



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA
MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”**

Propuesta tecnológica previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica.

AUTORES:

Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo

Shigui Shulca Edison Xavier

TUTOR:

Ing.M.sc Luis Miguel Navarrete López

LATACUNGA-ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo y Shigui Shulca Edison Xavier declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”**, siendo el Ing. M.sc. Luis Miguel Navarrete López tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 2022

Jhoffre Oswaldo Cajas Caillagua
CC: 0550487367

Edison Xavier Shigui Shulca
CC: 0503773004



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Propuesta Tecnológica sobre el título:

DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”, de Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo y Shigui Shulca Edison Xavier, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2022

El Tutor

Ing.M.sc Luis Miguel Navarrete López
CC: 1803747284



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** ; por cuanto, los postulantes: **Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo** y **Shigui Shulca Edison Xavier** con el título de Proyecto de titulación: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2022

Para constancia firman:

Lector 1
Ph.D. Enrique Torres Tamayo
CC: 1757121940

Lector 2
Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso
CC: 1758367252

Lector 3
Ing.M.sc Segundo Ángel Cevallos Betún
CC: 0501782437

AVAL DEL DISEÑO



En calidad de Gerente General de la microempresa Lácteos Don Pato, avalo que la propuesta tecnológica con el título: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS "DON PATO"** de autoría de los postulantes Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo, con cedula de ciudadanía 0550487367 y Shigui Shulca Edison Xavier, con cedula de ciudadanía 0503773004, de la carrera de Ingeniería electromecánica, cumple con los requerimientos metodológicos y aportes que requiere la empresa para su mejoramiento.

Latacunga, agosto del 2022

GERENTE GENERAL DE LA MICROEMPRESA LÁCTEOS DON PATO
Lcda. Remache Cevallos Silvia Germania

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme y siempre estar a mi lado, escucharme, cuidarme y permitirme superar con éxito todo obstáculo que se atravesó en mi vida.

Agradezco infinitamente a la Universalidad Técnica de Cotopaxi, por forjarme con sus conocimientos y prepararme para mi vida profesional de igual manera a todos mis amigos y amigas que me acompañaron en el transcurso de mis estudios que dejaron buenos recuerdos en mi vida.

A mis amigos incondicionales Juan y Miguel que me sirvieron como motivación a superarme siempre estuvieron en los momentos buenos y malos de mi vida Universitaria.

Un especial agradecimiento a mi tutor Ing.M.sc Luis Miguel Navarrete López por guiarme de una excelente manera en mi tesis brindándome sabios consejos para culminarla.

Jhoffre Cajas

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis tres madres Catalina, Lucrecia y Myriam que me apoyaron incondicional en el trascurso de mi camino hacia la vida profesional con sus consejos y animo constante para seguir adelante nunca me dejaron solo es este proceso por ello voy a estar eternamente agradecido por la fe que depositaron en mí.

A mi tío Julio que siempre me brindo de sus consejos y experiencias de vida que me apoyo y me motivo a cumplir con mis sueños.

Jhoffre Cajas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, a mi madre y hermano por estar presentes para cada momento, por ser los principales pilares para mi formación académica ya que con su apoyo pude cumplir una meta más en mi vida.

También agradezco a todos mis docentes que supieron compartir sus conocimientos y enseñanzas para ver un punto de vista amplio en el sentido laboral por medio del estudio y dedicación.

Y por último a mis amigos y personas muy allegadas ya que siempre nos apoyamos para alcanzar esta meta a pesar de las adversidades que se nos han presentado, dando todo de nosotros y sin rendirnos con una frase siempre en nuestra mente “*No importa cuánto tiempo tardes en cruzar una meta, lo importante es cruzar*”.

Edison Sh

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada para mis abuelitos Alfonso Shulca y María Mallitasig, a mi mami Vilma Shulca y hermano Cristian Shigui que con sus palabras y apoyo incondicional me han motivado para seguir adelante enfrentando los problemas que se presentan en la vida.

Y a mis compañeros y personas que han estado ayudándome moralmente.

Edison Sh

Índice General

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DEL DISEÑO	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	ix
Índice General	x
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xviii
INFORMACIÓN GENERAL	1
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 EL PROBLEMA	3
1.1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.2 Formulación del problema	4
1.2 BENEFICIARIOS.....	4
1.2.1 Beneficiarios directos.....	4
1.2.2 Beneficiarios indirectos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1	ANTECEDENTES.....	7
2.2	MARCO REFERENCIAL	8
2.2.1	Refrigeración.....	8
2.2.2	Ciclos de refrigeración	8
2.2.3	Refrigerantes industriales.....	11
2.2.4	Clasificación de refrigerantes.....	11
2.2.5	Refrigerantes secundarios.....	13
2.2.6	Ventajas y desventajas de los refrigerantes.....	13
2.2.7	Propiedades de los refrigerantes.....	14
2.2.8	Materiales que aíslan la temperatura	15
2.2.9	Cuarto frío	16
2.2.10	Equipos para cuarto frío	17
2.2.11	Normativa para la fabricación de quesos	20
2.2.12	Procedimiento para montar una cámara frigorífica.....	20
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	23
3.1	METODOLOGÍA	23
3.1.1	Estructura funcional de la cámara frigorífica	23
3.1.2	Condiciones civiles para el diseño del cuarto frigorífico	25
3.1.3	Forma de almacenamiento de quesos	26
3.1.4	Selección del material aislante	30
3.1.5	Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración.....	33
3.1.6	Selección del refrigerante.....	34
3.1.7	Análisis termodinámico en el ciclo de refrigeración.....	36
3.1.8	Relación de compresión	37
3.1.9	Potencia del compresor	38
3.1.10	Calor rechazado por el condensador	39
3.1.11	Selección de equipos de la cámara frigorífica.....	39
3.1.12	Selección del evaporador.....	39

3.1.13	Modelado del cuarto frío	41
3.1.14	Diseño detallado de la cámara frigorífica.....	42
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
3.2.1	Dimensiones y forma de los quesos	43
3.2.2	Área de la cámara frigorífica.....	44
3.2.3	Características del piso para la cámara frigorífica	44
3.2.4	Capacidad de quesos en el cuarto frío	44
3.2.5	Material aislante para la cámara frigorífica.....	47
3.2.6	Temperatura exterior de la cámara frigorífica.....	48
3.2.7	Calor removido del queso	49
3.2.8	Aporte calorífico debido al aire infiltrado en la cámara frigorífica.....	49
3.2.9	Capacidad del evaporador de la cámara frigorífica.....	50
3.2.10	Refrigerante para el diseño de la cámara frigorífica	50
3.2.11	Análisis termodinámico en la cámara frigorífica	52
3.2.12	Componentes de la cámara frigorífica.....	54
3.2.13	Modelado del cuarto frío en software CAD	54
3.2.14	Análisis termodinámico en la cámara frigorífica	55
3.3	Evaluación técnica - económica	68
3.3.1	Análisis de recuperación de inversión en la cámara frigorífica.....	71
4	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	73
4.1	Conclusiones	73
4.2	Recomendaciones.....	73
5	Bibliografía	74

Índice de Tablas

Tabla 2.1: Tipo de refrigerante [8].....	11
Tabla 2. 2: Denominación de quesos [17].....	20
Tabla 3.1: Dimensiones medidas de quesos en campo	43
Tabla 3.2: Pesos de quesos calculados matemáticamente.....	43
Tabla 3.3: Área calculada de la cámara frigorífica	44
Tabla 3.4: Número de quesos por bandeja y áreas del producto.....	45
Tabla 3.5: Pesos de productos en estanterías	46
Tabla 3.6: Características de poliuretano	48
Tabla 3.7: Calor removido de la producción de quesos	49
Tabla 3.8: Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración	49
Tabla 3.9: Capacidad del evaporador.....	50
Tabla 3.10: Características del refrigerante R404A	51
Tabla 3.11: Resultados de presiones y entalpías.....	51
Tabla 3.12: Temperaturas de condensación y evaporación.....	52
Tabla 3.13: Resultados termodinámicos	52
Tabla 3.14: Resultados de relación de compresión	53
Tabla 3.15: Resultados de relación de compresión	53
Tabla 3.16: Potencia del compresor para la cámara frigorífica.....	53
Tabla 3.17: Calor rechazado por el condensador	54
Tabla 3.18: Componentes seleccionados	54
Tabla 3. 19: Costos de mano de obra	69
Tabla 3. 20: Costos de proveedor de todos los materiales	70

Índice de Figuras

Figura 2.1: Ciclo de refrigeración inverso de Carnot [6].	9
Figura 2.2: Diagrama del ciclo de refrigeración por compresión de vapor [7].	10
Figura 2.3: Sistema de refrigeración por absorción.	10
Figura 2.4: Lana de vidrio aislante [11].	15
Figura 2.5: Poliuretano [12].	16
Figura 2.6: Poliestireno expandido [13].	16
Figura 2.7: Cuarto frío [15].	17
Figura 2.8: Evaporador [16].	17
Figura 2.9: Unidades condensadoras [16].	18
Figura 2.10: Panel aislado para cuarto frío [16].	18
Figura 2. 11: Cortinas hawaianas [16].	19
Figura 2.12: Puertas de servicio [16].	19
Figura 2.13: Fundición de un piso para la instalación de una cámara frigorífica [18].	20
Figura 2.14: Colocación de material aislante [18].	21
Figura 2.15: Colocación de la cortina en el cuarto frío [18].	21
Figura 2.16: Instalación de equipos de refrigeración [18].	22
Figura 2.17: Equipos instalados en la cámara frigorífica [18].	22
Figura 2.18: Cámara frigorífica [18].	22
Figura 3.1: Distribución de quesos en la cámara frigorífica.	47
Figura 3. 2: Gráfica de temperatura exterior de la cámara frigorífica.	48
Figura 3.3: Ubicación del equipo y colocación de parámetros de frontera.	55
Figura 3.4: Resultados de velocidad en el plano XY.	56
Figura 3.5: Resultados de velocidad en el plano XZ.	56
Figura 3.6: Resultados de velocidad en el plano YZ.	56
Figura 3.7: Resultados de temperatura en el plano XY.	57
Figura 3.8: Resultados de temperatura en el plano XZ.	57
Figura 3.9: Resultados de temperatura en el plano YZ.	58
Figura 3.10: Ubicación 2 del equipo de refrigeración.	58
Figura 3.11: Resultados 2 de velocidad en el plano XY.	59
Figura 3.12: Resultados 2 de velocidad en el plano XZ.	59
Figura 3.13: Resultados 2 de velocidad en el plano YZ.	60
Figura 3.14: Resultados 2 de temperatura en el plano XY.	60
Figura 3. 15: Resultados 2 de temperatura en el plano XZ.	61

Figura 3. 16: Resultados 2 de temperatura en el plano YZ.	61
Figura 3. 17: Ubicación 3 del equipo de refrigeración.....	62
Figura 3. 18: Resultados 3 de velocidad en el plano XY.	62
Figura 3. 19: Resultados 3 de velocidad en el plano XZ.....	63
Figura 3. 20: Resultados 3 de velocidad en el plano YZ.....	63
Figura 3. 21: Resultados 3 de temperatura en el plano XY.....	64
Figura 3. 22: Resultados 3 de temperatura en el plano XZ.	64
Figura 3. 23: Resultados 3 de temperatura en el plano YZ.	65
Figura 3. 24: Cuarta posición en la cual podría estar colocado el equipo de refrigeración.....	65
Figura 3. 25: Resultados 4 de velocidad en el plano XY.	66
Figura 3. 26: Resultados 4 de velocidad en el plano XZ.....	66
Figura 3. 27: Resultados 4 de velocidad en el plano YZ.....	67
Figura 3. 28: Resultados 4 de temperatura en el plano XY.....	67
Figura 3. 29: Resultados 4 de temperatura en el plano XZ.	68
Figura 3. 30: Resultados 4 de temperatura en el plano YZ.	68



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”

Autores:

Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo

Shigui Shulca Edison Xavier

RESUMEN

El presente proyecto se refiere al diseño de una cámara frigorífica para la microempresa de productos lácteos Don Pato, teniendo en consideración que la misma no dispone de un equipo de refrigeración adecuado, por lo que actualmente su producción es limitada, teniendo como productos quesos de tres tamaños. Por lo tanto, para realizar el respectivo diseño se comienza con una investigación bibliográfica para determinar y conocer cuáles son los equipos y materiales que conforman una cámara frigorífica a nivel nacional. Además, se requiere de una inspección al sitio para obtener parámetros de frontera tales como la temperatura de conservación a la que se mantienen los quesos, producción de la microempresa y que dimensiones se dispone en cuanto al área de ubicación. Mediante la recopilación de los parámetros de frontera, se procedió a realizar los cálculos respectivos para determinar el tipo de equipos y materiales que se deben tomar en consideración para el diseño de la cámara frigorífica. También, se determinó el comportamiento en cuanto a la temperatura de conservación que va a poseer dicho cuarto frío, mismas que es de 4 °C. Además, se determinó que el compresor debe poseer una potencia de 1,29 kW, evaporador de 15766,03 BTU/h, condensador de 573,08 BTU/h, refrigerante R404 A y el poliuretano es de 60 mm de espesor. Finalmente, se utilizó un software CAD para dibujar la cámara frigorífica y así poder visualizar el modelo isométrico que se podría implementar a futuro en la microempresa de productos lácteos Don Pato. Sin embargo, una vez realizado el modelado en 3D, se obtuvieron resultados del comportamiento interno de temperatura en el cuarto frío con la ayuda de un software CAE.

Palabras claves: Refrigeración, compresor, evaporador, condensador, refrigerante, aislante, cámara frigorífica.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: DESIGN OF A COLD STORE FOR CHEESE IN THE "DON PATO" DAIRY MICROENTERPRISE.

Authors:

Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo

Shigui Shulca Edison Xavier

ABSTRACT

This project refers to the design of a cold store for the “Don Pato” dairy microenterprise, taking into consideration that it does not have adequate refrigeration equipment, so its production is currently limited, having as products cheeses of three amplitude. Therefore, to carry out this design, a bibliographical investigation begins to determine and know the requirements of the equipment and materials that make up a cold store at the national level. In addition, an in-situ inspection is required to obtain border parameters such as the conservation temperature at which the cheeses are kept, the production of the microenterprise and what dimensions are available in terms of the location area. Through the compilation of the border parameters, the separated ones were made to determine the type of equipment and materials that should be taken into consideration for the cold store design. Also, it was determined the behavior in terms of the temperature conservation that the cold storage will have, which is 4 °C. In addition, it was determined that the compressor should have a power of 1.29 kW, evaporator 15766.03 BTU / h, condenser 573.08 BTU / h, refrigerant R404 A and polyurethane is 60 mm thick. Finally, a CAD software was produced to draw the cold storage and thus be able to visualize the isometric model that could be implemented in the future in the “Don Pato! dairy microenterprise. However, once the 3D modeling was done, results of the internal temperature behavior in the cold storage were obtained with the help of CAE software.

Keywords: Refrigeration, compressor, evaporator, condenser, refrigerant, containers, cold storage.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA QUESOS EN LA MICROEMPRESA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “DON PATO”** presentado por: **Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo y Shigui Shulca Edison Xavier**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Atentamente,

Mg. María Fernanda Aguaiza Iza

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0503458499



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, agosto del 2022

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño de una cámara frigorífica para quesos en la microempresa de productos lácteos “Don Pato”

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Buenaventura

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: No vinculado

Equipo de trabajo:

Tutor

Nombres: Luis Miguel
Apellidos: Navarrete López
Cedula de identidad: 1803747284
Correo electrónico: luisnavarrete7284@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombre: Cajas Caillagua Jhoffre Oswaldo
Cédula de Ciudadanía: 0550487367
Correo electrónico: jhoffre.cajas7367@utc.edu.ec

Coordinador 2:

Nombre: Shigui Shulca Edison Xavier
Cédula de Ciudadanía: 0503773004
Correo electrónico: edison.shigui3004@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines

Líneas de investigación:

Procesos industriales.

Sub línea de investigación de la carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 EL PROBLEMA

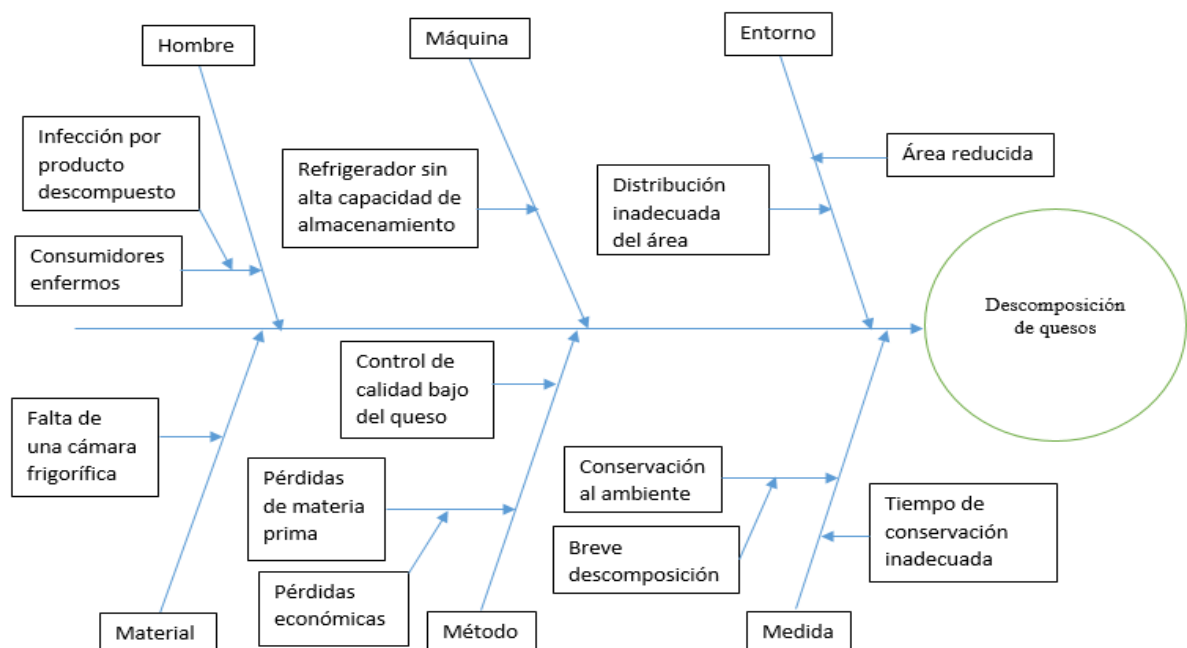
1.1.1 Planteamiento del problema

Por lo general, cuando se refieren a productos de consumo alimenticio se debe tener en cuenta parámetro como la salubridad, bacterias y que sean inocuos, por lo que en este caso se tratará de la conservación de quesos, mismos que tiene mucha demanda en el consumo de las familias ecuatorianas.

Además, existen varias empresas grandes, medianas y micro en el país que se dedican a esta actividad, las cuales se basan en la normativa NTE INEN 2829 para la fabricación de quesos, en su mayoría poseen cámaras frigoríficas para almacenar el producto con el objetivo de que estos no se descompongan ya que ocasionan pérdidas económicas a dichas empresas. Pero se conoce que por lo general las microempresas no poseen dichas cámaras por situación económica lo que les conlleva a generar problemas en la descomposición del queso en caso de que exista mayor producción o demanda en el mercado.

Cabe recalcar que la refrigeración industrial es de mucha importancia para la conservación y congelación de alimentos que producen las distintas empresas alimenticias, por lo que deben poseer dichos equipos para brindar un producto de alta calidad. [1]

Matriz causa-efecto



1.1.2 Formulación del problema

Descomposición de quesos por falta de una cámara frigorífica

1.2 BENEFICIARIOS

1.2.1 Beneficiarios directos

Propietarios de la microempresa de productos lácteos “Don Pato” y tesisistas.

1.2.2 Beneficiarios indirectos

Consumidores de los productos de la microempresa de lácteos “Don Pato”.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer que los quesos pueden durar un tiempo de 2 semanas a una temperatura de conservación de 4°C, por dicho motivo las industrias grandes y medianas del país poseen cámaras frigoríficas para su almacenamiento, mientras que las microempresas tienen dificultad de adquirir estos cuartos por los costos excesivos, lo que conlleva a la descomposición del queso. Cabe recalcar que la mayoría de los microempresarios a nivel nacional incluyendo a Cotopaxi poseen dicho problema.

Además, mediante la mala conservación de quesos pueden producir descomposición de los mismos lo que ocasiona pérdidas económicas a los propietarios de la empresa y a los consumidores un producto de mala calidad por el hecho de no tener una cámara frigorífica.

Por lo tanto, se conoce que cuando se habla de productos alimenticios deben tener un grado de calidad alta ya que podrían afectar a la salud de los seres humanos, por lo que en este caso se conoce que para la fabricación de quesos es muy importante tener en cuenta que el producto debe ser inocuo y libre de bacteria según la normativa NTE INEN 2829.

Por ende, se pretende diseñar una cámara frigorífica para la microempresa de lácteos Don Pato ubicada en la provincia de Cotopaxi, debido a que esta no cuenta con una y es de suma importancia. Así los propietarios de la microempresa incluso podrán aumentar su producción a futuro sin correr riesgo de pérdidas en materia prima.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una cámara frigorífica mediante cálculos de ingeniería para la conservación de quesos en la microempresa de productos lácteos “Don Pato”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar parámetros que mantengan en buen estado la conservación de quesos que se producen en la microempresa Don Pato para el correcto diseño de la cámara frigorífica.
- Seleccionar equipos adecuados y necesarios para la cámara frigorífica empleando una metodología adecuada.
- Verificar los resultados de diseño obtenidos en la cámara frigorífica mediante el uso de software CAD-CAE.

1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
<p>Identificar parámetros que mantengan en buen estado la conservación de quesos que se producen en la microempresa Don Pato para el correcto diseño de la cámara frigorífica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Indagación en libros y en la web sobre el diseño de cámaras de refrigeración. -Revisión de trabajos precedentes acorde al tema del proyecto. -Investigación de los diferentes materiales empleados para la conservación de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Información sobre diseño de cuartos fríos. -Parámetros y equipos para el diseño correcto. -Análisis de alternativas en cuanto a materiales apropiados de acuerdo a su aplicación. 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación documental. -Investigación de campo.
<p>Seleccionar equipos adecuados y necesarios para la cámara frigorífica empleando una metodología adecuada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de equipos para su selección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo seleccionado para garantizar el correcto funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación bibliográfica - Análisis matemático
<p>Verificar los resultados de diseño obtenidos en la cámara frigorífica mediante el uso de software CAD-CAE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis CAE. -Estudio de factibilidad del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Verificación del comportamiento interno del cuarto frío en cuanto a su temperatura. -Viabilidad del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de software CAD/CAE. - Comprobación de resultados. - Planos y simulaciones.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada de varios trabajos de titulación con relación al objetivo de estudio las cuales se detallan diversas investigaciones, permitiendo orientar de mejor manera los siguientes capítulos en cuanto al tema propuesto.

El trabajo de titulación denominado “Diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica”, fue realizado por José De Mier Alvarado, en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Valladolid escuela de Ingenierías Industriales [2]. Este proyecto consiste en el diseño y ejecución de una nueva cámara de maduración y secado de queso y ampliación de central frigorífica. Se parte de que el proceso de maduración es una parte fundamental de la elaboración del queso, y se incluye dentro de la parte final de la misma. El acondicionamiento de una cámara existente, para su uso como cámara de maduración y secado de queso. Analizando las diferentes alternativas se ha optado por la instalación de una unidad de tratamiento de aire, usando la mínima refrigeración exterior posible.

Del trabajo de titulación denominado “Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos de la empresa tongod Cajamarca”, cuyo trabajo fue realizado por Cesar Augusto Toledo Quispe, en la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Cesar Vallejo [3]. Consiste diseñar una cámara frigorífica para la empresa de lácteos Tongod Cajamarca, con la finalidad de incrementar la capacidad de conservación de los productos que ésta elabora, reduciendo con ello el uso de pequeños equipos de refrigeración, con poca capacidad de almacenamiento y trabajo poco homogéneo, de tal modo que le permita incrementar su producción ya que ha llegado a un límite de crecimiento debido a estos factores.

Del trabajo de titulación denominado “Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque”, fue realizado por Miguel Díaz y Juan Zapata, en la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de Zipan [4]. Este proyecto consiste en análisis para el diseño óptimo de una cámara frigorífica estacionaria a fin de conservar un total de 3 Toneladas de pescado. La investigación inicia identificando las pautas para el dimensionamiento de una cámara frigorífica, reconociendo parámetros, fórmulas y procedimientos.

Mediante la aplicación de encuestas se obtiene información del producto a refrigerar, como el tipo de pescado común, el peso promedio de este, el volumen de las cajas para almacenaje, el espacio disponible para la instalación y los días proyectados para almacenar. Se concluye para la cámara las dimensiones de 4,5 m de ancho, 4,88 m de largo y 2 m de alto.

2.2 MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se conocerá la teoría necesaria para comprender de mejor manera los conceptos necesarios con respecto a la elaboración de cuartos fríos, los cuales serán de utilidad para orientar de mejor manera los siguientes capítulos en cuanto al tema propuesto.

2.2.1 Refrigeración

Es el proceso el cual se obtiene una disminución de niveles de calor de una máquina mediante el intercambio calórico que se produce gracias a los refrigerantes. La refrigeración de alimentos a una temperatura óptima tiene un papel importante ya que los mantiene frescos la mayor parte del tiempo (líquidos o fluidos que absorben calor a bajas temperaturas), la refrigeración no es tan solo para mantener los alimentos en buen estado también se los encuentra en los aires acondicionados tales que sirven para mantener fresco al ser humano [5].

2.2.2 Ciclos de refrigeración

Los principales ciclos de refrigeración son: ciclo de refrigeración inverso de Carnot, ciclo de refrigeración por compresión de vapor y ciclo de refrigeración por absorción los cuales cada uno de ellos se describirá a continuación.

2.2.2.1 Ciclo de refrigeración inverso de Carnot

El ciclo inverso de Carnot es considerado un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor ya que se ejecuta entre dos temperaturas por lo tanto es aprovechado al máximo posible dentro de un proceso cíclico. Es un ciclo en el cual se puede invertir sus procesos. En la figura 2.1 se puede observar el proceso que realiza el ciclo inverso de Carnot [6].

