



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR
LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS
LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA
DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR
LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS
LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA
DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

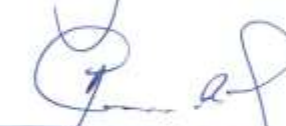
PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMÍN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA P18

**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1444-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 10739 presentado por el (la) Bachiller: **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. ORLANDO VAMONTE CALLA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Luis W. Mamani Apaza
DIRECTOR



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 788-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 07 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 5585 por el señor (a): **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 570 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 020- 2025 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 020- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCVCU-R, y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, presentado por el señor (a): LUIS MIGUEL CARITA SUCASAI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

ARTICULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Registrese, Comuniquese, Archive.



cc:
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 369-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2393, presentado el señor (a) **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 179-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 009-2025 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 009-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA LA PRESERVACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

10%

2

dgsa.uaeh.edu.mx:8080

Fuente de Internet

5%

3

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

2%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad de Lima

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

8

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1%



Metadatos complementarios - UANCV

DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44671613
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-4867-9202
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARRÉON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476



"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"





DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRÉ identificado con DNI Nro. 44 67 1613
en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD
DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA
BARBARA DE JULIACA

Asesorado por: ING. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 05 de 01 del 2025


FIRMA ASESOR


FIRMA TESISTA


Huella



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi familia, con un profundo amor y agradecimiento. Ellos me han dado la fuerza para proseguir adelante, incluso en las situaciones más difíciles, gracias a su ayuda incondicional, sus palabras de ánimo y su confianza en mí.

A mi madre, Rosa Sucasaire Cáceres; a mi hermana, Elen Lesli Carita Sucasaire; y a mi padre, Teófilo Carita Chambi: gracias por mostrarme la importancia de la perseverancia y el trabajo arduo.

A mis maestros, por transmitirme su conocimiento y despertar en mí la pasión por aprender.

Y a todos los que, de alguna manera, han sido parte de este camino: gracias por confiar en mí.



AGRADECIMIENTO

Ante todo, doy gracias a Dios porque me ha concedido la fortaleza, la salud y la sabiduría que se requieren para superar cada reto durante este proceso.

A la UANCV, por haberme brindado acogimiento en estos años de preparación profesional. No solo recibí una buena educación en esta institución, sino que también se me proporcionó un espacio para crecer como persona, académicamente y en términos de humanidad.

Gracias por ser parte esencial de este éxito. Con el sólido compromiso de aplicar lo que aprendí al servicio de la sociedad, portar con orgullo el nombre de mi alma mater.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.5. Hipótesis de la investigación.....	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específica.....	5



1.6. Variables.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	5
1.7. Operacionalización de variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.1.3. Antecedentes locales	12
2.2. Marco teórico	16
2.2.1. Cámaras frigoríficas	16
2.2.2. Ciclos de Refrigeración	25
2.2.3. Refrigerantes.....	35
2.2.4. Carga Térmica en una Cámara de Refrigeración.....	39
2.3. Marco conceptual.....	47

CAPÍTULO Iii

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación	53
3.2. Tipo de la investigación	53
3.3. Nivel de investigación	54
3.4. Enfoque de investigación.....	54



3.5. Población y muestra	55
3.5.1. Población.....	55
3.5.2. Muestra	56
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
3.6.1. Técnicas	57
3.6.2. Instrumentos.....	58
3.7. Materiales y equipos	58
3.8. Ubicación de la zona en estudio	58
3.9. Procedimiento metodológico.....	60
3.9.1. Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025	60
3.9.2. Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025	61
3.9.3. Realizar una evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR.....	70

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....	72
4.1.1. Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025	72



4.1.2. Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025	77
4.1.3. Realizar una evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR.....	138
4.2. Discusión	145
CONCLUSIONES.....	147
RECOMENDACIONES	149
Bibliografía	150
ANEXOS	153



