



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CUARTO FRÍO EN UN ESPACIO DE 75 M<sup>3</sup>  
PARA LA REFRIGERACIÓN DE PRODUCTOS AVÍCOLAS Y HIELO  
TRITURADO EN LA EMPRESA AVIPROL UBICADA EN LA CIUDAD DE  
QUITO – ECUADOR**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIEROS MECÁNICOS**

**AUTORES: BRAYAN SEBASTIÁN PADILLA ESTRELLA**

**JORGE SEBASTIÁN URBINA GONZÁLEZ**

**TUTOR: LUIS FERNANDO TOAPANTA RAMOS**

Quito-Ecuador

2022

## **Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación**

Nosotros, Brayan Sebastián Padilla Estrella con documento de identificación N° 1723974463 y Jorge Sebastián Urbina González con documento de identificación N° 1725861239; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

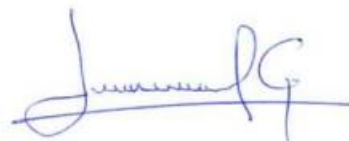
Quito, 26 de septiembre del año 2022.

Atentamente,



---

Brayan Sebastián Padilla Estrella  
1723974463



---

Jorge Sebastián Urbina González  
1725861239

**Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad  
Politécnica Salesiana**

Nosotros, Brayan Sebastián Padilla Estrella con documento de identificación N° 1723974463 y Jorge Sebastián Urbina González con documento de identificación N° 1725861239, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: “Diseño y simulación de un cuarto frío en un espacio de 75 m<sup>3</sup> para la refrigeración de productos avícolas y hielo triturado en la empresa Aviprol ubicada en la ciudad de Quito – Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

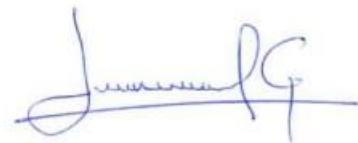
Quito, 26 de septiembre del año 2022.

Atentamente,



---

Brayan Sebastián Padilla Estrella  
1723974463



---

Jorge Sebastián Urbina González  
1725861239

### **Certificado de dirección del trabajo de titulación**

Yo, Luis Fernando Toapanta Ramos con documento de identificación N° 1721113759, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CUARTO FRÍO EN UN ESPACIO DE 75 M<sup>3</sup> PARA LA REFRIGERACIÓN DE PRODUCTOS AVÍCOLAS Y HIELO TRITURADO EN LA EMPRESA AVIPROL UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO – ECUADOR, realizado por Brayan Sebastián Padilla Estrella con documento de identificación N° 1723974463 y por Jorge Sebastián Urbina González con documento de identificación N° 1725861239, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta Tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de septiembre del año 2022.

Atentamente,



Ing. Luis Fernando Toapanta Ramos, MSc.  
1721113759

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado como principal pilar a Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza para poder culminar este camino universitario. A mis padres Nancy Estrella y Gustavo Padilla por apoyarme por siempre estar presentes tanto en mi vida, así como en el ámbito universitario a su vez apoyarme a estudiar la carrera de mis sueños, así como a mis primos y amigos más llegados por brindarme apoyo incondicional y consejos para afrontar cada obstáculo presentado a lo largo de mi vida estudiantil. Gracias a su motivación diaria me han enseñado a luchar por lo que me apasiona y no darme por vencido jamás.

**Brayan Padilla**

El presente documento va dedicado hacia mis padres y a mi hermana, los cuales me apoyaron en todo mi proceso de formación. A mi madre Mercedes González por darme el suficiente tiempo disponible para cumplir con mi estudios y obligaciones. Por escucharme el día a día y darme fuerzas para seguir. A mi padre Jorge Urbina el cual, mediante sus conocimientos, me brindado diferentes perspectivas desde un punto laboral relacionado con la teoría que iba aprendiendo. Ampliando mis conocimientos de lo que podría realizar, incrementando mi interés en el campo de la mecánica.

**Jorge Urbina**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos a lo largo de mi formación personal y profesional. A mis padres Gustavo Padilla y Nancy Estrella por su amor, trabajo y horas de sacrificio para que pueda cumplir mis sueños e inculcarme valores de esfuerzo y perseverancia que fueron fundamentales a la hora de mi trabajo de titulación. Agradezco a mi compañero, Jorge por el compromiso y dedicación para juntos poder realizar este trabajo. Finalmente agradezco al Ing. Fernando Toapanta que desempeñó el cargo de tutor, y que gracias a su ayuda y enseñanzas a lo largo de la carrera me permitió la finalización del proyecto de titulación me permitió crecer como un verdadero estudiante salesiano.

**Brayan Padilla**

Agradezco padres Jorge Urbina y Mercedes González por enseñarme y apoyarme en la búsqueda lo que me gusta, lo que me hizo crecer como persona y en el ámbito tanto social como laboral. Agradezco a mis amigos los cuales siempre me apoyaban a su manera, no dejando que me eche para atrás. A mi compañero de tesis Brayan Padilla ya que este trabajo no se sintió como un trabajo forzado facilitando su realización. Agradezco a mi tutor Ing. Fernando Toapanta por mostrarnos los caminos y no las respuestas, haciéndonos crecer y haciéndome sentir más orgullo por el proyecto finalizado. Finalmente, a la Universidad Politécnica Salesiana por siempre brindarnos todas las facilidades y docentes de calidad para nuestra formación profesional.

**Jorge Urbina**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	2
DELIMITACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO I.....	5
ESTADO DEL ARTE Y ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE PROCESOS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRÍOS.....	5
1.1    Estado del arte.....	5
1.2    Marco teórico de elementos de un cuarto refrigerado.....	7
1.2.1    Refrigeración.....	7
1.2.1.1    Aplicaciones de la refrigeración.....	7
1.2.2    Ciclos de refrigeración.....	8
1.2.2.1    Refrigeración por compresión.....	8
1.2.2.2    Componentes del ciclo por refrigeración.....	9
1.2.3    Refrigerantes.....	10
1.2.3.1    Propiedades de los refrigerantes.....	11
1.2.3.2    Características del Refrigerante R134a.....	11
1.2.4    Cuartos fríos.....	12
1.2.4.1    Construcción de cuartos fríos.....	13

1.2.4.2	<i>Aplicaciones de cuartos fríos.</i>	14
1.2.5	<i>Ansys WorkBench</i>	14
1.2.5.1	<i>Método de volúmenes finitos.</i>	15
1.3	Conclusiones del capítulo	15
CAPÍTULO II		16
DISEÑO DEL CUARTO REFRIGERADO		16
2.1	Generalidades	16
2.2	Requerimientos	16
2.3.1	<i>Requerimientos de la empresa</i>	16
2.3.2	<i>Requerimiento básico del cuarto frío</i>	16
2.3	Dimensionamiento	17
2.4	Cálculo COP para un ciclo de refrigeración	18
2.4.1	<i>Calor requerido</i>	18
2.4.2	<i>Calor suministrado</i>	19
2.4.3	<i>Proceso de evaporación</i>	19
2.4.4	<i>Proceso de compresión</i>	20
2.4.5	<i>Potencia del compresor</i>	20
2.4.6	<i>Proceso de condensación</i>	20
2.5	Cálculo de carga para diseño de cuartos fríos	21
2.5.1	<i>Carga térmica de transmisión por paredes</i>	21
2.5.2	<i>Carga del producto</i>	21
2.5.2.1	<i>Carga total del producto para congelación.</i>	23
2.5.3	<i>Carga térmica interna</i>	23
2.5.3.1	<i>Carga por iluminación.</i>	23
2.5.3.2	<i>Carga por personas.</i>	24
2.5.4	<i>Carga por infiltración por intercambio de aire</i>	24



2.5.5	<i>Carga liberada por motores eléctricos</i> .....	25
2.5.6	<i>Carga total de refrigeración requerida</i> .....	25
2.5.7	<i>Capacidad de refrigeración</i> .....	26
2.6	Evaporador.....	26
2.7	Efecto refrigerante .....	26
2.8	Flujo másico del refrigerante .....	27
2.9	Caudal volumétrico por tonelada de refrigeración .....	27
2.10	Condensador .....	27
2.11	Evaporador.....	28
2.12	Conclusiones del capítulo .....	28
CAPÍTULO III .....		29
ANÁLISIS DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LA CÁMARA FRIGORÍFICA ..		29
3.1.	Paredes.....	29
3.2.	Piso .....	29
3.4.	Flujo de calor a través del techo, piso, paredes .....	29
3.5.	Carga debido al producto almacenado.....	30
3.6.	Carga por infiltración de aire a la cámara frigorífica .....	31
3.7.	Carga por iluminación .....	31
3.8.	Carga liberada por motores eléctricos .....	32
3.9.	Carga por personas en el interior de la cámara frigorífica .....	32
3.10.	Carga requerida por el sistema a refrigerar .....	32
3.11.	Selección del refrigerante .....	33
3.12.	Ciclos termodinámicos de refrigeración .....	33
3.12.1	<i>Condiciones en condensación y evaporación</i> .....	34
3.12.1.1	<i>Temperatura de evaporación</i> .....	34
3.12.1.2	<i>Temperatura de condensación</i> .....	35

3.12.1.3	<i>Diagrama del ciclo termodinámico</i> .....	35
3.13.	Equipos de refrigeración .....	38
3.13.1	<i>Cálculo del compresor, evaporador y condensador</i> .....	38
3.13.1.1	<i>Cálculo de compresor</i> .....	39
3.13.1.2	<i>Cálculo de condensador</i> .....	39
3.13.1.3	<i>Cálculo de evaporador</i> .....	41
3.14.	Selección de los equipos .....	42
3.14.1	<i>Unidad condensadora</i> .....	43
3.14.2	<i>Selección de evaporador</i> .....	43
3.14.3	<i>Selección de la tubería</i> .....	43
3.15.	Conclusiones del capítulo .....	43
CAPÍTULO IV .....		44
SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN ...		44
4.1.	Datos utilizados en la simulación .....	44
4.2.	Procedimiento para la simulación.....	44
4.2.1	<i>Modelado</i> .....	45
4.2.2	<i>Mallado</i> .....	45
4.2.3	<i>Condiciones de frontera (parámetros)</i> .....	46
4.2.4	<i>Resultados</i> .....	47
4.3.	Análisis de costos del proyecto .....	49
4.3.1	<i>Costos tentativos de los equipos</i> .....	49
4.3.2	<i>Costos de instalación</i> .....	51
4.3.3	<i>Costo total del cuarto refrigerado</i> .....	52
4.3.4	<i>Comparación de costos de sistemas de refrigeración</i> .....	52
4.4.	Conclusiones del capítulo .....	53
Conclusiones.....		54

Recomendaciones .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama presión-entalpía de un ciclo de refrigeración por compresión .....	8
<b>Figura 2.</b> Componentes necesarios en un ciclo de refrigeración.....	9
<b>Figura 3.</b> Tipos de refrigerantes. ....	10
<b>Figura 4.</b> Componentes de construcción de un cuarto frío.....	13
<b>Figura 5.</b> Esquema del cuarto refrigerado .....	17
<b>Figura 6.</b> Ubicación según las coordenadas cardenales .....	30
<b>Figura 7.</b> Ciclo termodinámico del refrigerante R134a .....	35
<b>Figura 8.</b> Factor de calor presión.....	39
<b>Figura 9.</b> Proceso para la realización de la simulación. ....	44
<b>Figura 10.</b> Mallado del diseño del cuarto frío. ....	45
<b>Figura 11.</b> Mallado interno.....	46
<b>Figura 12.</b> Flujo de velocidad lineal.....	47
<b>Figura 13.</b> Flujo de velocidad mediante vectores.....	47
<b>Figura 14.</b> Contornos de temperatura.....	48
<b>Figura 15.</b> Temperatura en el interior del cuarto.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características del Refrigerante R134a .....	12
<b>Tabla 2.</b> Tabla de cargas por transmisión de flujo en el cuarto refrigerado .....	30
<b>Tabla 3.</b> Calor liberado por persona dependiendo de la temperatura del enfriador .....	32
<b>Tabla 4.</b> Selección de humedad relativa respecto a su convección .....	34
<b>Tabla 5.</b> Datos hallados del sistema de refrigeración mediante Termograf. ....	36
<b>Tabla 6.</b> Factores de corrección respecto a los refrigerantes .....	40
<b>Tabla 7.</b> Factor de corrección respecto a la elevación.....	40
<b>Tabla 8.</b> Factor de corrección por material.....	41
<b>Tabla 9.</b> Factores de corrección respecto a los refrigerantes .....	41
<b>Tabla 10.</b> Factor de corrección respecto a la elevación .....	42
<b>Tabla 11.</b> Datos utilizados en la simulación.....	44
<b>Tabla 12.</b> Costos tentativos del proveedor MEGAFRIO .....	50
<b>Tabla 13.</b> Costos paneles frigoríficos .....	51
<b>Tabla 14.</b> Costos de los equipos de control del cuarto refrigerado .....	51
<b>Tabla 15.</b> costos de construcción.....	52
<b>Tabla 16.</b> costos totales .....	52
<b>Tabla 17.</b> Comparación de precios entre el autor y CORA refrigeración .....	53

## RESUMEN

Aviprol es una empresa cuya actividad se cimienta en la venta y pelado de pollos para el consumo y distribución en Quito. El presente documento tiene como finalidad el diseño y la simulación de un cuarto refrigerado con el fin de almacenar pollos y hielo. En la investigación se inicia recopilando información sobre la conservación de productos avícolas, así como libros y artículos relacionados con procesos de refrigeración entre ellos resaltando la información en refrigerantes y cuartos fríos. Consiguiente a esto se procedió con los cálculos de cargas térmicas como son: cargas de los elementos a refrigerar, cargas por infiltración, cargas por paredes, cargas varias; el producto de estas cargas da como resultado una carga total térmica en la que se debe incrementar en un 10 % para darle un factor de seguridad, esto para evitar posibles disimilitudes y evitar incompatibilidad entre el diseño y su funcionamiento. Con base a estos datos se seleccionan los equipos que serán proporcionados mediante los catálogos de los fabricantes, posterior a esto se procedió a la estimación de costos de los equipos, así como los accesorios necesarios para su diseño, asimilando esta información se llevó a cabo el análisis económico. El diseño del proyecto se efectuó en el software especializado SolidWorks, mientras el análisis térmico se efectuó en el software especializado ANSYS donde se corroboró la temperatura de almacenamiento. En definitiva, gracias a los equipos seleccionados se asegura el correcto funcionamiento del cuarto frío, así como la conservación de los pollos.

**Palabras clave:** Procesos de refrigeración, carga térmica, refrigerante, software de simulación, evaporador, condensador, compresor.

## ABSTRACT

Aviprol is a company whose activity is based on the sale and peeling of chickens for the consumption in Quito. The purpose of this document is to design and simulate a refrigerated room to save chickens and ice. The document began with the recompilation of information needed to the conservation of poultry products, this information was obtained in books and articles related to refrigeration processes, highlighting the information related in refrigerants and cold rooms. Proceeding with the calculations of thermal loads such as: loads of products, air infiltration loads, loads of walls; with the obtention of all of these loads is obtained a total thermal load, which should be increased by 10 % to give as a safety factor. This to avoid possible problems between the design and its operation. Based on this data, the equipment that should be used will be obtained by the manufacturers' catalogs. After this we can estimate the cost of the project, using de unitary cost of all de equipment that is necessary, such as accessories. Assimilating this information, can continue with the economic analysis. The design of the project was made in the specialized software SolidWorks, while the thermal analysis was made in the specialized software ANSYS. Where the storage temperature was confirmed. Thanks to the selected equipment, the correct operation of the cold room is ensured, as well as the conservation of the chickens.

**Keywords:** Refrigeration processes, heat load, refrigerant, simulation software, evaporator, condenser, compressor.

## INTRODUCCIÓN

El tópico de esta tesis se formó debido a carencia en cuanto a un tema de refrigeración en la empresa “Aviprol”, para mantener los pollos de una manera óptima y así poder brindar a sus clientes un producto fresco y de buena calidad.

La vida útil de muchos alimentos se ve reducida a su fecha de caducidad, después de ser sacado de su proceso de producción o su ambiente. La congelación y el enfriamiento generado por los cuartos fríos se ve logrado gracias a la extracción del calor de un espacio específico. Este calor es perjudicial para conseguir la conservación de los productos por un tiempo prolongado, ya que la eliminación del mismo es necesario para la mantención de la mayor cantidad de propiedades del producto. Hasta la llegada al consumidor, generando así una mayor flexibilidad en el mercado alimenticio.

El manejo de la temperatura indicada para un correcto almacenamiento de algún producto, es de vital importancia para alargar su vida útil. Esto se logra mediante la construcción de cuartos refrigerados, los cuales contiene nuevos mecanismos de control y mejor calidad de sus materiales. Volviendo eficiente a este método ya que reduce costos y gastos a las industrias.

Lo que se pretende en esta tesis es diseñar un cuarto frío que llegue a una temperatura de 3 °C para la mantención y conservación del pollo. Esto se dará por el uso del refrigerante 134a, así como una selección correcta de aislantes y todo esto será seleccionado con referencia a los cálculos obtenidos de forma analítica y también con la ayuda de un software especializado. Para la posterior verificación si el diseño cumple con los requerimientos pre establecidos y objetivos planteados al inicio del trabajo.

## **PROBLEMA DE ESTUDIO**

El ser humano se ha visto obligado a encontrar diferentes medios para la mantención de los productos por un largo periodo de tiempo, sin correr el riesgo de que estos padezcan. Los métodos de refrigeración han ido evolucionando con el pasar de los años, empezando con el uso de hielo natural el cual es producido en la naturaleza. Hasta lo que se tiene hoy en día a lo que se conoce como cuartos refrigerados o cuartos fríos [1].

Según comentan los trabajadores de la empresa Aviprol la temperatura de la zona no es apta para la comercialización de pollos sin una previa refrigeración. Es por esto que la empresa Aviprol ha optado por encontrar alternativas para mantención de sus productos por un tiempo prolongado, puesto que dicha empresa realiza la peleta, venta y distribución de pollos para el día.

El principal problema que se puede apreciar, es que la empresa Aviprol no cuenta con un ambiente en el cual poder almacenar sus productos en perfecto estado, ya que estos productos requieren ciertas condiciones para mantener sus propiedades evitando de esa forma su descomposición y así de esa forma incrementar su producción.