Ciclo de Carnot inverso

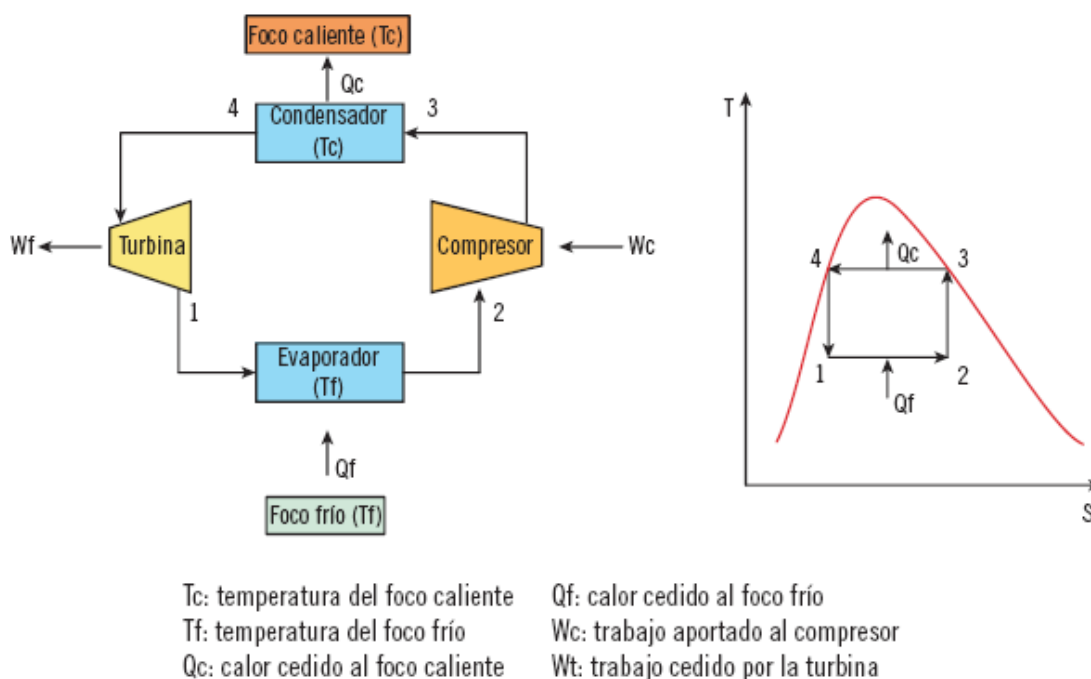


Figura 2.1: Ciclo de refrigeración inverso de Carnot [6].

2.2.2.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

La mayoría de los sistemas de refrigeración, operan con el ciclo de compresión de vapor por ejemplo aires acondicionados, refrigeradoras, entre otros, siendo un ciclo apto para aplicaciones de refrigeración tradicional. El mayor problema que tiene el ciclo de refrigeración por compresión son los refrigerantes que afectan a la capa de ozono. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor cumple cuatro fases principales para su funcionamiento. Detallados en la figura 2.2 [6].

El compresor es el encargado de cambiar el refrigerante en estado gaseoso y lo comprime para elevar la presión y la temperatura. El condensador recibe el gas refrigerante a presión por el cual disminuye la temperatura para convertirlo en líquido. Válvula de expansión es el encargado de convertir el refrigerante líquido en pequeñas partículas líquidas a baja presión las cuales absorben el calor del ambiente y se evaporan. Es el equipo que controla el flujo del refrigerante el cual entra al evaporador de manera directa. Evaporador se encarga de absorber el calor al evaporar el líquido refrigerante [6].

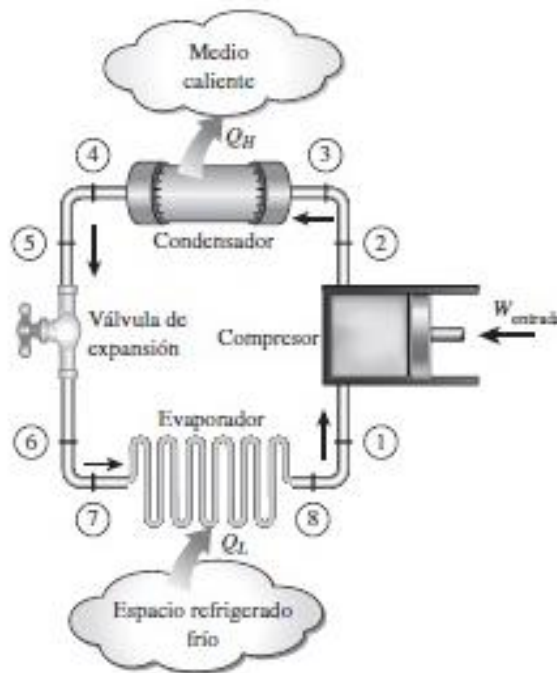


Figura 2.2: Diagrama del ciclo de refrigeración por compresión de vapor [7].

2.2.2.3 Ciclo de refrigeración por absorción

El ciclo utiliza el calor como principal fuerza en vez de un compresor, este sistema es efectivo cuando el calor es abundante, el proceso es parecido al de un caldero, excepto por las tuberías de agua enfriada y de agua del condensador. Existe una gran variedad de sistemas de absorción, los pequeños sistemas son compactos mientras que los más grandes vienen por partes. En la figura 2.3 se observa el proceso de refrigeración por absorción.

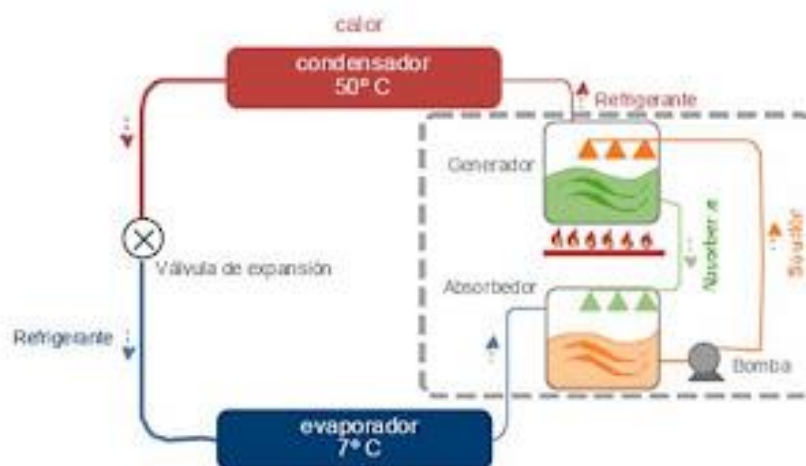


Figura 2.3: Sistema de refrigeración por absorción.

2.2.3 Refrigerantes industriales

El refrigerante es una sustancia química la cual tiene propiedades que le permiten absorber calor de un cuerpo provocando así descienda su temperatura. A continuación, en la tabla 2.1 se describirán las características de los tipos de refrigerantes más empleados en el campo de la refrigeración además se observa que el mejor refrigerante es el hidrofurocarbono, ya que este no es contaminante, además los refrigerantes varían acorde con el tipo de refrigeración. Por lo tanto, para refrigeración por compresión de vapor y para refrigeración por compresión debe tener características químicas, físicas y termodinámica por lo tanto será garantizado el trabajo donde será aplicada [8].

Tabla 2.1: Tipo de refrigerante [8].

Tipos de Refrigerantes	
Refrigerantes	Características
Hidrofurocarbonos (HFC)	Es un Fluorocarbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono. (R-134a, 141b).
Hidroclofurocarbonos (HCFC)	Posee átomos de hidrógeno en su molécula. Posee un potencial reducido de destrucción de la capa de ozono (R-22).
Clorofurocarbonos (CFC)	No contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es estable, esta estabilidad hace que permanezca mucho tiempo en la atmósfera afectando seriamente la capa de ozono y es una de las causas del efecto invernadero (R-11, R-12, R-115).

2.2.4 Clasificación de refrigerantes

Los refrigerantes se clasifican en refrigerantes primarios y secundarios la diferencia entre los dos es que los refrigerantes primarios se enfrían directamente del sistema de control, mientras que los refrigerantes secundarios actúan después del refrigerante primario [9].

2.2.4.1 Refrigerantes primarios

Sustancias químicas que se vaporizan a bajas temperaturas, esto se debe a su bajo punto de ebullición y se condensan fácilmente a temperaturas ambiente. Dentro del grupo de refrigerantes primarios se puede encontrar los siguientes:

2.2.4.2 R-12 (Diclorodifluorometano)

Es utilizado en neveras, muebles de frío, pequeñas cámaras de helado por lo general en aparatos que conservan la temperatura. Es casi inodoro y no es tóxico mucho menos irritable.

2.2.4.3 R-134A (Tetrafluorometano)

Es sustituto del R-12, utilizado para el aire acondicionado del automóvil y muebles comerciales. Envasado en botellas de 13,6 kg. y 60 kg. y en Bidones de 900 k.

2.2.4.4 R-22 (Monoclorodifluorometano)

Utilizado en grandes instalaciones de Aire Acondicionado y equipos portátiles, se caracteriza por tener una capacidad de refrigeración mucho mayor al del R-12. Envasado en botellas de 13,6 kg. y 60 kg. y en Bidones de 900 kg. Presiones de saturación mucho más altas que el R-12.

2.2.4.5 R-502

Mezcla azeotrópica de R – 22 y R – 115, pues esta tiene características diferentes a las de sus componentes. Su calor latente de evaporación, no es tan alto como el del R – 12 y el R-22. Es muy satisfactorio para su uso en sistemas de doble paso y en aplicaciones para temperaturas extra bajas.

2.2.4.6 R-404A

Mezcla no azeotrópica de HFC-125, HFC-143a y HFC-134^a. Es candidato a reemplazar al R-502 y al R-22. Sirve para refrigerar en muy baja temperatura (-60 °C), baja temperatura, media temperatura y alta temperatura.

2.2.4.7 R-507

Mezcla azeotrópica de gases HFC que no afectan la capa de ozono. Se utiliza en equipos nuevos de refrigeración a bajas y medias temperaturas. Puede sustituir al R-502 y al R-22. Tiene temperaturas de descarga inferiores al R-502. Se utiliza para cuartos fríos, vitrinas refrigeradoras, pistas de hielo, etc.

2.2.4.8 R-407c

Sustituye al R-22. Mezcla tres gases refrigerantes: R-32 (23%), R125 (25%), R-134a (52%). Tiene punto de ebullición a -43,9 °C.

2.2.5 Refrigerantes secundarios

Los refrigerantes secundarios son usados en sistema de refrigeración indirecta por lo cual su principal característica es tener un bajo punto de congelación. Las propiedades importantes son: tener un punto de congelación muy inferior a la más baja temperatura a la cual se usará para congelar productos. Tiene un bajo punto de ebullición, no es tóxico y tiene un costo muy bajo [9].

2.2.6 Ventajas y desventajas de los refrigerantes

2.2.6.1 Refrigerantes CFC

No tóxicos, no inflamables y muy eficientes, pero su GWP es de 11,000 y destruyen la capa de ozono. Fueron prohibidos para su uso en todos los sistemas nuevos de refrigeración a través de la adopción del protocolo de Montreal de la ONU en 1989.

2.2.6.2 Refrigerantes HCFC

No son tóxicos, no inflamables y refrigerantes eficientes. Se pueden usar tanto en sistemas de aire acondicionado como de refrigeración, pero son dañinos para la capa de ozono y afectan al calentamiento global. Bajo el protocolo de Montreal, los países del mundo se han comprometido a eliminar los HCFC para el año 2040.

2.2.6.3 Refrigerantes HFC

No son tóxicos, son eficientes y como regla, no inflamables y pueden ser utilizados en sistemas de aire acondicionado y de refrigeración. No son dañinos para la capa de ozono, pero todavía tienen un impacto comparativamente grande en el calentamiento global. Por lo tanto, los gobiernos del mundo están negociando bajo los auspicios de la ONU alcanzar un acuerdo para reducir su uso.

2.2.6.4 CO₂

Natural, no tóxico, no inflamable, no dañino para la capa de ozono y con un GWP de 1. Se utiliza cada vez más como refrigerante en áreas con clima relativamente frío, como en

Escandinavia. En climas cálidos, su eficiencia se deteriora y consume más energía. Generalmente, no es adecuado para los sistemas de aire acondicionado.

2.2.6.5 Hidrocarburos

Natural, no tóxico y eficiente, pero inflamable. Por lo tanto, se utilizan mayormente en sistemas de refrigeración pequeños, como refrigeradores que funcionan con una pequeña cantidad y, por consiguiente, el riesgo de fuego se reduce. No se usan en sistemas de aire acondicionado que requieren de grandes cantidades de refrigerante.

2.2.6.6 Amoníaco

Natural, muy eficiente, no daña la capa de ozono, y tiene un bajo impacto en el calentamiento global. Es, sin embargo, tóxico e inflamable, pero debido a su eficiencia es ampliamente usado en aplicaciones industriales, en donde la operación es manejada por personal especialmente autorizado.

2.2.6.7 Nuevos sintéticos

Varias compañías norteamericanas y europeas han avanzado mucho en el desarrollo de nuevos refrigerantes sintéticos llamados HFO, que no contribuyen al calentamiento global. Se encuentran actualmente en comercialización.

2.2.7 Propiedades de los refrigerantes

Las propiedades que deben tener los refrigerantes utilizados en climatización son: Su punto de congelación debe ser inferior a cualquier temperatura que exista en el sistema para evitar congelaciones en el evaporador. El calor latente de evaporación debe ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor. Además, el volumen específico debe ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión. Su densidad debe ser elevada para usar líneas de líquidos pequeñas. Las presiones de condensación deben elevarse, para evitar fugas y reducir la temperatura de condensación. No son líquidos inflamables, corrosivos, ni tóxicos. Además, deben tener una baja conductividad eléctrica. Deben ser seguros frente a los riesgos de incendio y explosión. La temperatura de evaporación debe estar por debajo de la temperatura ambiente. Su toxicidad debe ser baja, para que los riesgos en su manipulación sean bajos. Facilidad para mezclarse con el aceite lubricante que se utilice [10].

2.2.8 Materiales que aíslan la temperatura

Los materiales de aislamiento térmico son muy importantes en lo que respecta a la refrigeración, ya que tiene como finalidad conservar la temperatura de enfriamiento dentro del sistema, también ayuda a que el equipo no se destruya por su parte exterior por las bajas temperaturas.

2.2.8.1 Lana de vidrio aislante

Es un material aislante muy conocido el cual está compuesto por muchos filamentos poliméricos muy finos. Entre sus propiedades principales se destaca que es un aislante de sonido, ruido y aislante térmico, en la figura 2.4 se observa la lana de vidrio.



Figura 2.4: Lana de vidrio aislante [11].

2.2.8.2 Aislante de Poliuretano

Es una espuma la cual sirve para aislar de manera térmica zonas o diferentes áreas de un lugar, gracias a sus componentes químicos ayuda a disminuir el ingreso de ruidos que provienen del exterior de algún lugar.

Es fácil de instalar, aunque es recomendable que lo haga un profesional que conozca del tema, se puede usar en paneles o paredes, protege a la propiedad del fuego y ayuda a que no entre humedad, se adapta a los cambios de temperatura, posee alta capacidad de aislamiento con poco grosor, mejora la eficiencia energética. A continuación, en la figura 2.5 se indica láminas de poliuretano, teniendo en consideración que es uno de los materiales más utilizados en la parte de refrigeración [12].



Figura 2.5: Poliuretano [12].

2.2.8.3 Poliestireno expandido

Es un aislante bastante conocido, es un material plástico esponjoso que actúa como aislante térmico. Se caracteriza por ser muy ligero pero resistente, ayuda a amortiguar impactos y es resistente al paso del tiempo además tiene resistencia mecánica y se acomoda a diferentes espacios, en la figura 2.6 se muestra el poliestireno expandido [13].



Figura 2.6: Poliestireno expandido [13].

2.2.9 Cuarto frío

Un cuarto frío es un lugar o almacén en el que se genera una temperatura específica para la manipulación de productos frescos, es decir en un ambiente por debajo de la temperatura exterior. Los cuartos fríos alargan el periodo de maduración de los productos, cuya temperatura no debe sobrepasar los 16°C . Un cuarto frío por lo general está dividido en dos secciones una para refrigeración, conservación y otra para congelar [14]. En la figura 2.7 se puede observar un diseño de cuarto frío.



Figura 2.7: Cuarto frío [15]

2.2.10 Equipos para cuarto frío

Los equipos necesarios para la construcción de un cuarto frío son: evaporadores, unidad condensada, paneles aislados, cortinas hawaianas, puertas de servicio, tableros de control.

2.2.10.1 Evaporadores

El evaporador transfiere de manera continua y eficiente de calor desde el lugar que se va a enfriar, al fluido refrigerante. El medio que se quiera enfriar puede ser un gas, un líquido o un sólido. En los evaporadores el refrigerante surge por los tubos mientras que el aire que se desea enfriar fluye por el exterior de los mismos. En la figura 2.8, se muestra un ejemplo de evaporador [16].



Figura 2.8: Evaporador [16].

2.2.10.2 Unidades condensadores

Las unidades condensadoras están diseñadas para ejecutarse a temperaturas ambiente elevadas de hasta el 45 °C ya que está compuesta por un condensador de amplia superficie de rechazo de calor con tubos ranurado interior y de compresores herméticos de alto rendimiento. Un ejemplo de unidades condensadores se muestra en la figura 2.9 [16].



Figura 2.9: Unidades condensadoras [16].

2.2.10.3 Panel aislado para cuarto frío

Panel con aislamiento térmico es una de las mejores opciones para cualquier tipo de construcción frigorífica como son cámaras frías, áreas de procesos y bodegas de conservación, congelación ya que garantiza la ausencia de puentes térmicos, en la figura 2.10 se muestra un panel aislado para cuartos fríos.

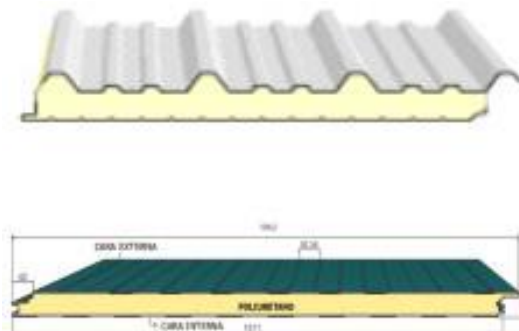


Figura 2.10: Panel aislado para cuarto frío [16].

2.2.10.4 Cortinas hawaianas

Es un complemento necesario para mantener la temperatura en el interior de la cámara cuando la puerta está abierta durante los periodos de carga del producto, son fabricadas con bandas PVC de calidad. Tiene un herraje galvanizado de importación con tornillos electrosoldados y tuercas de seguridad. En la figura 2.11, se puede observar cortinas hawaianas.



Figura 2. 11: Cortinas hawaianas [16].

2.2.10.5 Puertas de servicio

Existen puertas corredizas tanto horizontales como verticales como se muestra en la figura 2.12, pueden ser de operación manual o eléctrica están fabricadas en poliuretano inyectado de una densidad alta y con terminados en lámina galvanizada, lámina pintada, acero inoxidable y aluminio. Contiene un empaque de neopreno para aplicaciones de baja temperatura.



Figura 2.12: Puertas de servicio [16].

2.2.10.6 Control de temperatura para cuartos fríos

En cada sector de la industria se necesitan temperaturas bajas diferentes las cuales estarán entre el 0 y 8 °C, el objetivo es evitar daños en los productos que necesitan refrigeración.

2.2.11 Normativa para la fabricación de quesos

De acuerdo a la normativa técnica ecuatoriana INEN 2829, se refiere a la fabricación de quesos y a los tipos que existen. Además, describe la materia prima principal que se requiere para su fabricación como en este caso es la leche, mientras que sus ingredientes autorizados son cultivos de fermentos de bacterias inocuas, enzimas inocuas e idóneas, cloruro de sodio y agua potable [17].

En la siguiente tabla, se observa la denominación de los quesos y sus características de consistencia y madurez.

Tabla 2. 2: Denominación de quesos [17].

DENOMINACIÓN DEL QUESO SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS DE CONSISTENCIA Y MADURACIÓN		
Según su consistencia: Término 1		Según las principales características de maduración: Término 2
HSMG %	Denominación	
< 51	Extraduro	Madurado
49-56	Duro	Madurado por mohos
54-69	Firme/Semiduro	No madurado/Fresco
> 67	Blando	En salmuera

2.2.12 Procedimiento para montar una cámara frigorífica

Para el montaje de una cámara frigorífica se deben seguir los siguientes pasos:

1. En caso de que no exista obra civil en la zona de instalación de la cámara frigorífica se debe realizar la misma, teniendo en cuenta que lo más importante es el piso ya que este tiene que ser construido para que no se llegue a trizar en el instante de trabajo. O a su vez es opcional la elaboración de mamposterías. A continuación, en la siguiente figura se observa la fundición de un piso para la instalación de una cámara frigorífica.



Figura 2.13: Fundición de un piso para la instalación de una cámara frigorífica [18]

2. Se debe cortar el material aislante que en este caso es el poliuretano, ya que es con el que se va armar las paredes y el techo de la cámara frigorífica, como se observa en la siguiente figura.



Figura 2.14: Colocación de material aislante [18]

3. Una vez elaborada la cámara frigorífica se debe instalar la puerta con bisagras, misma que tiene que ser hermética. Además, se tiene que colocar una cortina plástica transparente para el ingreso de las personas. En la figura 2.15 se puede observar la colocación de la cortina en el cuarto frío.



Figura 2.15: Colocación de la cortina en el cuarto frío [18]

4. En el instante que se ensambla la cámara frigorífica se procede a instalar el equipo de refrigeración, en este caso puede ser de tipo Split o compacto dependiendo de las condiciones del diseñador. En la siguiente figura se puede observar la instalación de los equipos.



Figura 2.16: Instalación de equipos de refrigeración [18].

5. Se debe calibrar los equipos de la cámara frigorífica, en este caso el condensador y el evaporador, ya que son los elementos principales de la misma, por lo que se tiene que verificar que circule el refrigerante. En la figura 2.17 se observa los equipos instalados en la cámara frigorífica.

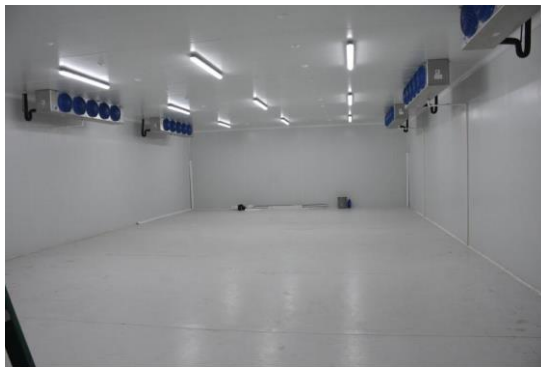


Figura 2.17: Equipos instalados en la cámara frigorífica [18].

6. Finalmente, se debe arrancar la cámara frigorífica teniendo en cuenta que se deben verificar valores de voltaje y corriente con los instrumentos de medida adecuados, también se debe comprobar la temperatura en el interior de la misma. En la siguiente figura se puede observar una cámara frigorífica lista para su uso.



Figura 2.18: Cámara frigorífica [18]

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Estructura funcional de la cámara frigorífica

La cámara frigorífica será diseñada para una capacidad del 50% más de lo que genera actualmente la microempresa de productos lácteos Don Pato en cuanto a quesos de forma rectangular y redonda. Además, en este caso se tomará en cuenta la variable de la temperatura, debido a que es importante en la conservación del producto.

3.1.1.1 Geometría y tamaño de los quesos

De acuerdo a la investigación de campo que se realizó en la microempresa de productos lácteos Don Pato, se llegó a conocer que producen quesos de forma rectangular y redonda, en la siguiente tabla se observan los datos tomados de forma experimental en cuanto a dimensiones y pesos de los quesos.

Tabla 3. 1: Características de quesos procesados en la microempresa de productos lácteos Don Pato

Dimensiones de quesos		
Forma	Dimensiones (cm)	Peso (gramos)
Rectangular 1	$a \cdot b \cdot c$	$\rho \cdot V$
Rectangular 2	$a \cdot b \cdot c$	$\rho \cdot V$
Redonda	Diam = a t = b	$\rho \cdot V$

A continuación, en la figura 3.1 se observan las mediciones que se realizó a las tres clases de quesos que se producen en la microempresa de productos lácteos Don Pato, haciendo uso de un flexómetro. Además, dichas medidas de la etiqueta serán verificadas con la siguiente ecuación.

$$m = \rho \cdot V \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

m = Masa, (g).

ρ = Densidad, (g/ml).

V = Volumen, (ml).



Figura 3. 1: Medición de quesos.

3.1.1.2 Productos elaborados por la microempresa de lácteos “Don Pato”

Como se mencionó anteriormente en la tabla 3.1, existen tres clases de productos que fabrican en la microempresa de productos lácteos Don Pato, teniendo una producción semanal de 254 kg de queso entre los de figura rectangular y redonda. Además, para alcanzar dicha producción se requiere de 3750 litros de leche.

Por lo tanto, se conoce que la conservación del queso no debe superar los 12 a 15 días a una temperatura de 4 °C, ya que dicho producto llegaría a descomponerse, lo que produciría pérdidas económicas a la microempresa láctea.

3.1.1.3 Método para calcular el área del lugar

Mediante la ayuda de un flexómetro, se procedió a realizar la medición del espacio en el cual se encontrará ubicada la cámara frigorífica al momento de diseñar, en la siguiente figura se observa las dimensiones obtenidas en la microempresa de productos lácteos Don Pato.

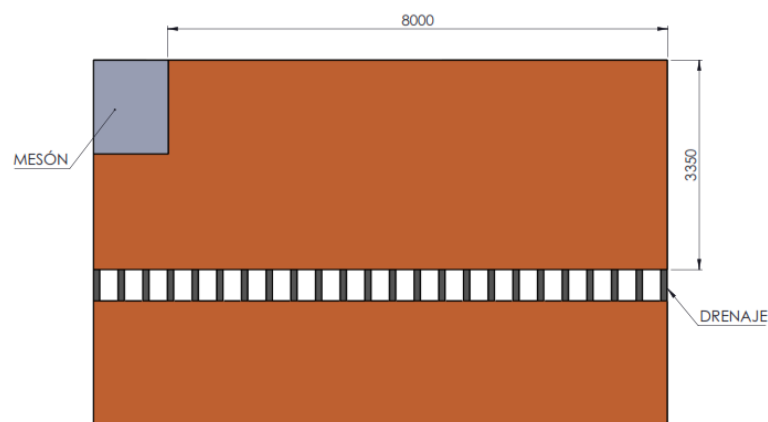


Figura 3. 2: Dimensiones del lugar a colocar la cámara frigorífica.

Mediante la siguiente ecuación, se procederá a realizar el cálculo del área para el diseño de la cámara frigorífica, ya que debe estar ubicada en algún lugar de la microempresa de lácteos Don Pato.

$$A = a \cdot b \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

a = Lado 1, (cm).

b = Lado 2, (cm).

A = Área, (cm^2).

3.1.2 Condiciones civiles para el diseño del cuarto frigorífico

Se debe tener en consideración que la cámara frigorífica no necesariamente necesita de mampostería, ni terminados como inducido en las partes de las paredes, pero si es necesario tener un piso con un buen terminado, ya sea con una fundición lisa y pintura epóxica de grado alimenticio o a su vez puede poseer porcelanato.

Además, es importante que la parte interna del piso contenga un desagüe, ya que al momento de conservar los alimentos se puede generar agua y esta debe ser drenada del área del interior del cuarto frío.