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Operacionalización de variables..... 6
Tabla 2	Características de los gases refrigerante 38
Tabla 3	Características de los gases refrigerante 73
Tabla 4	Características de los gases refrigerante 74
Tabla 5	Características del tipo de pisos en cuartos fríos 78
Tabla 6	Características de materiales aislantes 83
Tabla 7	Propiedades de aislantes térmicos..... 84
Tabla 8	Coeficientes globales de transmisión de calor 84
Tabla 9	Características y evaluación de refrigerantes..... 86
Tabla 10	Número de quesos por bandeja y áreas del producto 88
Tabla 11	Pesos de productos en estanterías 89
Tabla 12	Características de poliuretano 91
Tabla 13	Pesos de productos en estanterías 92
Tabla 14	Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración 93
Tabla 15	Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración 93
Tabla 16	Características del refrigerante R404A 94
Tabla 17	Resultados de presiones y entalpías..... 95
Tabla 18	Temperaturas de condensación y evaporación..... 96
Tabla 19	Resultados termodinámicos 97
Tabla 20	Resultados de relación de compresión 98
Tabla 21	Flujo másico del refrigerante 98
Tabla 22	Potencia del compresor para la cámara frigorífica 99
Tabla 23	Potencia del compresor para la cámara frigorífica 99



Tabla 24	Potencia del compresor para la cámara frigorífica	100
Tabla 25	Lista de Componentes de la Cámara Frigorífica	139
Tabla 26	Cálculo en soles del Consumo eléctrico Total por mes	140
Tabla 27	Lista de materiales para Instalación de Cámara Frigorífica	141
Tabla 28	Costo total del proyecto de Cámara Frigorífica	142
Tabla 29	Flujo de fondos para los proyectos con y sin la cámara frigorífica	142
Tabla 30	VAN y TIR para los proyectos con y sin la aplicación de energía fotovoltaica)	143



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cámara frigorífica.....	17
Figura 2 Material aislante	20
Figura 3 Proceso de certificación ISO 9001:2015	26
Figura 4 Ciclo de refrigeración en cascada	28
Figura 5 Ciclo de refrigeración en cascada	30
Figura 6 Ciclo de refrigeración con sub-enfriamiento líquido-vapor	32
Figura 7 Ciclo de refrigeración con acumulador de preenfriamiento.	34
Figura 8 Ubicación de la zona en estudio.....	60
Figura 9 Bandejas plásticas.	79
Figura 10 Colocación de quesos en la estantería de madera.	80
Figura 11 Cantidad de quesos que podrían colocarse en la bandeja plástica.	81
Figura 12 Distribución de quesos en la cámara frigorífica.....	90
Figura 13 Ubicación del equipo y colocación de parámetros de frontera. ...	101
Figura 14 Resultados de velocidad en el plano XY.	102
Figura 15 Resultados de velocidad en el plano XY	102
Figura 16 Resultados de velocidad en el plano YZ.	103
Figura 17 Resultados de temperatura en el plano XY.....	104
Figura 18 Resultados de temperatura en el plano XZ.	105
Figura 19 Resultados de temperatura en el plano YZ.	105
Figura 20 Ubicación del equipo de refrigeración.	106
Figura 21 Ubicación 1 del equipo de refrigeración.	107
Figura 22 Resultados 2 de velocidad en el plano XZ.	107



Figura 23	Resultados 2 de velocidad en el plano YZ.	108
Figura 24	Resultados 2 de temperatura en el plano XY.	110
Figura 25	Resultados 2 de temperatura en el plano XZ.	110
Figura 26	Resultados 2 de temperatura en el plano YZ.	111
Figura 27	Ubicación 3 del equipo de refrigeración.	112
Figura 28	Resultados 3 de velocidad en el plano XY.	116
Figura 29	Resultados 3 de velocidad en el plano XY.	116
Figura 30	Resultados 3 de velocidad en el plano XY.	117
Figura 31	Resultados 3 de temperatura en el plano XY.	122
Figura 32	Resultados 3 de temperatura en el plano XZ.	122
Figura 33	Resultados 3 de temperatura en el plano YZ.	123
Figura 34	Cuarta posición en la cual podría estar colocado el equipo de refrigeración.	127
Figura 35	Resultados 4 de velocidad en el plano XY.	130
Figura 36	Resultados 4 de velocidad en el plano XZ.	130
Figura 37	Resultados 4 de velocidad en el plano YZ.	130
Figura 38	Resultados 4 de temperatura en el plano XY.	134
Figura 39	Resultados 4 de temperatura en el plano XZ.	135
Figura 40	Resultados 4 de temperatura en el plano YZ.	135