Por lo tanto, a partir de dicho problema establecido nace la inquietud para resolver esta investigación: *¿Es necesario que la empresa adquiera un cuarto frío para la refrigeración de productos avícolas?*

## **IMPORTANCIA Y ALCANCES**

Frente al problema planteado se obtiene un proyecto el cual cumpla con las necesidades y requerimientos de la empresa Aviprol. Conjuntamente a esto se propone un diseño efectivo y eficaz, el cual pueda estar preparado para cualquier cambio.

Mediante los cálculos y el análisis gracias a un software especializado, el cual es relevante para el diseño y la verificación del mismo. La implementación de esta herramienta ayuda a ver cómo funciona el proceso de la transferencia de calor, así como pérdidas del mismo. Sin embargo, esta herramienta se ve limitada de acuerdo al tipo de licencias que se posea.



Los beneficiarios directos con respecto a este trabajo en primero lugar es a la empresa Aviprol a la cual va dirigido el diseño, así como docentes y futuros estudiantes de ingeniería. Ayudando mediante este trabajo de titulación como una guía sobre el diseño de un cuarto refrigerado de manera analítica y el uso del software especializado Ansys Fluent.

El alcance de este proyecto es el diseño y la simulación de un cuarto refrigerado que permita adentrar en los conocimientos tanto de refrigeración, como de energía. Ayudados gracias a diversos materiales de apoyo como libros, tesis, artículos científicos y varios conocimientos obtenidos en el transcurso de la carrera. Con esto se podrá llegar a dominar en un ámbito profesional sobre los elementos y métodos necesarios para afrontar futuros problemas.

### **DELIMITACIÓN**

La investigación se limita al diseño y simulación de un cuarto frío, como propuesta a la empresa Aviprol ubicada en el sur de Quito. El tiempo de vigencia de este estudio es bastante prolongado tomando en cuenta que es una alternativa para la conservación de alimentos, hasta encontrar una mejora de eficiencia en comparación con el diseño propuesto. Así como el refrigerante utilizado y estos lleguen a ser obsoletos. Se debe tomar en cuenta que el diseño que se establece en este trabajo de titulación cuanta con la forma y espacio que se necesita. Sin embargo, en dicho diseño no cuenta con planos constructivos con respecto a las paredes y techo dado que los elementos antes mencionados serán seleccionados, mas no construidos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Diseñar y simular un cuarto frío en un espacio de 75m<sup>3</sup> para la refrigeración de productos avícolas y hielo triturado en la empresa Aviprol ubicada en la ciudad de Quito - Ecuador

### **Objetivos específicos**

- Identificar la capacidad y requerimiento que necesita la empresa para el diseño de un cuarto frío.
- Diseñar el cuarto de 75m<sup>3</sup> bajo las condiciones requeridas para la conservación de productos avícolas.
- Validación de los cálculos analíticos del diseño y proceso de refrigeración en el cuarto frío mediante software especializado.
- Establecer indicadores financieros sobre la factibilidad de construcción del cuarto frío.

## **CAPÍTULO I**

### **ESTADO DEL ARTE Y ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE PROCESOS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRÍOS**

El siguiente capítulo tiene la finalidad de dar una respuesta de solución a la problemática mencionada. Esto a base de varios estudios, libros, investigaciones y aplicaciones relacionadas con procesos de refrigeración, necesarios en el diseño de un cuarto refrigerado. En ello se hablará temas como el software especializado, refrigerantes, ciclos de refrigeración entre otros.

#### **1.1 Estado del arte**

La refrigeración es una de las practicas más antiguas cerca del 1000 A.C, evidencias históricas datan de que civilizaciones como China, comenzó a reunir nieve y hielo para refrigerar vino u otros productos de consumo. En la actualidad se ha encontrado pruebas sobre construcciones de sótanos en este caso cuartos fríos, los cuales servían para el almacenamiento hielo. A finales del siglo dieciocho y los comienzos del siglo diecinueve se efectuaba la obtención del hielo de manera natural en lagos, ríos o estanques. Durante las épocas de frío en zonas del norte donde se conservaba el hielo en almacenes subterráneos, para su uso en épocas de verano o primavera [2].

En el año 1834 el científico llamado Sadi Carnot, desarrollo un ciclo termodinámico ideal. Años más tarde el americano Jacob Pekinés, dicho autor fue desarrollador de un método de refrigeración de sellado. Este método tenía como principal un sistema de compresión y expansión de algún líquido para conseguir el efecto refrigerante [3].

El detrimento en la calidad en cuanto a los productos de alimentación se genera debido a reacciones químicas, enzimáticas entre otras reacciones relacionadas al metabolismo. Sin embargo, aunque exista una efectiva preservación todo apunta a un deterior de la calidad. Es por eso por lo que es de vital importancia la minimización de presencia o existencia de microorganismos [4].

Las temperaturas para una correcta refrigeración de los productos alimenticios son aquellas que se encuentran próximas a los 0 °C. Siendo estas superiores al punto de congelación de los productos los cuales se encuentra en un rango de 7 a -3 °C. A medida que va decreciendo la

temperatura por debajo de la última mencionada, el crecimiento de las bacterias se vuelve más lento [5].

Las formas de consumo en la actualidad hacen que la refrigeración se vea como un medio deficiente, en cuanto a una alternativa. Teniendo como comparación los métodos de envasados, los cuales pueden ser realizados en ambientes modificados o descontaminados. Estos utilizan la eliminación de oxígeno que producirá un menor deterioro del producto [6].

La refrigeración de la mayoría de los alimentos que hoy en día se consumen tienen un mayor grado de mantención de sus productos en relación con épocas pasadas. Gracias a esto, dichos productos tienden a llamar la atención de los consumidores, pues su factor nutritivo tiende a estar un tanto por debajo de los productos frescos. Como consecuencia esta industria mantiene un permanente crecimiento de acuerdo con su aumento de demanda, debido a los nuevos estilos de vida que se observan hoy en día. Los cuales no cuenta con largos periodos de tiempo para su alimentación, recurriendo así a productos congelados que tienen la facilidad de rápida preparación en relación con los productos naturales [4].

Los materiales comúnmente seleccionados por expertos en refrigeración son la cinta foil, poliestireno expandido entre otros que suelen tener células en su parte interna. Las cuales pueden contener gases en reposo como lo sería el aire, el cual produce un efecto de conductividad térmica. Todo esto tiene la finalidad de disminuir la transmisión de calor para minimizar el gasto de energía [7], [8].

Con relación a los materiales usados como aislantes se pueden clasificar en naturales, reciclados, sintéticos. Tomando como ejemplo el poliestireno expandido (EPS) el cual cuenta con un 98 % de aire y un 2 % de materia sólida pudiendo decir que es un material liviano. Al contar con alto porcentaje de aire dentro de estructura este material cuenta con una gran eficiencia con respecto al aislante térmico frente al calor o al frío [9].

Con respecto a los refrigerantes y su acción dañina hacia el medio ambiente, el uso de estos es mundialmente aceptada. Debido a esto los refrigerantes han ido evolucionando hasta tener un ODP (Ozone Depletion Potencial) de cero, como lo son el R-134a, R-404A entre otros. Sin embargo, con respecto al GWP (Global Warming Potencial) estos valores tienden a ser muy

elevados como lo son el R-124 o R-507. Tomando como referencia para todos estos valores el R-11 [10], [11].

Este estudio tiene la finalidad de dar a conocer cuáles son los pasos, y también parámetros por utilizar para el diseño de un cuarto frío. Además, ese trabajo de titulación se va a realizar mediante cálculos con respecto a la carga térmica que tendría dicho diseño, cumpliendo así con el espacio dado por la empresa y con esquemas de seguridad para tener una mejor eficiencia.

## **1.2 Marco teórico de elementos de un cuarto refrigerado**

En la siguiente sección del capítulo uno se hablará sobre conceptos básicos sobre refrigeración, cuartos fríos y generalidades sobre el programa a ocupar.

### ***1.2.1 Refrigeración***

La refrigeración es una parte de la termodinámica, que se basa en reducción y mantenimiento con respecto a la temperatura de un espacio. La cual sería menor con relación a la temperatura de sus alrededores [12]. Una diferente manera de definirlo, sería tomando referencia a un ambiente cerrado con una menor temperatura a sus espacios adyacentes [13].

La refrigeración parte de dos principios básicos que son las dos primeras leyes de la termodinámica, la ley inicial hace referencia: “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, mientras la consiguiente ley habla de: “Todo trabajo mecánico se puede transformar en calor, pero no todo calor se puede transformar en trabajo mecánico” [14].

***1.2.1.1 Aplicaciones de la refrigeración.*** Los sistemas que se encuentran dentro de la refrigeración son adaptaciones de carácter mecánico, los cuales se basan en propiedades termodinámicas. Además, implementaran cambios de energías entre los cuerpos relacionados en este proceso, el calor fluye desde el elemento con mayor temperatura al elemento con menos temperatura. Lo que nos lleva al uso de algún medio de aislante el cual contenga o reduzca a un valor mínimo el flujo de calor. Para obtener esta diferencia de temperatura es necesario un fluido el cual sea el encargado de extraer este calor, también llamado líquido refrigerante [15].

La refrigeración tiene una amplia gama de aplicaciones entre ellas están:

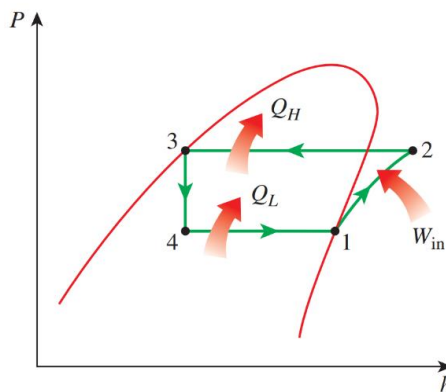
- Acondicionamiento de la temperatura interna de un espacio logrando un ambiente de confort [15].
- Mantención de alimentos o productos cárnicos, lácteos, entre otros, para evitar su vencimiento [15].
- Uso en ambientes industriales, buscando la reducción de temperatura de los elementos trabajados [15].
- Elementos electrónicos, línea blanca [15].

### 1.2.2 Ciclos de refrigeración

Los ciclos que hablan sobre la refrigeración se clasifican en dos métodos, los cuales son los adiabáticos y los isotérmicos. Dentro de ellos se pueden resaltar tres principales ciclos (ciclo inverso de Carnot, ciclo por compresión, ciclo de absorción) [16].

**1.2.2.1 Refrigeración por compresión.** El ciclo dado mediante compresión es altamente conocido al ser de los más implementado en lo relacionado con la generación de aire refrigerado, pues se asemeja al ciclo de Carnot. Sin embargo, existe un inconveniente que es la implementación de líquido refrigerante, siendo este un gran contaminante [17].

Los ciclos por compresión basan su funcionamiento en cuatro estaciones (compresión, evaporación, condensación y expansión). Centradas en satisfacer las diferentes cargas a bajas temperaturas [18]. En la figura 1, se presenta el diagrama de un ciclo por compresión real.



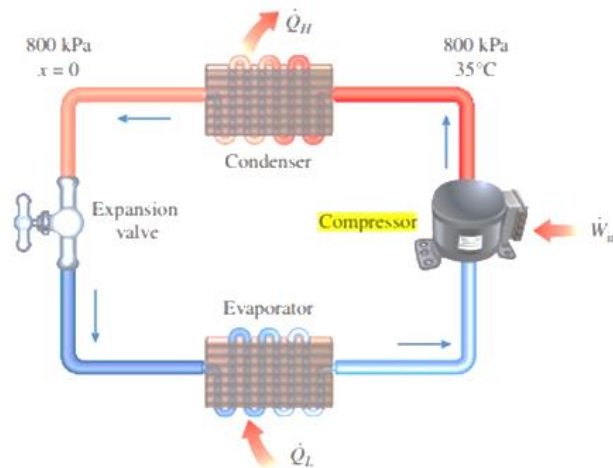
**Figura 1.** Diagrama presión-entalpía de un ciclo de refrigeración por compresión [19].

En este ciclo existe la premisa que a una temperatura baja no existan alteraciones en la conexión entre la presión y compresión. Tiene comportamientos en un diagrama T-s de la siguiente forma:

- Proceso 1 al 2: procesos isotrópica (compresores).
- Proceso 2 al 3: rechazo de calor isobáricamente (condensadores).
- Proceso 3 al 4: estrangulamiento (dispositivos de expansión).
- Proceso 4 al 1: asimilación de calor en un proceso isobárico (evaporadores).

**1.2.2.2 Componentes del ciclo por refrigeración.** Estos ciclos al ser los más usados en la industria de producción de frío, consta de cuatro elementos básicos para su funcionamiento los cuales son [20]:

En la figura 2, se presenta los componentes principales para los ciclos de refrigeración.



**Figura 2.** Componentes necesarios en un ciclo de refrigeración [21].

- **Compresor:** es el encargado de la succión del fluido (Refrigerante) en la presión de baja indicada comprimiéndolo, mientras se elevan sus valores de temperatura y presión, llegando a valores donde se lleva a cabo la condensación. La salida (Descarga) es transportada al condensador [20].

- Evaporador: es el elemento encargado de reducir la temperatura del espacio refrigerado, el cual se puede ubicar fuera o dentro de la misma. Su principal labor es que el refrigerante el cual ingresa a presión y temperatura baja, realice el trabajo del enfriamiento de la cámara. También es donde el refrigerante realiza su proceso de evaporación absorbiendo el calor del ambiente relacionado con el delta de temperatura [20].
- Condensador: el encargado de transformar el refrigerante de vapor sobrecalentado a su estado líquido. Saliendo este a la temperatura indicada para el proceso de condensación o incluso a una menor temperatura dependiendo si existe un subenfriamiento [20].
- Válvula de expansión: su función es que el fluido consiga una reducción en la presión y temperatura llegando así a la requerida por en el proceso de evaporación, mientras se maneja la cantidad de flujo que ingresa en el evaporador [20].

### 1.2.3 Refrigerantes

Un refrigerante es cualquier tipo de cuerpo el cual cumpla con la función de enfriar absorbiendo el calor de otro cuerpo. En todo sistema de refrigeración mecánica es esencial el uso de refrigerantes, los cuales deben poseer cualidades que les permitan cambiar su estado de líquido a vapor y de vapor a líquido. Se debe entender que los refrigerantes cambian según el tipo de refrigeración que se usa, siempre y cuando cumplan con las características químicas, termodinámicas y físicas para dicho tipo de refrigeración. Dependiendo de los valores obtenidos de presión, temperatura a la cual efectúe estos cambios, tendrían aplicaciones comerciales [22], [23].

En la figura 3, se muestran los diferentes tipos de refrigerantes.



Figura 3. Tipos de refrigerantes [24].



Los refrigerantes alocarbonados se dividen en cuatro [25]:

1. Clorofluorocarbonos (CFC) tiene carbono, cloro y flúor[25].
2. Hidrofluorocarbonos (HFC) contiene hidrogeno, flúor, cloro [25].
3. Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) los cuales consisten en hidrógenos, cloro, flúor, carbono [25].
4. Hidrofluorolefinas (HFO) refrigerante HFC el cual es un derivado de un alqueno el cual consta de compuestos insaturados el cual tiene menos de la mitad de enlaces carbono [25].

**1.2.3.1 Propiedades de los refrigerantes.** Se pueden identificar a un líquido como refrigerante por las siguientes propiedades [26]:

- Para lograr el estado de evaporación el líquido aspirar una elevada cantidad de energía calórica y provocando así el efecto refrigerante [26].
- El ciclo debe detenerse o accionarse cuando se desea siempre y cuando se corte el paso del refrigerante líquido [26].
- Debido a que cada valor de temperatura tiene un correspondiente valor de presión y viceversa. Se puede manipular la temperatura con solo tener el control de las presiones a las cuales son sometidos los refrigerantes [26].
- Los agentes refrigerantes pueden ser reutilizado siempre y cuando se cuente con un proceso de condensación [26].
- No todo líquido es apto para ser un líquido refrigerante y no existe un refrigerante específico para todas las aplicaciones.

**1.2.3.2 Características del Refrigerante R134a.** El refrigerante R-134a es un del tipo HFC es decir es un hidrofluorocarbono que no contiene átomos de cloro, sino más bien de Hidrógeno, puesto que el cloro es un gran destructor de la capa de ozono.

En la tabla 1 se puede observar las propiedades e información sobre el R-134a [27], [28].

**Tabla 1.** Características del Refrigerante R134a [27].

CARACTERÍSTICAS		VALOR
Formula química		CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F
Masa molar		102,0 g/mol
Punto de ebullición 1013 mBar	Temperatura:	247,05 k (-26,1°C)
	Calor latente de ebullición:	215,9 KJ/kg
	Temperatura:	374,15 k (101°C)
Punto crítico	Presión:	40,7 bar
	Densidad:	0,512 kg/dm <sup>3</sup>
Fase líquida a 25°C	Densidad:	1,206 kg/dm <sup>3</sup>
Vapor saturado	Densidad:	5,25kg/m <sup>3</sup>
Calor específico a 25°C	Estado líquido:	1,46 kJ/kg k
	Estado gaseoso a 1013 mbar:	0,858 kJ/kg k
Potencial destrucción del ozono (ODP)		0
Punto crítico de congelación	Temperatura	170,15 k (-103 °C)

El refrigerante R-134a sirve para la refrigeración por compresión, al ser seleccionado debe cumplir con ciertas características como son [29]: no ser corrosivo e inflamable, capaz de ser operable a presiones bajas, entre otras.

#### 1.2.4 Cuartos fríos

Un cuarto refrigerado es un espacio de almacenamiento el cual se encuentra a una temperatura específica. Usualmente está construida para dar acopio a productos a cierta temperatura por debajo de la temperatura que se encuentra en la región. Por lo cual se necesitan ciertas normas o parámetros de construcción tomando en cuenta ecuaciones para las paredes, techos, los productos a almacenar entre otras. Entre los productos que necesitan refrigeración están las verduras, carnes, flores mariscos, entre otros. Sin embargo, se deben tomar en cuenta ciertas cosas [30]:

- Las leguminosas y las frutas generan calor durante su almacenamiento en estos espacios debido a que continúan respirando mientras están almacenadas [30].
- Se debe mantener un rango de temperatura en el espacio refrigerado y no una temperatura específica [30].