3.1.2.1 Selección del piso para el diseño de un cuarto frío

A continuación, en la tabla 3.2 se procederá a realizar la selección de la mejor alternativa en cuanto al piso que debe poseer un cuarto frío, teniendo como ponderaciones 5 el valor máximo y 1 el mínimo.

Tabla 3. 2: Características del tipo de pisos en cuartos fríos

Tipo de piso	Soportar temperaturas inferiores a 0 °C	Tiempo corto de preparación del piso	Costos económicos	Total
Cerámica porcelanato	5	5	5	15
Liso y pintura epóxica	5	4	4	13

En la tabla anterior, se observa que la mejor alternativa en cuanto a la preparación del piso de un cuarto frío es la cerámica o porcelanato, ya que por motivos de costos y tiempo de construcción es más rentable. Además, se tiene en cuenta que el porcelanato soporta grados de temperatura bajas, por lo que este material no llegaría a trisarse.

3.1.3 Forma de almacenamiento de quesos

A continuación, en la siguiente figura se observa el tipo de bandejas que utilizan para el almacenamiento de quesos en la microempresa de productos lácteos Don Pato, siendo estas de material plástico con dimensiones de 43 cm de largo, 31,5 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad.



Figura 3. 3: Bandejas plásticas [19].

Dichas bandejas plásticas son colocadas de forma vertical en un mueble de madera con la finalidad de que el producto no sea estropeado por estar uno sobre otro, en la siguiente figura se observan las dimensiones de los muebles adaptados para el almacenamiento de los quesos que se produce en la microempresa de productos lácteos Don Pato.

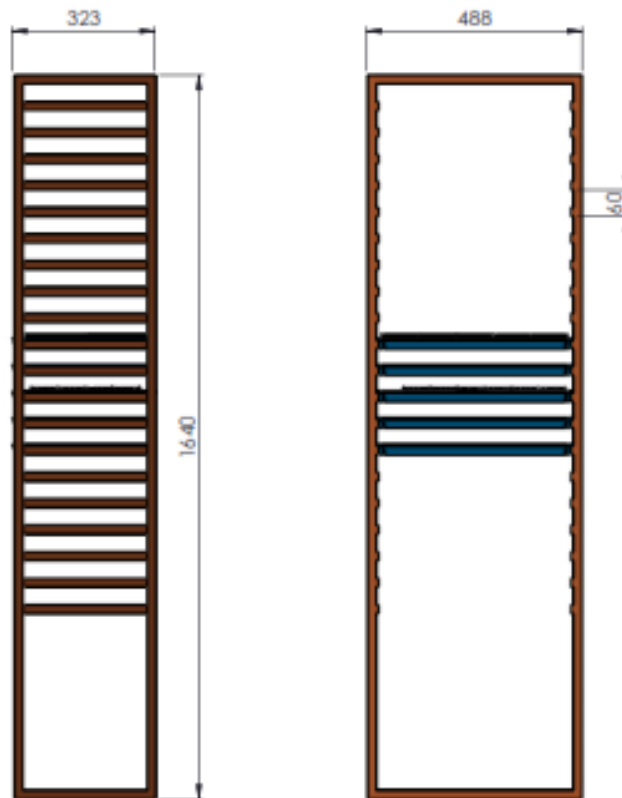


Figura 3. 4: Colocación de quesos en la estantería de madera.

3.1.3.1 Método para calcular el número de quesos por bandeja plástica

Para realizar el cálculo del número de quesos que podrían estar en una bandeja de las dimensiones mencionadas anteriormente en el literal 3.4, se hará uso de la ecuación del cálculo de áreas para figuras rectangulares y redondas.

A continuación, mediante la siguiente ecuación se procederá a calcular el área de los quesos que tengan la forma rectangular.

$$A_{\text{rectángulo}} = L1 \cdot L2 \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

$A_{\text{rectángulo}}$ = Área del queso de forma rectangular, (mm).

$L1$ = Lado 1 del queso, (mm).

$L2$ = Lado 2 del queso, (mm).

Mientras que, para realizar el cálculo del queso de forma redonda, se hará uso de la siguiente ecuación.

$$A_{\text{círculo}} = \pi \cdot r^2 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

$A_{\text{círculo}}$ = Área del queso de forma redonda, (mm).

r = Radio del queso, (mm).

Aplicando la ecuación 3.5, se determinará el número de quesos que ocuparía cada bandeja de los productos que fabrica la microempresa de productos lácteos Don Pato.

$$N_{\text{quesos}} = \frac{A_{\text{bandeja}}}{A_{\text{producto}}} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

N_{quesos} = Número de quesos por bandeja, (adimensional).

A_{bandeja} = Área de la bandeja, (adimensional).

A_{producto} = Área del producto, (adimensional).

Sin embargo, otra forma de realizar el cálculo de cuántos quesos podría abarcar una bandeja plástica de 43 cm de largo, 31,5 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad, es haciendo uso de un software CAD, ya que este nos permite dibujar de manera eficiente cualquier objeto en 3D.

A continuación, en la siguiente figura se observa la cantidad de quesos de acuerdo a la tabla 3.1 que podrían colocarse en la bandeja plástica.

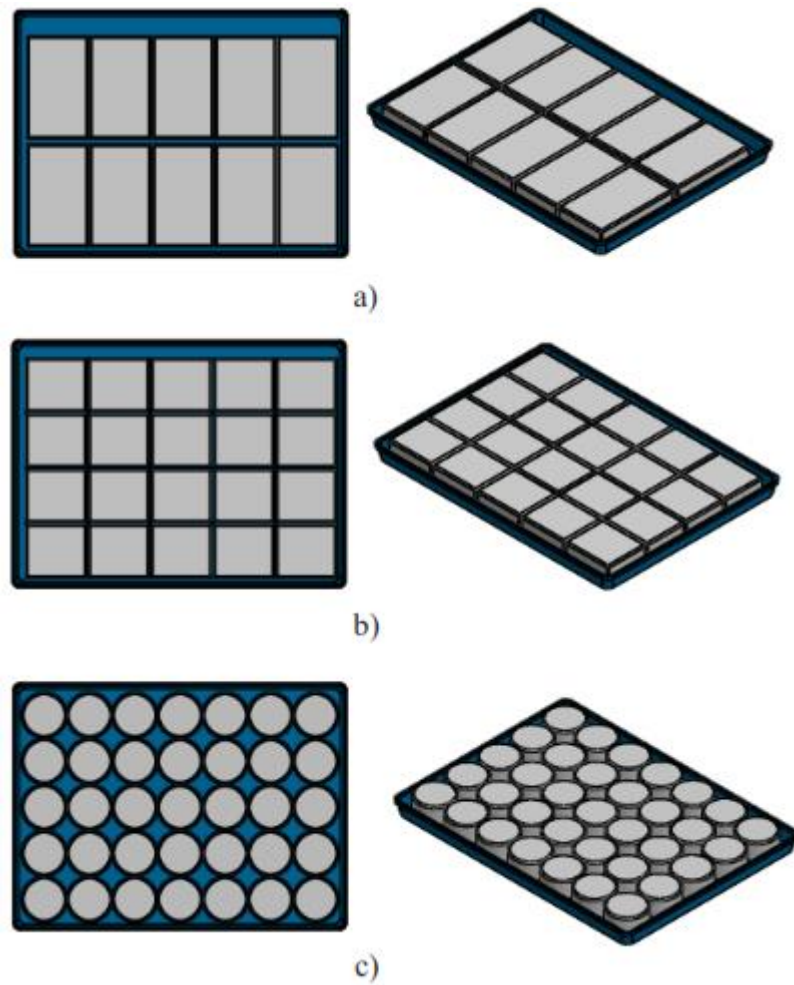


Figura 3. 5: a) Quesos grandes, b) Quesos medianos, c) Quesos redondos.

3.1.3.2 Método de cálculo de las estanterías de madera en la cámara frigorífica

Mediante el cálculo de áreas se procederá a determinar cuántas estanterías de madera ingresarán en la cámara frigorífica para la conservación de quesos, por lo que se hará uso de la siguiente ecuación.

$$A_{estantería} = L1 \cdot L2 \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Donde:

$A_{estantería}$ = Área de la estantería, (mm).

$L1e$ = Lado 1 estantería, (mm).

$L2e$ = Lado 2 estantería, (mm).

3.1.3.3 Método de cálculo del peso almacenado en la cámara frigorífica

A continuación, mediante la siguiente ecuación se calculará el peso total que va a tener cada estantería de acuerdo a los tres tipos de quesos que la microempresa de productos lácteos Don Pato produce como se observó anteriormente en la tabla 3.1.

$$W_{\text{estantería-llena}} = \left(\frac{A_{\text{bandeja}}}{A_{\text{producto}}} \cdot m_{\text{queso}} \right) \cdot N_{\text{bandejas}} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde:

$W_{\text{estantería-llena}}$ = Peso de la estantería llena, (kg).

m_{queso} = Masa de las clases de quesos, rectangular 1, 2 o circular, (adimensional).

A_{bandeja} = Área de la bandeja, (mm^2).

A_{producto} = Área del producto, (mm^2).

N_{bandejas} = Número de bandejas, (adimensional).

3.1.3.4 Distribución de las estanterías en la cámara frigorífica

La distribución adecuada para la cámara frigorífica dependerá de la cantidad en kg de queso que esta vaya almacenar, teniendo en cuenta que el espacio disponible para el diseño del cuarto frío es de $13,4 m^2$, también se tiene en cuenta que podrán ingresar dos personas.

3.1.4 Selección del material aislante

Se debe tener en cuenta que al momento de realizar el diseño de una cámara frigorífica es importante el material, ya que tiene que cumplir con algunas características técnicas tales como:

- Soporta temperaturas inferiores a 0°C .
- No debe generar humedad.
- No ser contaminante.
- Ser inocuo.
- Accesible en el mercado ecuatoriano.

A continuación, en la siguiente tabla se evaluarán los materiales que tienen las características mencionadas anteriormente. Para lo cual se realizará una ponderación del 1 al 5, siendo 5 el valor máximo y 1 el valor mínimo para su evaluación.

Tabla 3. 3: Características de materiales aislantes

Tipo de materiales	Soporta temperaturas inferiores	Aislante de ruido	No genera humedad	Costos económicos	Total
Lana de vidrio	4	4	5	4	17
Poliuretano	5	5	5	3	18
Poliestireno	4	4	4	5	17

En la tabla anterior, se observa que el mejor material aislante para el diseño de cámaras frigoríficas es el poliuretano con un total de 18, debido a sus características técnicas ya que es un buen aislante térmico el cual no genera humedad en su interior. Además, es un material inocuo el cual es indispensable para la conservación de quesos de acuerdo a las condiciones de la normativa NTE INEN 2829.

3.1.4.1 Método para calcular el espesor de las paredes del material aislante

Se debe calcular el espesor de las paredes del material aislante, ya que este es de importancia para que el interior de la cámara frigorífica se mantenga a una temperatura de conservación adecuada, dicha temperatura para quesos se observa en el Anexo I.

Sin embargo, existen otros parámetros que se debe tener en consideración al momento de calcular el espesor del material aislante, estos son la conductividad térmica de 0,028 W/m·K que en el anexo XXI encontramos la tabla completa. Y en la tabla 3.4 se observa los valores de los aislantes térmicos, y los coeficiente de convección interna y externa. [20]

Tabla 3. 4: Propiedades de aislantes térmicos [20].

Aislantes térmicos				
Material o producto	HE			
	P k/gm ³	λ W/m·K	C _p J/kg.K	μ
Espuma rígida de Poliuretano (PUR) o o poliisocianurato (PIR)	30 .60	0-028	.	60-150
Proyección con Hidrofluorcarbono HFC Proyección con dióxido de carbono	40 - 60	0,035-0,032	.	100 - 150

A continuación, en la tabla 3.5 se muestran los valores de coeficientes globales de transmisión de calor que es de 0,47 W/m²°K en una variación de temperatura.

Tabla 3. 5: Coeficientes globales de transmisión de calor [21]

COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR						
Δt	60 y mas	50	40	30	20	10
$U(kcal/m^2h^{\circ}C)$	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$U(W/m^2^{\circ}K)$	0,17	0,23	0,29	0,35	0,41	0,47

Mediante la siguiente ecuación, se podrá calcular el espesor del material aislante que en este caso es el poliuretano, dicho material es el que permitirá conservar la temperatura interna de la cámara frigorífica para los quesos que produce la microempresa de productos lácteos Don Pato. Además, se conoce que la humedad relativa de Latacunga en donde se está diseñando la cámara frigorífica es del 60%.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{ex}{k}} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

De la ecuación (3.8) se despejo el espesor del material aislante

$$ex = \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) \cdot k \quad \text{Ec. (3.8.1)}$$

Donde:

h_i = Coeficiente de convección interior de la cámara, $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K} \right)$.

h_e = Coeficiente de convección exterior de la cámara. $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K} \right)$.

ex = Espesor de los materiales aislantes y barrera antivapor, (mm).

k = Conductividad térmica de los materiales aislantes y barrera antivapor, (k).

U = Coeficiente global de transmisión de calor, $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K} \right)$.

3.1.4.2 Método para calcular el calor removido

Se deberá calcular el calor removido o retirado del queso en el instante que se encuentre dentro de la cámara frigorífica en la etapa de conservación, ya que es de importancia para a futuro realizar la selección de los equipos de refrigeración que en este caso son el evaporador, condensador y el compresor.

A continuación, mediante la siguiente ecuación se podrá calcular el calor removido del queso dentro de la cámara frigorífica.

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_f) \quad \text{Ec. (3.10)}$$

$$Q = m \cdot c_i \cdot (t_f - t_3) \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

Q = Calor removido, (kcal).

m = Masa del producto, (kg).

c = Calor específico del producto sobre una temperatura de congelamiento, (kcal/kg °C).

t_1 = Temperatura inicial, (°C).

t_2 = Temperatura más baja sobre congelamiento, (°C).

t_f = Temperatura de congelamiento, (°C).

c_i = Calor específico del producto bajo temperatura de congelamiento, (kcal/kg °C).

t_3 = Temperatura final bajo congelamiento, (°C).

3.1.5 Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración

Mediante la siguiente ecuación, se procederá a realizar el cálculo del aporte calorífico que tendrá el aire en el instante que se abra la puerta e ingrese a la cámara frigorífica en el momento de conservación de los quesos que produce la microempresa de productos lácteos Don Pato. Además, se tendrá en cuenta que el número de renovaciones al cuarto frío será de 8 cada día, según los autores nos dan como datos los valores de entalpías de ambientes internas y externas de la cámara.

$$Q = N \cdot \frac{V}{v_a} \cdot (h_a - h_f) \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Donde:

Q = Aporte calorífico, (kcal/h).

V = Volumen del interior de la cámara, (m^3).

N = Número de renovaciones por día, (adimensional).

v_a = Volumen específico del aire en condiciones ambientales exterior, ($\frac{m^3}{kg}$).

h_a = Entalpía el aire en las condiciones ambientales exteriores, (kcal/kg).

h_f = Entalpía el aire en las condiciones interiores de la cámara, (kcal/kg).

3.1.5.1 Capacidad total para la selección del equipo

Se refiere a la potencia que deberá poseer el equipo para conservar los quesos que se encuentren almacenados en la cámara frigorífica, por lo tanto, para realizar su cálculo es la sumatoria del calor removido, aporte calorífico y la potencia eléctrica que poseen las luminarias internas del cuarto frío.

Mediante la siguiente ecuación, se puede calcular la capacidad total que debe poseer el equipo para el cuarto frío, teniendo en cuenta que poseerá 2 focos de 100W.

$$Q_{evap} = Q_{removido} + Q_{aporte-calorífico} + Q_{lumínica} \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Donde:

Q_{evap} = Capacidad del evaporador, (kcal).

$Q_{removido}$ = Calor removido, (kcal).

$Q_{aporte-calorífico}$ = Aporte calorífico, (kcal).

$Q_{lumínica}$ = Carga lumínica, (kcal).

3.1.6 Selección del refrigerante

Como se mencionó en el capítulo anterior, existe una gama extensa de refrigerantes, entre los principales están el R134A el cual tiene aplicaciones en la parte de refrigeración doméstica en lo que respecta a refrigeradoras debido a sus propiedades físicas. Mientras que en la parte de refrigeración industrial los más empleados son el R409A y el R404A.

A continuación, en la siguiente tabla se realizará un análisis de selección de los refrigerantes industriales, teniendo como ponderación 5 el valor máximo y 1 el mínimo.

Tabla 3. 6: Características y evacuación de refrigerantes

Refrigerantes	No inflamable	Toxicidad baja	Soporta temperaturas elevadas	Comercialización	Costo económico	Total
R404A	5	5	4	5	5	24
R409A	5	5	5	4	4	23

En la tabla anterior, se realizó la evaluación de los refrigerantes más empleados en la parte de refrigeración industrial a nivel país, teniendo como resultados que el mejor para la aplicación de una cámara frigorífica de conservación de quesos es el R404A con un total de 24 puntos, ya que el mismo es comercial en el mercado ecuatoriano y posee costos económicos para su adquisición.

En el Anexo II, se observa el diagrama de Mollier el cual es de utilidad para determinar el ciclo de refrigeración, presiones y las entalpías del sistema de refrigeración con el refrigerante R404A [22].

3.1.6.1 Método para calcular las temperaturas de condensación y evaporación

Se tiene en cuenta que las temperaturas que se generan en la parte de condensación y evaporación son indicadores de importancia, ya que mediante las mismas se puede verificar si el equipo está trabajando correctamente o posee alguna falencia. Además, se notaría con facilidad cuál es el lado de baja y alta presión.

3.1.6.1.1 Temperatura de condensación

Mediante la siguiente ecuación se realiza el cálculo de la temperatura de condensación, teniendo en cuenta que la variación de temperatura recomendada es de 15°C, dicho valor será un indicador del equipo en el instante de trabajo.

$$T_{condensación} = T_{aire, bulbo seco} + \Delta T \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde:

$T_{condensación}$ = Temperatura de condensación, (°C).

$T_{aire,bulbo\ seco}$ = Temperatura ambiental, (°C).

ΔT = Variación de temperatura, (°C).

3.1.6.1.2 Temperatura de evaporación

A continuación, haciendo uso de la siguiente ecuación se podrá determinar cuál es la temperatura que se debe medir en el evaporador en el instante que el equipo se encuentre trabajando, recordando que este lado es el de baja presión.

$$T_{evaporación} = T_{almacenamiento} - \Delta T \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Donde:

$T_{evaporación}$ = Temperatura de evaporación, (°C).

$T_{almacenamiento}$ = Temperatura de almacenamiento, (°C).

ΔT = Temperatura de conservación, (°C).

3.1.7 Análisis termodinámico en el ciclo de refrigeración

Se sabe que cuando se habla de sistemas de cámaras frigoríficas, estas tendrán que ser analizadas su parte termodinámica, ya que se debe tener en cuenta el rendimiento, el trabajo específico interno del compresor, el calor cedido por el condensador, el absorbido por el evaporador y el coeficiente de desempeño.

Por lo tanto, haciendo uso de las siguientes ecuaciones se podrán calcular los parámetros mencionados anteriormente.

$$n_c = \frac{W_{isen}}{W_{real}} \quad \text{Ec. (3.16)}$$

Donde:

n_c = Rendimiento isotrópico del compresor.

W_{isen} = Trabajo ideal, (kJ/kg).

W_{real} = Trabajo real, (kJ/kg).

$$W_c = h_3 - h_2 \quad \text{Ec. (3.17)}$$

Donde:

W_c = Trabajo específico interno del compresor, (kJ/kg).

$h_3 - h_2$ = Entalpías del refrigerante, (kJ/kg).

$$|q_c| = h_4 - h_1 \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Donde:

q_c = Calor cedido por el condensador, (kJ/kg).

$h_4 - h_1$ = Entalpías del refrigerante, (kJ/kg).

$$|q_e| = h_2 - h_1 \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Donde:

q_e = Calor absorbido en el evaporador, (kJ/kg).

$h_2 - h_1$ = Entalpías del refrigerante, (kJ/kg).

Haciendo uso de la siguiente ecuación, se determinará el coeficiente de desempeño el cual es empleado para refrigerar un ambiente, teniendo en cuenta que el efecto útil es el calor extraído del lado frío.

$$COP = \frac{|q_e|}{W_c} \quad \text{Ec. (3.20)}$$

Donde:

COP = Coeficiente de desempeño, (adimensional).

q_c = Calor cedido por el condensador, (kJ/kg).

W_c = Trabajo específico interno del compresor, (kJ/kg).

3.1.8 Relación de compresión

Mediante la siguiente ecuación, se determinará la relación de compresión del sistema de refrigeración el cual es la potencia del condensador sobre la de evaporador.

$$r = \frac{P_{condensación}}{P_{evaporación}} \quad \text{Ec. (3.21)}$$

Donde:

r = Relación de compresión, (adimensional).

$P_{condensación}$ = Presión del condensador, (MPa).

$P_{evaporación}$ = Presión del evaporador, (MPa).

3.1.8.1 Flujo másico del refrigerante

A continuación, se determinará el flujo másico del refrigerante que circula por las tuberías del compresor de la cámara frigorífica para el almacenamiento de los quesos de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

$$m = \frac{Q_{evap}}{(h_4 - h_1)} \quad \text{Ec. (3.22)}$$

Donde:

m = Flujo másico del refrigerante, (adimensional).

Q_{evap} = Carga del evaporador, (kJ/kg).

$h_4 - h_1$ = Entalpías del refrigerante, (kJ/kg).

3.1.9 Potencia del compresor

Haciendo uso de la siguiente ecuación, se podrá determinar la potencia que necesita el compresor en el sistema de refrigeración, teniendo en cuenta que se refiere a la conservación de quesos.

$$P = \frac{m(h_2 - h_1)}{n_i \cdot n_m} \quad \text{Ec. (3.23)}$$

Donde:

P = Potencia del compresor, (kW).

H_2 = Entalpía a la salida del compresor, (kJ/kg).

n_i = Rendimiento indicado del compresor, (adimensional).

n_m = Rendimiento mecánica del compresor, (adimensional).

m = Flujo másico, (kg/h).

3.1.10 Calor rechazado por el condensador

Aplicando la siguiente ecuación se determinará el calor rechazado por el condensador, cabe recalcar que es la cantidad total de energía calorífica que se transfiere desde el lado frío al lado caliente.

$$Q_{cond} = m \cdot (h_3 - h_2) \quad \text{Ec. (3.24)}$$

Donde:

m = Flujo másico del refrigerante, (adimensional).

Q_{cond} = Carga del condensador, (kJ/kg).

$h_3 - h_2$ = Entalpías del refrigerante, (kJ/kg).

3.1.11 Selección de equipos de la cámara frigorífica

Se tiene en consideración que un cuarto frío consta de varios componentes para su funcionamiento, entre los principales son: el evaporador, condensador y compresor, dichos elementos son los encargados de recircular el gas refrigerante con la finalidad de generar el ciclo de refrigeración dentro de la cámara frigorífica.

3.1.12 Selección del evaporador

De acuerdo a los resultados que se obtengan aplicando la ecuación del literal 3.1.5.1, se determinará la capacidad que debe tener el evaporador para el almacenamiento de 508 kg de quesos en la forma rectangular y redonda que la microempresa de productos lácteos Don Pato produce.

Además, para realizar la selección del evaporador se utilizarán ponderaciones del 5 al 1, siendo 5 el valor máximo y 1 el mínimo, en la siguiente tabla se observan los parámetros a evaluar en los distintos tipos de evaporadores.

Tabla 3. 7: Selección del evaporador

Equipos	Mantenimiento fácil	Instalación fácil	Carga de refrigerante	Accesibilidad en el mercado ecuatoriano	Costos económicos	Total
Evaporador cúbico de equipos compactos	5	5	5	5	5	25
Evaporador cúbico de equipos split	4	4	4	5	4	21

En la tabla anterior, se observa que el evaporador cúbico de equipos compactos posee una ponderación de 25, lo que significa que es el más apropiado al momento de diseñar la cámara frigorífica para el almacenamiento de quesos en la microempresa de productos lácteos Don Pato, dicho equipo tiene mayores características que los de tipo Split, ya que son más fáciles de realizar su instalación y mantenimiento.

Además, dichos equipos son de fácil acceso en el mercado ecuatoriano, ya que en empresas como Megafrio, Equiproin y Clima Power se puede encontrar los equipos para realizar cámaras frigoríficas.

3.1.12.1 Selección del condensador

Haciendo uso de las ecuaciones que se observó anteriormente en el literal 3.1.7, y literal 3.1.10 se determinará la capacidad que debe tener el condensador para almacenar 508 kg de queso. Además, se tiene en cuenta que el condensador es en donde se comprime el refrigerante por lo que se presentan en el mismo presiones y temperaturas elevadas.

A continuación, en la tabla 3.8 se observan los parámetros a ser evaluados para la selección del condensador, teniendo como ponderaciones del 1 al 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo.

Tabla 3. 8: Selección del condensador

Equipos	Vida útil larga	Instalación fácil	Carga de refrigerante	Accesibilidad en el mercado ecuatoriano	Costos económicos	Total
Condensador de equipos compactos	5	5	5	5	5	25
Condensador de equipos Split	5	4	4	5	4	22

La tabla 3.8, muestra que el condensador de equipos compactos posee una ponderación de 25, siendo este superior al de Split, dicho equipo posee mayores características como fácil instalación, accesibilidad en el mercado ecuatoriano, carga de refrigerante fácil, ya que dicho equipo posee una válvula la cual debe ser ponchada y automáticamente circularía el mismo.

Sin embargo, se conoce que dichos equipos se los puede conseguir con los proveedores Megafrio, Equiproin y Clima Power que se encuentran ubicados en la ciudad de Quito, los cuales se dedican netamente a realizar climatización, cuartos fríos y aire acondicionado.

3.1.12.2 Selección del compresor

De acuerdo a la selección que se mencionó anteriormente en cuanto al evaporador y al condensador se emplearon equipos de carácter compacto por sus características como fácil mantenimiento e instalación, comercialización en el país y sus costos, de acuerdo a eso se conoce que el compresor que viene para dichos equipos es uno hermético el cual trabaja a bajas, medianas y altas presiones.

Sin embargo, para determinar su potencia es necesario hacer uso de la ecuación que se mencionó anteriormente en el literal 3.1.9, ya que esta está relacionada con las entalpías del refrigerante que circulará por el mismo, la eficiencia y la masa del queso a ser almacenado.

3.1.13 Modelado del cuarto frío

Para el diseño mecánico en la actualidad, se pueden utilizar múltiples softwares que brindan ventajas como: diseño de piezas mecánicas, ensamblajes de las mismas y de máquinas complejas, realización de planos, etc. En función de lo anterior se realizará el diseño de la cámara frigorífica para la microempresa de productos lácteos Don Pato, para lo cual se deberá realizar la selección de un software apropiado.