RESUMEN

La investigación surge porque en la ciudad de Juliaca no se cuenta con un modo efectivo de albergar y conservar los productos lácteos, almacenándose principalmente a la intemperie, por ello se plantea el objetivo general de diseñar una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca. Con procedimiento metodológico mediante la selección de los componentes que requiere la cámara de refrigeración para productos lácteos, en específico queso, seguidamente dimensionar la cámara frigorífica, y realizar el análisis económico con el VAN y TIR. En los resultados se encontró que los componentes necesarios para la de refrigeración y conservación de productos lácteos serán principalmente un evaporador, un condensador, y un compresor de carácter compacto; dimensionándose para 500 quesos, con un área de 13,4m² y una altura de 2,27m, con una temperatura de conservación de 4 °C, así mismo se empleara un compresor de 1,5 kW, volumen de aire del evaporador de 1800 m³/h, un condensador de 1500 m³/h y refrigerante R404A el cual no es contaminante, la cual consentirá tener una adecuada temperatura de preservación, y según la modelación la temperatura de 4 °C para los quesos la conserva estable, lo que se traduce que el producto estará en un buen estado para la ingesta humana, cuyo costo de fabricación es de S/. 324,439.62 (VAN), recuperando la inversión en un período de 6 años (TIR), lo que garantiza su rentabilidad. Concluyendo que el diseño y posterior implementación de una cámara frigorífica permitirá incrementar la capacidad de preservación de los productos lácteos

Palabras clave: Cámara frigorífica, lácteos, queso, conservación



ABSTRACT

The research arose because the city of Juliaca lacks an effective way to store and preserve dairy products, which are mainly stored outdoors. Therefore, the overall objective is to design a cold storage room to increase the capacity for preserving dairy products at the Santa Bárbara market in Juliaca. The methodological procedure involves selecting the components required for the cold storage room for dairy products, specifically cheese, then sizing the cold storage room, and performing an economic analysis using NPV and IRR. The results showed that the components necessary for the refrigeration and preservation of dairy products will mainly be an evaporator, a condenser, and a compact compressor, sized for 500 cheeses, with an area of 13.4 m² and a height of 2.27 m, with a storage temperature of 4 °C. A 1.5 kW compressor will also be used, with an evaporator air volume of 1800 m³/h, a condenser of 1500 m³/h, and R404A refrigerant, which is non-polluting. This will allow for an adequate preservation temperature, and according to the model, a temperature of 4 °C for cheese keeps it stable, which means that the product will be in good condition for human consumption. The manufacturing cost is S/. 324,439.62 (NPV), with a return on investment in a period of 6 years (IRR), which guarantees its profitability. Concluding that the design and subsequent implementation of a cold storage room will increase the preservation capacity of dairy products.

Keywords: Cold storage, cold room, dairy, cheese, preservation



INTRODUCCIÓN

La industria láctea representa un sector estratégico dentro del ámbito agroalimentario, tanto por su importancia nutricional como por su impacto económico y social en regiones productoras (Cajas & Shigui, 2022). En países como el Perú, donde la actividad ganadera y la producción de derivados lácteos son fuentes de sustento para miles de familias, resulta indispensable mejorar los procesos de postproducción para avalar la calidad, seguridad y vida útil de los productos. No obstante, uno de los retos más importantes que afrontan los pequeños y medianos productores es la falta de infraestructura adecuada para la conservación eficiente de la leche y sus derivados, lo cual repercute directamente en pérdidas económicas, deterioro del producto y limitaciones en el acceso a mercados más amplios (Flores & Tonconi, 2012).