- La calidad y ciertas propiedades se ven reducidas debido al proceso de congelación.

El tiempo de refrigeración afecta a la pérdida de humedad en los alimentos o productos a almacenar [30].

**1.2.4.1 Construcción de cuartos fríos.** Para el acopio de productos se necesita un ambiente óptimo y eficiente para las variedades de productos los cuales serán almacenados a ciertas temperaturas, inferiores a las de su ambiente exterior. Esto para evitar la proliferación de bacterias y así su posterior descomposición, tomando esto en cuenta se señala parámetros de construcción para sus diferentes elementos como son [29], [30]:

En la figura 4, se observa un cuarto frío con todos los elementos construcción que lo componen.



**Figura 4.** Componentes de construcción de un cuarto frío [33].

- Iluminación: varios autores recomiendan la implementación de focos fluorescentes sobre el uso de la iluminación led. Esta recomendación se genera gracias a las características de los focos fluorescentes, debido a su mayor rendimiento en temperaturas menores a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y su baja transferencia de calor en el cuarto [31], [32].
- Cortinas plásticas: es utilizada para reducir la circulación del aire en el periodo en apertura y cierre de las puertas, a su vez impidiendo la entrada de partículas o insectos [31], [32].
- Paredes: se pueden construir con paneles que lleven láminas de acero y en su interior posean aislantes de poliestireno de alta densidad. En la mayoría de cuartos refrigerados estas láminas se mantienen fijas, encima de construcciones de bloques de ladrillo que están pueden contener en su interior aislante dependiendo del uso [31], [32].
- Piso: el suelo al ser la parte más crítica debido a que presenta más inconvenientes en relación al subsuelo de la cama, logrando que se genere escarcha o hielo en ese espacio

ocasionando una degradación en las paredes, generado por el levantamiento del piso. Por estas causas debe poseer un aislante térmico que evite el calor del ambiente que se encuentre debajo. El cual debe contener un espacio sanitario o espacio de aire que generara calor eliminando el congelamiento del mismo. Cabe mencionar que la instalación del suelo debe contener un sifón que evacue el agua de la limpieza y el deshielo generado de las temperaturas inferiores a 0 °C [31], [32].

- Puertas: son construidas con un solo panel, que presenten cualidades de síntesis térmica semejante a las otras paredes. Se debe incluir perfiles y empaques que logren un buen flujo de aire [31], [32].

**1.2.4.2 Aplicaciones de cuartos fríos.** Los cuartos fríos cumplen varias utilidades sin importar el producto que contengan, se puede mencionar algunos como [34]:

- Recepción de mercancía: las distintas leyes y normas de acuerdo con la sanitización que se exige hacia los negocios como restaurantes o mercados, deben contar con temperaturas adecuadas. Almacenando así sus materias primas que serán distribuidas en diferentes locaciones, lo cual requiere una eficiente refrigeración [34].
- Almacenaje: provoca un incremento en la producción y un alza en la comercialización. Posponiendo la degradación de los productos [34].
- Exhibición de productos: las industrias en este caso cadenas de supermercados utilizan el sistema de puertas Walk In o Reach In. Esto con la finalidad de que el consumidor pueda observar y obtener sus productos para su posterior compra [34].

### **1.2.5 Ansys WorkBench**

Es un programa informático el cual tiene la finalidad de generar soluciones en relación a la ingeniería estructural. Así como la transferencia de calor, este programa tiene grandes capacidades de solucionar diversos problemas como los mencionados por Kohnke [35] :

- Tensión térmica.
- Rigidez por tensión.
- Análisis térmico.
- Historia lineal del tiempo.
- Análisis estático.

- Análisis elástico.
- Análisis de transferencia de calor.
- Convección, radiación, conducción.

**1.2.5.1 Método de volúmenes finitos.** Es denominado números finitos, a un método que discretiza los resultados de las simulaciones numéricas de diferentes tipos (hiperbólicas, parabólicas, elípticas) de leyes de conservación [36].

Este método se aplica en varios campos de la ingeniería mecánica, como transferencia de calor, transferencia de masas, mecánica de fluidos e ingeniería química. Cabe destacar que el método de volúmenes finitos, tiene características similares al de elementos finitos. Estos son usados en geometrías arbitrarias y esquemas robustos.

Los pasos que conlleva a este método no se ven limitados por contravenciones en la mecánica y su análisis con los fluidos, de manera general son [36]:

1. Desmontar el rango en volúmenes de control [36].
2. Generar ecuaciones integrales por cada volumen generado [36].
3. Semejar numéricamente las integrales [36].
4. Gracias a la información de las variables nodales se asemejan a los valores de las derivadas y de las caras [36].
5. Unir y solucionar el sistema algebraico.

### **1.3 Conclusiones del capítulo**

Se presentó un resumen de información sobre cuartos refrigerados con base en la información más relevante de investigaciones relacionadas a la refrigeración a fin de entender cómo funciona un cuarto frío y como se constituyen sus elementos para cumplir el objetivo planteado que en este caso vendría a ser el correcto almacenamiento de productos.

El fluido que se empleará será el R-134a el cual tiene la finalidad de absorber todo el calor del espacio a refrigerar, debido a sus favorables cualidades para la absorción de calor en este tipo de aplicaciones.

## CAPÍTULO II

### DISEÑO DEL CUARTO REFRIGERADO

Este capítulo tiene como finalidad satisfacer los requerimientos planteados por la empresa, mediante la utilización de información y procesos ya establecidos para el diseño de cuartos fríos. Al ser un capítulo de carácter cualitativo, se excluirá la parte del análisis del cuarto refrigerado.

#### 2.1 Generalidades

Se debe tener ciertas consideraciones para realizar el diseño de un cuarto frío, el cual va a almacenar pollos y hielo triturado. Debido a esto su almacenaje deberá ser con una temperatura entre los 2 a 6 °C y una humedad relativa menor a 90 %. Estos factores reducen la actividad bacteriana para su corto periodo de almacenamiento. Por otro lado, para la congelación se debe lograr una temperatura de -19 °C (-5°F) o menos pues de esta manera mantiene su valor nutricional [37], [38].

#### 2.2 Requerimientos

Los siguientes requerimientos básicos de un cuarto frío, son prescindibles para el diseño a la hora de realizarlo. Puesto que se debe satisfacer las necesidades y realizar un trabajo el cual cumpla con varios aspectos de eficiencia y rendimiento.

##### 2.3.1 *Requerimientos de la empresa*

En el diseño de la cámara refrigerada la empresa establece las siguientes especificaciones:

- Se tiene un volumen de 75 m<sup>3</sup> para el diseño el cuarto refrigerado.
- Debe tener una disponibilidad de equipos y materiales dentro del país.
- El proyecto no debe tener un valor muy elevado.
- El ser un producto de primera necesidad, se establece un almacenamiento máximo de 2 a 3 días, para mantener sus propiedades organolépticas y nutricionales.

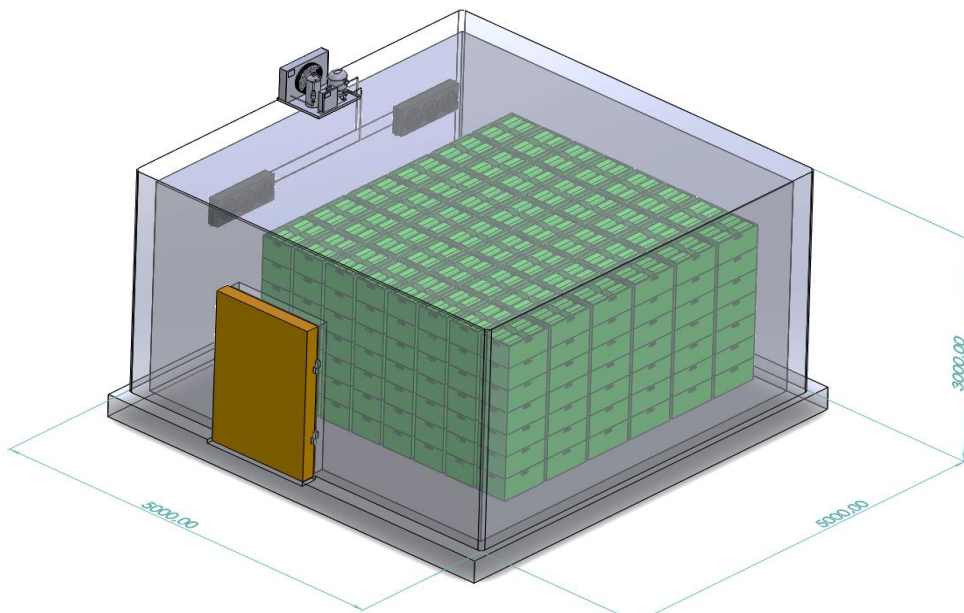
##### 2.3.2 *Requerimiento básico del cuarto frío*

Para un funcionamiento adecuado en un sistema de refrigeración se debe tener aspectos como:

- Debe existir un flujo de voltaje constante para la alimentación de los componentes de las cámaras refrigeradas.
- En los sistemas de refrigeración se debe tener un tiempo de funcionamiento de 16 horas repartidas en las 24 horas del día. Esto se debe a la generación de hielo en el evaporador, lo cual necesita un tiempo para realizar el deshielo. Logrando así una temperatura ambiente interna de entre 2 a 6 °C.
- En el diseño de los cuartos fríos se debe tener en consideración los daños ambientales que se generarían durante su funcionamiento. Por esto se debe tener en cuenta equipos amigables al ambiente seleccionando refrigerantes y sus equipos a implementar.
- Su limpieza debe realizarse de una manera rápida y sencilla.
- El mantenimiento del cuarto frío se realiza con acciones como ajustes, lubricación de sus componentes, limpieza y sanitización. Todo esto se debe llevar de una forma periódica.

### 2.3 Dimensionamiento

La empresa Aviprol posee un requerimiento de 75 m<sup>3</sup> para la implementación de un cuarto refrigerado. En esta sección se propone un dimensionamiento interno con su respectivo equipamiento para el almacenaje de los productos. En la figura 5, se presenta un esquema del cuarto refrigerado con sus medidas generales, en milímetros.



**Figura 5.** Esquema del cuarto refrigerado

Para el diseño del cuarto refrigerado se tomó varios aspectos entre ellos: se estableció que debe existir un espacio adecuado entre las paredes y las gavetas, así como el hielo, todo esto para evitar la absorción de energía calórica mediante las paredes. A su vez otro aspecto a considerar es el acceso y maniobrabilidad del o los operarios dentro del cuarto frío para el manejo de los productos.

## 2.4 Cálculo COP para un ciclo de refrigeración

El COP (Coeficiente de Rendimiento) se encuentra en sistemas refrigerados, esto es aplicable para ciclos ya sea ideales o reales. En el diseño se deben tomar en cuenta los cálculos relacionados con el comportamiento termodinámico y así determinar su punto de operación más factible. Logrando evaluar cada elemento y una inspección energética para un mejor uso de la misma [39].

El COP es el resultado entre las variables que se desea, dividido para la entrada exigida. Lo que se busca es transferir calor al ciclo, este se encuentra en una región a baja temperatura mientras la entrada es el trabajo neto comunicado [40], [41]. Ver ecuación 1.

$$COP = \frac{Cap_{ref}}{\dot{W}} \quad (1)$$

Donde:

$Cap_{ref}$  : Capacidad de refrigeración [ton]

$\dot{W}$  : Potencia requerida [kW]

COP: Coeficiente de operación

### 2.4.1 Calor requerido

Se refiere a la cantidad de energía calórica que genere un sistema partiendo de un estado en equilibrio hacia otro [42]. Ver ecuaciones 2 y 3.

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t} \quad (2)$$



$$W = Qh - Ql \quad (3)$$

Donde:

$\dot{Q}$  = Flujo de calor [kJ/s]

$Q$  = Calor [kJ]

$t$  = Tiempo [s]

$W$  = Trabajo [kJ]

$Qh$  = Calor extraído [kJ]

$Ql$  = Calor suministrado [kJ]

#### 2.4.2 *Calor suministrado*

El calor suministrado  $Ql$ , es el calor que se proporciona al evaporador y se expresa mediante la ecuación 4 presentada a continuación [43]

$$Ql = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (4)$$

Donde:

$m$  : Masa [kg]

$c_p$  : Calor específico [J/kg°C]

$\Delta T$  : Diferencia de Temperatura [°C]

#### 2.4.3 *Proceso de evaporación*

El refrigerante el cual fluye en el interior del evaporador hacia cualquier carga térmica, se da mediante la ecuación 5.

$$\dot{m}_r = \frac{Ql}{e.r} \quad (5)$$

Donde:

$\dot{m}_r$  : caudal másico del refrigerante [kg/s]

#### **2.4.4 Proceso de compresión**

La compresión en los procesos de refrigeración inicia desde que se genera la presión de evaporación, la cual llega al evaporador hasta la presión de condensación. Esta va directo al condensador y este trabajo de compresión es dado por la ecuación 6.

$$W = h_2 - h_1 \quad (6)$$

Donde:

$h_2$ : Entalpia en la salida del compresor [kJ/kg]

$h_1$ : Entalpia a la entrada del compresor [kJ/kg]

#### **2.4.5 Potencia del compresor**

Se trata de la energía que necesita el compresor para la realización de un trabajo. En este caso la fuerza, que necesita el compresor para enfriar los bloques de hielo. En el diseño es recomendable un factor de seguridad siendo un 25 % del valor obtenido [44]. Ver ecuación 7.

$$\dot{W} = \dot{m}r \cdot W \quad (7)$$

Donde:

$\dot{W}$ : Potencia [kW]

En esta fórmula se puede evidenciar que  $\dot{W}$  es la potencia del compresor, en el cual se multiplica  $\dot{m}r$  que es el flujo del refrigerante junto a  $W$  siendo el trabajo del proceso de compresión obtenido en la ecuación 6.

#### **2.4.6 Proceso de condensación**

Es el calor extraído o rechazado por el condensador que se establece en la ecuación 8.

$$Qh = h_3 - h_2 \quad (8)$$

Donde:

$h_3$ : Entalpia a la salida del condensador [kJ/kg]

$h_2$ : Entalpia en la entrada del condensador [kJ/kg]

La fórmula es representada por  $Qh$  que representa el calor cedido del condensador. Siendo la diferencia entre  $h_3$  que es la entalpia de salida del condensador, junto con  $h_2$  que se trata de la entalpia de entrada del condensador.

## 2.5 Cálculo de carga para diseño de cuatros fríos

A continuación, se presenta los cálculos necesarios a tomar en consideración como lo son las cargas térmicas, temperatura del producto, temperatura deseada entre otras, las cuales son indicadas por ASHRAE.

Los cuartos de refrigeración para su diseño y construcción poseen múltiples requerimientos, para diseñar exactamente cuánto es lo necesario en los cuartos para mantener, tanto la refrigeración como los productos estables [45], [46].

### 2.5.1 Carga térmica de transmisión por paredes

La transmisión generada en el cuarto frío es una unidad de tiempo mediante las paredes de un espacio refrigerado, es el calor sensible establecido en piso, techo y paredes que se calcula como [45], [46]. Ver ecuación 9.

$$Q_r = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (9)$$

Donde:

$Q_r$  : Calor por transmisión [W]

$A$  : Área [m<sup>2</sup>]

$U$  : Coeficiente de transmisión de calor [W/m<sup>2</sup>°C]

### 2.5.2 Carga del producto

Es la carga de calor que se debe retirar de los productos, desde su temperatura inicial a una temperatura menor deseada [45], [46].

Calor retirado para enfriar desde su temperatura inicial, a una temperatura mayor a su punto de congelación. Ver ecuación 10.

$$Q_{\text{producto}} = \frac{m \cdot C_1 \cdot (T_1 - T_2)}{T_e} \quad (10)$$

Donde:

$Q_{\text{producto}}$  : Calor del producto a refrigerar [W]

$C_1$  : Calor específico sobre el punto de congelación [J/kg °C]

$T_1$  : Temperatura inicial del producto [°C]

$T_2$  : Temperatura a la que se desea llegar, sobre el punto de congelación [°C]

$m$  : Masa del producto [kg]

$T_e$  : Tiempo requerido que el producto necesita para llegar a una temperatura de mantención [s]

Calor retirado para enfriar desde su punto inicial, hasta su punto de congelación, como se puede observar en la ecuación 11.

$$Q_2 = m \cdot C_1 \cdot (T_1 - T_f) \quad (11)$$

Donde:

$T_f$  : Temperatura de congelación del producto [°C]

Calor retirado para congelar el producto. Ver ecuación 12.

$$Q_3 = m \cdot h_{if} \quad (12)$$

Donde:

$h_{if}$  : Calor latente del producto [kJ/kg]

Calor retirado para enfriar desde su congelación, hasta una temperatura inferior a la del punto de congelación. Ver ecuación 13.

$$Q_4 = m \cdot C_2 \cdot (T_f - T_3) \quad (13)$$

Donde:

$C_2$  : calor específico por debajo el punto de congelación [J/kg°C]

$T_3$  : Temperatura a la que se desea llegar, bajo el punto de congelación [°C]

**2.5.2.1 Carga total del producto para congelación.** Se trata de determinar en base del tiempo designado de retiro de su calor y se interpreta que este producto es expuesto para eliminar el calor en aquel tiempo [45], [46]. Ver ecuación 14.

$$\bar{q} = \frac{Q_2 + Q_3 + Q_4}{3600n} \quad (14)$$

Donde:

$n$ : Tiempo designado [horas]

### 2.5.3 Carga térmica interna

Las cargas térmicas internas se evalúan en cuando a equipos eléctricos, equipos de proceso y la gente a su vez la grúa de horquilla. Cada una de estas, es la energía se las busca en tablas.

Las cargas de la gente se definen como el tipo de trabajo hecho por la persona, así como su tipo de vestir y tamaño de persona [45], [46].

**2.5.3.1 Carga por iluminación.** La carga lumínica es la cantidad de energía calórica producida por el alumbrado o iluminación dentro del cuarto frío. Esta iluminación es de vital importancia, debido a que su uso se presenta en actividades de almacenamiento, limpieza en general todas las actividades que se realizan dentro del cuarto frío. Se debe tener en cuenta que debe existir al menos una intensidad de 300 lux [45], [46].