3.1.13.1 Análisis del comportamiento termodinámico del cuarto frío

En la actualidad, en la ingeniería es muy importante el análisis mediante CAE, debido a que por medio de ello se analiza el comportamiento interno de la cámara frigorífica, por lo que tiene la gran ventaja de realizar el estudio anticipado de varios procesos mecánicos y termodinámicos, además nos facilita la no realización de prototipos físicos, lo que significa que no se hicieran gastos innecesarios de materia prima para su construcción, también permite la sencillez en la etapa de diseño, sin olvidar que también es muy necesaria y útil el cálculo matemático de cualquier componente a ser analizado.

Por lo tanto, se necesitará realizar la selección de un software apropiado para la simulación de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato, ya que mediante el mismo se obtendrán resultados cercanos a la realidad.

3.1.14 Diseño detallado de la cámara frigorífica

Para el diseño de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato, se realizarán los cálculos correspondientes en cuanto a las capacidades caloríficas y termodinámicas del sistema. También se hará la selección de los componentes principales, los cuales son el evaporador, condensador y compresor, teniendo en cuenta el tipo de refrigerante que estos usan, ya que no deben ser perjudiciales para la salud del ser humano.

Sin embargo, para realizar el modelado en 3D se empleará un software CAD, ya que estos son empleados en la parte de ingeniería por su gran eficiencia en el desarrollo de piezas isométricas, procesos, etc. Además, dichos software permiten la elaboración de planos mediante la normativa INEN de dibujo técnico del país.

Además, dicha cámara frigorífica será analizada virtualmente mediante un software CAE por lo que se apreciará el comportamiento que esta tendrá al momento de realizar la conservación de los quesos en su parte interna, ya que se visualizarán las temperaturas que se producen en la misma.

3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.2.1 Dimensiones y forma de los quesos

La microempresa de productos lácteos Don Pato cuenta con tres tipos de quesos los cuales son los de forma rectangular y redonda, en la tabla 3.1 se observan las dimensiones y pesos de dichos productos.

Tabla 3.1: Dimensiones medidas de quesos en campo

Dimensiones medidas de quesos		
Forma	Dimensiones (cm)	Peso (gramos)
Rectangular 1	8·7·3	130
Rectangular 2	8·13,5·3	500
Redonda	Diam = 6 t = 3	130

A continuación, mediante el uso de la ecuación 3.1 nombrada en el capítulo anterior se podrá validar el peso del producto, teniendo en cuenta que la densidad de la leche que es la materia prima con la cual se fabrica el queso es de $1,033 \text{ g/cm}^3$.

En la siguiente tabla, se observan los valores del peso calculado de los quesos, teniendo en cuenta que son similares. Además, en el Anexo III se muestra el desarrollo matemático correspondiente.

Tabla 3.2: Pesos de quesos calculados matemáticamente

Forma	Dimensiones (cm)	Ecuación	Peso (gramos)
Rectangular 1	8·7·3	(3.1)	173,54
Rectangular 2	8·13,5·3	(3.1)	334,69
Redonda	Diam = 6 t = 3	(3.1)	87,62

3.2.2 Área de la cámara frigorífica

De acuerdo a la inspección realizada el espacio para la cámara frigorífica se mostró en el capítulo anterior en la figura 3.2, la cual posee dimensiones de 8·3,35 m, sin tomar en cuenta que en dicha área está colocado una selladora de plástico para quesos, por lo tanto, para efectuar dicho cálculo se tomará en consideración una longitud máxima de 4 m, por lo que se hará uso de la ecuación 3.2 mencionada anteriormente.

En la tabla 3.3, se observa el resultado en cuanto al área que deberá ocupar la cámara frigorífica en la microempresa de lácteos Don Pato. Además, en el Anexo IV se observa el desarrollo matemático de dicha ecuación.

Tabla 3.3: Área calculada de la cámara frigorífica

Descripción	Ecuación	Resultado
Área de la cámara frigorífica	(3.2)	$A = 13400000 \text{ mm}^2$ $A = 13,4 \text{ m}^2$

3.2.3 Características del piso para la cámara frigorífica

De acuerdo a lo mencionado anteriormente en el capítulo anterior, se determinó que el piso a utilizarse en el diseño de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato es de cerámica o porcelanato debido a sus ventajas tales como: soporta temperaturas bajas sin que este se trice y costos.

Además, se conoce que dicho piso se encuentra actualmente implementado en la microempresa de lácteos Don Pato, en el Anexo V se observan las características técnicas de la cerámica.

3.2.4 Capacidad de quesos en el cuarto frío

Mediante la visita técnica que se realizó a la microempresa de productos lácteos Don Pato, se determinó que la forma de almacenamiento de los quesos se la hacen mediante el uso de bandejas plásticas de 43 cm de largo, 31,5 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad. Por lo que se realizará el cálculo pertinente para determinar la capacidad de quesos en el cuarto frío, también conocer cuánto de producto contendrán cada bandeja, para lo cual se utilizará la ecuación mencionada en el capítulo anterior.

En la siguiente tabla, se observan los valores del número de quesos de las diferentes formas que pueden estar en la bandeja plástica.

Tabla 3.4: Número de quesos por bandeja y áreas del producto

Descripción	Ecuación	Resultados matemáticos	Resultados por software
Área de la bandeja	(3.3)	$A_{bandeja} = 1354,5 \text{ cm}^2$	$A_{bandeja} = 1354,5 \text{ cm}^2$
Área del queso 1	(3.3)	$A_{\text{rectángulo}1} = 56 \text{ cm}^2$	$A_{\text{rectángulo}1} = 56 \text{ cm}^2$
Área del queso 2	(3.3)	$A_{\text{rectángulo}2} = 108 \text{ cm}^2$	$A_{\text{rectángulo}2} = 108 \text{ cm}^2$
Área del queso 3	(3.4)	$A_{\text{círculo}} = 28,27 \text{ cm}^2$	$A_{\text{círculo}} = 28,27 \text{ cm}^2$
Número de quesos 1 por bandeja	(3.5)	$N_{quesos\ 1} = 24,18$	$N_{quesos\ 1} = 20$
Número de quesos 2 por bandeja	(3.5)	$N_{quesos\ 2} = 12,54$	$N_{quesos\ 2} = 10$
Número de quesos 3 por bandeja	(3.5)	$N_{quesos\ 3} = 36,62$	$N_{quesos\ 3} = 35$

En la tabla anterior, se observan que los resultados obtenidos matemáticamente y mediante el uso de un software posee valores semejantes, por lo que en la figura 3.5 del capítulo anterior se muestra la distribución apropiada del producto en la bandeja, mientras que en el Anexo VI, se indica el desarrollo de las ecuaciones.

3.2.4.1 Producto almacenado en la cámara frigorífica

Se conoce que los quesos son clasificados en bandejas plásticas, las cuales son ordenadas en estanterías de madera que la microempresa de productos lácteos Don Pato dispone, las medidas de las mismas se las observó anteriormente en la figura 3.4.

A continuación, se procederá a realizar el cálculo matemático del área de las estanterías, debido a que estas tienen que ser distribuidas en la cámara frigorífica y el peso que poseerá cada

estantería con los distintos productos, por lo que se emplearán las ecuaciones 3.6 y 3.7 mencionadas en el capítulo anterior.

La tabla 3.5, muestra los valores del peso total de cada producto que fabrica la microempresa de lácteos Don Pato, en el instante que estas se encuentran en las estanterías de madera.

Tabla 3.5: Pesos de productos en estanterías

Descripción	Ecuación	Resultados matemáticos
Área de la estantería	(3.6)	$A_{bandeja} = 1354,5 \text{ cm}^2$
Peso del producto 1 en la estantería	(3.7)	$W_{estantería-llena-queso 1} = 26000 \text{ g}$ $W_{estantería-llena-queso 1} = 26 \text{ kg}$
Peso del producto 2 en la estantería	(3.7)	$W_{estantería-llena-queso 2} = 50000 \text{ g}$ $W_{estantería-llena-queso 2} = 50 \text{ kg}$
Peso del producto 3 en la estantería	(3.7)	$W_{estantería-llena-queso 3} = 45500 \text{ g}$ $W_{estantería-llena-queso 3} = 45,50 \text{ kg}$

En el Anexo VII, se puede observar el desarrollo matemático para obtener los resultados de la tabla 3.5.

3.2.4.2 Distribución de las estanterías en la cámara frigorífica

La distribución adecuada para la cámara frigorífica dependerá de la cantidad en kg de queso que esta vaya almacenar, teniendo en cuenta que el espacio disponible para el diseño del cuarto frío es de $13,4 \text{ m}^2$, también se tiene en cuenta que podrán ingresar dos personas.

A continuación, en la figura 3.1 se observa la distribución que tendrá el producto dentro de la cámara frigorífica.

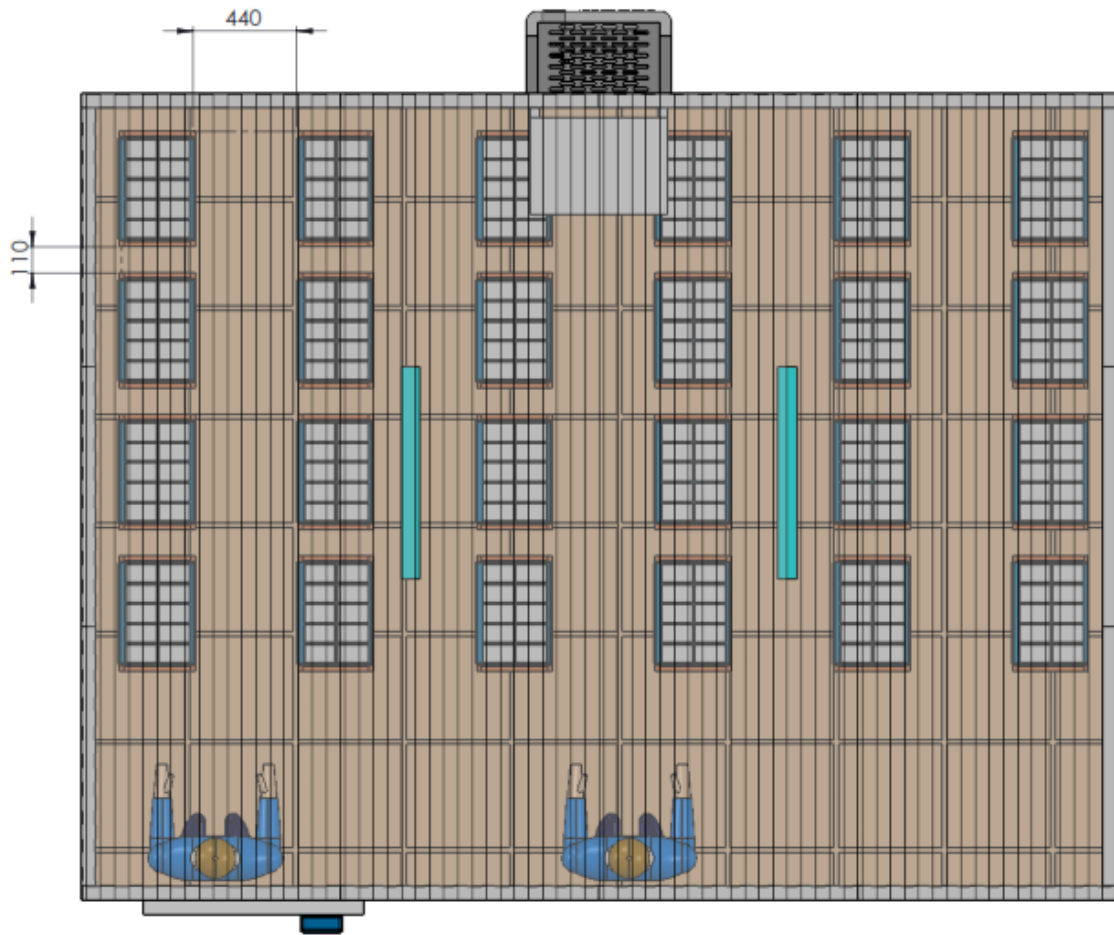


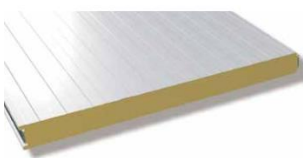
Figura 3.1: Distribución de quesos en la cámara frigorífica.

3.2.5 Material aislante para la cámara frigorífica

De acuerdo a la tabla 2.3 mencionada en el capítulo anterior, se observó que el mejor material aislante es el poliuretano debido a sus características técnicas. Además, dicho material cumple con las condiciones para la conservación de quesos de acuerdo a la normativa NTE INEN 2829.

En la siguiente tabla, se observa las características que debe tener la pared de poliuretano en la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato, por lo que para su cálculo se emplea la ecuación 3.8 mencionada en el capítulo de la metodología.

Tabla 3.6: Características de poliuretano

 <p>Figura 3. 1: Poliuretano</p>	Material	Poliuretano
	Ecuación aplicada	(3.8)
	Espesor	60 mm
	Ancho útil	1100 mm
	Referencia	Anexo VIII

En el Anexo IX, se observa el cálculo matemático que se debe realizar para determinar el espesor necesario de la cámara frigorífica.

3.2.6 Temperatura exterior de la cámara frigorífica.

En la siguiente figura, se puede observar las temperaturas que se generan en la provincia de Cotopaxi ciudad de Latacunga en la parroquia de San Buenaventura, en la cual fue diseñada la cámara frigorífica. Por lo tanto, en la interpretación gráfica se aprecia que tiene un máximo de 16,50 °C y un mínimo de 15,10 °C con un promedio de 15,50 °C dicho análisis se realizó el jueves 25 de agosto de 2022.

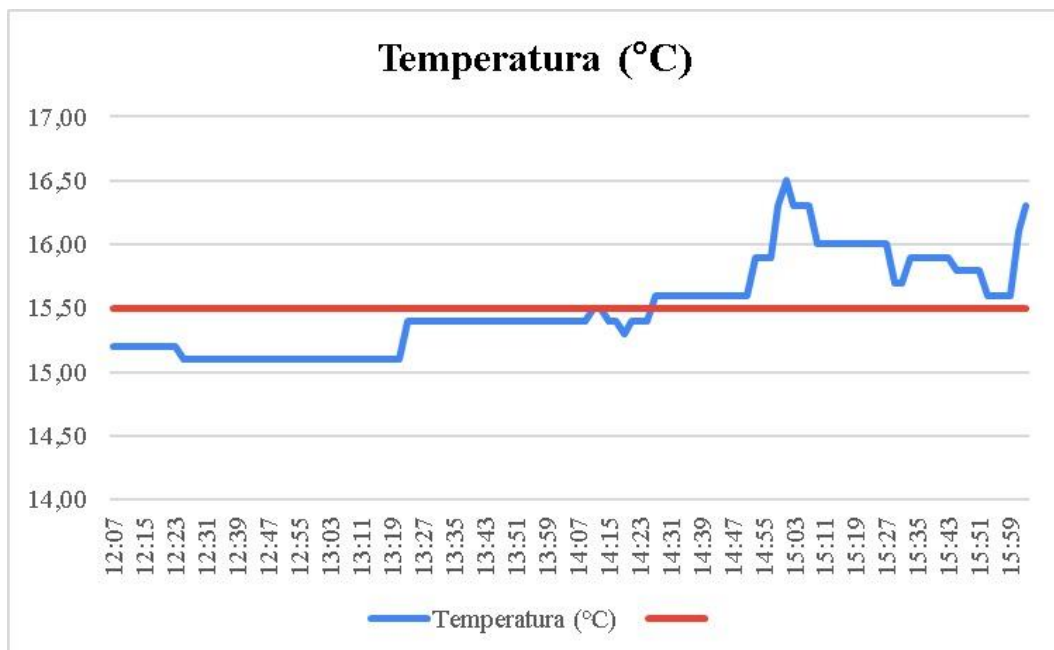


Figura 3. 2: Gráfica de temperatura exterior de la cámara frigorífica.

3.2.7 Calor removido del queso

Para determinar el calor removido en el proceso de conservación del queso se emplearon las ecuaciones del literal 3.5.2, por lo que se conoce que la temperatura adecuada es de 0 a 4 °C para obtener un producto adecuado.

A continuación, en la siguiente tabla se observan los resultados del calor removido en una producción de 508 kg de queso, ya que el diseño está diseñado para el doble de la producción de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

Tabla 3.7: Calor removido de la producción de quesos

Descripción	Ecuación	Resultados matemáticos
Calor removido a temperatura ambiente, proyección a 508 kg	(3.9)	$Q_{100\%} = 7620 \text{ kcal}$
Calor removido a temperatura de conservación, proyección a 508 kg	(3.10)	$Q_{100\%} = 6477 \text{ kcal}$
Calor removido a temperatura de 0, proyección a 508 kg	(3.11)	$Q_{100\%} = 4480,56 \text{ kcal}$

En el Anexo X, se observa el procedimiento del respectivo cálculo para determinar el calor removido de los quesos que se encontraran al interior de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

3.2.8 Aporte calorífico debido al aire infiltrado en la cámara frigorífica

El aporte calorífico que tendrá el aire en el instante que se abra la puerta e ingrese a la cámara frigorífica se determinará mediante el uso de la ecuación 3.12 que se detalló en el capítulo anterior. Además, en la siguiente tabla se observa su resultado, teniendo en cuenta que se deberá ingresar máximo 8 veces por día a la misma, con una duración total de 2 horas de apertura.

Tabla 3.8: Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración

Descripción	Ecuación	Resultado
Aporte calorífico debido al aire infiltrado en la cámara frigorífica	(3.12)	$Q = 1313,64 \text{ kcal}$ $Q = 54,735 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

Los cálculos realizados para obtener el valor del aporte calorífico se pueden observar en el Anexo XI.

3.2.9 Capacidad del evaporador de la cámara frigorífica

A continuación, se determinará la capacidad total que debe tener el evaporador en el instante de trabajo, para lo cual se aplicó la ecuación 3.13. Por lo tanto, en la siguiente tabla se observa el resultado para el diseño de la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que en su interior contendrá 2 focos de 100W.

Tabla 3.9: Capacidad del evaporador

Descripción	Ecuación	Resultado
Capacidad del evaporador	(3.13)	$Q_{evap} = 3981,32 \frac{kcal}{h}$ $Q_{evap} = 15766,03 \frac{BTU}{h}$ $Q_{evap} = 4,62 \text{ KW}$

En el Anexo XII, se observa el desarrollo de los cálculos matemáticos correspondientes a la capacidad del evaporador y de la luminaria.

3.2.10 Refrigerante para el diseño de la cámara frigorífica

De acuerdo a la tabla 2.6 mencionada en el capítulo anterior se determinó que el refrigerante que se emplean en equipos industriales es el R404A por sus características, ya que este no contamina el medio ambiente, no es tóxico y es de fácil comercialización en el país como por ejemplo en distribuidores como Megafrio, Equiproin y Clima Power. Además, dicho refrigerante puede generar temperaturas inferiores hasta los -25 °C.

En la tabla 3.10, se observan las características que posee el refrigerante R404A, también en el Anexo XIII, detalla de mejor manera al mismo.

Tabla 3.10: Características del refrigerante R404A

 <p>Figura 3. 2:Refrigerante R404A</p>	Refrigerante	R404A
	Aplicaciones	Instalaciones para bajas y medianas temperaturas.
	Tipo	HFC
	Toxicidad	Baja
	Referencia	Anexo XIII

En la siguiente tabla, se indican los valores de presiones y entalpías que se generan en el ciclo del refrigerante R404A, por lo que se emplea el diagrama de Mollier que se encuentra en el Anexo II.

Tabla 3.11: Resultados de presiones y entalpías

Descripción	Resultado
Entalpía 1	$H1 = 130 \text{ kJ/kg}$
Entalpía 2	$H2 = 270 \text{ kJ/kg}$
Entalpía 3	$H3 = 295 \text{ kJ/kg}$
Presión de alta	$P_{alta} = 115 \text{ Bar}$ $P_{alta} = 11,5 \text{ MPa}$
Presión de baja	$P_{baja} = 70 \text{ Bar}$ $P_{baja} = 7 \text{ MPa}$

3.2.10.1 Temperaturas de condensación y evaporación

Aplicando la ecuación 3.14, se determinará la temperatura de condensación que se producirá en la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato, teniendo en cuenta que la variación de temperatura recomendada es de 15 °C, dicho valor será un indicador del equipo en el instante de trabajo.

Mientras que para el cálculo de la temperatura de evaporación se utilizara la ecuación 3.15 mencionada en el capítulo anterior.

En la siguiente tabla, se observan los resultados en cuanto a las temperaturas de condensación y evaporación que se producirá en el diseño de la cámara frigorífica.

Tabla 3.12: Temperaturas de condensación y evaporación

Descripción	Ecuación	Resultado
Temperatura de condensación	(3.14)	$T_{condensación} = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de evaporación	(3.15)	$T_{evaporación} = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$

El desarrollo matemático de dichas ecuaciones, se las observa en el Anexo XIV correspondiente a la hoja de cálculo.

3.2.11 Análisis termodinámico en la cámara frigorífica

A continuación, se determinó el rendimiento isotrópico, el trabajo específico interno del compresor, calor cedido por el condensador, calor absorbido en el evaporador y el coeficiente de desempeño, para lo cual se emplearon las ecuaciones del capítulo anterior de metodología del literal 3.7. Además, para dicho cálculo se emplearán los resultados de entalpías de la tabla 3.10.

La tabla 3.13, muestra los resultados mencionados en cuanto al análisis termodinámico que se producirá en la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

Tabla 3.13: Resultados termodinámicos

Descripción	Ecuación	Resultado
Rendimiento isotrópico del compresor	(3.16)	$n_c = 84,84\%$
Trabajo específico interno del compresor	(3.17)	$W_c = 25\text{ kJ/kg}$
Calor cedido por el condensador	(3.18)	$ q_c = 165\text{ kJ/kg}$
Calor absorbido en el evaporador	(3.19)	$ q_e = 140\text{ kJ/kg}$
Coeficiente de desempeño	(3.20)	$COP = 6,6$

En el Anexo XV, se observa detalladamente el desarrollo matemático empleado en cada ecuación para determinar los resultados obtenidos en la tabla 3.13.

3.2.11.1 Relación de compresión de la cámara frigorífica

Haciendo uso de la ecuación 3.21, mencionada en el capítulo anterior se determinó el valor de la relación de compresión del diseño de la cámara frigorífica para la microempresa de productos lácteos Don Pato. A continuación, en la siguiente tabla se observa su respectivo resultado.

Tabla 3.14: Resultados de relación de compresión

Descripción	Ecuación	Resultado
Relación de compresión	(3.21)	$r = 1,64$

En el Anexo XVI, se observa el desarrollo matemático aplicando la ecuación 3.21 mencionada anteriormente.

3.2.11.2 Flujo másico del refrigerante R404A

A continuación, se determinará el flujo másico del refrigerante que circula por las tuberías del compresor de la cámara frigorífica para el almacenamiento de los quesos de la microempresa de productos lácteos Don Pato. Además, el desarrollo matemático se observa en el Anexo XVII.

La tabla siguiente, muestra el resultado del flujo másico del refrigerante haciendo uso de la ecuación 3.22.

Tabla 3.15: Resultados de relación de compresión

Descripción	Ecuación	Resultado
Flujo másico del refrigerante	(3.22)	$m = 24,13 \text{ kg/h}$

3.2.11.3 Potencia del compresor para la cámara frigorífica

Haciendo uso de la ecuación 3.23, se podrá determinar la potencia que necesita el compresor en el sistema de refrigeración, teniendo en cuenta que se refiere a la conservación de quesos. Por lo tanto, la tabla 3.16 muestra el resultado que deberá poseer el compresor.

Tabla 3.16: Potencia del compresor para la cámara frigorífica

Descripción	Ecuación	Resultado
Potencia del compresor	(3.23)	$P = 1,299 \text{ kW}$

El desarrollo matemático para determinar el cálculo de la potencia del compresor, se lo puede observar en el Anexo XVIII.

3.2.11.4 Calor rechazado por el condensador de la cámara frigorífica

Aplicando la ecuación 3.24 del capítulo anterior, se determinará el calor rechazado por el condensador, cabe recalcar que es la cantidad total de energía calorífica que se transfiere desde el lado frío al lado caliente.

La tabla siguiente muestra el resultado del calor rechazado por el condensador. Dicho resultado se encuentra desarrollado matemáticamente en el Anexo XIX.

Tabla 3.17: Calor rechazado por el condensador

Descripción	Ecuación	Resultado
Calor rechazado por el condensador	(3.24)	$Q_{cond} = 573,08 \text{ BTU/h}$ $Q_{cond} = 0,17 \text{ kW}$

3.2.12 Componentes de la cámara frigorífica

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se conoce que la cámara frigorífica contará con un evaporador, un condensador y un compresor mismos que se encontrarán en un equipo compacto como se especificó en las tablas 3.7 y 3.8.

Tabla 3.18: Componentes seleccionados

Equipo	Características
Compresor	1,29 kW
Evaporador	15766,03 BTU/h
Condensador	573,08 BTU/h
Refrigerante	R404A
Material aislante	Poliuretano de 60 mm de espesor

En el Anexo XX, se puede observar las características técnicas del equipo que se adapta a los requerimientos del diseño para la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que el proveedor que dispone del equipo es Megafrio.

3.2.13 Modelado del cuarto frío en software CAD

Mediante el uso de un software CAD, como en este caso de SolidWork versión estudiantil, se realizó el modelado de la cámara frigorífica para la microempresa de productos lácteos Don

Pato, ya que dicho programa cuenta con varias ventajas tales como: un entorno amigable para el usuario, posee variedad de herramientas de dibujo, fácil acceso entre otras. Además, en el Anexo XXI, se podrá observar el modelado en 3D con sus respectivas vistas y dimensiones.

3.2.14 Análisis termodinámico en la cámara frigorífica

Mediante la aplicación de un software CAE se realizó el análisis de fluidos para determinar el comportamiento de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato. Por lo tanto, se analizaron cuatro posibles soluciones con la finalidad de determinar cuál es la mejor posición del equipo de refrigeración.

3.2.14.1 Análisis con el equipo ubicado en la parte central y al frente de la puerta

Como se observa en la siguiente figura, la ubicación del equipo es en la parte frontal con referencia a la puerta y en la mitad de la cámara frigorífica, para dicha simulación se determinó que tiene como parámetro de frontera una velocidad del aire de 1 m/s y 4 °C de temperatura para que se conserve el queso correctamente.

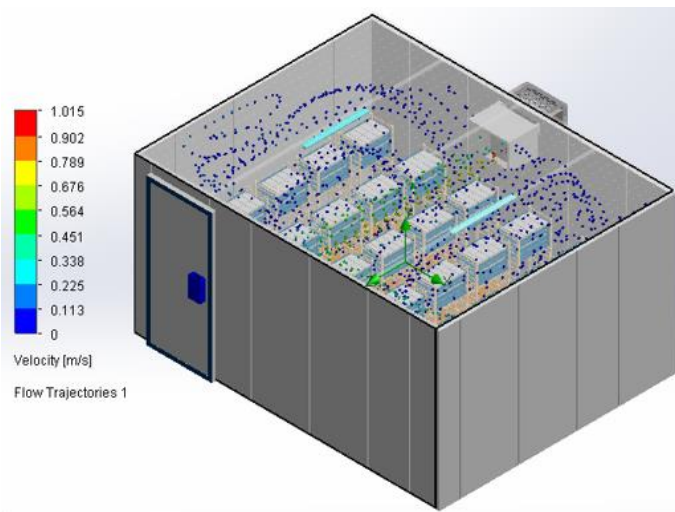


Figura 3.3: Ubicación del equipo y colocación de parámetros de frontera.