En estas circunstancias, el diseño junto con la implementación de una cámara frigorífica se plantea como una solución técnica viable para optimizar la cadena de frío en el mantenimiento de productos lácteos. Las cámaras frigoríficas son instalaciones térmicamente aisladas y equipadas con sistemas de refrigeración que permiten mantener condiciones controladas de temperatura y humedad, adecuadas para prolongar la frescura y calidad microbiológica de alimentos perecibles. En el caso de los productos lácteos como la leche fresca, quesos, yogurt y mantequilla la refrigeración no solo evita la proliferación de microorganismos patógenos y alterantes, sino que también mantiene sus propiedades organolépticas y valor nutricional durante más tiempo (Ccallo, 2009).

El diseño de una cámara frigorífica debe considerar múltiples variables técnicas, tales como la capacidad de almacenamiento, la temperatura de



operación, la eficiencia energética, el tipo de aislamiento térmico, el procedimiento de refrigeración a emplear, y las condiciones ambientales del entorno. Además, se deben incorporar criterios de sostenibilidad, viabilidad económica y adaptabilidad al contexto local. De esta manera, se asegura que la propuesta tecnológica responda de forma integral a las necesidades del sector lácteo regional, particularmente en zonas rurales donde las condiciones de infraestructura son limitadas (Del Carpio, 2021).

Teniendo la siguiente información se propicia el desarrollo del presente estudio titulado: "Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos en el mercado Santa Barbara de Juliaca"; la cual consta de cuatro capítulos, los cuales se indican a continuación:

El primer capítulo define el problema investigado, los objetivos, la justificación y las hipótesis propuestas. Igualmente, el capítulo II delimita las referencias bibliográficas (antecedentes), el marco teórico y el marco conceptual. Luego sigue el capítulo III, que detalla la investigación y su diseño, la población y la muestra, los métodos e instrumentos empleados, así como la metodología. El capítulo IV especifica los resultados obtenidos junto con su correspondiente discusión y prueba estadística. culminando se presentan las conclusiones y recomendaciones logradas.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

La industria alimentaria tiene hoy en día un papel esencial en el progreso de la sociedad, sobre todo debido a la asociación que existe entre la cantidad de personas que consumen alimentos y la cantidad de alimentos (Yandun, 2024). Es transcendental señalar que ultimamente, la población mundial ha casi duplicado su tamaño: pasó de 5200 millones de residentes en 1990 a más de 8000 millones en el año 2020. Un rasgo relevante de esta expansión es que la mayor parte de las personas optan por residir en áreas urbanas, donde hay más posibilidades laborales, acceso a tecnologías y facilidades para transportarse. (Estalin & Diaz, 2024), Además, el inconveniente principal de esto es que las principales fuentes productivas alimentarias se encuentran en áreas rurales distantes, lo que requiere la creación de una cadena comercial para producir y transportar productos desde el campo a la ciudad. En este punto intervienen las operaciones de refrigeración; muchos de los productos alimenticios tienden a deteriorarse dinámicamente si no están en entornos ambientales adecuadas y suelen tardar días e incluso semanas en llegar desde el area productora hasta el comprador final (Burneo, 2021).



Así mismo, en el Perú la industria láctea enfrenta diversos desafíos en la conservación de sus productos, fundamentalmente en zonas campestres y regiones con acceso definido a infraestructura adecuada (Huamán J. , 2020); la falta de sistemas de refrigeración eficientes genera pérdidas significativas, afecta la calidad de los productos y limita su comercialización en mercados más amplios, ya que sin esto se produce una rápida deterioración de los mismos, lo que causa pérdidas y daños (Uchuya, 2024). En estas circunstancias, la creación y puesta a marchar de una cámara frigorífica se plantea como una solución esencial para incrementar la capacidad de conservación de los productos lácteos; este sistema posibilitaría alargar el tiempo útil de la leche y sus derivados. garantizar su inocuidad y reducir desperdicios, beneficiando tanto a pequeños productores como a empresas del sector (Manchego & Vera, 2024).