Como se puede observar en la ecuación 15, acerca de la carga por iluminación en los cuartos refrigerados.

$$Q_{iluminación} = N \cdot \dot{W} \quad (15)$$

Donde:

$Q_{iluminación}$  : Carga por iluminación [W]

$N$ : cantidad de focos

$\dot{W}$  : potencia unitaria de los focos [W]

**2.5.3.2 Carga por personas.** Se basa con respecto al personal que ingresa a efectuar labores ya sean de limpieza, almacenaje y mantención al cuarto refrigerado. Esto se da por la diferencia de temperatura irradiando calor y este aumenta conforme la temperatura del cuarto refrigerado sea menor [45], [46].

La carga por persona, se calcula mediante la ecuación 16.

$$Q_{personas} = \dot{W}_p \cdot n_p \quad (16)$$

Donde:

$Q_{personas}$  : Cargas por personas [W]

$n_p$  : número de personas

$\dot{W}_p$  : Potencia liberada por persona [W]

#### **2.5.4 Carga por infiltración por intercambio de aire**

Las cargas por infiltración de aire se da gracias a las diferencias que existen en la densidad del aire entre cada espacio. Los casos más comunes se encuentran en donde la masa de aire se iguala la masa que sale menos cualquier humedad [45], [46]. El cuarto de enfriamiento debe ser sellado en su entrada y si no es sellado dicho aire puede fluir por la puerta.

La ecuación 17, indica la carga por infiltración por intercambio de aire.

$$Q_{ca} = V \cdot \rho \cdot cp_{aire} \cdot (T_o - T_i) \cdot \frac{N}{3600_{seg}} \quad (17)$$

Donde:

$Q_{ca}$  : Carga por infiltración de aire [W]

$V$  : Volumen [m<sup>3</sup>]

$\rho$  : Densidad [kg/ m<sup>3</sup>]

$N$  : Numero de apertura por hora [1/h]

$cp_{aire}$  : Calor especifico del aire [J/ kg °C]

### 2.5.5 Carga liberada por motores eléctricos

Es generado debido al funcionamiento de los equipos en un cuarto refrigerado ya sean motores de los ventiladores o cualquier máquina que cumpla una función dentro de la cámara. La ecuación funciona en base a la sumatoria de las cargas, junto con un factor de seguridad entre el 5% al 8% como se muestra en la literatura debido a que no se conoce la potencia de los motores [45], [46].

Como se demuestra en la ecuación 18, es la carga liberada por los motores.

$$Q_M = 0,08 \cdot (Q_{\text{Producto}} + Q_{ca} + Q_r + Q_{\text{iluminación}}) \quad (18)$$

Donde:

$Q_M$  : Carga del motor [W]

### 2.5.6 Carga total de refrigeración requerida

La carga total de enfriamiento rara vez proviene de una sola fuente, sino más bien es una suma de varias cargas que provienen de diferentes fuentes. Es necesario tener un factor de seguridad para prevenir factores diversos, los cuales puedan requerir una mayor carga de enfriamiento. Debido a esto se selecciona un 10% como factor de seguridad como establece Dossat.

Esta capacidad de refrigeración se establece mediante las ecuaciones 19 y 20 [45], [46]:

$$Q_{req} = Q_r + Q_{ca} + Q_{prod} + Q_{iluminación} + Q_M + Q_{personas} \quad (19)$$

$$Q_{Reqf} = Q_{Req} \cdot 1.10 \quad (20)$$

Donde:

$Q_{req}$  : Carga total de refrigeración [W]

$Q_{Reqf}$  : Carga total de refrigeración con factor de seguridad [W]

### 2.5.7 Capacidad de refrigeración

Para evitar la generación de escharcha dentro del cuarto refrigerado incluyendo productos, es necesario un trabajo de condensación, el cual se divide entre el número de horas de funcionamiento [45], [46]. Ver ecuación 21.

$$Cap_{ref} = \frac{Q_{Ref}}{\text{periodo}_{funcionamiento}} \quad (21)$$

Donde:

$\text{periodo}_{funcionamiento}$  : Periodo de funcionamiento [h]

## 2.6 Evaporador

Para el cálculo de la temperatura, potencia nominal y presión correspondientes al evaporador se emplearán las siguientes ecuaciones y uso de las tablas de Pita [44]. Ver ecuaciones 22 y 23.

$$T_{ev} = T_{cam} - \Delta T_{cam-ev} \quad (22)$$

$$\dot{W}_{nominal\_evapor} = \frac{Cap_{refri}}{Factor_{corrección}} \quad (23)$$

Donde:

$T_{Ev}$  : Temperatura en el evaporador [°F]

$T_{camara}$  : Temperatura interna de la cámara [°F]

$\Delta T_{cam-ev}$  : Delta de temperatura obtenido por tablas [°F]

$\dot{W}_{nominal\_evapor}$  : Potencia del evaporador [kW]

$F_e$  : Factor de corrección para los evaporadores

## 2.7 Efecto refrigerante

Está relacionada respecto a la cantidad de calor que el evaporador puede absorber desde que ingresa como líquido, hasta su salida en forma de vapor [44]. Esto da mediante la siguiente ecuación 24.



$$e.r = h_1 - h_4 \quad (24)$$

Donde:

$e.r$ : Efecto refrigerante [kJ/kg]

$h_1$ : Entalpia saliente del evaporador [kJ/kg]

$h_4$ : Entalpia que entra al evaporador [kJ/Kg]

## 2.8 Flujo másico del refrigerante

Es la velocidad del refrigerante que pasa a través de una superficie, el cual está dado por la siguiente ecuación [44]. Ver ecuación 25.

$$\dot{m} = \frac{Cap_{refrig}}{e.r} \quad (25)$$

## 2.9 Caudal volumétrico por tonelada de refrigeración

Es la cantidad de flujo refrigerante que fluye por el volumen del sistema refrigerado el cual está por la siguiente ecuación 26.

$$\dot{V}_{ton} = \dot{m} \cdot v \quad (26)$$

Donde:

$\dot{V}_{ton}$ : Caudal del refrigerante [m<sup>3</sup>/s]

$v$ : Volumen del sistema [m<sup>3</sup>/kg]

## 2.10 Condensador

Para conocer la capacidad nominal del condensador se debe multiplicar varios a factores de compresión, refrigerante y altitud. En varios textos se establece que debe existir un 40 % de factor de seguridad, esto por la transferencia del fluido entre el compresor y el condensador [44]. Ver ecuación 27.

$$Q_n = Cap_{refr} \cdot F_c \cdot F_r \cdot F_a \cdot \frac{15}{T_{condensación} - T_{ambiente}} \quad (27)$$

Donde:

$Q_n$  : Capacidad nominal [W]

$F_c$  : Coeficiente de calor por compresión

$F_r$  : Coeficiente del refrigerante

$F_a$  : Coeficiente de altitud

$T_{ambiente}$  : Temperatura ambiental [°C]

$T_{condensación}$  : Temperatura del condensador [°C]

## 2.11 Evaporador

Para conocer la capacidad real del evaporador se lo realiza mediante la ecuación 28 el cual incorpora factores de material, refrigerante y altitud [47].

$$Q_r = Q_n \cdot F_m \cdot F_r \cdot F_a \quad (28)$$

Donde:

$Q_r$  : Capacidad real del evaporador [kcal/h]

$F_m$  : Factor del material

## 2.12 Conclusiones del capítulo

Se logró definir cuáles son todos los requerimientos necesarios para el diseño de un cuarto frío, los cuales incluyen los requeridos por la empresa. Así como un esquema realizado en el programa SolidWorks que pretende proyectar una propuesta de almacenamiento y equipos. Para finalizar se presentaron las fórmulas necesarias para el cálculo tanto termodinámico, como de diseño para su posterior resolución en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DEL PROCESO DE REFRIGERACIÓN EN LA CÁMARA FRIGORÍFICA**

En este capítulo se dispone a implementar las ecuaciones y requerimientos presentados en el capítulo 2. Esto con el objetivo de obtener la capacidad de refrigeración necesaria para el funcionamiento del cuarto refrigerado, posteriormente se realizará una selección de equipos existentes en el mercado ecuatoriano que cumplan con los datos obtenidos de forma analítica.

#### **3.1. Paredes**

Para el diseño de las paredes se seleccionó el panel frigorífico HFM del fabricante Grupo Hiensa cuyo importador en Ecuador es Cora refrigeración. El panel cuenta con un espesor de 160 mm el cual está conformado por paneles de poliuretano junto a dos planchas de acero prelacado. En el catálogo del fabricante encontrados en el anexo A, se proporciona una información acerca del panel donde se aprecia un U de  $0.122 \text{ W/m}^2\text{K}$  [48].

#### **3.2. Piso**

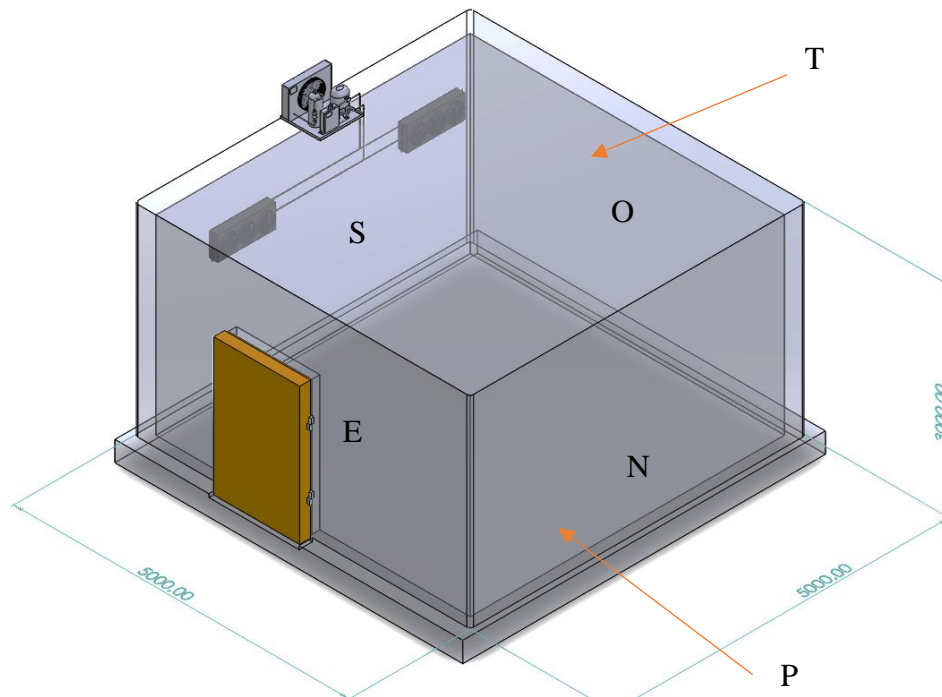
Para el diseño del piso se eligió un acabado de concreto con espesor 4 pulgadas seguido con un asilamiento del mismo espesor y un piso de losa de 6 pulgadas dado en el libro de Dossat. Con un coeficiente de transmisión (U)  $0.3691 \text{ W/m}^2\text{K}$  [46].

#### **3.3. Techo**

Para el diseño del techo se seleccionó el mismo material usado en las paredes con el mismo espesor de 160 mm de paneles de poliuretano junto a planchas de acero prelacado con un U de  $0.122 \text{ W/m}^2\text{K}$  [49].

#### **3.4. Flujo de calor a través del techo, piso, paredes**

En la figura 6 se muestran los puntos cardinales en el diseño del cuarto refrigerado, esto con el fin de tener una mejor orientación a la hora de realizar los cálculos posteriores que requieren una orientación del mismo.



**Figura 6.** Ubicación según las coordenadas cardenales

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos sobre carga de transmisión en paredes, las cuales están señaladas en la figura 3.

**Tabla 2.**Tabla de cargas por trasmisión de flujo en el cuarto refrigerado

Cámara	U (W/m <sup>2</sup> °C)	Área (m <sup>2</sup> )	T <sub>ext</sub> (°C)	T <sub>int</sub> (°C)	ΔT (°C)	Q <sub>r</sub> (W)
Norte	0,122	15	18	3	15	27,45
Sur	0,122	15	18	3	15	27,45
Este	0,122	15	18	3	15	27,45
Oeste	0,122	15	18	3	15	27,45
Techo	0,122	25	18	3	15	45,75
Piso	0,3691	25	15	3	12	110,73
TOTAL						266,28

### 3.5. Carga debido al producto almacenado

A continuación, se usa la ecuación 11 debido a que el producto será únicamente refrigerado.

$$Q_{\text{producto1 Hielo}} = \frac{m_{\text{producto}} \cdot c \cdot (T_1 - T_2)}{30 T_c}$$

$$Q_{\text{producto1 Hielo}} = \frac{1125 \text{ kg} \cdot (2090 \text{ J/kg}^\circ\text{C}) \cdot (-3^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C})}{16 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h}}$$

$$Q_{\text{producto1 Hielo}} = -244,92 \text{ W}$$

$$Q_{\text{producto1 Pollo}} = \frac{m_{\text{producto}} \cdot c \cdot (T_1 - T_2)}{T_c}$$

$$Q_{\text{producto2 Pollo}} = \frac{7330 \text{ kg} \cdot (3307,57 \text{ J/kg}^\circ\text{C}) \cdot (18^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C})}{16 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s/h}}$$

$$Q_{\text{producto2 Pollo}} = 6313,67 \text{ W}$$

$$Q_{\text{productoT}} = 6313,69 \text{ W} + (-245,04 \text{ W})$$

$$Q_{\text{productoT}} = 6068,74 \text{ W}$$

### 3.6. Carga por infiltración de aire a la cámara frigorífica

Es la renovación de aire para la mantención del producto en cual está dado gracias a la infiltración del aire.

$$Q_{ca} = V \cdot \rho \cdot c_{p\text{aire}} \cdot (T_o - T_i) \cdot \frac{N}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_{ca} = 12,1 \text{ m}^3 \cdot \frac{10}{3600 \text{ s}} \cdot 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.012 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (18^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C})$$

$$Q_{ca} = 918,39 \text{ W}$$

### 3.7. Carga por iluminación

La iluminación es una de las cargas que se establece gracias a la luz en el cuarto refrigerado:

$$Q_{\text{iluminación}} = N \cdot \dot{W}$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 2 \cdot 36 \text{ W}$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 72 \text{ W}$$

### 3.8. Carga liberada por motores eléctricos

La carga liberada por los motores se desconoce por los manuales sin embargo estas también dependen de la sumatoria de las cargas:

$$Q_M = 0,08 \cdot (Q_{ProductoT} + Q_{ca} + Q_r + Q_{iluminación})$$
$$Q_M = 0,08 \cdot (6068,74 W + 918,39 W + 266,28 W + 72 W)$$
$$Q_M = 586,033 W$$

### 3.9. Carga por personas en el interior de la cámara frigorífica

Para la carga de personas se estima cerca de 4 personas a continuación en la tabla se presentan la potencia liberada por personas.

En la tabla 3 se muestra el calor equivalente de una persona.

**Tabla 3.** Calor liberado por persona dependiendo de la temperatura del enfriador [44].

Temperatura interna de la cámara (°C)	Potencia liberada por individuo (W)
5	240
4	246
2	258
0	270

$$Q_{personas} = \dot{W}_p \cdot n_p$$

$$Q_{personas} = 246 W \cdot 4$$

$$Q_{personas} = 984 W$$

### 3.10. Carga requerida por el sistema a refrigerar

Es la suma de todas las cargas calculadas.

$$Q_{req} = Q_r + Q_{ca} + Q_{productoT} + Q_{iluminación} + Q_M + Q_{personas}$$

$$Q_{req} = 266,28 W + 6068,74 W + 918,39 W + 72 W + 586,033 W + 984 W$$

$$Q_{req} = 8,89545 kW$$

Se requiere un factor de seguridad del 10 % para el diseño.

$$Q_{reqf} = 8,89545 kW \cdot 1,10$$

$$Q_{reqf} = 9,785 kW$$

Para evitar la escarcha dentro del cuarto.

$$Cap_{ref} = \frac{Q_{reqf}}{periodo_{funcionamiento}}$$

$$Cap_{ref} = \frac{9,785 kW}{16 h}$$

$$Cap_{ref} = 0,611 kW$$

$$Cap_{ref} = 0,611 kW \cdot \frac{1 Ton_{ref}}{3,52 kW}$$

$$Cap_{ref} = 0,17 Ton_{ref}$$

### 3.11. Selección del refrigerante

Se selecciona el refrigerante R134a debido a ser un refrigerante tipo HFC no dañino para la capa de ozono. A su vez es de reducido porcentaje de toxicidad y no es inflamable. En presencia de aire a presión atmosférica cuenta con una masa molar de 102 g/mol.

### 3.12. Ciclos termodinámicos de refrigeración

El ciclo que se usará para la refrigeración, será el ciclo por compresión. Puesto que tienen beneficios en cuanto a sistemas de refrigeración. Así como en el momento de selección de componentes los cuales son de fácil acceso y un bajo costo.

### 3.12.1 Condiciones en condensación y evaporación

Para la selección de evaporadores y condensadores se requieren parámetros o coeficientes los cuales se pueden obtener mediante tablas. De esta forma se obtendrá la potencia de funcionamiento requerida por cada elemento.

**3.12.1.1 Temperatura de evaporación.** Un salto térmico se rige bajo el parámetro de la humedad relativa, en este caso se presenta una humedad relativa de 85 % existente en el cuarto frío. Dicha humedad relativa se seleccionó mediante la literatura de Dossat y gracias a la presencia de ventiladores se crea una convección forzada con un gradiente de temperatura de 12 a 14 °F [46].

En la tabla 4 se presenta los valores de convección forzada junto con su humedad relativa.

**Tabla 4.** Selección de humedad relativa respecto a su convección [46].

<b>Humedad relativa</b>	<b>Convección forzada <math>\Delta^{\circ}F</math></b>
95 a 91	8 a 10
90 a 86	10 a 12
85 a 81	12 a 14
80 a 76	14 a 16
75 a 70	16 a 18

Condiciones:

$$\Delta T_{\text{cámara- evaporador}} = 14^{\circ}F$$

$$\Delta_{\text{evaporador}} = \Delta_{\text{cámara}} - \Delta T$$

$$\Delta_{\text{evaporador}} = 37,4^{\circ}F - 14^{\circ}F$$

$$\Delta_{\text{evaporador}} = 23,4^{\circ}F$$

$$\Delta_{\text{evaporador}} = -4,777^{\circ}C$$

De las tablas termodinámicas se obtiene el siguiente valor de presión con referencia a la  $T_{Ev}$  [19]:

$$P_{\text{evaporador}} = 245,76 \text{ kPa}$$



$$P_{\text{evaporador}} = 2,4576 \text{ bar}$$

**3.12.1.2 Temperatura de condensación.** Se debe tener una divergencia entre 10 a 20 °C, así logrando que exista condensación dentro del proceso de refrigeración. Dicho esto, se tomó una temperatura de 38 °C, con este dato y mediante el empleo de las tablas termodinámicas se conoce la presión.