A continuación, en la siguiente figura se observan los resultados obtenidos mediante la simulación en el software CAE, en cuanto a velocidad y temperatura en el interior de la cámara, teniendo en cuenta que se está analizando en los respectivos planos para visualizar su comportamiento.

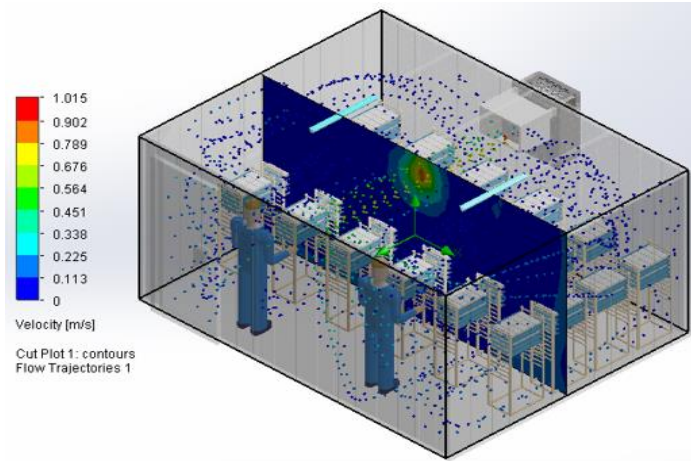


Figura 3.4: Resultados de velocidad en el plano XY.

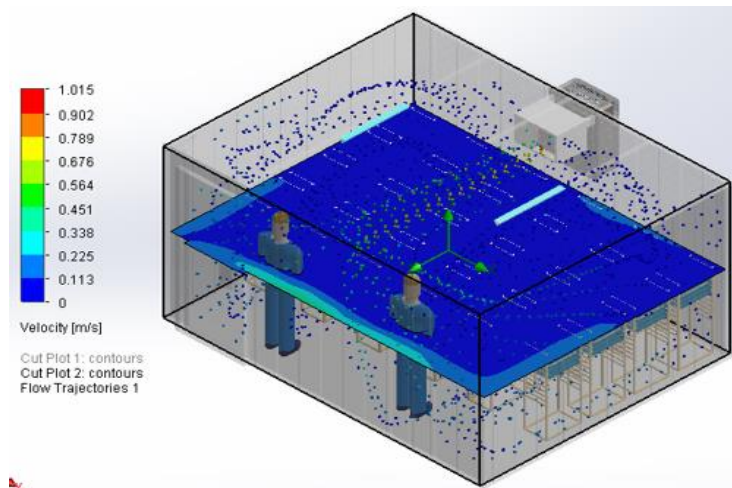


Figura 3.5: Resultados de velocidad en el plano XZ.

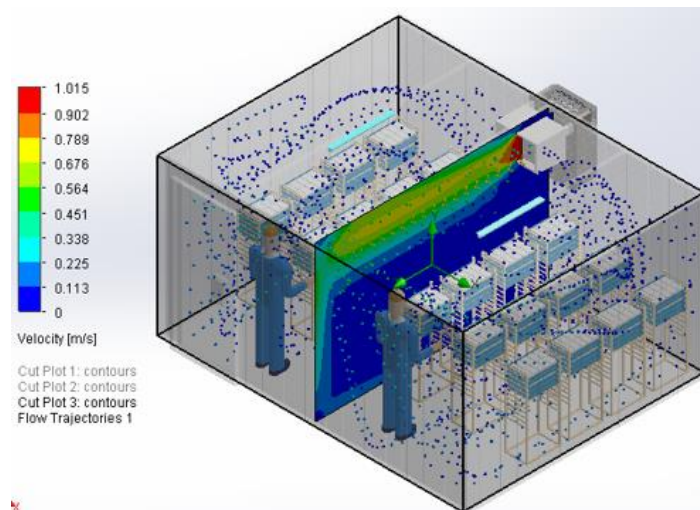


Figura 3.6: Resultados de velocidad en el plano YZ.

En las figuras 3.3 a la 3.5, se observa que la velocidad que sale del núcleo del evaporador es de 1.015 m/s, teniendo en cuenta que por el resto de la cámara frigorífica se estabilizará con una velocidad de 0.113 m/s.

Además, se obtuvieron los resultados en cuanto a la temperatura que se distribuye por toda la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que debe tener un valor de 4°C para lograr una conservación adecuada, las siguientes figuras muestran el comportamiento interno.

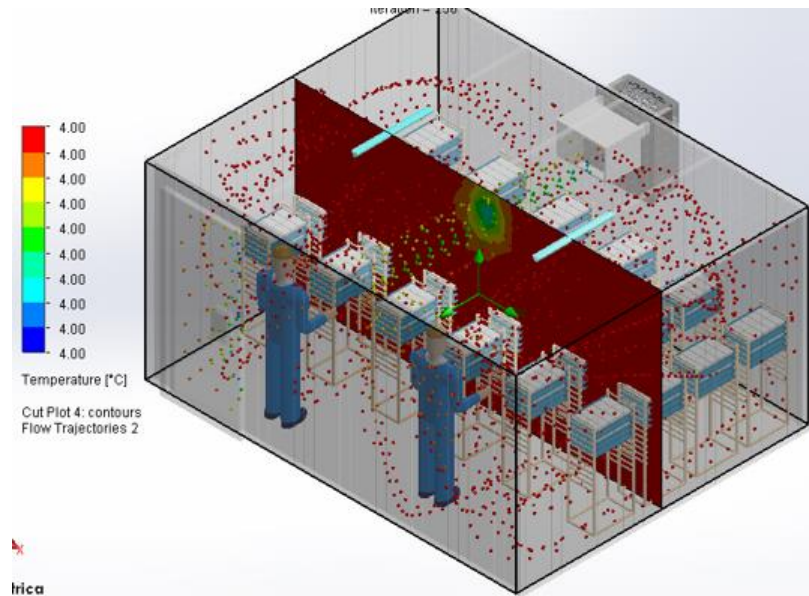


Figura 3.7: Resultados de temperatura en el plano XY.

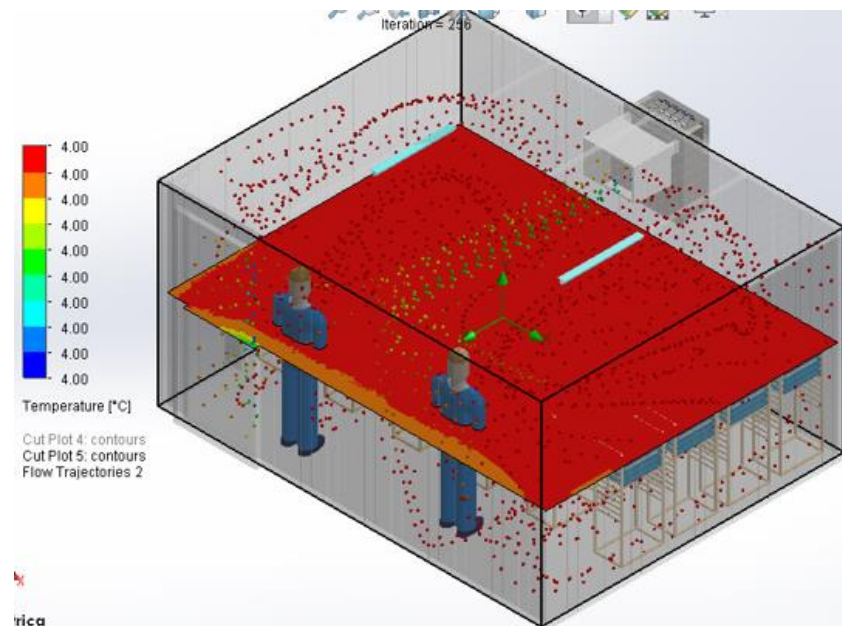


Figura 3.8: Resultados de temperatura en el plano XZ.

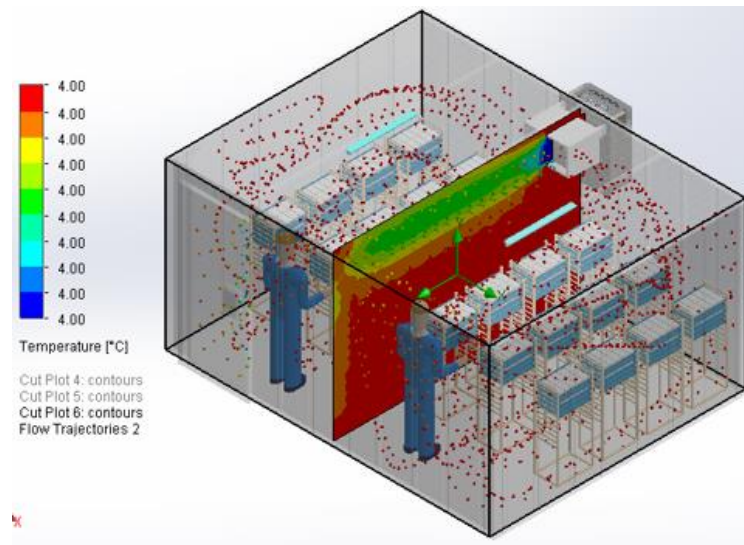


Figura 3.9: Resultados de temperatura en el plano YZ.

En las figuras anteriores, se observa que la temperatura que sale del evaporador es de 4 °C, misma que es la recomendable para la conservación de los quesos. Pero la estabilidad de toda la cámara frigorífica es de 4.0005 °C teniendo en cuenta que estaría en un rango correcto.

3.2.14.2 Análisis con el equipo ubicado en el lado izquierdo de la puerta

Se realizó una nueva ubicación de equipo de refrigeración en la cámara frigorífica la cual se observa en la siguiente figura, teniendo en cuenta que se emplearán los mismos parámetros de frontera para realizar su análisis. Dicho equipo será analizado en diferentes planos con la finalidad de observar su comportamiento interno en el instante que se encuentre trabajando.

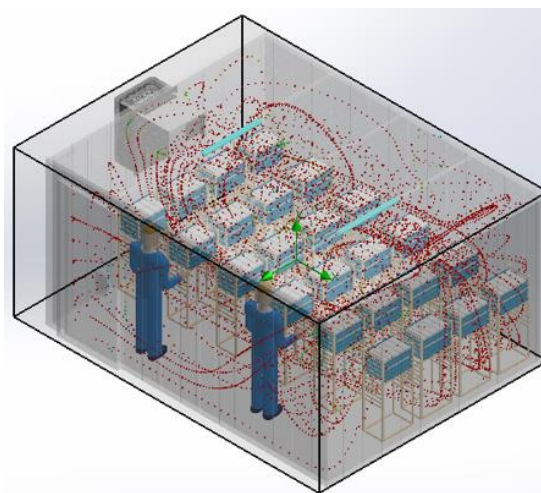


Figura 3.10: Ubicación 2 del equipo de refrigeración.

En la siguiente figura, se observará el comportamiento interno de la cámara de refrigeración en cuanto a la velocidad de 1 m/s a la salida del evaporador.

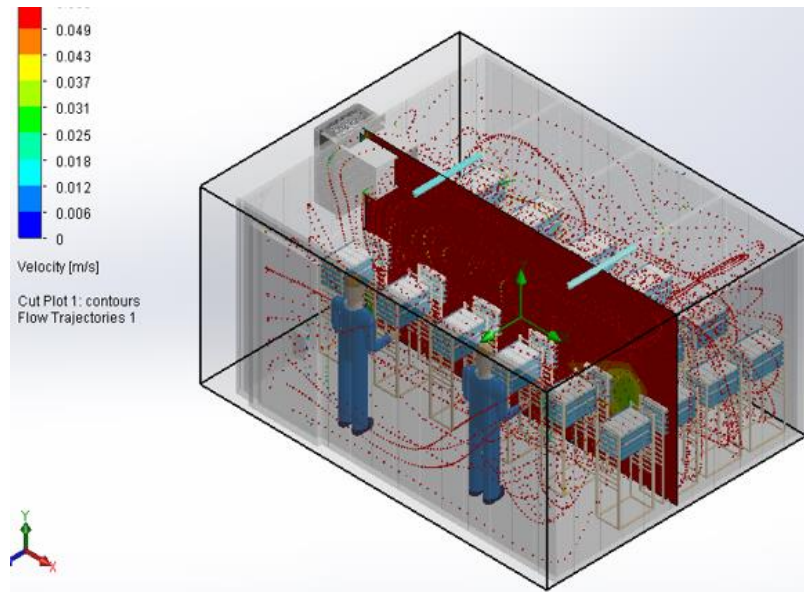


Figura 3.11: Resultados 2 de velocidad en el plano XY.

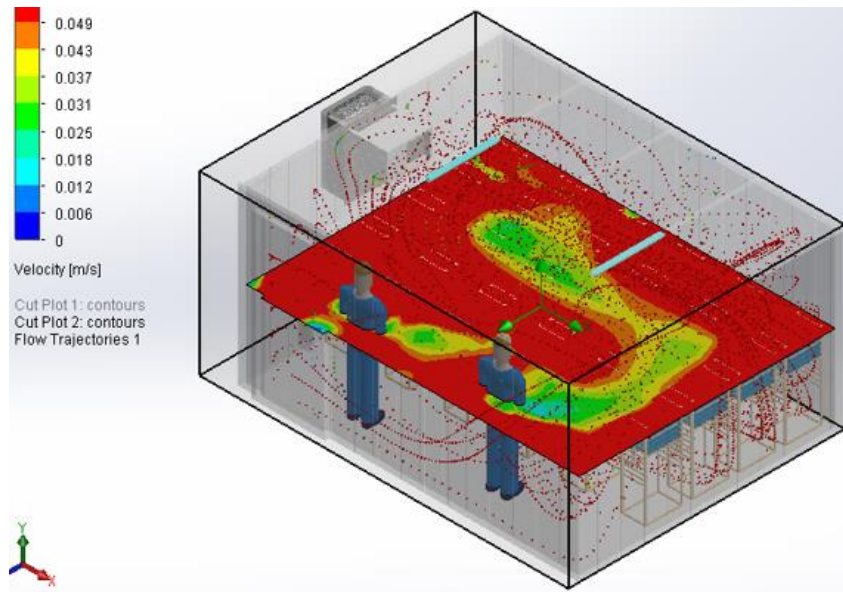


Figura 3.12: Resultados 2 de velocidad en el plano XZ.

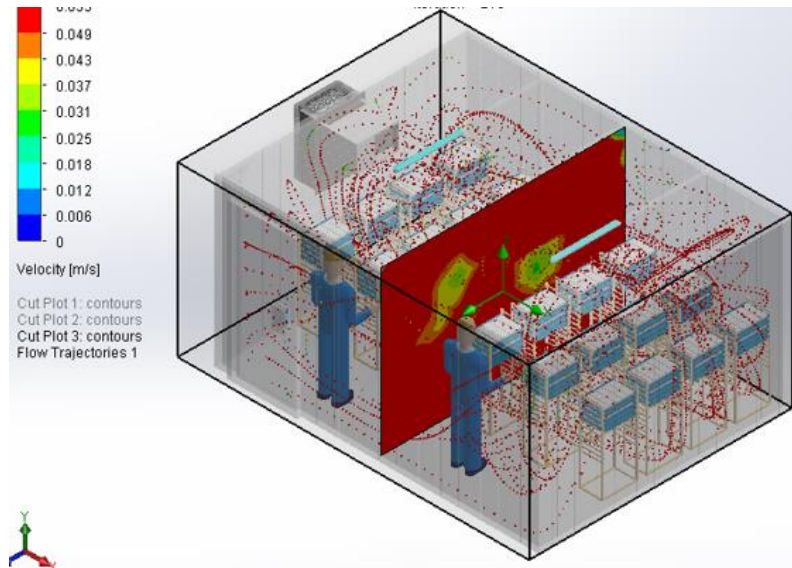


Figura 3.13: Resultados 2 de velocidad en el plano YZ.

Las figuras anteriores muestran que la velocidad máxima con la que recorre el aire frío por la cámara de conservación es de 0.049 m/s, lo que significa que es una velocidad muy baja y eso es debido a que se formaría un cortocircuito en el sistema por motivo que se encuentra cerca a la puerta.

A continuación, se obtuvieron los resultados en cuanto a la temperatura que se disipa por todo el cuarto frío a una temperatura de 4 °C para lograr una conservación adecuada, las siguientes figuras muestran el comportamiento interno.

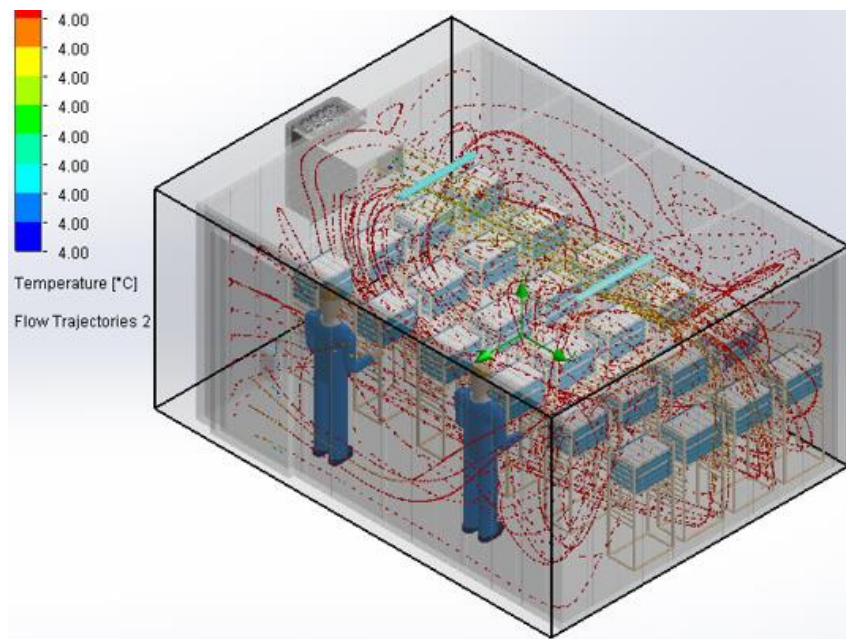


Figura 3.14: Resultados 2 de temperatura en el plano XY.

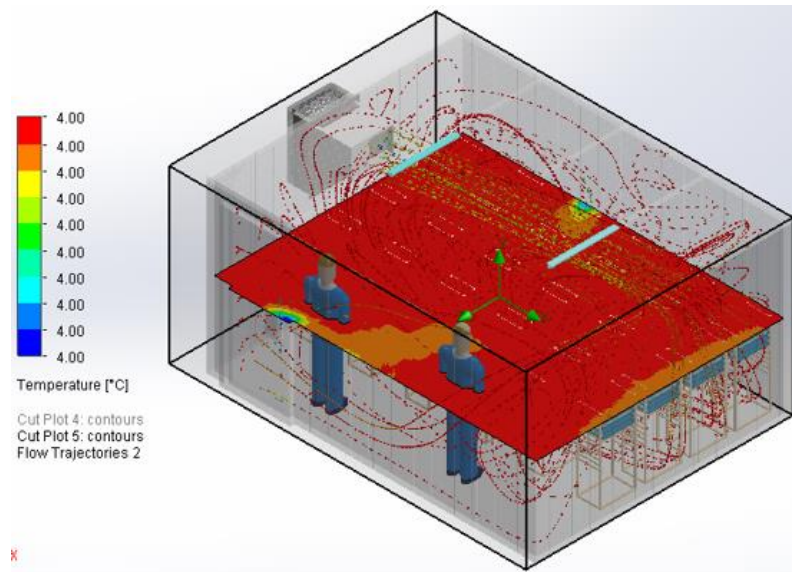


Figura 3. 15: Resultados 2 de temperatura en el plano XZ.

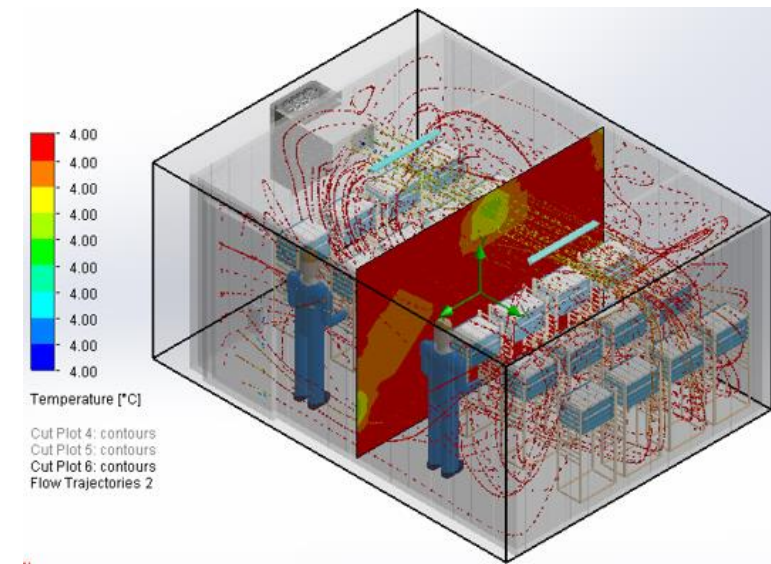


Figura 3. 16: Resultados 2 de temperatura en el plano YZ.

En las figuras anteriores, se observa que la estabilidad de la cámara frigorífica es 4.005 °C lo que resulta que posee una temperatura adecuada, se debe tener en cuenta que la puerta debe estar cerrada ya que en la posición que se encuentra ubicada se produciría un corto circuito.

3.2.14.3 Análisis con el equipo ubicado en el lado derecho de la puerta

A continuación, se observa la tercera posición en la cual debe estar colocado el equipo de refrigeración dentro de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato,

ya que mediante la nueva posición se procederá analizar el comportamiento interno del cuarto frío.

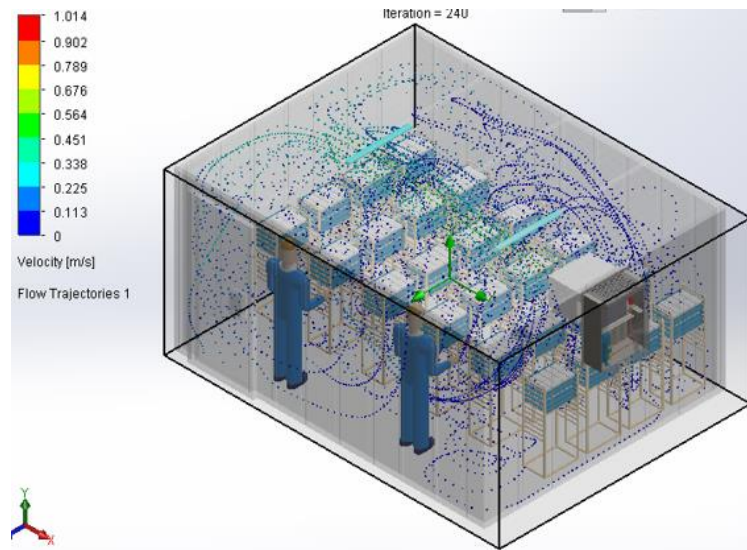


Figura 3. 17: Ubicación 3 del equipo de refrigeración.

En las siguientes figuras, se observará el comportamiento interno del flujo de aire de la cámara de refrigeración en cuanto a la velocidad de 1m/s a la salida del evaporador. Además, se observa que el flujo llega a estabilizarse en el cuarto frío en el instante que se encuentra totalmente disipado en el interior de la misma.

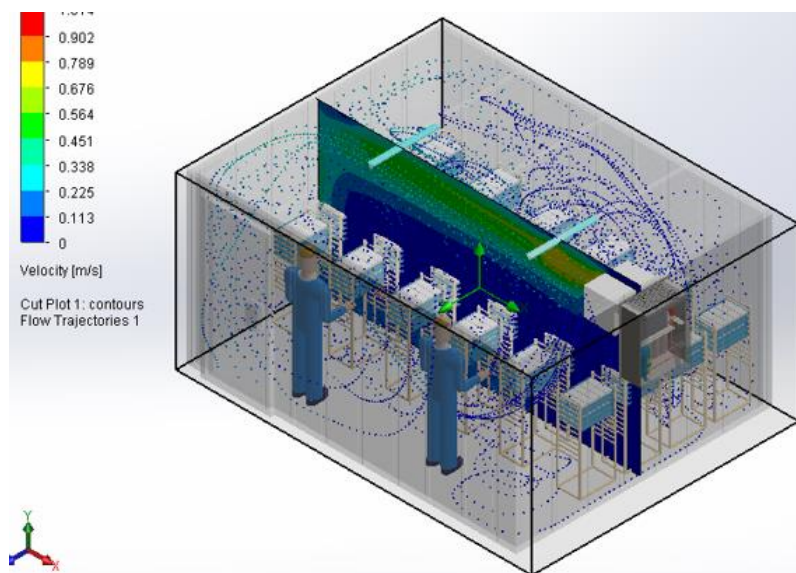


Figura 3. 18: Resultados 3 de velocidad en el plano XY.

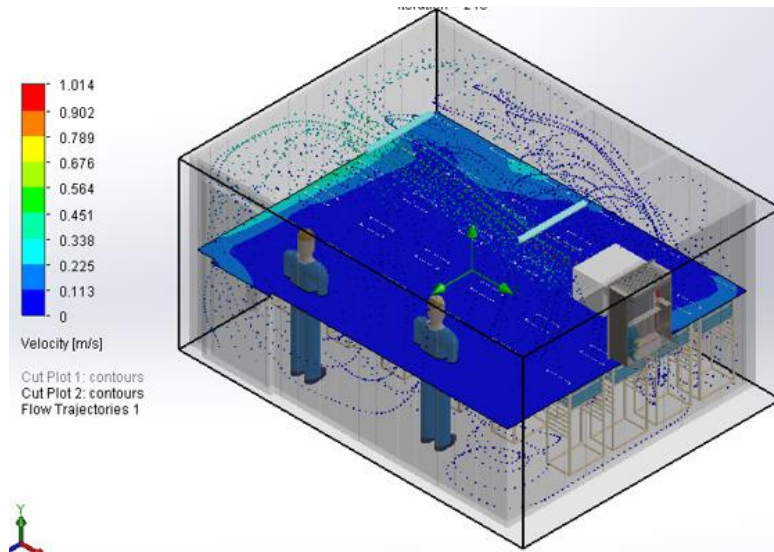


Figura 3. 19: Resultados 3 de velocidad en el plano XZ.

