de cerdo fresca         | 32 - 34            | 85 - 90            | 3 - 7 días          | Cerveza en barril                   | 35 - 40            | --                 | 3 - 10 semanas      |
| Carne de cerdo congelada      | -10-0              | 90 - 95            | 4 - 6 meses         | Dulces                              | 0 - 34             | 40 - 65            | --                  |
| Carne de res fresca           | 32 - 34            | 88 - 92            | 1 - 6 semanas       | Huevos frescos                      | 29 - 31            | 80 - 85            | 6 - 9 meses         |
| Carne de res congelada        | -10-0              | 90 - 95            | 9 - 12 meses        | Huevos congelados                   | 0                  | --                 | más de 1 año        |
| Carne de ternera              | 32 - 34            | 90 - 95            | 5 - 10 días         | Levadura                            | 31 - 32            | --                 | --                  |
| Conejos frescos               | 32 - 34            | 90 - 95            | 1 - 5 días          | Manteca de cerdo (sin antioxidante) | 45                 | 90 - 95            | 4 - 8 meses         |
| Conejos congelados            | -10-0              | 90 - 95            | 0 - 6 meses         | Manteca de cerdo (sin antioxidante) | 0                  | 90 - 95            | 12 - 14 meses       |
| Cordero fresco                | 32 - 34            | 85 - 90            | 5 - 12 días         | Miel                                | --                 | --                 | 1 año               |
| Cordero congelado             | -10-0              | 90 - 95            | 8 - 10 meses        | Oleomargarina                       | 35                 | 60 - 70            | 1 año               |
| Hígados congelados            | -10-0              | 90 - 95            | 3 - 4 meses         | Palomitas de Maíz sin reventar      | 32 - 40            | 85                 | --                  |
| Jamones y Lomos frescos       | 32 - 34            | 85 - 90            | 7 - 12 días         | Pan                                 | 0                  | --                 | varias semanas      |
| Jamones y Lomos congelados    | -10-0              | 90 - 95            | 6 - 8 meses         | Pieles y Tejidos                    | 34 - 40            | 45 - 55            | varios años         |
| Jamones y Lomos curados       | 60 - 65            | 50 - 60            | 0 - 3 años          |                                     |                    |                    |                     |
| Lomos grasosos                | 34 - 36            | 85 - 90            | 3 meses             | <b>PRODUCTOS LACTEOS</b>            |                    |                    |                     |
| Salchichas ahumadas           | 40 - 45            | 85 - 90            | 6 meses             | Crema (endulzada)                   | -15                | --                 | varios meses        |
| Tocino congelado              | -10-0              | 90 - 95            | 4 - 6 meses         | Helados                             | -15                | --                 | varios meses        |
| Tocino curado (de Empacadora) | 34 - 40            | 85                 | 2 - 6 semanas       | Leche condensada y endulzada        | 40                 | --                 | varios meses        |
| Tocino curado (estilo granja) | 34 - 40            | 85                 | 2 - 6 meses         | Leche evaporada                     | --                 | --                 | 1 año               |
| <b>PESCADOS Y MARISCOS</b>    |                    |                    |                     | Leche Pasteurizada Grado A          | 33                 | --                 | 7 días              |
| Pescado ahumado               | 40 - 50            | 50 - 60            | 6 - 8 meses         | Leche en polvo completa             | 45 - 55            | Baja               | varios meses        |
| Pescado congelado             | -10-0              | 90 - 95            | 8 - 10 meses        | Leche en polvo sin grasa            | 45 - 55            | Baja               | varios meses        |
| Pescado curado                | 28 - 35            | 75 - 90            | 4 - 8 meses         | Mantequilla                         | 32 - 40            | 80 - 85            | 2 meses             |
| Pescado salado                |                    | 90 - 95            | 10 - 12 meses       | Mantequilla                         | -10-0              | 80 - 85            | 1 año               |
| Pescado fresco                | 33                 | 90 - 95            | 5 - 15 días         | Queso                               | 30 - 45            | 65 - 70            | --                  |
| Marisco congelado             | -20-0              | 90 - 95            | 3 - 8 meses         |                                     |                    |                    |                     |
| Marisco fresco                | 33                 | 90 - 95            | 3 - 7 días          |                                     |                    |                    |                     |