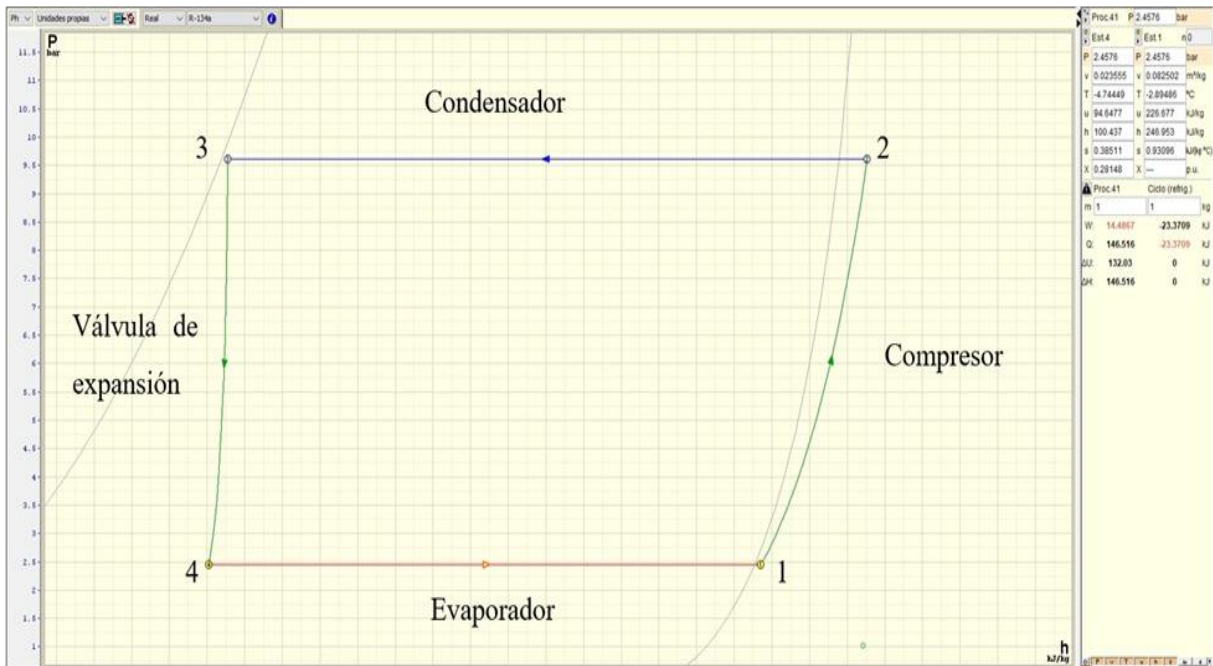
$$P_{\text{condensador}} = 963,68 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{condensador}} = 9,6368 \text{ bar}$$

### 3.12.1.3 Diagrama del ciclo termodinámico.

Mediante el empleo del Software especializado Termograf, se calculó el proceso del ciclo termodinámico para un diagrama P-h haciendo uso del refrigerante R143a.

En la figura 7 se observa el ciclo del refrigerante R134a.



**Figura 7.** Ciclo termodinámico del refrigerante R134a

En la tabla 5 se puede apreciar cuáles son los datos de presión, entalpía y temperatura que tendrá el ciclo de refrigeración.

Esto gracias a la ayuda del programa Termograf que proporciona información de entalpías, volumen entre otros factores que son imprescindibles a la hora de hacer los cálculos.

**Tabla 5.** Datos hallados del sistema de refrigeración mediante Termograf.

Nivel	Presión (kPa)	Entalpia (kJ/kg)	Temperatura °C
1	245,76	246,953	-4,77
2	963,68	275,187	38
3	963,68	105,3	38
4	245,76	100,437	-4,77

El efecto refrigerante se da mediante la diferencia de entalpías, entre el proceso uno y el proceso cuatro.

$$e.r = h_1 - h_4$$

$$e.r = 246,95 \frac{kJ}{kg} - 100,44 \frac{kJ}{kg}$$

$$e.r = 146,516 \frac{kJ}{kg}$$

Flujo másico del refrigerante, este se obtiene mediante la división de la capacidad de refrigeración y el efecto del refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{Cap_{ref}}{e.r}$$

$$\dot{m} = \frac{0,6116 kW}{146,516 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\dot{m} = 0,00417 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m} = 2,2504 \frac{kg}{min}$$

Potencia del compresor se calculó, mediante la multiplicación del flujo masico del refrigerante con el delta de entalpia del proceso dos y uno.

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= \dot{m}(h_2 - h_1) \\ \dot{W}_c &= 0,00417 \frac{kg}{s} (275,19 \frac{kJ}{kg} - 246,95 \frac{kJ}{kg}) \\ \dot{W}_c &= 0,1178 kW \\ \dot{W}_c &= 0,158 hp\end{aligned}$$

Calor rechazado por el condensador, se logró mediante el flujo del refrigerante multiplicado por la diferencia de entalpias entre la entra (2) y la salida del condensador (3).

$$\begin{aligned}Q_c &= \dot{m}(h_3 - h_2) \\ Q_c &= 0,00417 \frac{kg}{s} (275,19 \frac{kJ}{kg} - 105,3 \frac{kJ}{kg}) \\ Q_c &= 0,71 kW\end{aligned}$$

Cálculo de COP se consiguió al dividir la capacidad de refrigeración previamente obtenida para el trabajo del compresor.

$$\begin{aligned}COP &= \frac{Cap_{ref}}{\dot{W}_c} \\ COP &= \frac{0,6116 kW}{0,1178 kW} \\ COP &= 5,18\end{aligned}$$

En este punto se deseó calcular la potencia por tonelada de refrigeración mediante transformaciones de unidades.

$$\frac{\dot{W}}{Ton_{ref}} = \frac{\dot{W}_c}{Cap_{ref}}$$

$$\frac{\dot{W}}{Ton_{ref}} = \frac{0,158 \text{ hp}}{0,1030 Ton_{ref}}$$

$$\frac{\dot{W}}{Ton_{ref}} = 1,5354 \frac{\text{hp}}{Ton_{ref}}$$

El caudal volumétrico por tonelada se lo calculó, multiplicando el flujo másico del refrigerante y el volumen del ciclo el cual nos da el programa Termograf.

$$\dot{V}_{ton} = \dot{m} \cdot v$$

$$\dot{V}_{ton} = 0,4417 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (0,825 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}})$$

$$\dot{V}_{ton} = 0,000344 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{V}_{ton} = 0,0206 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

### 3.13. Equipos de refrigeración

A continuación, una vez realizados los cálculos sobre cargas que van dirigidos a los equipos del sistema de refrigeración. Se realizará cálculos de cada equipo, esto con la finalidad de poder seleccionar un equipo existente en el mercado.

#### 3.13.1 Cálculo del compresor, evaporador y condensador

Se realiza los cálculos de los equipos mediante, los factores de corrección dados por los fabricantes. Puesto que cada factor ayuda a la selección del equipo adecuado.

**3.13.1.1 Cálculo de compresor.** Se conoce la potencia del compresor gracias a cálculos anteriormente hechos, tanto la potencia teórica como la real que se da gracias a un factor establecido.

Potencia teórica:

$$\dot{W}_c = 0,158 \text{ hp}$$

Potencia Real:

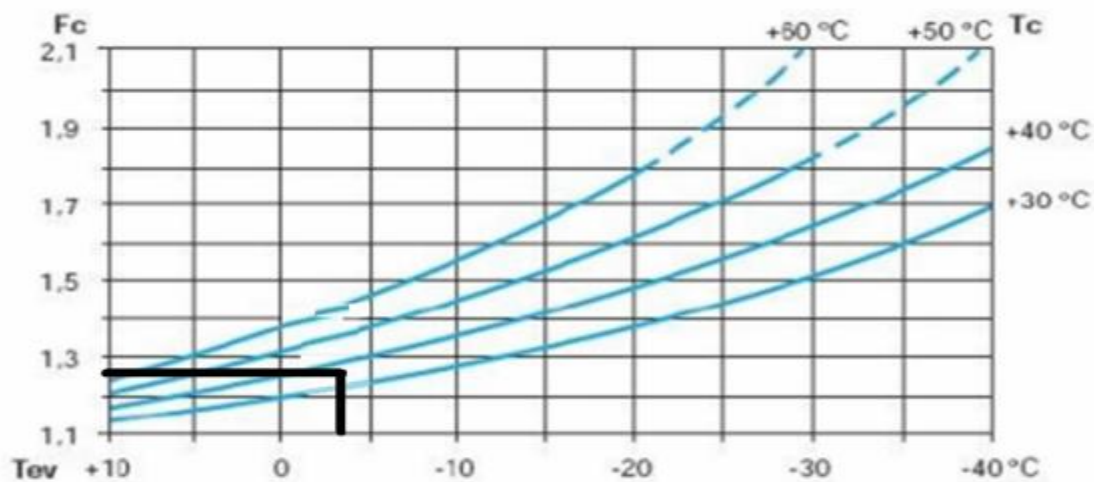
$$\dot{W}_{cr} = \dot{W}_c \cdot 1,25$$

$$\dot{W}_{cr} = 0,158 \text{ hp} \cdot 1,25$$

$$\dot{W}_{cr} = 0,1975 \text{ hp}$$

**3.13.1.2 Cálculo de condensador.** Para el cálculo del condensador se busca su capacidad nominal, esto para determinar su potencia de trabajar. Esto con la ayuda de la ecuación 28.

Mediante la figura 8, se puede obtener cual es el factor de corrección que se debería tener tomando en cuenta el refrigerante a usar.



**Figura 8.** Factor de calor presión [44].

El factor de corrección es  $F_c = 1,28$

En la tabla 6 se muestra los factores de corrección del refrigerante.

**Tabla 6.** Factores de corrección respecto a los refrigerantes [44].

<b>Refrigerante</b>	<b>R-717</b>	<b>R-134a</b>	<b>R-404a</b>	<b>R-507</b>
coeficiente de corrección	1,04	1,06	1	1,03

Para el factor del refrigerante en este caso  $F_r$ , esta corrección se da dependiendo del tipo de refrigerante que se va a usar en el sistema como el concepto de capacidad de refrigeración.

Para nuestro caso el refrigerante a usar es R-134a, por lo tanto, se tiene un factor de 1,06.

Por el factor de la altura a la cual se va a instalar el cuarto refrigerado y se define mediante la siguiente tabla 7.

**Tabla 7.** Factor de corrección respecto a la elevación [44].

<b>Altura (metros)</b>	<b>Factor de corrección</b>
0	1
400	1,03
800	1,06
1200	1,09
1600	1,12
2000	1,16
2400	1,20
2850	1,245

Por lo tanto, para el caso de este análisis el factor de altitud es de 1,245 debido a la altura de Quito, la cual se encuentra a 2850 msnm.

La temperatura que se tiene entre la temperatura ambiente con la de condensación es de: 20 °C.

$$Q_n = Cap_{ref} \cdot F_c \cdot F_r \cdot F_a \cdot \frac{15}{T_{condensación} - T_{ambiente}}$$

$$Q_n = 0,6116 \text{ kW} \cdot 1,28 \cdot 1,06 \cdot 1,245 \cdot \frac{15}{20}$$

$$Q_n = 0,774 \text{ kW}$$

Para la potencia nominal se le aplica considerando un 40% de aumento al cálculo, este debido a un coeficiente de seguridad debido al trabajo transferido entre el compresor hacia condensador.

$$\text{Potencia}_{nominal} = Q_n \cdot 1,40$$

$$\text{Potencia}_{nominal} = 0,774 \text{ kW} \cdot 1,40$$

$$\text{Potencia}_{nominal} = 1,0847 \text{ kW}$$

**3.13.1.3 Cálculo de evaporador.** Para el cálculo del evaporador, se busca su capacidad nominal. Esto para determinar su potencia de trabajar, mediante la ecuación 29:

Mediante la tabla 8, se puede obtener cual es el factor de corrección que se debería tener tomando en cuenta el refrigerante a usar.

**Tabla 8.** Factor de corrección por material [47].

<b>Material</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Gold Fins</b>	<b>Aluminio con P/Epoxica</b>
Factor de corrección	1	1,101	1,029

El factor de corrección es  $F_c = 1$

Para el factor del refrigerante en este caso  $F_r$ , esta corrección se da dependiendo del tipo de refrigerante que se va a usar en el sistema como el concepto de capacidad de refrigeración.

En la tabla 9 se muestra los factores de corrección para cada refrigerante.

**Tabla 9.** Factores de corrección respecto a los refrigerantes [47].

<b>Refrigerante</b>	<b>R-22</b>	<b>R-404a</b>	<b>R-134a</b>	<b>R-407c</b>
Factor de corrección	1	1,101	1,029	1,075

Para nuestro caso el refrigerante a usar es R-134a por lo tanto se tiene un factor de 1,029.

Por el factor de la altura a la cual se va a instalar el cuarto refrigerado y se define mediante la tabla 10.

**Tabla 10.** Factor de corrección respecto a la elevación [47].

<b>Altura (m)</b>	<b>Factor de corrección</b>
0	1
500	0,988
1000	0,976
1500	0,963
2000	0,948

Por lo tanto, en este caso el factor de altitud es de 0,948 debido a la altura de Quito.

$$Q_r = Q_n \cdot F_m \cdot F_r \cdot F_a$$

$$Q_r = 8413,59 \frac{kcal}{h} \cdot 1 \cdot 1,029 \cdot 0,948$$

$$Q_r = 8207,38 \frac{kcal}{h}$$

A la capacidad real se le aplica un 40% de aumento al cálculo para un coeficiente de seguridad.

$$Q_r = 8207,38 \frac{kcal}{h} \cdot 1,40$$

$$Q_r = 11.460,34 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_r = 13,36 kW$$

### 3.14. Selección de los equipos

Habiendo obtenido todos los resultados mediante cálculos establecidos en este capítulo, se dispone a seleccionar los equipos que satisfagan las necesidades del sistema de refrigeración. Se tomo como referencia los equipos de las Marcas Danfoss e INTERCAL. Estas marcas mencionadas cuentan con varios importadores en la zona de Quito – Ecuador los cuales cuentan



con unidades condensadoras, así como evaporadores de rápida instalación y de fácil mantenimiento.

#### ***3.14.1 Unidad condensadora***

Las unidades condensadoras de la marca Danfoss cuentan con un compresor, condensador, recipiente de almacenamiento de refrigerante, válvula de expansión. Dicho esto, se selecciona el modelo Optyma™ OP-HRU058D. Esta cuenta con una capacidad de refrigeración de 11,017 kW y con una temperatura de evaporación de -5 °C, esta se puede evidenciar en el anexo C.

#### ***3.14.2 Selección de evaporador***

De la marca INTERCAL se selecciona dos evaporadores cubico serie EIC DX-10T403/ 29-AC con una capacidad independiente de 6,425 kcal/h con relación al anexo B.

#### ***3.14.3 Selección de la tubería***

Para la selección de las tuberías es necesario basarse con respecto al refrigerante a usar en este caso el refrigerante R134a, consiguiente a esto se selecciona la tubería tomando el valor en toneladas para la circulación del refrigerante. Se selecciona tubería flexible tipo “L” de ¾” debido a la cantidad de flujo que circulara por la misma mostrado en el anexo D.

### **3.15. Conclusiones del capítulo**

Se obtuvieron todos los valores necesarios para la selección de los equipos de refrigeración según el volumen de producto a almacenar. Todos estos con sus respectivos factores de seguridad, con el fin de prever cualquier variación en la capacidad de refrigeración. Por lo cual la información obtenida en este capítulo se puede proseguir al análisis mediante el programa ANSYS WorkBench.

## CAPÍTULO IV

### SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

En este capítulo se pretende realizar la simulación de la cámara de refrigeración mediante el uso del software especializado ANSYS Workbench debido a la precisión de sus resultados. Se utilizarán las condiciones de enfriamiento dadas en el capítulo 3, a su vez se presentará el análisis de costos para la cotización de dicho proyecto, así como su factibilidad.

#### 4.1. Datos utilizados en la simulación

A continuación, se presentará en la tabla 11 los datos utilizados en la simulación en ANSYS Workbench

Tabla 11. Datos utilizados en la simulación

Parámetro	Valor
Estado	Estable
Fluido	Aire en flujo turbulento
Densidad del aire	1,225 kg/m <sup>3</sup>
Temperatura del evaporador	-5 °C
Velocidad de los ventiladores	1450 rpm
	18,677 m/s
Densidad de las gavetas	1350 kg/m <sup>3</sup>
Temperatura de las gavetas	18 °C
Calor específico para las gavetas	3307,57 J J/kg°C
Temperatura del hielo	-3 °C
Turbulencia	K épsilon estándar

#### 4.2. Procedimiento para la simulación

El proceso que se pretende seguir para este capítulo está representado por la figura 9.

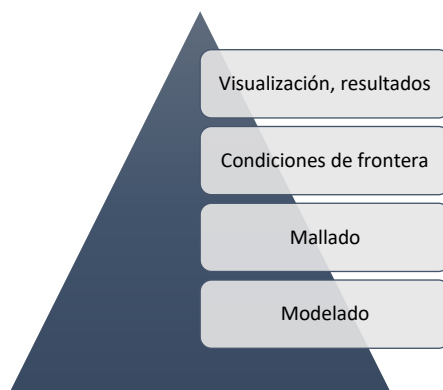


Figura 9. Proceso para la realización de la simulación.