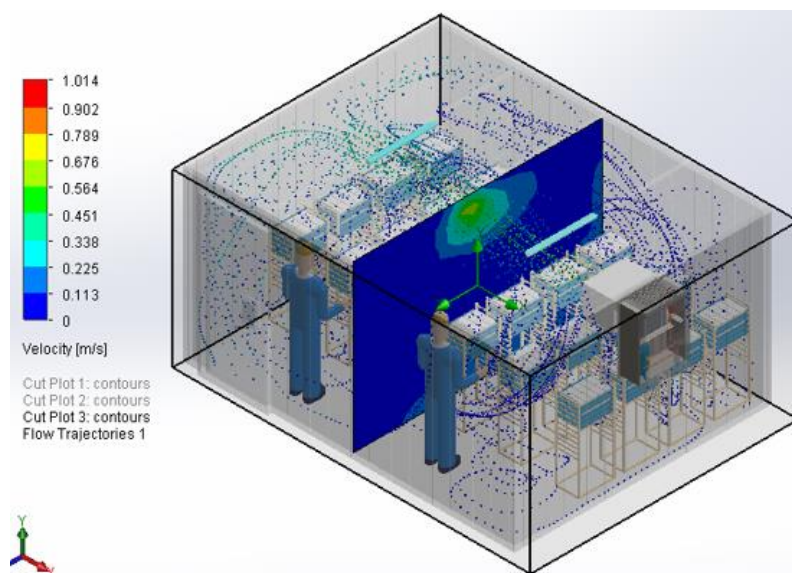


Figura 3. 20: Resultados 3 de velocidad en el plano YZ.

Las figuras anteriores, muestran que la velocidad que se encuentra en la cámara frigorífica es de 1.014 m/s, mientras que la de la salida del evaporador es de 1 m/s, lo que significa que tiene una velocidad constante en el momento de conservar los quesos.

En las figuras, se observará el comportamiento interno de la cámara frigorífica en cuanto a temperatura, ya que es importante para ver si cumple o no la conservación de los quesos de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

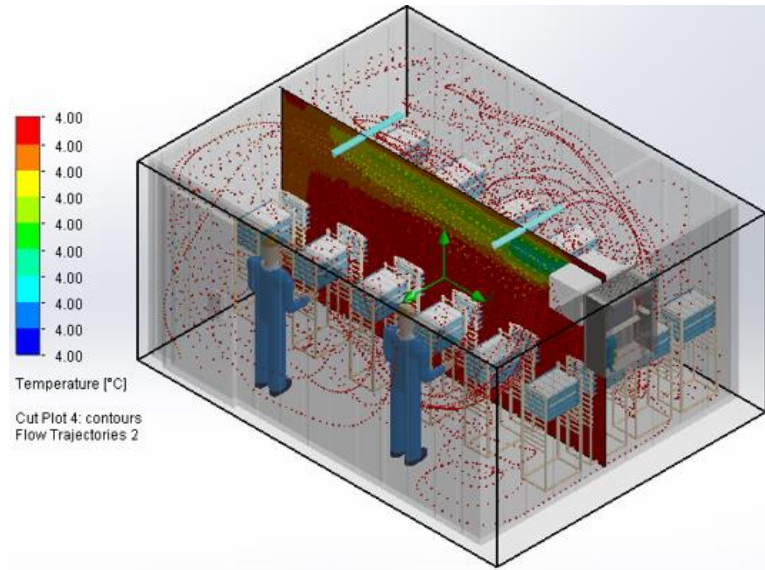


Figura 3. 21: Resultados 3 de temperatura en el plano XY.

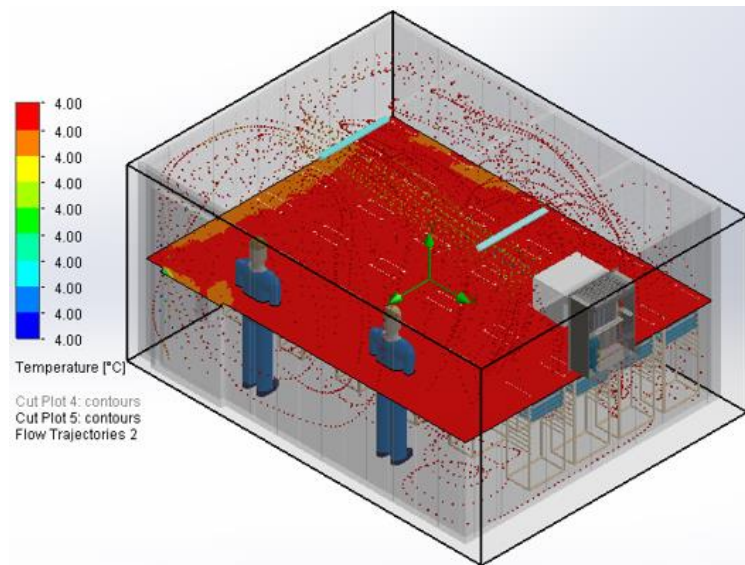


Figura 3. 22: Resultados 3 de temperatura en el plano XZ.

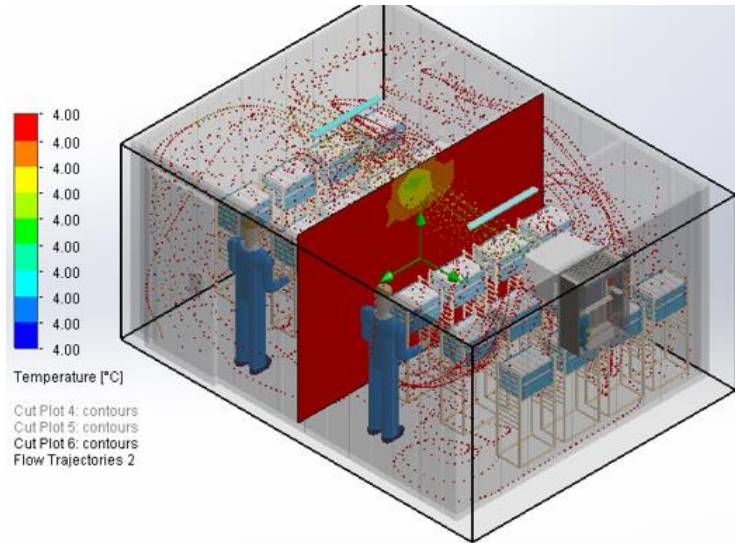


Figura 3. 23: Resultados 3 de temperatura en el plano YZ.

En las figuras anteriores, se observa que la temperatura que sale del evaporador es de 4 °C, misma que es la recomendable para la conservación de los quesos. Pero la estabilidad de toda la cámara frigorífica es de 4.0005 °C teniendo en cuenta que estaría en un rango correcto.

3.2.14.4 Análisis con el equipo ubicado en la frontal de la puerta

A continuación, se observa la cuarta posición en la cual podría estar colocado el equipo de refrigeración dentro de la cámara frigorífica de la microempresa de lácteos Don Pato.

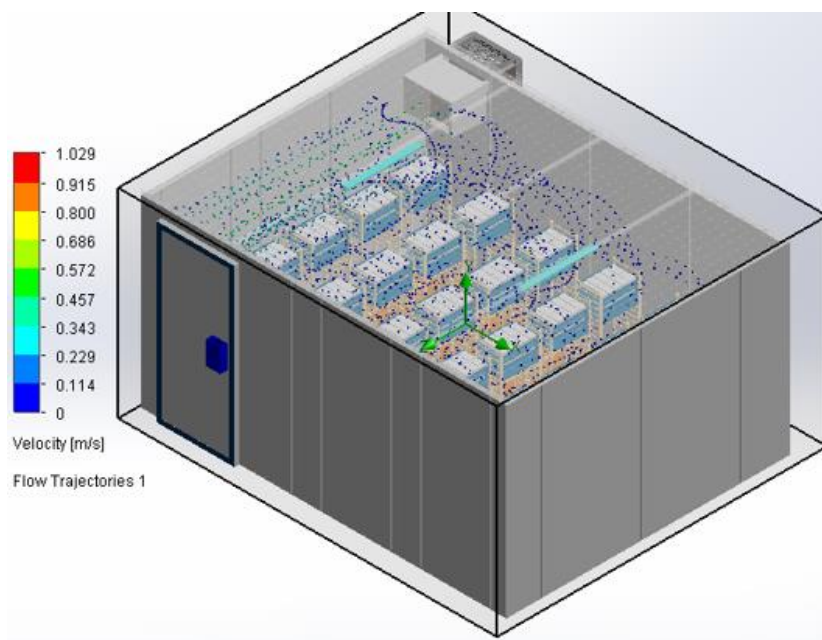


Figura 3. 24: Cuarta posición en la cual podría estar colocado el equipo de refrigeración.

En las siguientes figuras, se realizó el análisis del comportamiento en cuanto a la velocidad del fluido dentro de la cámara frigorífica para la conservación de quesos, por lo que se realizará el respectivo análisis en tres planos distintos.

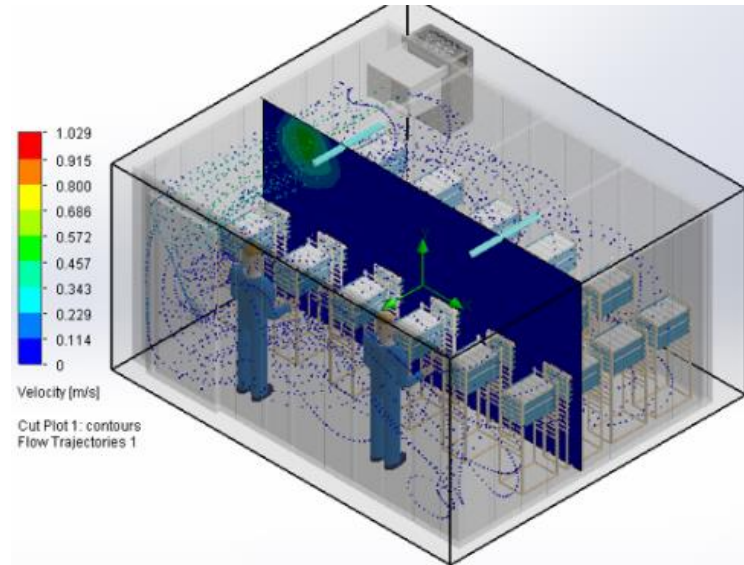


Figura 3. 25: Resultados 4 de velocidad en el plano XY.

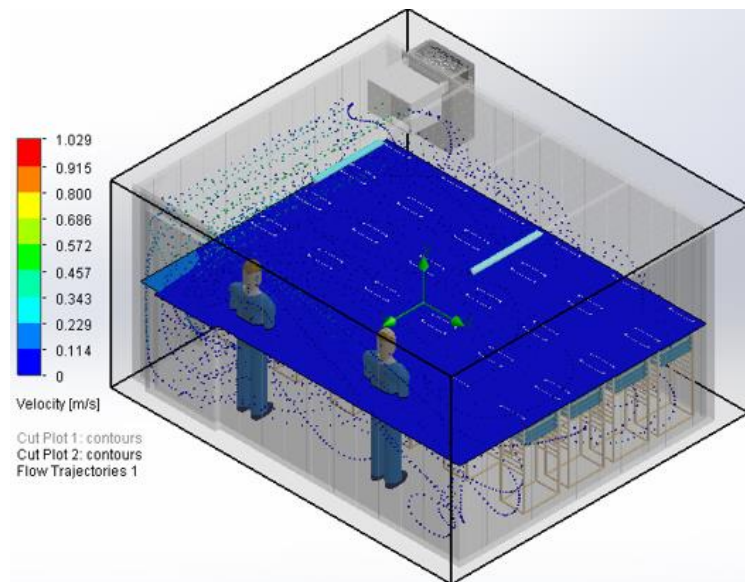


Figura 3. 26: Resultados 4 de velocidad en el plano XZ.

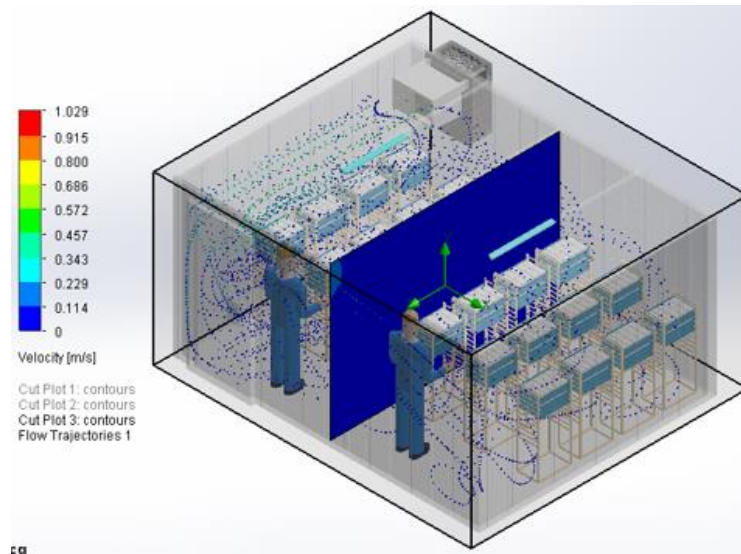


Figura 3. 27: Resultados 4 de velocidad en el plano YZ.

En las figuras anteriores, se observa que el sistema tiene una velocidad constante a los 0.114 m/s, teniendo en cuenta que dicho valor es cuando la cámara está totalmente hermética, pero se debe tener en cuenta que no es recomendable la posición ya que existiría un corto circuito en el instante que ingrese las personas.

Además, se realizó un análisis termodinámico para determinar el comportamiento y la distribución de la temperatura en el interior de la cámara frigorífica.

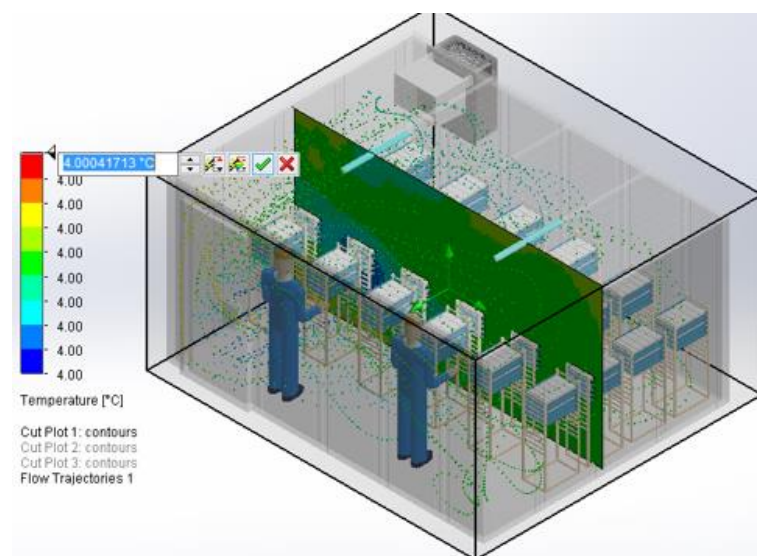


Figura 3. 28: Resultados 4 de temperatura en el plano XY.

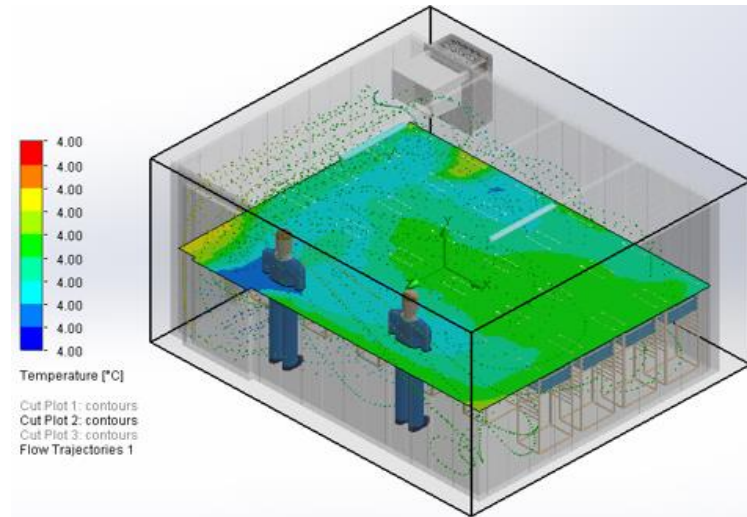


Figura 3. 29: Resultados 4 de temperatura en el plano XZ.

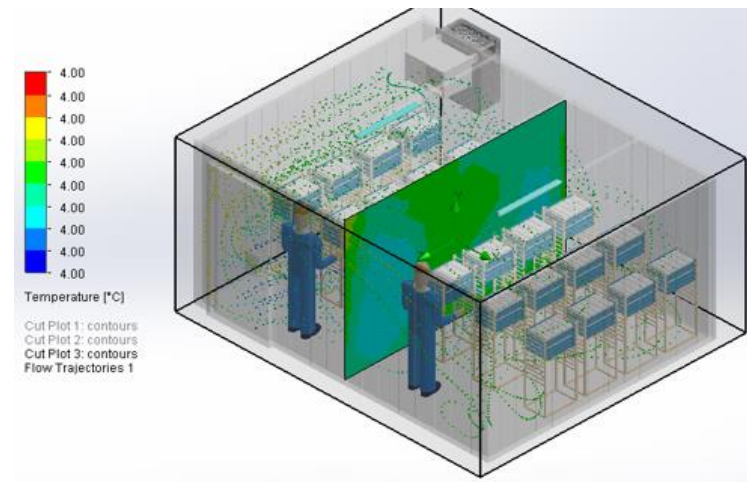


Figura 3. 30: Resultados 4 de temperatura en el plano YZ.

En las figuras anteriores, se determinó que la cámara frigorífica tiene una distribución continua de los 4 °C que se recomienda para la conservación de los quesos de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

Sin embargo, de acuerdo al análisis realizado entre las cuatro soluciones prestadas en cuanto a la ubicación del equipo en la cámara frigorífica, se determinó que la mejor solución es la primera, ya que tiene una buena distribución en cuanto a la velocidad de circulación en el cuarto frío y la conservación de la temperatura de 4 °C. Además, dicha posición no genera cortocircuitos en el sistema.

3.3 Evaluación técnica - económica

A continuación, se realizará el análisis técnico-económico en cuanto al proyecto de la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que en el mercado ecuatoriano existe una gama extensa en cuanto

a equipos de refrigeración que pueden ser de utilidad y adaptarse a los requerimientos mencionados anteriormente.

Sin embargo, como se analizó anteriormente para el desarrollo del proyecto se recomienda emplear un equipo compacto, en este caso será de marca ZANOTTI, por sus excelentes características técnicas y es ideal para el diseño de la cámara frigorífica de la microempresa de productos lácteos Don Pato.

Mediante un análisis de campo, realizando en cuanto a la elaboración de proformas se eligió la de Megafrio, debido a que dispone del equipo que se tiene que instalar en la cámara frigorífica, mientras que otros proveedores como Clima Power y Equi Proin solamente disponen actualmente de equipos tipo Split. Además, se debe tener en consideración que dicho equipo debe ser instalado y puesto en funcionamiento por lo que se analizaron costos de mano de obra.

En la tabla siguiente, se observan los costos en cuanto a mano de obra para poder realizar la instalación correspondiente de la cámara frigorífica, teniendo en cuenta que el personal debe ser técnicos capacitados en el área de refrigeración industrial.

Tabla 3. 19: Costos de mano de obra

COSTOS DE MANOS DE OBRA	
Costos de ingeniería	\$ 1.200,00
Costos de instalación	\$ 1.500,00
Total	\$ 2.700,00

En la siguiente tabla, se observarán los costos que dicho proveedor propone en cuanto a los materiales y equipos completos para realizar la instalación de una cámara frigorífica en el instante que la empresa lo requiera.

Tabla 3. 20: Costos de proveedor de todos los materiales

DESCRIPCIÓN /// MARCA /// MODELO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	DESCUENTO	VALOR TOTAL
Unidad condensadora microcanal 3hp r-404a/r-507 m/t	1	\$ 2.056,00	\$ 411,20	\$ 1.644,80
Evaporador baja silueta a/t 220v (6x250 mm) s/r/// intercal	1	\$ 1.315,00	\$ 263,00	\$ 1.052,00
Valvula de expansion r404a /r507 rosca eq-ext/// sanhua /// rfkh03-4.8-15	1	\$ 45,00	\$ 9,00	\$ 36,00
Tuerca bronce reforzada 1/2"/// quality /// qfn-12	1	\$ 10,00	\$ 2,00	\$ 8,00
Tuerca bronce reforzada 1/4"/// quality /// qfn-14	1	\$ 1,20	\$ 0,24	\$ 0,96
Tuerca bronce reforzada 3/8"/// quality /// qfn-38	1	\$ 0,50	\$ 0,10	\$ 0,40
Valvula solenoide- soldable 1/2" evr-6/// sanhua /// mdf-a03- 6h004	1	\$ 0,90	\$ 0,18	\$ 0,72
Bobina para valvula solenoide 220v/// sanhua ///	1	\$ 29,00	\$ 5,80	\$ 23,20
Soldadura de plata 15% (varilla)/// harris /// 15620f	1	\$ 22,00	\$ 4,40	\$ 17,60
Rollo tuberia cobre 1/2 pulg od x 15 metros/// acr copper	5	\$ 7,00	\$ 7,00	\$ 28,00
Rollo tuberia cobre 7/8 pulg od x 15 metros/// acr copper	1	\$ 68,00	\$ 13,60	\$ 54,40
Caño aislante 7/8" x 1/2" x 2 metros/// armaflex /// it13-022 / c1br h 022	1	\$ 132,00	\$ 26,40	\$ 105,60
Refrigerant/refrix /// r-507	8	\$ 3,00	\$ 4,80	\$ 19,20
Caja para controladores de temp/calef/// fullgauge ///	1	\$ 127,00	\$ 25,40	\$ 101,60
PANEL KINGFRIGO POLISOCIANURATO 60 mm (PIR)/// KINGSPAN ///	1	\$ 25,00	\$ 5,00	\$ 20,00
Puerta batiente con marco herrajes y empaque m/t/// mth- italy /// 500/tn 68mm (1000x2000)	1	\$ 25,00	\$ 5,00	\$ 20,00
Qcp-8300s/c1008080300	62,47	\$ 54,00	\$ 674,68	\$ 2.698,70
Equipo compacto 2KW/// ZANNOTTI	1	\$ 4.500,00	\$ 300,00	\$ 4.200,00
PANEL KINGFRIGO POLISOCIANURATO 60 mm (PIR)/// KINGSPAN ///	10	\$ 60,00	\$ 409,84	\$ 1.589,36
			TOTAL	\$ 11.620,54

Al momento de analizar el costo total del proyecto en cuanto a la mano de obra por ingeniería, instalación y costos del equipo se determina que se realizaría una inversión de 14.320,54 \$, dicho valor no está incluido IVA.

3.3.1 Análisis de recuperación de inversión en la cámara frigorífica

3.3.1.1 Costos de materia prima

De acuerdo a la entrevista realizada a la propietaria de la microempresa de productos lácteos Don Pato, se conoce que el costo del litro de leche es de 0.45 centavos de dólar, teniendo en cuenta que es la materia prima más importante para la elaboración de quesos. Además, la producción actual de quesos es de 254 kg diarios.

$$C_{mat.prima} = C_{leche} \cdot Producción$$

$$C_{mat.prima} = (0,45) \cdot (245)$$

$$C_{mat.prima} = \mathbf{114,30 \$}$$

Como se observa, se requiere de una inversión de 114,30\$ para producir 245 kg de quesos entre los rectangulares grandes, pequeños y redondos en la microempresa de productos lácteos Don Pato

Sin embargo, se conoce que los productos elaborados en la microempresa de lácteos Don Pato, se los distribuye a los consumidores en los siguientes precios.

Queso rectangular grande = 1,80 \$.

Queso rectangular mediano = 0,90 ctvs.

Queso redondo = 0,90 ctvs.

Además, mediante la encuesta realizada a la propietaria de la microempresa se conoce que se venden 160 quesos grandes, 120 quesos medianos y 160 quesos redondos a los valores mencionados anteriormente.

Ganancia

$$G_{queso-grande} = (1,80\$) \cdot (160)$$

$$G_{queso-grande} = 288 \$$$

$$G_{queso-mediano} = (0,90\$) \cdot (120)$$

$$G_{queso-mediano} = 108 \$$$

$$G_{\text{queso-redondo}} = (0,90\$) \cdot (160)$$

$$G_{\text{queso-redondo}} = 144 \$$$

De acuerdo a lo mencionado anteriormente en cuanto a los costos vendidos de quesos se puede observar que tiene un monto total de 540 \$ dólares americanos por los 254 kg que produce actualmente la microempresa de productos lácteos Don Pato.

$$U = \text{Ganancia} - C_{\text{mat.prima}}$$

$$U = 540\$ - 114,30\$$$

$$U = 425,70\$$$

Se observa que se tiene una utilidad de 425\$ dólares americanos, vendiendo toda la producción en una semana.

$$U_{\text{mensual}} = 425,70 \$ * 4$$

$$U_{\text{mensual}} = 1702,80\$$$

Sin embargo, en la tabla mencionada del costo de la cámara frigorífica es de 11.620,54 \$ dólares americanos, por lo que dicha inversión fuera recuperada en un tiempo de 7 meses.

4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 Conclusiones

- Se llegó a diseñar la cámara frigorífica mediante los parámetros de frontera con un área de $13,4 \text{ m}^2$ y una altura de $2,27 \text{ m}$, con una temperatura de conservación de $4 \text{ }^\circ\text{C}$, proporcionada por la microempresa de productos lácteos Don Pato, teniendo en cuenta que dicha cámara podrá almacenar hasta 508 kg lo que significa que es el doble de producción actual.
- Se seleccionó un equipo compacto de marca ZANOTTI que contiene el compresor de $1,5 \text{ kW}$, volumen de aire del evaporador de $1800 \text{ m}^3/\text{h}$, un condensador de $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ y refrigerante R404A el cual no es contaminante, el cual permitirá tener una buena temperatura de conservación a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ para los quesos.
- Mediante el uso de un software CAE, se realizó un análisis interno de la cámara frigorífica con la finalidad de verificar el comportamiento de la temperatura interior, teniendo como resultados que la temperatura de conservación de $4 \text{ }^\circ\text{C}$ para los quesos se mantiene estable, lo que significa que el producto estará en buen estado para el consumo humano.

4.2 Recomendaciones

- Construir la cámara frigorífica en las instalaciones de la microempresa de productos lácteos Don Pato, ya que es necesario para aumentar la capacidad de almacenamiento de quesos y seguir teniendo un producto de calidad para el consumo humano.
- Realizar una investigación más profunda en cuanto a los nuevos equipos para el ensamblaje de cámaras frigoríficas que siguen actualizándose en el mercado nacional.
- Realizar la compra del equipo compacto teniendo en cuenta que son mucho más eficientes y sus repuestos serán de fácil adquisición en el mercado ecuatoriano.