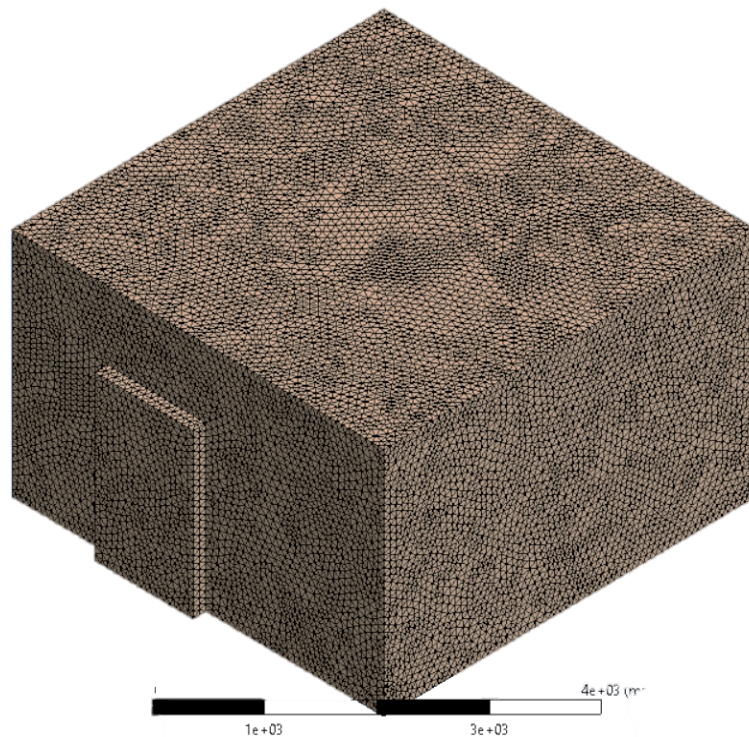
#### 4.2.1 Modelado

Para la geometría del cuarto refrigerado en este caso su diseño fue gracias al software especializado SOLIDWORKS. El cual se puede apreciar en la figura 5.

#### 4.2.2 Mallado

El mallado en una simulación en ANSYS / FLUENT es el segundo paso. Tiene la finalidad de realizar contornos por donde pasaran las ecuaciones necesarias para resolver el sistema. En esta parte se puede configurar una malla según los datos que se desean obtener.

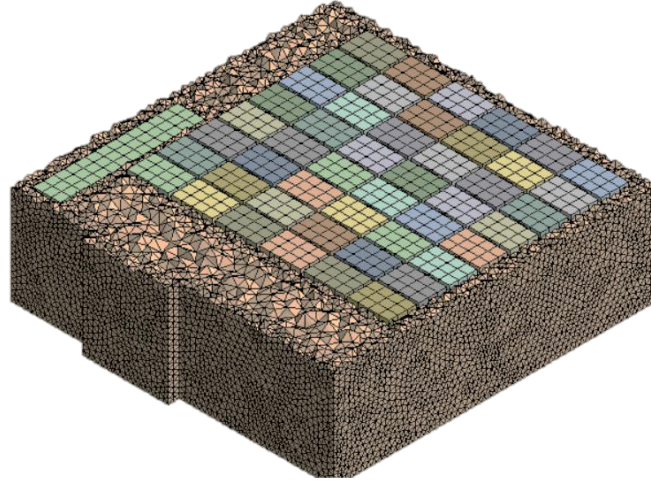
En la figura 10 se aprecia el mallado final del cámara de refrigeración.



**Figura 10.** Mallado del diseño del cuarto frío.

Para este mallado se utilizó una malla tetraédrica, debido a su mejor análisis con relación a fluidos. A su vez en la parte del fluido se realizó un mallado Tetra/Pyramid, el cual llena de mejor manera la parte interna del cuarto.

En la figura 11 se puede apreciar un corte, donde se observa el mallado de los componentes internos del cuarto.



**Figura 11.** Mallado interno.

Se utilizó una mallado ortogonal con los sólidos que representan las gavetas y los hielos. En este punto del mallado se pudo encontrar varios tipos de calidad en los que se encuentran:

Orthogonal Quality: 0,73

Skewness: 0,24

Con estos datos se cumple con la calidad mínima para realizar un correcto mallado.

#### **4.2.3 Condiciones de frontera (parámetros)**

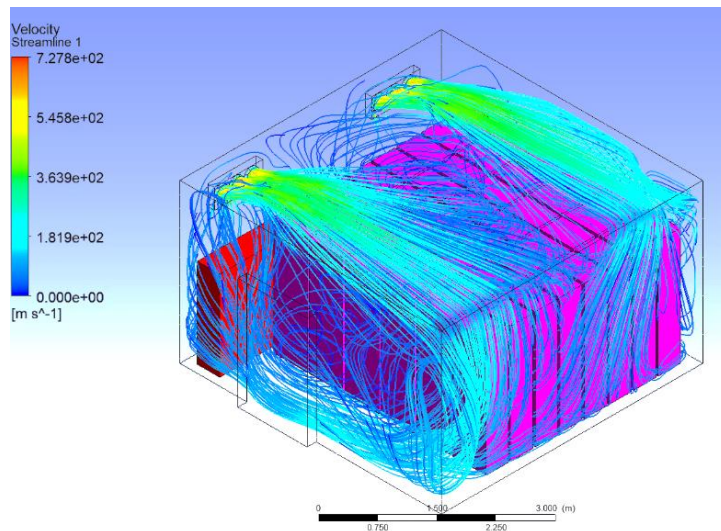
Para la simulación el tercer paso es el SetUp también conocido, como condiciones de frontera. Los parámetros utilizados, fueron obtenidos en el transcurso de la propuesta tecnológica. Entre ellos parámetros generales utilizados fueron:

- Estado estacionario.
- Flujo turbulento.
- Caudal del aire.
- Temperatura del evaporador.
- Temperatura de los productos.

#### 4.2.4 Resultados

A continuación, se muestran las gráficas de velocidad, vectores y temperaturas con los valores obtenidos de la simulación. En estos se encuentran graficas del flujo de velocidad y temperatura en el espacio refrigerado.

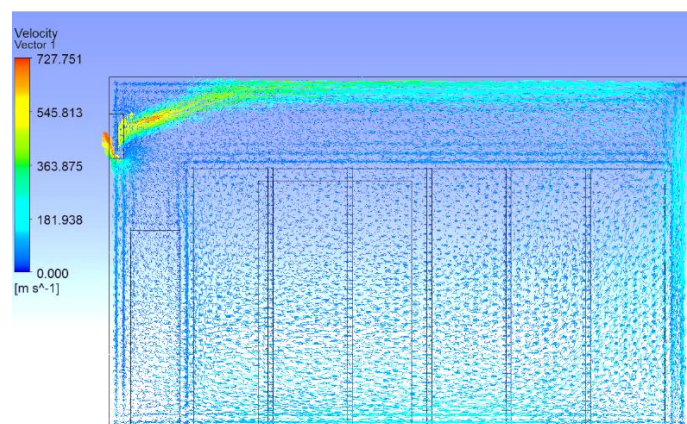
El flujo de velocidad lineal se puede apreciar en la figura 12.



**Figura 12.** Flujo de velocidad lineal.

En esta figura aparte de la velocidad del flujo de aire se aprecia la circulación del mismo fluido dentro del espacio refrigerado con los elementos internos.

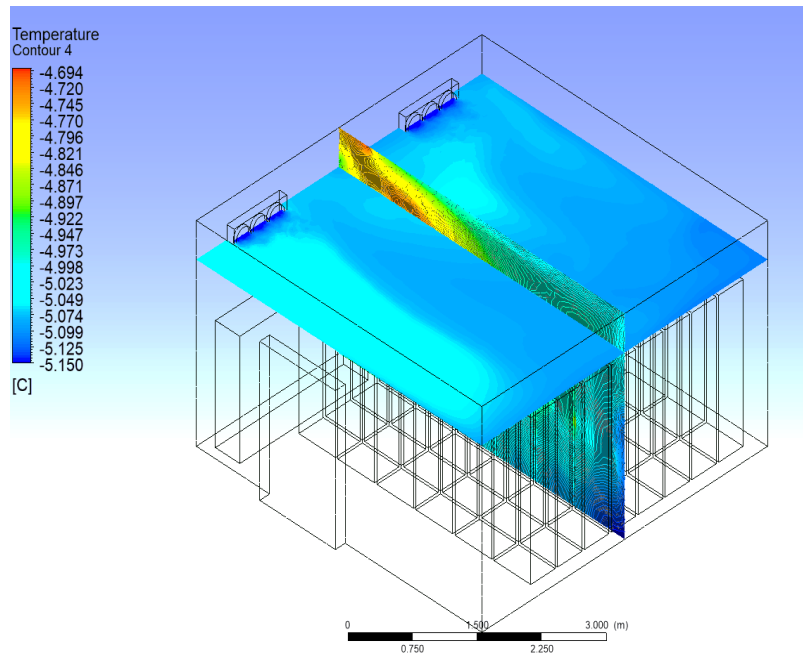
Los vectores de velocidad o las direcciones que tendría el fluido del aire frío dentro del cuarto refrigerado, se observan en la figura 13.



**Figura 13.** Flujo de velocidad mediante vectores.

La figura 13 muestra la dirección del flujo de velocidad, el cual indica los cambios de dirección del fluido mientras choca con las paredes o los elementos internos de la cámara. Se observa que donde mayor choque en el flujo es en la salida del ventilador esto por efecto de las fuerzas tanto axiales como tangenciales debido a que un gracias a sus revoluciones por minutos desplazan su flujo de aire y varias direcciones.

En la figura 14 muestra dos contornos de temperatura dentro del cuarto refrigerado.



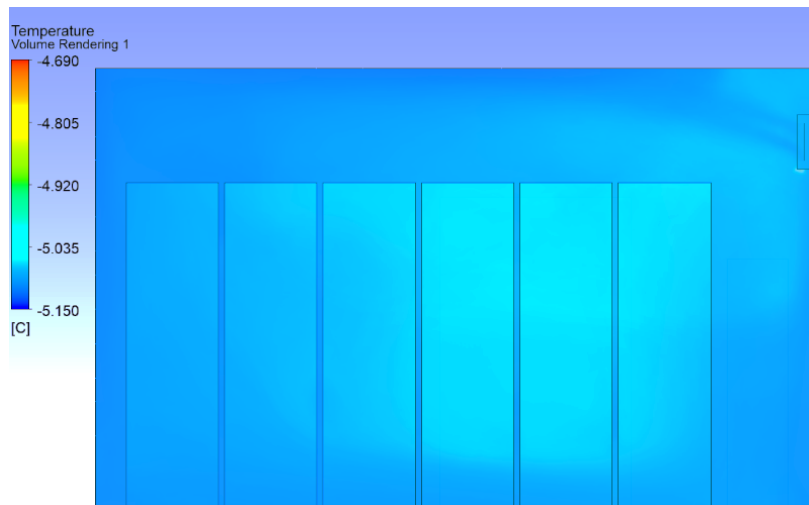
**Figura 14.** Contornos de temperatura.

Se seleccionaron 2 contornos uno en el plano ZX a la altura de los ventiladores, donde se muestran pequeñas variaciones de temperatura, debido a que en ese punto se encuentra el flujo de aire frío. Por otra parte, en plano XY se ubicó un contorno en la mitad de cuarto donde hay una diferencia de temperatura. La cual se puede considerar minúscula, ya que esta no llega a ser mayor a un grado.

Con la obtención de los dos contornos lo que se puede observar es en donde existe una mayor temperatura y como se puede evidenciar en los ventiladores al ser el eje de salida del aire es donde existe una temperatura más fría esto para en un tiempo establecido poder refrigerar los productos.



La figura 15 tiene la finalidad de mostrar, cual es el volumen de temperatura en el interior del cuarto frío.



**Figura 15.** Temperatura en el interior del cuarto.

Con relación a la temperatura del cuarto refrigerado se observa una temperatura máxima y mínima de  $-5,15$  y  $-4,69$  °C respectivamente. De esta forma se puede evidenciar que el producto tendría una correcta refrigeración. Permitiendo así una reducción en el tiempo de refrigeración logrando un mayor flujo de producto.

### **4.3. Análisis de costos del proyecto**

A continuación, se plantea al análisis tentativo de costos del proyecto, además se presentarán cotizaciones. Así como unas comparaciones de costos frente a diferentes empresas dedicadas a instalación de cuartos refrigerados para la industria. Para la correcta inversión de este cuarto refrigerado se propuso con un correcto diseño, así como una correcta selección de equipos y accesorios.

#### **4.3.1 Costos tentativos de los equipos**

Para los costes tentativos de los equipos se realizará una tabla. En la que constan los principales equipos junto con accesorios adicionales del sistema de control, los cuales serán dados de acuerdo al proveedor MEGAFRIO en Quito toda esta cotización fue de la mano con los equipos que se seleccionó en anteriores capítulos para una obtención de valores reales del costo del proyecto.

En la siguiente tabla 12, se presentan los costos tentativos del cuarto refrigerado con respecto al anexo E.

**Tabla 12.** Costos tentativos del proveedor MEGAFRIO

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Calor unitario (USD)</b>	<b>Descuento (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
030201039	Unidad condensadora microcanal 5.5 hp// danfoss	1,00	3228,00	645,60	2582,40
030204015	Evaporador media silueta a/t 220v (3x400 mm) // intercal eic dx-10t403/ 29-ac	2,00	1480,00	592	2368
070102033	Rollo de tubería cobre 7/8 pulg x 15 metros	1,00	176,00	35,20	140,80
070102030	Rollo de tubería cobre ½ pulg x 15 metros	1,00	70,00	14,00	56
080101046	Caño aislante 7/8 x 1/2 x 6 pies/// k-flex /// 6rx048078/d	8,00	2,5	4,00	16,00
030210049	Valvula solenoide 10.9tr sold 1/2" evr-10/// danfoss /// 03211217	1,00	120,00	24,00	96,00
030211009	Bobina para válvula solenoide 220v 14w a.c./// danfoss ///018f6264	1,00	47,00	9,40	37,60
030212005	Válvula de expansión rosca r134a eq-ext ten 2/// danfoss /// 068z3348	1,00	89,00	17,80	71,20
030213007	Orificio válvula expansión t2/te2 #06/// danfoss /// 068-2009	1,00	34,00	6,80	27,20
030602001	Controlador refrigeración 1 sonda 110v/220v/// fullgauge /// mt-512e 2hp	1,00	25,00	5,00	20,00
070202096	Tuerca bronce reforzada 1/2"/// quality /// qfn-12	1,00	1,20	0,24	0,96
060101009	Cilindro refrigerante r-134a 30lbs (13.62kg) /// jh/refrigerant /// r-134a	1,00	145,00	29,00	116,00
070202093	Tuerca bronce reforzada 1/4"/// quality /// qfn-14	1,00	0,60	0,12	0,48
070202095	Tuerca bronce reforzada 3/8"/// quality /// qfn-38	1,00	1,00	0,20	0,80
<b>Subtotal:</b>					6620,80
<b>Descuento:</b>					1383,36
<b>Subtotal:</b>					5237,44
<b>Iva 12 %:</b>					628,50
<b>Valor total:</b>					5868,94



En estos costos tentativos se deprecia el valor de los paneles. En este caso el proveedor CORA estableció un precio conforme al espesor del panel siendo esta la cotización.

En la siguiente tabla 13 se identifica el precio sobre costos de los paneles.

**Tabla 13.** Costos paneles frigoríficos

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Valor total (USD)</b>
Panel frigorífico 160 mm // 1m2	75,00	100	7500,00
Puerta frigorífica corrediza	1	1.750,00	1.750,00
		<b>Subtotal:</b>	9.250,00
		<b>Descuento 20%:</b>	1.850,00
		<b>Subtotal:</b>	7.400,00
		<b>Iva 12 %:</b>	888,00
		<b>Valor total:</b>	8.288,00

Con esta tabla se puede evidenciar que existe un descuento del 20 % relacionado con los paneles y la puerta del cuarto refrigerado, esto reduciendo algo su costo.

Relacionado a los costos de los para el sistema de control:

**Tabla 14.** Costos de los equipos de control del cuarto refrigerado

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor individual (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
Sensor de temperatura	1,00	4,00	4,00
Contactador 25 amp	1,00	12,00	12,00
Caja térmica	1,00	15,00	15,00
Pulsadores	3,00	4,00	12,00
Breaker 30 amp	1,00	14,00	14,00
Canaleta	1,00	3,00	3,00
Cable de control	8,00	1,75	14,00
		<b>Total</b>	74,00

#### **4.3.2 Costos de instalación**

Se tomará en cuenta la mano de obra, la cual consta tanto de técnicos eléctricos como de técnicos frigoríficos. Aparte se opta por un costo de imprevistos para resolver cualquier eventualidad generada en el proceso de la instalación.

En la siguiente tabla 15 se presentarán los costos de la instalación.

**Tabla 15.** costos de construcción

<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Técnico frigorífico	300,00
Técnico electricista	300,00
Costos imprevistos	200,00
<b>Valor total</b>	<b>800,00</b>

#### **4.3.3 Costo total del cuarto refrigerado**

El costo total se establece mediante la suma de los costos de los equipos y su instalación. Esto con la finalidad de tener un costo tentativo total del proyecto.

En la siguiente tabla 16, se muestra el costo tentativo final del proyecto.

**Tabla 16.** costos totales

<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Costos tentativos de los equipos	5.868,94
Costo de paneles frigoríficos y puerta	8.288,00
Costo sistema de control	74,00
Costos construcción	800,00
<b>Total</b>	<b>15030,94</b>

#### **4.3.4 Comparación de costos de sistemas de refrigeración**

Para el análisis económico del proyecto, se tomó en cuenta una cotización de una diferente empresa dedicada al mismo rubro sobre cuartos refrigerados en el área industrial. Dicha cotización fue hecha con características similares al diseño que se propuso desde un principio, puesto que cada proveedor verifica que posee en su inventario y conforme a esto se realiza las cotizaciones.

A la empresa que se le pidió realizar una cotización, solicitaron el consumó total y ellos son quienes eligen cada equipo con el fin de satisfacer la cantidad de energía requerida. A su vez se realizó una segunda cotización de equipos generales por parte del autor con los equipos seleccionados en el capítulo 3.

A continuación, en la tabla 17 se presentan tanto la descripción, así como cantidades y valor de por parte de cada proveedor obtenidos de los anexos E y F.

**Tabla 17.** Comparación de precios entre el autor y CORA refrigeración

<b>Empresa</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Cotización por parte del autor	Unidad condensadora Danfoss, evaporadores intercal, válvula de expansión	1	5.021,60	5.021,60
Cotización CORA refrigeración	Grupos frigoríficos monoblock Zanotti	1	5.975,00	5.975,00

#### **4.4. Conclusiones del capítulo**

El uso del software especializado ANSYS / FLUENT permitió observar el cumplimiento de los parámetros previstos en capítulos anteriores, relacionados a la temperatura del cuarto refrigerado. Logrando así una correcta refrigeración del producto.

Además, se puede evidenciar que los equipos y el proveedor seleccionado nos da una reducción de precio en comparación con el otro proveedor. Sin embargo, al utilizar un equipo el cual contenga todos los elementos necesarios como evaporador, compresor, condensador y válvula en un solo elemento facilita en gran medida su instalación, transporte y diseño del mismo. Con esto se puede evidenciar que existen varios métodos para mejorar el diseño.

## Conclusiones

1. Se logró cumplir con el objetivo general de realizar un análisis y simulación de un cuarto refrigerado, el cual tiene una temperatura de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  a la salida de los ventiladores para la empresa AVIPROL. Esto mediante un proceso de refrigeración por compresión.
2. Se identificó la cantidad de calor que se necesita extraer del cuarto refrigerado la cual es de  $9,785\text{ kW}$ . Siendo este valor el necesario para obtener una correcta refrigeración y mantención de los productos internos. Partiendo de este valor, se obtuvieron cuáles serían las capacidades de los equipos de refrigeración. Las cuales son de  $13,36\text{ kW}$  para el evaporador,  $1,0847\text{ kW}$  en el condensador. Esto con la ayuda del programa Termograf.
3. Se diseñó un cuarto refrigerado el cual cumple con las necesidades y parámetros dados por la empresa Avipro, ya que el diseño se realizó específicamente para las dimensiones de  $5\text{ x }5\text{ x }3\text{ m}$  y para el tiempo indicado de almacenamiento de los mismo de 2 a 3 días. Así como la búsqueda de información relacionada con la mantención de productos avícolas en refrigeración donde se establece que los productos (pollo) para una correcta refrigeración deben estar a una temperatura de  $2\text{ a }6\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad menor a  $90\%$ .
4. Producto de la simulación en un flujo estable, se demostró que el cuarto llega a una temperatura máxima y mínima de  $-5,15$  y  $-4,69\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente. La distribución tentativa de las gavetas permitió el flujo de aire entre estas. Ya que en los diagramas de flujo de aire se ve una circulación dentro de los espacios de las mismas. Cumpliendo con la finalidad de refrigerar el producto avícola.
5. Con el análisis económico se puede evidenciar que los equipos seleccionados van a estar disponibles en el mercado, y un valor tentativo de cuanto sería el valor total de inversión requerida siendo este un valor de  $15.030,94\text{ USD}$ .

## Recomendaciones

- Se recomienda que los elementos utilizados en la simulación sean más detallados, como la implementación de transferencia por paredes, la iluminaria, circulación del producto, infiltración de aire, personas entre otras cargas con la finalidad de obtener mejores resultados en la simulación.
- Tomando en cuenta que la simulación se realizó en un estado estacionario es recomendable hacerlo en un estado transitorio. De esta manera se evidenciará de mejor los cambios de temperatura que existen dentro del cuarto refrigerado y su funcionamiento.
- Para la simulación es necesarios el uso de computadoras adecuadas y una licencia profesional. De esta forma la obtención de datos será de una forma más precisa.
- En el mercado existen gran variedad de equipos de refrigeración tanto como proveedores. Debido a esto se recomienda una segunda opinión en cuanto a costos y elementos de refrigeración, dado que esto podría reducir el valor de la inversión y mejorar el diseño todo esto establecido mediante un análisis económico.
- Se recomienda completar el documento, con un plan de mantenimiento de los equipos para futuros trabajos. De esta forma se entregaría un documento más completo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Reif-Acherman, “The early ice making systems in the nineteenth century,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 35, no. 5. pp. 1224–1252, Aug. 2012. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2012.03.003.
- [2] V. Jain, G. Sachdeva, and S. S. Kachhwaha, “Performance analysis of a vapour compression-absorption cascaded refrigeration system with undersized evaporator and condenser,” *Journal of Energy in Southern Africa*, vol. 25, no. 4, pp. 23–36, 2014, doi: 10.17159/2413-3051/2014/v25i4a2234.
- [3] J. Fernando and V. Cabrera, “CIENCIA, TECNOLOGÍA E HISTORIA,” 2003.
- [4] I. Nilia, A. Dalmendray Gómez, R. H. M. Codirectora, D. Viviana, and O. Salvadori, “CONSERVACION DE ALIMENTOS CONGELADOS ESTUDIO DE COSTOS ENERGETICOS Y CALIDAD DE PRODUCTOS ALMACENADOS,” 2000.
- [5] I. Pérez Arnedo, “Calidad y seguridad microbiológica de la carne de pollo: con especial referencia a la incidencia de Salmonella, Campylobacter y Listeria Monocytogenes en las distintas etapas de la producción y procesado,” *Dialnet*, p. 89, 2015.
- [6] R. Sanchez, “Optimizacion de proceso de refrigeración y congelación en dorado como materia prima en refrescodegfer S.A,” *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, vol. 26, no. 4, pp. 185–197, 2013.
- [7] L. De Refrigeración *et al.*, “DISEÑO Y MONTAJE DEL PISO PARA CUARTO DE CONGELACIÓN DEL,” 2012.
- [8] Mendoza Kevin, “Diseño de sistema de refrigeración para una bodega de un edificio de la empresa oikos,” UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2021.
- [9] T. Jordy Sleyter Lapa Ramos, “Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo,” 2020.

- [10] E. García Ortiz *et al.*, “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS FLUÍDOS REFRIGERANTES MÁS UTILIZADOS,” León, España, 2012.
- [11] J. P. Plazas, M. Fnb, J. Pablo, and P. Monroy, “LOS REFRIGERANTES Y EL MEDIO AMBIENTE,” Universidad Politécnica de Catalunya, 2012.
- [12] A. F. Roca Lora, “DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA HACIENDA LA ROCA UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE GUATEQUE DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA,” UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, 2021.
- [13] Y. Chen, W. Han, L. Sun, and H. Jin, “A New Absorption-compression Refrigeration System Using a Mid-temperature Heat Source for Freezing Application,” *Energy Procedia*, vol. 75, no. August, pp. 560–565, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.455.
- [14] A. O. Martínez Arrijoja, “Development of conceptual engineering for the cooling of a gas current through an existing mechanical refrigeration train,” *Escuela de Ingeniería y ciencias aplicadas - Departamento de ingeria quimica*, vol. 1, no. 1, p. 107, 2010, [Online]. Available: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/desarrollo-de-la-ingenieria-conceptual-para-el-enfriamiento-de-una-corriente-de-gas-a-traves-de-un-tren-de-refrigeracion-mecanica-existente>
- [15] J. Ramirez, “Diseño y simulacion de un cuarto frio para la conservaciond de 2500 plantulas de fresas,” 2019.
- [16] S. Monserrath *et al.*, “ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN ANALYSIS OF THE OPERATION OF COMPRESSION REFRIGERATION SYSTEMS AND ABSORPTION Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato,” 2018, [Online]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/sistemas-refrigeracion.html>
- [17] C. Ledezma, “Estudio termo economico de un sistema de refrigeracion con modulo termoelectrico para subenfriamiento del refrigerador,” 2012.

- [18] G. R. Figueredo, “Caracterización experimental y modelización de una enfriadora de absorción de simple/doble efecto de H<sub>2</sub>O/LiBr con accionamiento a dos temperaturas para climatización de edificios,” p. 212, 2012.
- [19] Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, “T H E R M O D Y N A M I C S.”
- [20] J. M. Franco Lijo, *Manual de refrigeración*. Barcelona: Editorial Reverté. S.A., 2012.
- [21] Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, *T H E R M O D Y N A M I C S*. New York: McGraw-Hill Education, 2015.
- [22] K. Quesada Valverde, “Refrigerante natural como alternativa para la climatización hotelera, analizado desde el ámbito ambiental, energético, eficiencia y económico,” p. 142, 2018.
- [23] E. Bernal Vargas, “EQUIPO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR,” UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2013.
- [24] MEGAFRIO, “MEGAFRIO CORPORACION,” 2022.
- [25] ASHRAE, *REFRIGERATION SI Edition*. 2014.
- [26] J. Montoya and A. Novoa, “Diseño Y Construcción De Una Cámara Frigorífica Automática De 3 Toneladas De Capacidad Para La Congelación De Pulpa De Fruta Para La Empresa, El Guayabal,” pp. 1–148, 2006.
- [27] S. A. Abelló Linde, “R-134a,” Barcelona, 2019.
- [28] A. R. Trott and T. Welch, “Refrigeration and air-conditioning.,” *Butterworth Heinemann*, 2000.
- [29] A. Nieto, “Los Refrigerantes y sus Propiedades,” *REFRIGERANTES*, Feb. 2018.
- [30] Solís Lourdes, “¿Qué es y por qué necesitas un cuarto frío para tus productos?,” Aug. 02, 2018.
- [31] P. Delgado, “Diseño de una cámara frigorífica para camaron,” 2006.




- [32] C. J. L. Hermes and C. Melo, “Assessment of the energy performance of household refrigerators via dynamic simulation,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 29, no. 5–6, pp. 1153–1165, 2009, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.06.007.
- [33] CORA REFRIGERACION, “CORA refrigeración,” 2022.
- [34] Artega Valentina, “CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS PERECEDEROS,” Universidad EIA, 2016.
- [35] P. C. Kohnke, “ANSYS,” Berlin, 1982.
- [36] E. M. Alawadhi, *Finite element simulations using ANSYS*. CRC Press, 2010.
- [37] J. C. BENAVIDES MARTÍNEZ and M. A. SALAZAR TRUJILLO, “ANÁLISIS DEL ALMACENAJE EN LA COMERCIALIZACIÓN DEL POLLO EN CANAL, MANTENIENDO LOS ESTÁNDARES DE LA CADENA DE FRIO,” UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA, 2019.
- [38] Normas Jurídicas de Nicaragua, “NORMA TÉCNICA DE LA CARNE DE POLLO,” Dec. 10, 1999. [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28\\$All%29/6CF366DCEB6D43C806257340005BCB4B?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/6CF366DCEB6D43C806257340005BCB4B?OpenDocument) (accessed Apr. 16, 2022).
- [39] C. Rangel, J. Rojas, L. Rodriguez, and D. Rangel, “Análisis termodinámico de un ciclo de refrigeración real con refrigerante R-134a para la obtención de un COP óptimo de operación,” *Artículo Revista de Sistemas Experimentales Junio*, vol. 4, no. 11, pp. 53–60, 2017, [Online]. Available: [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)
- [40] “Kenneth Wark, Donald E. Richards - Termodinámica -McGraw-Hill (2000)”.
- [41] J. Carlos, L. Alberto RANGEL-TLASECA, and D. Revista de Sistemas, “Análisis termodinámico de un ciclo de refrigeración real con refrigerante R-134a para la obtención de un COP óptimo de operación,” 2017. [Online]. Available: [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)

- [42] “TRANSFERENCIA DE CALOR,” 2021.  
[http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/21/254/2438481309\\_f1.pdf](http://www.fisica.uns.edu.ar/albert/archivos/21/254/2438481309_f1.pdf) (accessed May 16, 2022).
- [43] C. Rios Bao, “Desarrollo de una herramienta de cálculo del rendimiento estacional de bombas de calor según la norma UNE-EN 14825,” Escuela Técnica Superior de ingeniería industrial de Barcelona, 2017. [Online]. Available: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/101391/Memoria\\_Carmela.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/101391/Memoria_Carmela.pdf)
- [44] E. G. Pita, *Principios y Sistemas de Refrigeración*. 1991.
- [45] E. A. Puerto Catellanos, “Guía técnica para el diseño de cuartos fríos,” 2012.
- [46] R. J. Dossat, *Principios de Refrigeración*. 2001.
- [47] INTERCAL, “Catalogo-EIC-DX-2009,” 2009.
- [48] Hiansa Panel Grupo Hiemsa, “PANEL FRIGORÍFICO,” May 03, 2018 [Online]. Available: [www.hiansa.com](http://www.hiansa.com)
- [49] Hiansa Panel, “Hiansa Panel.”

## ANEXOS

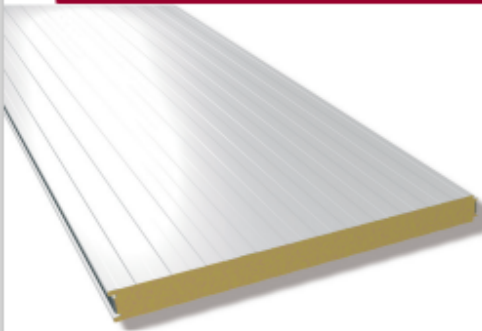
### A. Panel frigorífico HFM del fabricante Grupo Hiemsa



**Hiemsa Panel**  
Grupo Hiemsa

REV. 03 - mayo 2018

#### PANEL FRIGORÍFICO



**CARA EXTERIOR**  
Acero prelacado

**CARA INTERIOR**  
Acero prelacado



**ANCHO ÚTIL:**  
**1100 mm**

#### PANEL PAREDES Y TECHOS

**AISLANTE**  
Poliuretano (PUR) y Poli-isocianurato (PIR)

**ESPESORES (mm)**  
60/80/100/120/140/160/180/200

**USO**  
Cámaras frigoríficas y sectorización

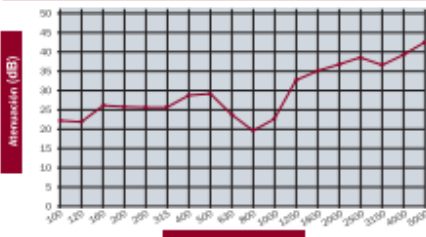



#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Panel para cámaras frigoríficas y sectorización compuesto por 2 chapas de acero y núcleo aislante PUR o PIR que garantiza las máximas prestaciones de aislamiento térmico y acústico. El tipo de nervado y el espesor del acero determinan la longitud máxima del panel tanto en vertical como en horizontal. El diseño de la junta ofrece estanqueidad y modifica el comportamiento al fuego del mismo. Se ofrece con varias opciones de prelacado en función del ambiente donde deba colocarse.

#### AISLAMIENTO ACÚSTICO

Ftgo 100



Frec. Hz.


#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA PANEL DE 100mm


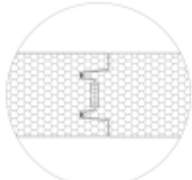
Espesor nominal	100 mm (+- 3 mm)
Densidad media de la espuma	42 kg/m3 (+-10%)
Peso	12.92 kg/m <sup>2</sup>
Volumen	30 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Ancho útil	1.100 mm (+- 3 mm)
Rectitud	0 mm (+- 5 mm)
Contracción - Combadó longitudinal	0 mm (+- 5 mm)
Resistencia a compresión	0,096 MPa
Resistencia a tracción	0,092 MPa
Reacción al fuego PUR-UNE 13501-1	C-s3-d0
Reacción al fuego PIR-UNE 13501-1	B-s2-d0
Comportamiento al fuego exterior	Broof (t1) para espesor chapa >0,4mm

#### AISLAMIENTO TÉRMICO Y PESO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS									
Espesor (mm)		60	80	100	120	140	160	180	200
Coeficiente de transmisión térmica (k)	Kcal/h m <sup>2</sup> °C	0.270	0.200	0.160	0.130	0.120	1.100	0.090	0.080
	W/m <sup>2</sup> °C	0.318	0.241	0.194	0.162	0.140	0.122	0.109	0.098
Peso del panel	kg/m <sup>2</sup>	11.32	12.12	12.92	13.72	14.52	15.32	16.12	16.92

#### CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS



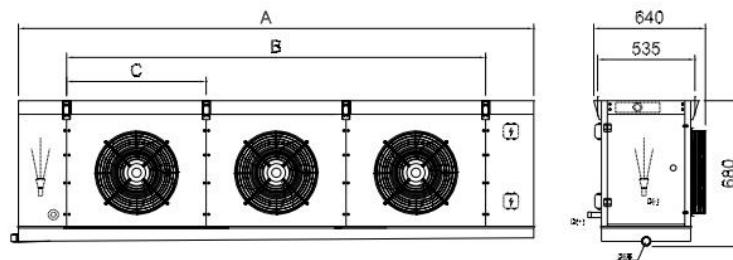
DETALLE JUNTA DE UNIÓN PANEL

HIEMSA PANEL S.A. Polígono Ind. Dehesa de las Cigüeñas. Parc A-1 14420 Villafranca de Córdoba Telf 957198900 FAX 957198910 comercial@hiemsa.com - www.hiemsa.com