5 Bibliografía

- [1] S. R. Cevallos, Interviewee, *Temperaturas de la cámara de conservación*. [Entrevista]. 29 05 2022.
- [2] J. M. De Mier Alvarado, «Diseño y ejecución de una nueva cámara de,» Valladolid, 2015.
- [3] C. Toledo, «Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos de la empresa tongod Cajamarca,» Perú, 2016.
- [4] M. Diaz y Z. Juan, «Diseño de una cámara frigorífica para la refrigeración de 3 tn de pescado en el mercado zonal de Lambayeque,» Perú, 2020.
- [5] CAREL, «Qué es la refrigeración,» 14 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.carel.es/what-s-refrigeration-#:~:text=La%20refrigeraci%C3%B3n%20es%20el%20proceso,a%20temperaturas%20inferiores%20a%202D60%C2%BAC..> [Último acceso: 5 Mayo 2022].
- [6] J. Ramirez, «Diseño y simulacion cuarto frio,» 11 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11548/1/15T00718.pdf>. [Último acceso: 5 Mayo 2022].
- [7] R. Silvera, «Blogspot,» 22 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://rsilvera-utp-fim-refrigeracion.blogspot.com/2015/07/ciclo-real-de-refrigeracion-por.html>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [8] Mundohvacr, «Los Refrigerantes y sus Propiedades,» 23 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2007/02/los-refrigerantes-y-sus-propiedades/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [9] A. Rendon, «Mantenimiento de sistema de cuarto frio,» Pereira, 2014.
- [10] Didascalía, «Tipos y propiedades de los refrigerantes,» 1 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://didascalía.es/tipos-propiedades-y-particularidades-de-los-refrigerantes/>. [Último acceso: 16 Agosto 2022].
- [11] Arqigrafico, «Lana de Vidrio como Aislante Térmico,» 25 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://arquigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [12] Ipur, «Planchas de poliuretano,» 6 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://aislaconpoliuretano.com/beneficios-planchas-poliuretano/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [13] J. Villalba, «El poliestireno,» 24 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://villalbaestano.wordpress.com/el-poliestireno/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [14] Sagarpa, «Cuartos Frios,» 4 Mayo 2017. [En línea]. Available: [https://www.gob.mx/firco/articulos/cuartos-frios-dentro-del-proceso-de-proyectos-productivos?idiom=es#:~:text=El%20cuarto%20fr%C3%ADo%20es%20el,ordenados%20en%](https://www.gob.mx/firco/articulos/cuartos-frios-dentro-del-proceso-de-proyectos-productivos?idiom=es#:~:text=El%20cuarto%20fr%C3%ADo%20es%20el,ordenados%20en%20)



20las%20distintas%20neveras.&text=El%20cuarto%20fr%C3%ADo%20consigue%20alargar%20el%20periodo%20. [Último acceso: 6 Mayo 2022].

- [15] Soluciones Integrales, «Cuartos frios,» 10 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://srt-sas.com/que-es-un-cuarto-frio/>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [16] Refrigeracion , «Refrigeración Industrial, Comercial y Marina,» 16 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://rcr.com.mx/evaporadores.php>. [Último acceso: 6 Mayo 2022].
- [17] N. I. 2829, «NORMA GENERAL PARA EL QUESO (CODEX STAN 283-1978, MOD),» 08 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2829.pdf>.
- [18] Freezedryer, «Cámara frigorífica,» 1 Julio 2018. [En línea]. Available: <http://yo-freezedryer.com.ar/2-3-cold-storage-construction-and-installation.html>. [Último acceso: 16 Agosto 2022].
- [19] L. Cobacha, 25 10 2010. [En línea]. Available: <https://www.lacobacha.com.ec/producto/bandeja-plastica-reforzada/>.
- [20] M. Palomo, «Aislantes Térmicos,» 28 06 2017. [En línea]. Available: https://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf.
- [21] S. Miguel, «Diseño de Cámara Frigorífica para Conservación de Limones de Exportación,» [En línea]. Available: <http://www.frt.utn.edu.ar/tecnoweb/imagenes/file/mecanica/PROYECTOS%20FINALES/2020/SARASPE%20Y%20URIBIO/Tesis%20-%20Saraspe%20Miguel-Uribio%20Pedro.pdf>.
- [22] GASSERVEI, «Ficha Técnica R404A,» 08 01 2021. [En línea]. Available: <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>.

Document Information

Analyzed document	TESIS JOFRE CAJAS - EDISON SHIGUI.docx (D143406382)
Submitted	2022-08-30 20:15:00
Submitted by	
Submitter email	luis.navarrete7284@utc.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	INFORME FINAL DE TESIS - GARCÍA LEON y ROMERO HERNANDEZ.docx Document INFORME FINAL DE TESIS - GARCÍA LEON y ROMERO HERNANDEZ.docx (D112390672)	 2
SA	GARCIA_CATAL?_KO44578_20200630_1401_c033.pdf Document GARCIA_CATAL?_KO44578_20200630_1401_c033.pdf (D76070866)	 1

Entire Document

INFORMACIÓN GENERAL Título: Diseño de una cámara frigorífica para quesos en la microempresa de productos lácteos "Don Pato"
 Fecha de inicio: Abril 2022 Fecha de finalización: Agosto 2022 Lugar de ejecución: Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Buenaventura Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica Proyecto de investigación vinculado: No vinculado
 Equipo de trabajo: Tutor Nombres: Luis Miguel Apellidos: Navarrete López Cedula de identidad: 1803747284 Correo electrónico: luisnavarrete7284@utc.edu.ec Coordinador 1: Nombre: Cajas Caillagua Jhoffer Oswaldo Cédula de Ciudadanía: 0550487367 Correo electrónico: jhoffer.cajas7367@utc.edu.ec Coordinador 2: Nombre: Shigui Shulca Edison Xavier Cédula de Ciudadanía: 0503773004 Correo electrónico: edison.shigui3004@utc.edu.ec Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines
 Líneas de investigación: Procesos industriales. Sub línea de investigación de la carrera: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 RESUMEN

El presente proyecto se refiere al diseño de una cámara frigorífica para la microempresa de productos lácteos Don Pato, teniendo en consideración que la misma no dispone de un equipo de refrigeración adecuado, por lo que actualmente su producción es limitada, teniendo como productos quesos de tres tamaños. Por lo tanto, para realizar el respectivo diseño se comienza con una investigación bibliográfica para determinar y conocer cuáles son los equipos y materiales que conforman una cámara frigorífica a nivel nacional. Además, se requiere de una inspección al sitio para obtener parámetros de frontera tales como la temperatura de conservación a la que se mantienen los quesos, producción de la microempresa y que dimensiones se dispone en cuanto al área de ubicación. Mediante la recopilación de los parámetros de frontera, se procedió a realizar los cálculos respectivos para determinar el tipo de equipos y materiales que se deben tomar en consideración para el diseño de la cámara frigorífica. También, se determinó el comportamiento en cuanto a la temperatura de conservación que va a poseer dicho cuarto frío, mismas que es de 4 °C. Además, se determinó que el compresor debe poseer una potencia de 1,29 kW, evaporador de 15766,03 BTU/h, condensador de 573,08 BTU/h, refrigerante R404 A y el poliuretano es de 60 mm de espesor. Finalmente, se utilizó un software CAD para dibujar la cámara frigorífica y así poder visualizar el modelo isométrico que se podría implementar a futuro en la microempresa de productos lácteos Don Pato. Sin embargo, una vez realizado el modelado en 3D, se obtuvieron resultados del comportamiento interno de temperatura en el cuarto frío con la ayuda de un software CAE.

Palabras claves: Refrigeración, compresor, evaporador, condensador, refrigerante, aislante, cámara frigorífica.

1.2 ABSTRACT The present project refers to the design of a cold room for the Don Pato dairy products microenterprise, taking into account that it does not have adequate refrigeration equipment, so its production is currently limited, having as products cheeses of three sizes. Therefore, to carry out the respective design, a bibliographical investigation is started to determine and know what are the equipment and materials that make up a cold room at the national level. In addition, an inspection of the site is required to obtain border parameters such as the conservation temperature at which the cheeses are kept, the production of the microenterprise and what dimensions are available in terms of the location area. By collecting the border parameters, the respective calculations were carried out to determine the type of equipment and materials that should be taken into consideration for the design of the cold room. Also, the behavior was determined in terms of the conservation temperature that said cold room will have, which is 4°C. In addition it will be concluded that the compressor must have a power of 1.29 kw, an evaporator of 15766.03 BTU/h, a condenser of 573.08 BTU/h, refrigerant 404 A and 60 mm thick polyurethane. Finally, CAD software was used to draw the cold room and thus be able to visualize the isometric model that could be implemented in the future in the Don Pato dairy microenterprise. However, once the 3D modeling was done, results of the internal temperature behavior in the cold room were obtained with the help of CAE software.

Keywords: Refrigeration, compressor, evaporator, condenser, refrigerant, insulation, cold room

1.3 EL PROBLEMA

1.3.1 Planteamiento del problema

Por lo general, cuando se refieren a productos de consumo alimenticio se debe tener en cuenta parámetro como la salubridad, bacterias y que sean inocuos, por lo que en este caso se tratará de la conservación de quesos, mismos que tiene mucha demanda en el consumo de las familias ecuatorianas.

Además, existen varias empresas grandes, medianas y micro en el país que se dedican a esta actividad, las cuales se basan en la normativa NTE INEN 2829 para la fabricación de quesos, en su mayoría poseen cámaras frigoríficas para almacenar el producto con el objetivo de que estos no se descompongan ya que ocasionan pérdidas económicas a dichas empresas. Pero se conoce que por lo general las microempresas no poseen dichas cámaras por situación económica lo que les conllevaría a generar problemas en la descomposición del queso en caso de que exista mayor producción o demanda en el mercado. Cabe recalcar que la refrigeración industrial es de mucha importancia para la conservación y congelación de alimentos que producen las distintas empresas alimenticias, por lo que deben poseer dichos equipos para brindar un producto de alta calidad. CITATION Sil22 \l 12298 [1] Matriz causa-efecto

1.3.2 Formulación del problema Descomposición de quesos por falta de una cámara frigorífica

1.4 BENEFICIARIOS

1.4.1 Beneficiarios directos

Propietarios de la microempresa de productos lácteos "Don Pato" y asistentes.

1.4.2 Beneficiarios indirectos Consumidores de los productos de la microempresa de lácteos "Don Pato".

1.5 JUSTIFICACIÓN Es importante conocer que los quesos pueden durar un tiempo de 2 semanas a una temperatura de conservación de 4°C, por dicho motivo las industrias grandes y medianas del país poseen cámaras frigoríficas para su almacenamiento, mientras que las microempresas tienen dificultad de adquirir estos cuartos por los costos excesivos, lo que conlleva a la descomposición del queso. Cabe recalcar que la mayoría de los microempresarios a nivel nacional incluyendo a Cotopaxi poseen dicho problema.

Además, mediante la mala conservación de quesos pueden producir descomposición de los mismos lo que ocasionaría pérdidas económicas a los propietarios de la empresa y a los consumidores un producto de mala calidad por el hecho de no tener una cámara frigorífica. Por lo tanto, se conoce que cuando se habla de productos alimenticios deben tener un grado de calidad alta ya que podrían afectar a la salud de los seres humanos, por lo que en este caso se conoce que para la fabricación de quesos es muy importante tener en cuenta que el producto debe ser inocuo y libre de bacteria según la normativa NTE INEN 2829. Por ende, se pretende diseñar una cámara frigorífica para la microempresa de lácteos Don Pato ubicado en la provincia de Cotopaxi, debido a que esta no cuenta con una y es de suma importancia. Así los propietarios de la microempresa incluso podrán aumentar su producción a futuro sin correr riesgo de pérdidas en materia prima.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Diseñar una cámara frigorífica mediante cálculos de ingeniería para la conservación de quesos en la microempresa de productos lácteos "Don Pato".

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

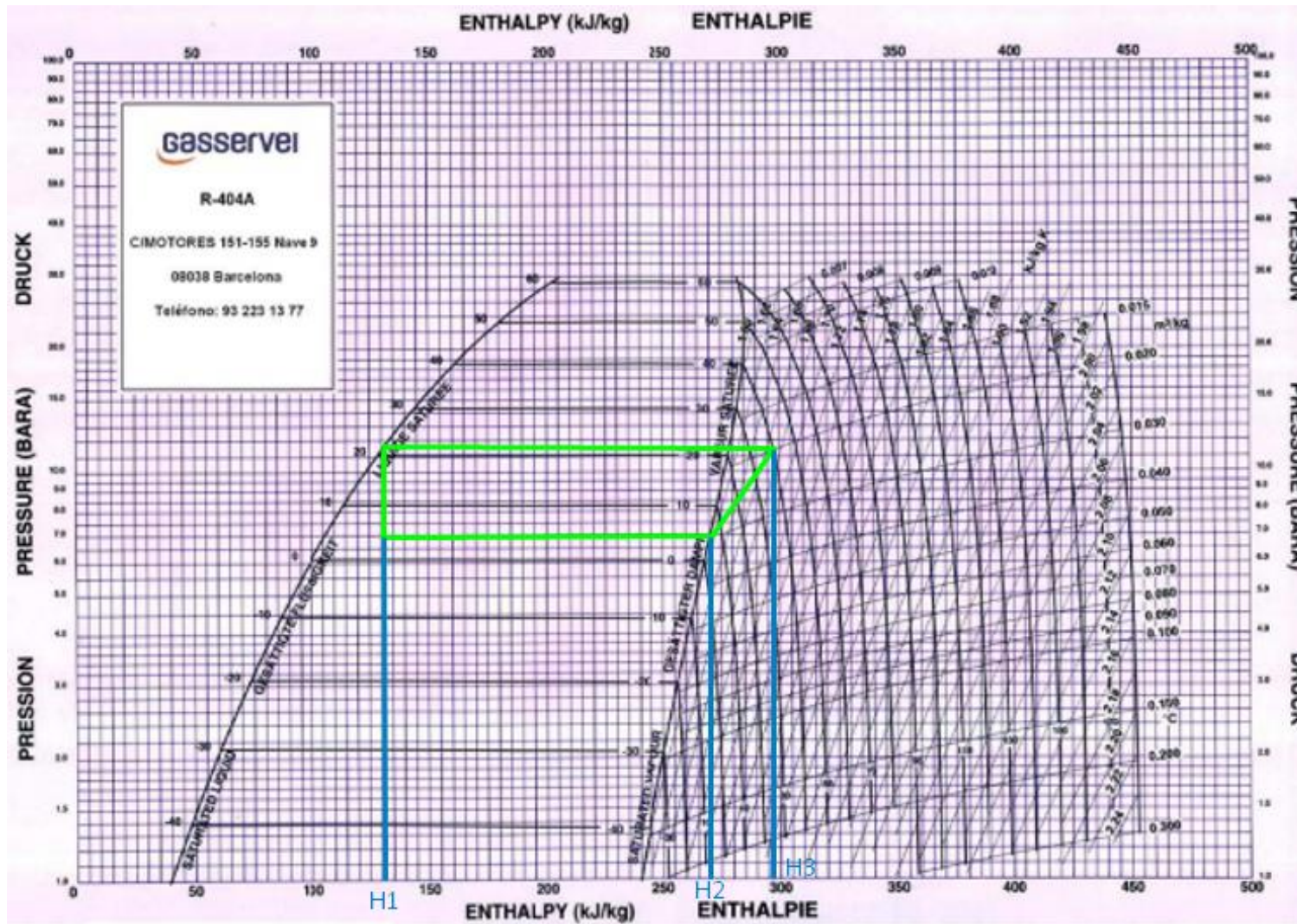
ANEXO I

Calores específicos de lácteos

CALORES ESPECÍFICOS

Lácteos	Temp. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomend.	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kcal/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kcal/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respiración Kcal/Tm/24h
Helados agua	-20 a -18	80/85	6/9 meses	-0,5	0,91	0,49	75,0	
Helados crema	-28 a -25	80/85	2/6 meses	-5	0,70	0,39	49,0	
Helados 10% grasa	-29 a -27	80/85	1/4 meses	-5,6	0,72	0,39	50,0	
Leche fresca	+2 a +4	85/90	1/3 días	-0,6	0,93	0,49	69,0	
Leche pasteurizada	+0 a +2	80/85	3/7 días	-0,6	0,93	0,49	69,0	
Leche UHT	+0 a +2	80/85	2/4 meses	-0,6	0,90	0,49	69,0	
Leche en polvo	+12 a +14	50/60	6/24 meses		0,23	0,21	16,0	
Mantequilla	+0 a +1,5	80/85	4/6 semanas	-0,6	0,33	0,25	13,0	
Margarina	+1 a +2	60/70	1 año	-1	0,32	0,25	12,0	
Nata (40%)	+1,5 a 2,5	75/80	1/2 semanas	-2,2	0,85	0,40	50,0	
Nata (40%) congelada	-20 a -18	80/85	4/6 meses	-2,2	0,85	0,40	50,0	
Queso fresco	+0 a +2	85/90	3/7 días	-3	0,75	0,42	40,0	270-1.200
Queso manchego curado	+3 a +5	65/75	1/10 meses	-2	0,68	0,38	40,0	250-1.800
Queso manchego graso	+3 a +5	65/75	1/6 meses	-2	0,60	0,32	35,0	200-1.500
Queso camembert	+0 a +1	80/85	90 días	-7	0,70	0,40	48,0	130-1.600
Queso roquefort	-0,5 a +0,5	75/80	60 días	-12	0,65	0,32	44,0	110-1.500
Queso suizo	-0,5 a +0,5	75/80	60 días	-8	0,64	0,36	44,0	110-1.500

Anexo II: Diagramas de Mollier





ANEXO III

Pesos de quesos

Hoja de cálculo

$$m_1 = \rho \cdot V$$

$$m_1 = \left(1,033 \frac{g}{cm^3}\right) \cdot (8 \cdot 7 \cdot 3)cm$$

$$m_1 = 173,54 \text{ gramos}$$

$$m_2 = \rho \cdot V$$

$$m_2 = \left(1,033 \frac{g}{cm^3}\right) \cdot (8 \cdot 13.5 \cdot 3)cm$$

$$m_2 = 334,69 \text{ gramos}$$

$$m_3 = \rho \cdot V$$

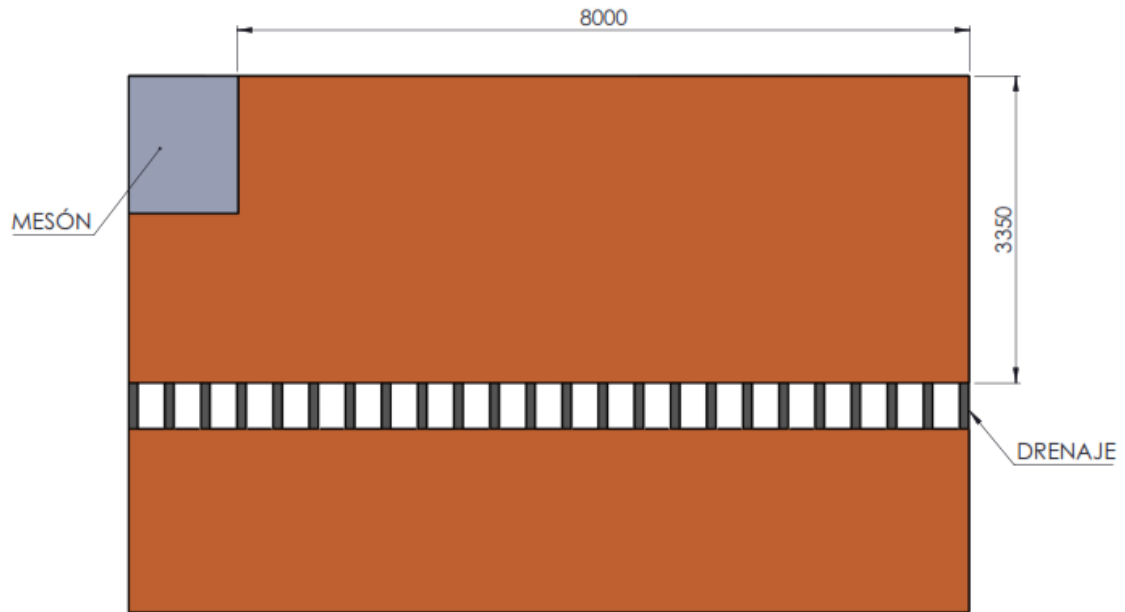
$$m_3 = \left(1,033 \frac{g}{cm^3}\right) \cdot (\pi \cdot 3^2 \cdot 3)cm$$

$$m_3 = 87,62 \text{ gramos}$$

ANEXO IV

Área de la cámara frigorífica

Hoja de cálculo



$$A = a \cdot b$$

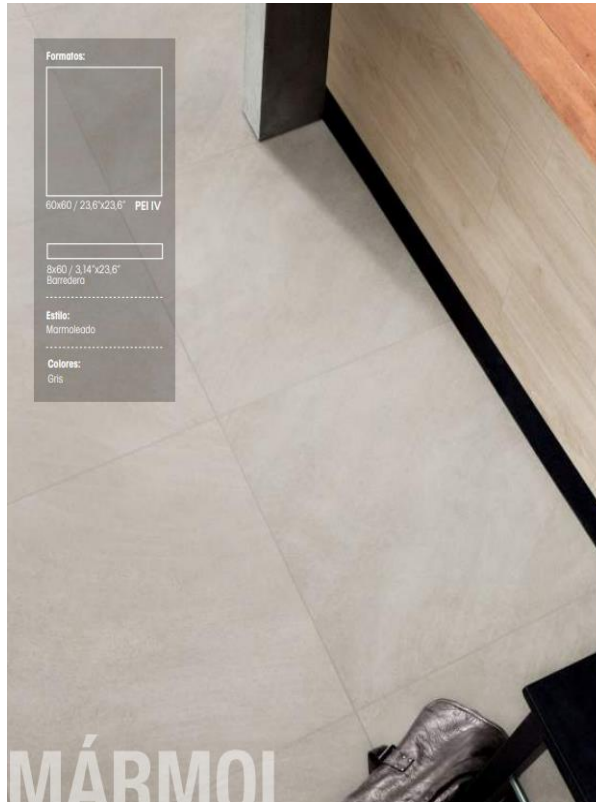
$$A = (4000 \text{ mm}) \cdot (3350 \text{ mm})$$

$$A = 13400000 \text{ mm}^2$$

$$A = 13,4 \text{ m}^2$$

ANEXO V

Ficha técnica del porcelanato o cerámica



MÁRMOL
 PORCELANATO




Gris
60x60 / 23,6"x23,6"



8x60 / 3,14"x23,6"
Barredero

FORMATO	 Pallets/Caja	 m ² /Caja	 Kg/Caja	 Caja/Pallet	 m ² /Pallet	 Kg/Pallet
60x60	4	1,44 m ²	30 kg	36	51,84	1080

ANEXO VI

Número de quesos por bandeja

Hoja de cálculo

$$A_{bandeja} = L1 \cdot L2$$

$$A_{bandeja} = (43cm) \cdot (31.5cm)$$

$$A_{bandeja} = 1354.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{rectángulo 1}} = L1 \cdot L2$$

$$A_{\text{rectángulo 1}} = (8cm) \cdot (7cm)$$

$$A_{\text{rectángulo 1}} = 56 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{rectángulo 2}} = L1 \cdot L2$$

$$A_{\text{rectángulo 2}} = (8cm) \cdot (13.5cm)$$

$$A_{\text{rectángulo 2}} = 108 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{círculo}} = \pi \cdot r^2$$

$$A_{\text{círculo}} = \pi \cdot (3cm)^2$$

$$A_{\text{círculo}} = 28,27 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{perfil-círculo}} = 36 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{quesos 1}} = \frac{A_{bandeja}}{A_{\text{rectángulo 1}}}$$

$$N_{\text{quesos 1}} = \frac{1354.5 \text{ cm}^2}{56 \text{ cm}^2}$$

$$N_{\text{quesos 1}} = 24.18$$

$$N_{\text{quesos 2}} = \frac{A_{bandeja}}{A_{\text{rectángulo 2}}}$$

$$N_{\text{quesos 2}} = \frac{1354,5 \text{ cm}^2}{108 \text{ cm}^2}$$

$$N_{\text{quesos 2}} = 12,54$$

$$N_{\text{quesos 3}} = \frac{A_{bandeja}}{A_{\text{círculo}}}$$

$$N_{\text{quesos 3}} = \frac{1354,5 \text{ cm}^2}{36 \text{ cm}^2}$$

$$N_{\text{quesos 3}} = 37,62$$

ANEXO VII

Pesos por estanterías

Hoja de cálculo

$$A_{\text{estantería}} = L1 \cdot L2$$

$$A_{\text{estantería}} = (0,323 \text{ m}) \cdot (0,488 \text{ m})$$

$$A_{\text{estantería}} = \mathbf{0,158 \text{ m}^2}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 1}} = \left(\frac{A_{\text{bandeja}}}{A_{\text{producto}}} \cdot m_{\text{queso}} \right) \cdot N_{\text{bandejas}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 1}} = (20 \cdot 130 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 1}} = (2600 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 1}} = \mathbf{26000 \text{ g}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 1}} = \mathbf{26 \text{ kg}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 2}} = \left(\frac{A_{\text{bandeja}}}{A_{\text{producto}}} \cdot m_{\text{queso}} \right) \cdot N_{\text{bandejas}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 2}} = (10 \cdot 500 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 2}} = (5000 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 2}} = \mathbf{50000 \text{ g}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 2}} = \mathbf{50 \text{ kg}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 3}} = \left(\frac{A_{\text{bandeja}}}{A_{\text{producto}}} \cdot m_{\text{queso}} \right) \cdot N_{\text{bandejas}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 3}} = (35 \cdot 130 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 3}} = (4550 \text{ g}) \cdot (10)$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 3}} = \mathbf{45500 \text{ g}}$$

$$W_{\text{estantería-llena-queso 3}} = \mathbf{45,50 \text{ kg}}$$

ANEXO VIII

Ficha Técnica del Poliuretano

FRIGO



PANEL FRIGORÍFICO

CARA EXTERIOR Acero prelacado	AISLANTE Poliuretano (PUR) y Poli-isocianurato (PIR)
CARA INTERIOR Acero prelacado	ESPESORES (mm) 60/80/100/120/140/160 180/200
ANCHO ÚTIL 1100 mm	USO Cámaras frigoríficas y sectorización
AUTOPORTANTE	



CARACTERÍSTICAS

- Definidos por su espesor nominal lo que capacita al panel para su uso en diferentes temperaturas, conservación, congelación o ultracongelación. Aumentando el espesor disminuimos el coeficiente de transmisión de calor que caracteriza al panel.
- El tipo de nervado y el espesor del acero empleado determina la longitud máxima de empleo del panel según su disposición vertical u horizontal.
- El diseño de la junta proporciona la estanqueidad del conjunto, y modifica comportamiento al fuego del mismo.
- La elección del acabado determina los valores de humedad, salinidad, concentración y tipo de ácidos máximos en los que la instalación puede trabajar de forma idónea. Por ello en el diseño del acabado debe tenerse en cuenta el tipo de productos que van a manipularse y almacenarse, y de la atmósfera que generan.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