## B. Evaporador



EVAPORADORES CUBICOS SERIE EIC-DX AL/CU



### VENTILADORES DE 400 MM - DARDO DE AIRE 12 m

MODELO	CAPACIDAD			SUPERFICIE INTERC.	CALIDAD DE AIRE	VENTILADORES	DIMENSIONES			CONEXIONES		DES.	VOL. INTERIOR	PESO
	Refrig. (D+)	Refrig. (D-)	Refrig. (D+)				A	B	C	ENTR. REFRIG. (D-)	SALIDA REFRIG. (D+)			
<b>SEPARACION DE ALETA 6 mm</b>														
EIC DX-6T401/15-AC	3.780	2.959	2.435	15,4	3.150	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	5,3	62,4
EIC DX-6T401/21-AC	4.619	3.616	2.976	20,6	3.000	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	7,0	67,5
EIC DX-6T402/31-AC	7.560	5.918	4.870	30,8	6.300	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	10,1	97,7
EIC DX-6T402/41-AC	9.215	7.214	5.937	41,1	6.300	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	13,3	106,9
EIC DX-6T403/46-AC	11.339	8.977	7.305	46,2	9.450	3 x 400	2.150	1.650	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	14,9	133,0
EIC DX-6T403/62-AC	13.834	10.830	8.912	61,7	9.000	3 x 400	2.150	1.650	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,7	146,3
EIC DX-6T404/62-AC	15.144	11.855	9.756	61,7	12.600	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,6	168,2
EIC DX-6T404/82-AC	18.431	14.428	11.873	82,2	12.000	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	25,9	185,7
EIC DX-6T405/77-AC	18.923	14.813	12.191	77,1	15.750	5 x 400	3.250	2.750	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	24,2	203,4
EIC DX-6T405/103-AC	23.050	18.043	14.849	102,8	15.000	5 x 400	3.250	2.750	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	32,2	225,0
<b>SEPARACION DE ALETA 8 mm</b>														
EIC DX-8T401/12-AC	3.156	2.470	2.033	11,9	3.250	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	5,3	60,6
EIC DX-8T401/16-AC	3.726	2.917	2.400	15,9	3.000	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	7,0	65,1
EIC DX-8T402/24-AC	6.311	4.941	4.066	23,8	6.500	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	10,1	94,1
EIC DX-8T402/32-AC	7.435	5.820	4.790	31,7	6.000	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	13,3	102,1
EIC DX-8T403/36-AC	9.467	7.411	6.099	35,7	9.750	3 x 400	2.150	1.650	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	14,7	127,5
EIC DX-8T403/48-AC	11.165	8.740	7.192	47,6	9.000	3 x 400	2.150	1.650	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,7	139,2
EIC DX-8T404/48-AC	12.623	9.881	8.132	47,6	13.000	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,6	161,1
EIC DX-8T404/63-AC	14.871	11.641	9.580	63,4	12.000	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	25,9	176,1
EIC DX-8T405/60-AC	15.778	12.351	10.165	59,5	16.250	5 x 400	3.250	2.750	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	24,2	194,5
EIC DX-8T405/79-AC	18.600	14.560	11.982	79,3	15.000	5 x 400	3.250	2.750	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	32,2	213,1
<b>SEPARACION DE ALETA 10 mm</b>														
EIC DX-10T401/10-AC	2.736	2.142	1.762	9,8	3.250	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	5,3	59,5
EIC DX-10T41/13-AC	3.308	2.590	2.131	13,0	3.150	1 x 400	1.050	550	550	5/8"	1/2"	HE1 1/2"	7,0	63,7
EIC DX-10T402/20-AC	5.472	4.283	3.525	19,6	6.500	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	10,1	91,9
EIC DX-10T402/26-AC	6.636	5.195	4.275	26,1	6.300	2 x 400	1.600	1.100	550	5/8"	3/4"	HE1 1/2"	13,3	99,2
EIC DX-10T403/29-AC	8.208	6.425	5.287	29,4	9.750	3 x 400	2.150	1.650	550	1 1/8"	3/4"	HE1 1/2"	14,7	124,3
EIC DX-10T403/39-AC	9.941	7.782	6.404	39,1	9.450	3 x 400	2.150	1.650	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,7	134,9
EIC DX-10T404/29-AC	10.925	8.552	7.038	29,1	13.000	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	19,6	158,8
EIC DX-10T404/52-AC	13.272	10.389	8.550	52,2	12.600	4 x 400	2.700	2.200	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	25,9	170,4
EIC DX-10T405/48-AC	13.663	10.696	8.802	48,9	16.250	5 x 400	3.250	2.750	550	5/8"	1"	HE1 1/2"	24,2	189,1
EIC DX-10T405/65-AC	16.577	12.977	10.679	65,2	15.750	5 x 400	3.250	2.750	550	1 1/8"	1"	HE1 1/2"	32,2	205,9

Para determinar el rendimiento de cada modelo en otras condiciones de trabajo consultar las tablas de selección rápida o contactar a nuestro departamento técnico.

### TABLAS DE OPCIONALES PARA CADA MODELO

OPCIONES DE CONEXION ELECTRICA PARA VENTILADORES				
DIAMETRO / RPM	POTENCIA	CONSUMO	CONEXION	SUMINISTRO
400 mm / 1430 rpm	160 W	0,73 A	220V / 1f/ 50 Hz	A pedido
400 mm / 1700 rpm	240 W	1,06 A	220V / 1f/ 60 Hz	A pedido
400 mm / 1450 rpm	135 W	0,39 A	380V / 3f/ 50 Hz	Estándar
400 mm / 1650 rpm	235 W	0,41 A	440V / 3f/ 60 Hz	Estándar
400 mm / 1690 rpm	440 W	1,00 A	220V / 3f/ 60 Hz	A pedido

DATOS COMUNES PARA DESHELLO POR AGUA (WD)					
MODELOS	CAUDAL AGUA	CONEXION ENTRADA	CONEXION DESAGUE	SUMINISTRO	
EIC DX-6T401/15-AC	1230 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 1 1/2"	A pedido	
EIC DX-6T401/21-AC	1640 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 1 1/2"	A pedido	
EIC DX-6T402/31-AC	2132 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 2"	A pedido	
EIC DX-6T402/41-AC	2843 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 2"	A pedido	
EIC DX-6T403/46-AC	3034 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 2"	A pedido	
EIC DX-6T403/62-AC	4045 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 2"	A pedido	
EIC DX-6T404/62-AC	3936 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 2"	A pedido	
EIC DX-6T404/82-AC	5248 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 3"	A pedido	
EIC DX-6T405/77-AC	4838 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 3"	A pedido	
EIC DX-6T405/103-AC	6451 l/h	HE 1 1/2"	1 x HE 3"	A pedido	

DATOS COMUNES PARA DESHELLO ELECTRICO (ED)					
MODELOS	RES. BATERIA	RES. BANDEJA	RES. ARCOS VENTILAD.	SUMINISTRO	
EIC DX-6T401/15-AC	3 x 630 W 220V	2 x 630 W 220V	1 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T401/21-AC	4 x 630 W 220V	2 x 630 W 220V	1 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T402/31-AC	3 x 980 W 220V	2 x 980 W 220V	2 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T402/41-AC	4 x 980 W 220V	2 x 980 W 220V	2 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T403/46-AC	3 x 1330 W 220V	2 x 1330 W 220V	3 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T403/62-AC	4 x 1330 W 220V	2 x 1330 W 220V	3 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T404/62-AC	3 x 1680 W 220V	2 x 1680 W 220V	4 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T404/82-AC	4 x 1680 W 220V	2 x 1680 W 220V	4 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T405/77-AC	3 x 2100 W 220V	2 x 2100 W 220V	5 x 630 W 220V	A pedido	
EIC DX-6T405/103-AC	4 x 2100 W 220V	2 x 2100 W 220V	5 x 630 W 220V	A pedido	

## C. Unidad condensadora

### Unidades Condensadoras Scroll con R134a (Media y Alta temperaturas) Catálogo



Tipo de compresor	Ventiladores	Condiciones de prueba	Modelo	Código por versión	Código eléctrico	Compresor	Temperatura ambiente	Capacidad de refrigeración [W] a temperatura de evaporación						
				D40				-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C
Scroll		sobrecalentamiento 18K subenfriamiento 3K	OP-HNU015D	114N3369	E	MLZ015	32°C	1.865	2.354	2.931	3.601	4.370	5.245	6.228
							35°C	1.807	2.282	2.843	3.496	4.248	5.104	6.068
							38°C	1.750	2.210	2.754	3.390	4.124	4.960	5.904
							43°C	1.655	2.088	2.604	3.210	3.912	4.714	5.623
			OP-HNU021D	114N3373	E	MLZ021	32°C	2.544	3.184	3.948	4.839	5.862	7.016	8.305
							35°C	2.462	3.084	3.828	4.697	5.694	6.820	8.079
							38°C	2.379	2.983	3.706	4.552	5.522	6.620	7.848
							43°C	2.237	2.811	3.498	4.303	5.229	6.279	7.456
			OP-HNU030D	114N3377	E	MLZ030	32°C	3.763	4.737	5.886	7.218	8.744	10.470	12.403
							35°C	3.645	4.591	5.709	7.007	8.496	10.181	12.072
							38°C	3.528	4.444	5.529	6.792	8.242	9.886	11.735
							43°C	3.332	4.195	5.223	6.424	7.808	9.382	11.155
	OP-HRU038D		114N3381	E	MLZ038	32°C	4.448	5.634	7.017	8.617	10.448	12.523	14.856	
						35°C	4.298	5.456	6.806	8.367	10.155	12.182	14.461	
						38°C	4.147	5.276	6.591	8.113	9.856	11.833	14.059	
						43°C	3.891	4.969	6.225	7.678	9.345	11.239	13.373	
	OP-HRU048D		114N3384	E	MLZ048	32°C	5.830	7.334	9.117	11.175	13.503	16.098	18.957	
						35°C	5.631	7.092	8.830	10.839	13.116	15.655	18.454	
						38°C	5.431	6.847	8.537	10.495	12.718	15.198	17.937	
						43°C	5.098	6.433	8.037	9.905	12.031	14.412	17.046	
	OP-HRU058D		114N3387	E	MLZ058	32°C	7.056	8.893	11.017	13.454	16.226	19.352	22.852	
						35°C	6.799	8.599	10.677	13.059	15.768	18.822	22.242	
						38°C	6.538	8.300	10.330	12.657	15.301	18.283	21.624	
						43°C	6.094	7.791	9.740	11.971	14.506	17.366	20.574	
OP-HRU076D	114N3390	E	MLZ076	32°C	9.018	11.355	14.068	17.173	20.692	24.634	29.027			
				35°C	8.708	10.979	13.622	16.653	20.093	23.954	28.259			
				38°C	8.402	10.602	13.171	16.125	19.482	23.256	27.474			
				43°C	7.901	9.973	12.409	15.225	18.436	22.062	26.121			

#### Código eléctrico:

E - Compresor 400V/3F/50Hz, ventilador(es) 230V/1F/50 Hz

La capacidad de enfriamiento se presenta para modelos trifásicos. Para los modelos monofásicos, presentará diferencia de  $\pm 1\%$ .

El consumo indicado corresponde a una temperatura ambiente de 32°C en la sala de máquinas.

La configuración detallada de la versión puede encontrarse en la página 03.

D. Tubería

***Tubería de cobre de temple flexible Tipo "L"***

<b>Medida Nominal</b>	<b>Diámetro Exterior</b>	<b>Diámetro Interior</b>	<b>Espesor de Pared</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso por rollo</b>
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos
1/4" 6.35 mm	0.375" 9.525	0.315" 8.001	0.030" 0.762	0.126 0.188	7.575 3.439
3/8" 9.5 mm	0.500" 12.700	0.430" 10.922	0.035" 0.889	0.198 0.295	11.907 5.406
1/2" 12.7 mm	0.625" 15.875	0.545" 13.843	0.040" 1.016	0.285 0.424	17.127 7.776
5/8" 15.785 mm	0.750" 19.050	0.666" 16.916	0.042" 1.067	0.363 0.539	21.760 9.879
3/4" 19 mm	0.875" 22.225	0.785" 19.939	0.045" 1.143	0.455 0.678	27.337 12.411
1" 25 mm	1.125" 28.575	1.025" 26.035	0.050" 1.270	0.655 0.976	39.341 17.861



## E. Cotización MEGAFRIO



MEGAFRIO S.A.  
RUC: 1791408381001  
Cont. Esp. 00636

CLIENTE: C001600 FABRICA DE HIELO SAN ROQUE S.C.C.

CONTACTO: Tel: Email: fabricadehielosanroque@yahoo.es

CI - RUC: 1791806611001

DIRECCIÓN: CARLOS FREILE S33-301 Y PRUDENCIO VASCONEZ

FECHA: 22/06/2022

PROFORMA N°

3008434



UIO: SUR Av. Rodrigo de Chávez 424 y Pedro de Alfaro



PBX: (02) 5004 600

CÓDIGO	DESCRIPCION /// MARCA /// MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
030201039	UNIDAD CONDENSADORA MICROCANAL 5.5HP R-404A/R-507 M/T 220V-1/// DANFOSS /// HJZ064D39N	1,00	\$ 3228,00	\$ 645,60	\$ 2582,40
030204015	EVAPORADOR MEDIA SILUETA A/T 220V (3X400 MM) S/R/// INTERCAL /// ECC-6A-403/41V	1,00	\$ 1480,00	\$ 296,00	\$ 1184,00
070102033	ROLLO TUBERIA COBRE 7/8 PULG OD X 15 METROS/// ACR COPPER /// 7/8"	1,00	\$ 176,00	\$ 35,20	\$ 140,80
070102030	ROLLO TUBERIA COBRE 1/2 PULG OD X 15 METROS/// ACR COPPER /// 1/2"	1,00	\$ 70,00	\$ 14,00	\$ 56,00
080101046	CAÑO AISLANTE 7/8 x 1/2 x 6 PIES/// K-FLEX /// 6RX048078/D	8,00	\$ 2,50	\$ 4,00	\$ 16,00
030210049	VALVULA SOLENOIDE 10.9TR SOLD 1/2" EVR-10/// DANFOSS /// 032L1217	1,00	\$ 120,00	\$ 24,00	\$ 96,00
030211009	BOBINA PARA VALVULA SOLENOIDE 220V 14W A.C./// DANFOSS /// 018F6264	1,00	\$ 47,00	\$ 9,40	\$ 37,60
030212005	VALVULA DE EXPANSION ROSCA R134A EQ-EXT TEN 2/// DANFOSS /// 068Z3348	1,00	\$ 89,00	\$ 17,80	\$ 71,20
030213007	ORIFICIO VALVULA EXPANSION T2/TE2 #06/// DANFOSS /// 068-2009	1,00	\$ 34,00	\$ 6,80	\$ 27,20
030602001	CONTROLADOR REFRIGERACION 1 SONDA 110V/220V/// FULLGAUGE /// MT-512E 2HP	1,00	\$ 25,00	\$ 5,00	\$ 20,00
060101009	CILINDRO REFRIGERANTE R-134A 30LBS (13.62KG)/// JH/REFRIGERANT /// R-134A	1,00	\$ 145,00	\$ 29,00	\$ 116,00
070202096	TUERCA BRONCE REFORZADA 1/2"/// QUALITY /// QFN-12	1,00	\$ 1,20	\$ 0,24	\$ 0,96
070202093	TUERCA BRONCE REFORZADA 1/4"/// QUALITY /// QFN-14	1,00	\$ 0,60	\$ 0,12	\$ 0,48
070202095	TUERCA BRONCE REFORZADA 3/8"/// QUALITY /// QFN-38	1,00	\$ 1,00	\$ 0,20	\$ 0,80

### CONDICIONES DE LA OFERTA:

Validez de la oferta:

Forma de pago: contado / convenir.

Entrega: inmediata según stock.

Productos de importación:

de 4 a 12 semanas según el producto

TRABAJAMOS CON:



Todas las TC 3/6 meses sin interés y 24 con interés



\* Aplican ciertas restricciones.

\* Precios pueden variar sin previo aviso









Luis Lituma  
Celular: 0985907074  
ventass1

SUBTOTAL:	\$ 5436,80
DESCUENTO:	\$ 1087,36
SUBTOTAL ARTICULOS:	\$ 4349,44
SERVICIO LOGISTICA:	\$ 0,00
SERVICIO INSTALACION:	\$ 0,00
SERVICIO PERFILERIA:	\$ 0,00
ELAB. CAJA VENTILADOR:	\$ 0,00
SUBTOTAL:	\$ 4349,44
IVA 12%:	\$ 521,93
VALOR TOTAL:	\$ 4871,37

## F. Cotización CORA refrigeración

TIPO:

MATERIALES PARA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN (5.00 m x 5.00 m x 3.00 m H).

Cant.	Descripción	V. Unitario	V. Total	Detalle
93,50	Metros cuadrados de panel aislante estructural auto soportante de poliuretano marca HIANSA de procedencia española con norma ISO 9001 y 14001, de 60 mm de espesor tipo sandwich recubierto a los dos lados por láminas de galvalum pre-pintadas blancas de 0,5 mm de espesor protegidas por un film plástico removible, con sistema machembriado para fácil instalación y desmontaje.	\$ 42,00	\$ 3.927,00	
32,00	Metros de perfil sanitario para evitar la acumulación de bacterias marca CAFF, de procedencia española para uniones de pared-pared y pared-techo donde el perfil macho es fabricado en aluminio y el perfil hembra es fabricado en PVC, incluye perfil angular triple para las esquinas.	\$ 7,60	\$ 243,20	
21,00	Metros de perfil sanitario en U para fijación de paneles al piso, fabricado en PVC rígido con borde curvo que evita la acumulación de bacterias.	\$ 8,60	\$ 180,60	
5,00	Unidades de perfil externo de aluminio para pared-pared y pared techo.	\$ 32,00	\$ 160,00	
1,00	Puerta frigorífica corrediza para cuarto de refrigeración fabricada de (1,30 m x 2,40 m H) con panel importado marca HIANSA, de 6 cm de espesor con perfiles de aluminio y sistema corredera marca CAFF de procedencia española, incluye: marco de pared en aluminio, resistencia eléctrica, tiradera externa e interna.	\$ 1.750,00	\$ 1.750,00	
1,00	Cortina plástica PVC TIPO ESTÁNDAR de procedencia USA, que cumple requerimientos de FDA; USDA; SAGARPA; OSHA; especiales para alimentos fabricada de (0.90 m x 2.00 m H). Traslapada al 50%.	\$ 114,20	\$ 114,20	
2,00	Kit eléctrico incluye 1 tubo led water proff para iluminación de cámara frigorífica de 1,20 m, 18W, 1800 lumenes, para ambientes de mucha humedad, son resistentes a altas y bajas temperaturas, (+50°;-35°C), tiene un extraordinario ahorro del 50% comparado con luces fluorescentes, no contienen mercurio y contribuyen a la certificación BPM y HACCP, incluye además todos los materiales eléctricos, para conexión de equipos, sistema de control y automatización de equipos.	\$ 45,00	\$ 90,00	
1,00	Grupos frigoríficos monoblock de REFRIGERACIÓN marca ZANOTTI de procedencia Italiana, modelo MAS235T02F de 3 HP a 220 V TRIFÁSICO de 60 HZ, el equipo viene ensamblado y probado listo para funcionar. Incluye: unidad condensadora; evaporador con resistencia en el desagüe; elementos de automatismo y control de refrigeración y eléctrico; tablero de control con multiples funciones además viene cargado con gas ecológico R404 A.	\$ 5.975,00	\$ 5.975,00	
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 12.440,00</b>	

TIPO:

INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA PARA CUARTO DE REFRIGERACIÓN

Cant.	Descripción	V. Unitario	V. Total	Detalle
1,00	Instalación de cámara en QUITO, incluye mano de obra, logística, transporte y materiales varios de instalación como: Poliuretano en spray, cable eléctrico, silicón, entre otros.	\$ 1.960,00	\$ 1.960,00	
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.960,00</b>	

**Precio total del proyecto**

**\$14.400 + IVA**