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

Espesor de panel (mm)	Luces (m)															
	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
60	198	128	94	64	45	30										
80	281	179	129	93	73	52	28									
100	331	228	180	150	118	96	78	64	41							
120	364	293	230	190	151	120	96	76	63	32						
140		380	291	231	184	147	121	99	82	54	34					
160			334	268	213	176	147	123	100	83	69	48				
180			359	299	240	207	173	146	119	98	82	70	51	27		
200			383	333	277	230	200	170	141	116	98	85	73	63	22	

Espesor de panel (mm)	Luces (m)														
	2	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5		
60	303	216	152	111	90	67	52								
80	362	287	223	174	138	105	83	65	54						
100		391	282	210	167	133	108	89	75	63	54				
120		403	311	271	231	188	153	121	102	83	72	58	51		
140		416	334	288	245	202	168	136	116	96	85-2	69	59		
160			400	341	289	243	208	175	152	131	111	94	81		
180			439	377	320	270	229	196	169	146	124	108	94		
200			468	402	344	291	248	211	182	158	142	122	109		

ANEXO IX

Cálculo del Poliuretano

Hoja de cálculo

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_x}{k}}$$

$$h_i = 1,46 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} = 7,12 \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} = 8,29 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

$$h_e = 4 \frac{BTU}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F} = 19,25 \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} = 22,71 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

$$0.47 = \frac{1}{\frac{1}{8.29} + \frac{1}{22.71} + \frac{e_x}{0.028}}$$

$$0.47 = \frac{1}{\frac{0,64}{5,27} + \frac{0,23}{5,27} + \frac{188,21e_x}{5,27}}$$

$$0.47 = \frac{1}{\frac{0,87 + 188,21e_x}{5,27}}$$

$$0.47 = \frac{5,27}{0,87 + 188,21e_x}$$

$$0.47 \cdot (0,87 + 188,21e_x) = 5.27$$

$$0.41 + 88,46e_x = 5,27$$

$$e_x = 0,0549 \text{ m}$$

$$e_x = 54,9 \text{ mm}$$

ANEXO X

Cálculo del calor removido de la producción
de quesos

Hoja de cálculo

Producción Actual	Producción Futura
$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$ $Q = (254 \text{ kg}) \cdot (0.75 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C})$ $Q = 3810 \text{ kcal}$	$Q_{100\%} = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$ $Q_{100\%} = (508 \text{ kg}) \cdot (0.75 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 1^\circ\text{C})$ $Q_{100\%} = 7620 \text{ kcal}$
$Q = m \cdot c \cdot (t_1 - t_f)$ $Q = (254 \text{ kg}) \cdot (0.75 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$ $Q = 3238.5 \text{ kcal}$	$Q_{100\%} = m \cdot c \cdot (t_1 - t_f)$ $Q_{100\%} = (508 \text{ kg}) \cdot (0.75 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$ $Q_{100\%} = 6477 \text{ kcal}$
$Q = m \cdot c_i \cdot (t_f - t_3)$ $Q = (254 \text{ kg}) \cdot (0.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$ $Q = 2240.28 \text{ kcal}$	$Q_{100\%} = m \cdot c_i \cdot (t_f - t_3)$ $Q_{100\%} = (508 \text{ kg}) \cdot (0.42 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (21^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$ $Q_{100\%} = 4480.56 \text{ kcal}$

ANEXO XI

Aporte calorífico debido al cambio de aire e
infiltración

Hoja de cálculo

$$Q = N \cdot \frac{V}{v_a} \cdot (h_a - h_f)$$

$$Q = 8 * \frac{29.48 \text{ m}^3}{0.842 \text{ m}^3/\text{kg}} \cdot \left(10.79 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 6.1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)$$

$$Q = 1313.64 \text{ kcal}$$

$$Q = \frac{1313.64 \text{ kcal}}{24 \text{ h}}$$

$$Q = 54.735 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

ANEXO XII

Capacidad del evaporador

Hoja de cálculo

1 kW = 860 kcal/h

$$Q_{focos} = 172 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_{evap} = Q_{removido} + Q_{aporte-calorífico} + Q_{lumínica}$$

$$Q_{evap} = 6477 \frac{kcal}{2h} + 1313.64 \frac{kcal}{2h} + 172 \frac{kcal}{2h}$$

$$Q_{evap} = 3238.5 \frac{kcal}{h} + 656.82 \frac{kcal}{h} + 86 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_{evap} = 3981.32 \frac{kcal}{h}$$

$$Q_{evap} = 3981.32 \frac{kcal}{h} \cdot \frac{3.96 BTU}{1kcal}$$

$$Q_{evap} = 15766.03 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_{evap} = 15766.03 \frac{BTU}{h} \cdot 0.000293 kW$$

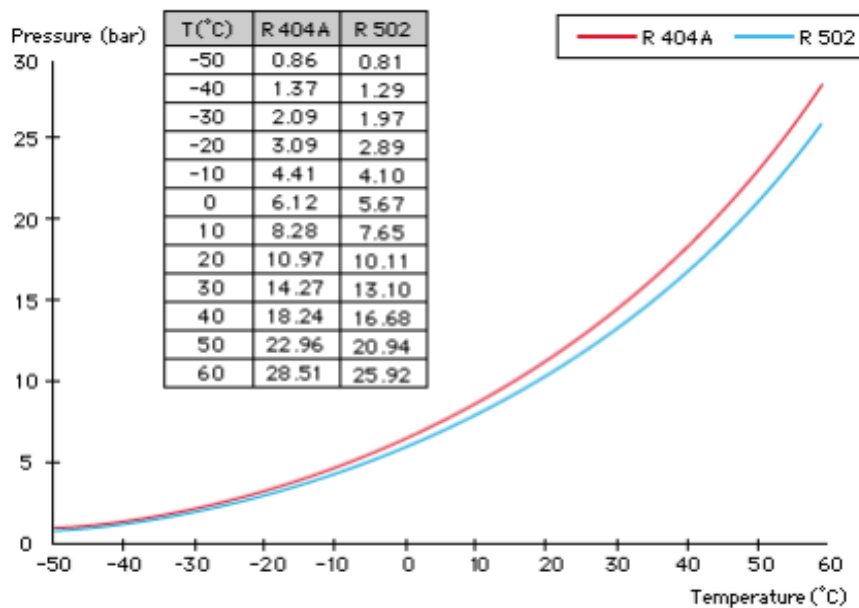
$$Q_{evap} = 4.62 kW$$

ANEXO XIII
Características del refrigerante R404A

Toxicidad y almacenamiento

El R-404A es muy poco tóxico incluso con exposiciones prolongadas de tiempo. El AEL (Allowable Exposure Limit) es de 1000 ppm (8 horas, TWA). Los envases del R-404A deben almacenarse en lugares frescos y ventilados lejos de fuentes de calor. Los vapores, en caso de fuga tienden a acumularse a nivel del suelo.

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	R-404A
Peso molecular	(g/mol)	97.61
Temperatura ebullición a (1,013 bar)	(°C)	-46.45
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar)	(K)	0.7
Temperatura crítica	(°C)	72.07
Presión crítica	(bar abs)	37.31
Densidad crítica	(Kg/m ³)	484
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m ³)	1048
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m ³)	1236
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m ³)	5.41
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	12.42
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	2.49
Calor latente de vaporización (a 1,013 bar)	(KJ/Kg)	200
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	1.64
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	0.88
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mk)	0.064
Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar)	(W/mk)	0.0143
Solubilidad con el agua (25°C)	(ppm)	Despreciable
Límite de inflamabilidad (25°C)	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	3922 *



ANEXO XIV

Temperatura de condensación y evaporación

Hoja de cálculo

$$T_{condensación} = T_{aire, bulbo seco} + \Delta T$$

$$T_{condensación} = 21^{\circ}C + 15^{\circ}C$$

$$T_{condensación} = 36^{\circ}C$$

$$T_{evaporación} = T_{almacenamiento} - \Delta T$$

$$T_{evaporación} = 4^{\circ}C - 1^{\circ}C$$

$$T_{evaporación} = 3^{\circ}C$$

ANEXO XV

Análisis termodinámico en la cámara
frigorífica

Hoja de cálculo

$$n_c = \frac{W_{isen}}{W_{real}}$$

$$n_c = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1}$$

$$n_c = \frac{(270 - 130)kJ/kg}{(295 - 130)kJ/kg}$$

$$n_c = 0.8484$$

$$n_c = 84.84 \%$$

$$W_c = h_3 - h_2$$

$$W_c = (295 - 270)kJ/kg$$

$$W_c = 25 kJ/kg$$

$$|q_c| = h_4 - h_1$$

$$|q_c| = (295 - 130)kJ/kg$$

$$|q_c| = 165 kJ/kg$$

$$|q_e| = h_2 - h_1$$

$$|q_e| = (270 - 130)kJ/kg$$

$$|q_e| = 140 kJ/kg$$

$$COP = \frac{|q_c|}{W_c}$$

$$COP = \frac{165 kJ/kg}{25 kJ/kg}$$

$$COP = 6.6$$

ANEXO XVI

Cálculo de la relación de compresión

Hoja de cálculo

$$r = \frac{P_{condensación}}{P_{evaporación}}$$

$$r = \frac{11.5 \text{ MPa}}{7 \text{ MPa}}$$

$$r = 1.64$$

ANEXO XVII

Cálculo del flujo másico del refrigerante

Hoja de cálculo

$$m = \frac{Q_{evap}}{(h4 - h1)}$$

$$m = \frac{3981.32 \frac{Kcal}{h}}{(295 - 130)KJ/Kg}$$

$$m = \frac{3981.32 \frac{Kcal}{h}}{(165)KJ/Kg}$$

$$m = 24.13 Kg/h$$

ANEXO XVIII

Cálculo de la potencia del compresor

Hoja de cálculo

$$P = \frac{m \cdot (h_2 - h_1)}{n_i \cdot n_m}$$

$$P = \frac{(24.13 \text{ kg/h}) \cdot (270 - 130) \text{ kJ/kg}}{(0.85) \cdot (0.85)}$$

$$P = \frac{\left(24.13 \frac{\text{kg}}{\text{h}}\right) \cdot \frac{(140) \text{ kJ}}{\text{kg}}}{(0.85) \cdot (0.85)}$$

$$P = 4675.71 \text{ kJ/h}$$

$$P = (4675.71 \text{ kJ/h}) \cdot (0.000278 \text{ kW/kJ})$$

$$P = 1.299 \text{ kW}$$

ANEXO XIX

Calor rechazado por el condensador

Hoja de cálculo

$$Q_{cond} = m \cdot (h_3 - h_2)$$

$$Q_{cond} = (24.13 \text{ kg/h}) \cdot (295 - 270) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{cond} = (24.13 \text{ kg/h}) \cdot (25 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_{cond} = 603.25 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{cond} = 603.25 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot \frac{0.95 \text{ BTU}}{1 \text{ kJ}}$$

$$Q_{cond} = 573.08 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{cond} = (603.25 \text{ kJ/h}) \cdot (0.000278 \text{ kW/kJ})$$

$$Q_{cond} = 0.17 \text{ kW}$$

ANEXO XX

Ficha técnica de equipo ZANOTTI



ZANOTTI Spa
Via M.L. King, 30
40020 - Pegognaga (MN) - ITALY
Tel. +39 0376 5551
Fax +39 0376 536554
info@zanotti.com

Tarjeta técnica máquina

Versión 1.42

Modelo:

MGM32002F

Categoría:

Uniblock GM

Datos técnicos

Características	U.M.	Valor
Temperatura trabajo	°C	+10 - -5
Arranque		Directo
Voltaje	Volt-Ph-Hz	400/3N~/50
Absorción nominal	kW*	2.20
Absorción nominal	Amp*	4.90
Corriente de arranque	Amp	26.0
Corriente máxima	Amp	8.6
Refrigerante		R404A
	GWP	3922
Desescarche		Gas caliente
Masa	Kg	100

Compresor

Tipo		Hermético
Potencia nominal	kW	1.5

Condensador

Volumen de aire	m³/h	1500
-----------------	------	------

Evaporador

Volumen de aire	m³/h	1800
Proyección aire	m**	10

Categoría PED		0
---------------	--	---

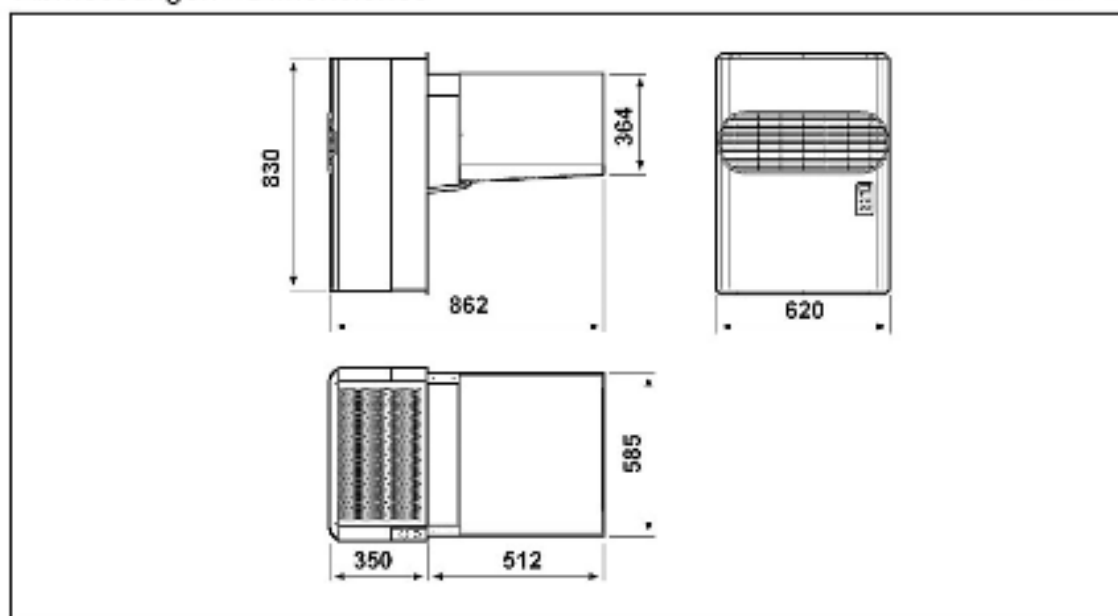


Datos de la energía

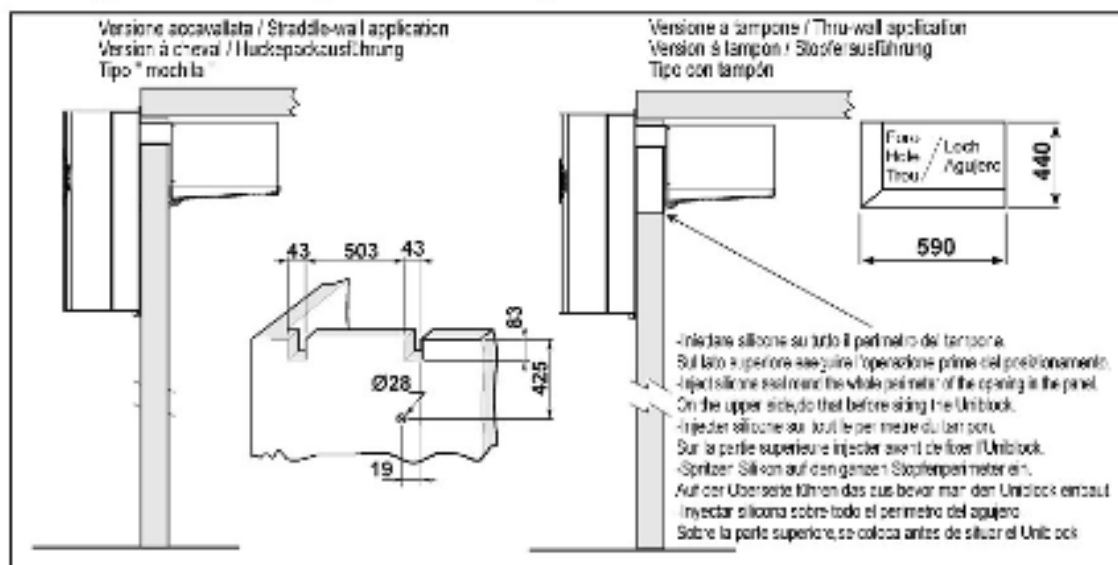
Tc °C	Ta °C	P watt	P Kcal/h	V100 m³	V80 m³	V60 m³
	20	5746	4942	77	70	64
	25	5410	4653	72	66	60
10	30	5075	4364	66	60	55
	35	4741	4077	61	56	51
	40	4406	3789	56	51	46
	45	4070	3500	50	46	42
	20	5064	4355	66	60	55
	25	4760	4094	61	56	51
5	30	4455	3831	56	51	46
	35	4149	3568	52	47	43
	40	3843	3305	47	43	39
	45	3535	3040	42	38	35
	20	4459	3835	56	51	46
	25	4191	3604	52	47	43
0	30	3922	3373	48	44	40
	35	3652	3141	44	40	37

Dimensioni - Dimensions - Dimensions
Abmessungen - Dimensiones

GM3



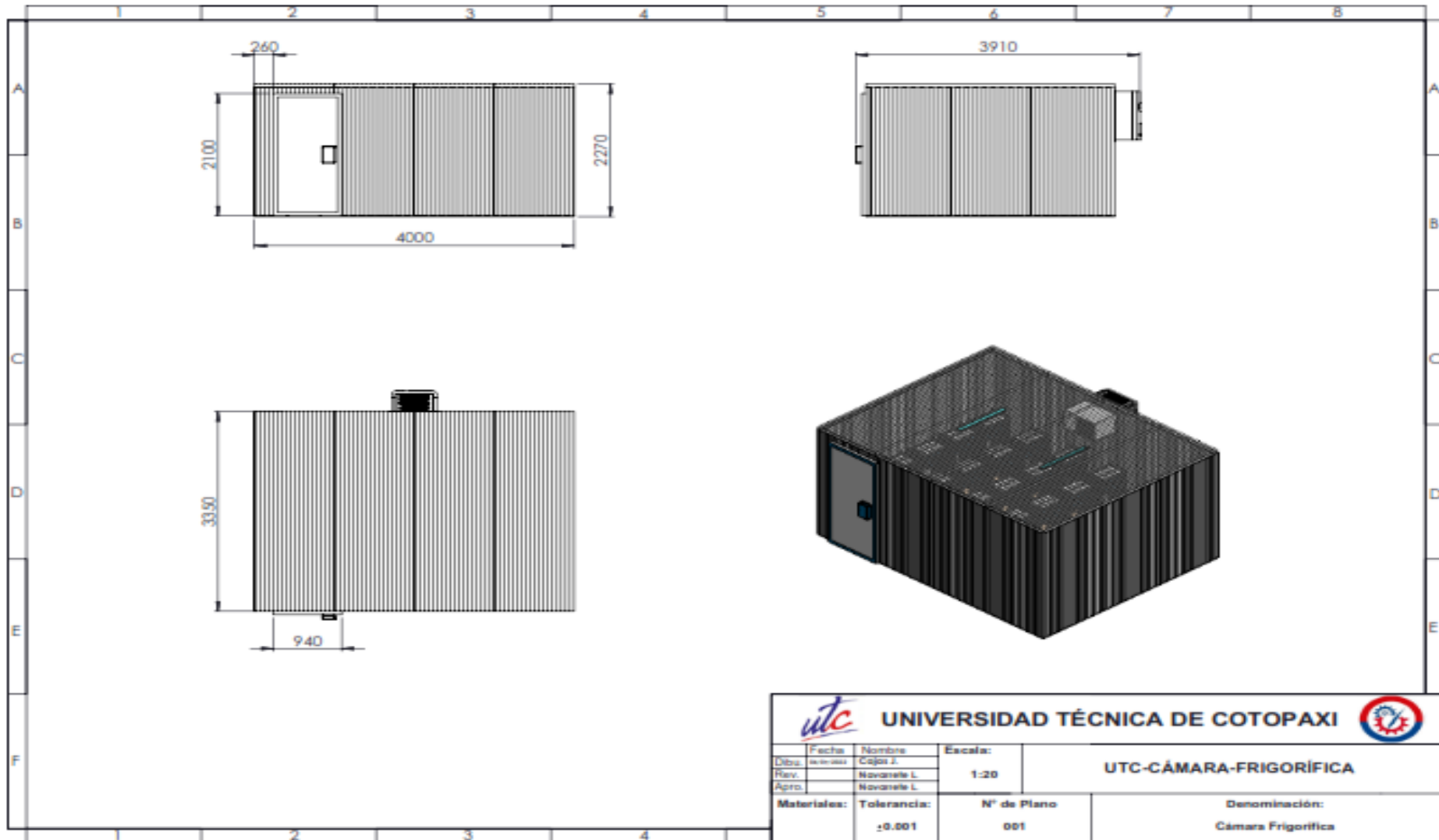
Schema di montaggio - Mounting scheme - Schema de montage
Montageschema - Esquema de montaje

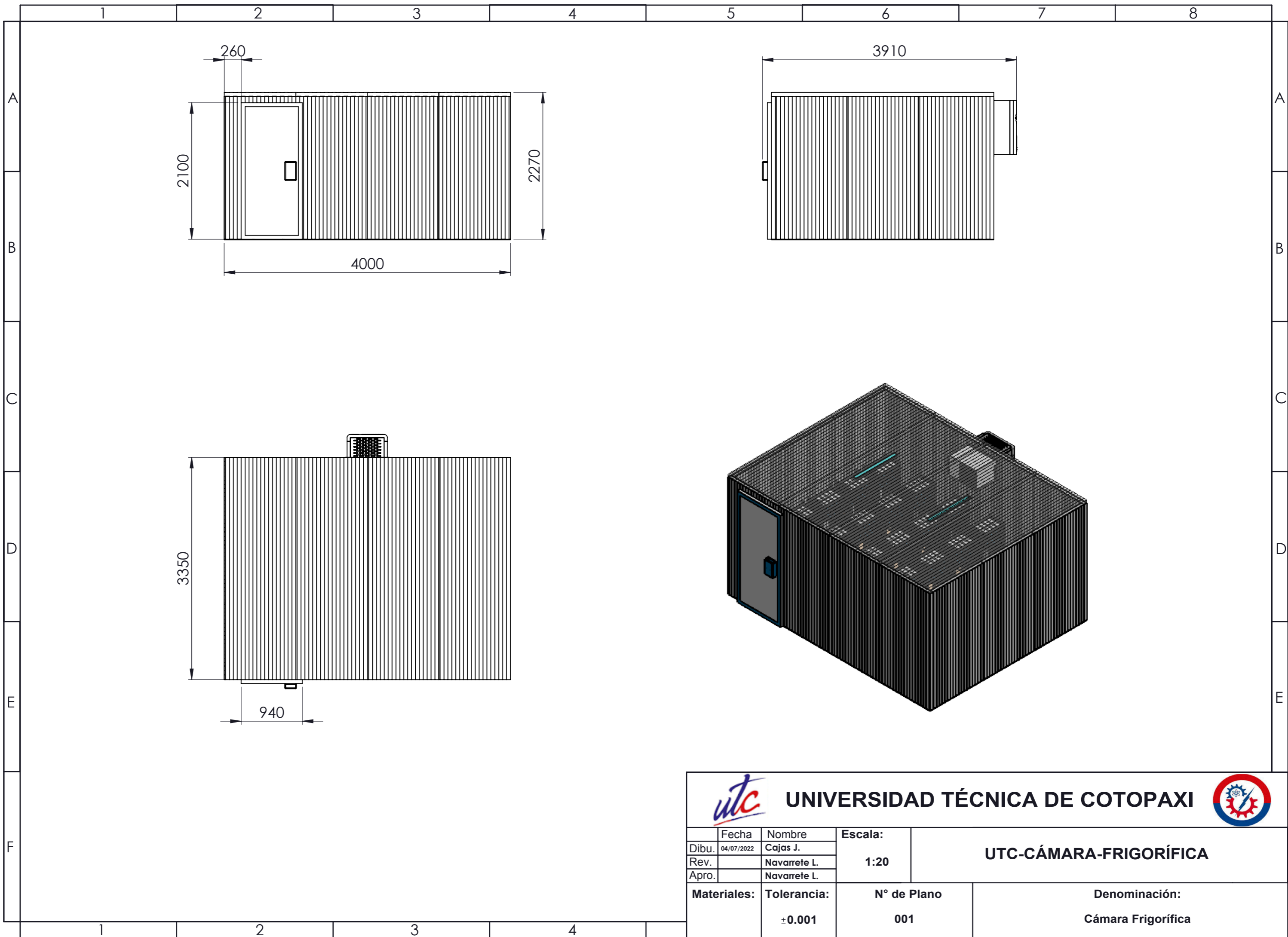




ANEXO XXI
Propiedades de aislantes térmicos

Aislantes térmicos				
Material o producto	HE			
	P k/gm³	λ W/m·K	C_p J/kg·K	μ
Poliestireno Expandido (EPS)	·	0,039"-0,029	·	20-100
Poliestireno Expandido Elastificado (EEPS)	·	0,046 -0,029	·	·
Poliestireno Extruido (XPS)	·	·	..	100 - 220
Expandido con dióxido de carbono CO ₂ ,	·	·	·	100 - 220
Expandido con hidrofluorcarbonos HFC	·	0,039-0,033 0,039-0,029	·	·
Lana mineral (MW)	·	0,050 - 0.031	·	1
Espuma rígida de Poliuretano (PUR) o o poliisocianurato (PIR)	30 .60	0-028	·	60-150
Proyección con Hidrofluorcarbono HFC	40 - 60	0,035-0,032	·	100 - 150
Proyección con dióxido de carbono CO ₂ celda cerrada	·	0,030-0,027	·	60-150
Plancha con Hidrofluorcarbono HFC o Hidrocarburo (pentano) y revestimiento permeable a los gases	·	0,025. 0,024	·	..
Plancha con Hidrofluorcarbono HFC o Hidrocarburo (pentano) y revestimiento impermeable a los gases.	·	·	·	·
Inyección en tabiquería con dióxido de carbono CO ₂ .	15-20	0.040	·	≤20
Otros materiales aislantes)	·	·	·	·
Corcho expandido	325.-750	0,143-0,095	·	1
Arcilla Expandida	140 -240	0,062	·	5
Panel de perlita expandida (EPB) (>80%)	100 -150	0,050	·	·
Panel de vidrio celular (CG)	20 y 50	0,033 - 0,033	·	·
Guata o fieltro de poliéster	·	0,072-0,038	·	·
Espuma de polietileno reticular	·	0,042 - 0,035	·	·
Espuma de polietileno no reticulado	·	·	·	·

Anexo XXI: Plano de cámara frigorífica





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha	Nombre	Escala:	UTC-CÁMARA-FRIGORÍFICA		
Dibu. 04/07/2022	Cajas J.	1:20			
Rev.	Navarrete L.				
Apro.	Navarrete L.				
Materiales:	Tolerancia:	N° de Plano	Denominación:		
	±0.001	001	Cámara Frigorífica		