En la región de Puno, y en particular en Juliaca, se ha visto un problema desde hace varios años, sobre todo en los mercados: el sector de conservación y refrigeración de alimentos no tiene un método efectivo para almacenar y conservar productos lácteos. Esto se debe a que cada día se mueve aproximadamente 20 toneladas y lo que sobra va a los refrigeradores industriales.; además en un puesto o varios existen muchas congeladoras que se encuentran cercanas a otras, el hacinamiento puede ser un problema de salud, al igual que el hecho de que las distancias pequeñas para la refrigeración por convección no se respeten. Para el vendedor, estar rodeado de máquinas congeladoras amontonadas puede causar problemas respiratorios o de resfriado. Además, el espacio es muy reducido tanto para el comprador como para el vendedor.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Es factible realizar el diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué capacidad presentaran los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025?
- ¿Qué dimensiones presentara la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025?
- ¿Existirá rentabilidad en la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025
- ✓ Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025



- ✓ Realizar la evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR

1.4. Justificación de la investigación

Es crucial comprender que los productos lácteos, cuando se almacenan a 4°C, pueden durar una media de dos semanas. Cabe mencionar que la mayoría de los microempresarios de todo el país, incluidos los de la zona de estudio, tienen dificultades para conseguir cámaras frigoríficas porque son demasiado caras, lo que provoca el deterioro de los productos. Las grandes y medianas industrias del país disponen de estas cámaras.

Por otra parte, si los productos lácteos no se conservan adecuadamente, pueden descomponerse, lo que se traduce en pérdidas económicas para los propietarios del negocio y en artículos de mala calidad para los consumidores debido a la falta de cámaras frigoríficas.

Por lo general, se sabe que los productos alimentarios deben ser de gran calidad, ya que pueden afectar a la salubridad humana. En este caso, es bien sabido que, de acuerdo con la normativa vigente, la fabricación de queso debe garantizar que el producto sea seguro y esté libre de bacterias (Herrera, 2024).

Por lo tanto, se tiene como objetivo la creación de una cámara frigorífica para el mercado Santa Bárbara, que se encuentra en Juliaca. Esto es debido a que este no dispone de una y resulta absolutamente necesario. De esta forma, los dueños de los negocios tendrán la posibilidad de incrementar su producción más adelante sin arriesgarse a perder materia prima.



1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Diseñar y posteriormente implementar una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca es factible

1.5.2. Hipótesis específica

- Los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, serán los necesarios para alcanzar una capacidad máxima de 27m³
- Las dimensiones de la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, serán de 3*3*3metros, con longitudes variadas por cada componente.
- Existe rentabilidad en la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR

1.6. Variables

En el presente estudio se plantean dos variables

1.6.1. Variable independiente

- ✓ Cámara frigorífica

1.6.2. Variable dependiente

- ✓ Conservación de productos lácteos



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DEFINICION CONCEPTUAL</u>	<u>DEFINICION OPERACIONAL</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>
<u>Variable dependiente</u>				
Cámara frigorífica	Una cámara frigorífica es un recinto cerrado, térmicamente aislado, diseñado para mantener un ambiente controlado de baja temperatura con el fin de conservar productos perecibles, como alimentos o medicamentos, evitando su descomposición y manteniendo sus propiedades físico-químicas y microbiológicas por más tiempo.	Operacionalmente, la cámara frigorífica en esta investigación se evaluará a través de dimensiones medibles como la capacidad de almacenamiento, el rango y uniformidad de la temperatura, la eficiencia energética y la disponibilidad de sistemas de control y monitoreo.	Componentes de la cámara frigorífica Aspectos a considerar para dimensionar una cámara frigorífica	Compresor Evaporador Condensador Tipo de producto Capacidad de almacenamiento Temperatura de operación Forma de almacenamiento Espacio disponible
<u>Variable independiente</u>				
Conservación de	se entiende conceptualmente como el conjunto de prácticas, condiciones y procesos destinados a mantener las	la conservación de productos lácteos se evaluará considerando parámetros medibles que permitan cuantificar su	Evaluación económica de la cámara frigorífica	VAN



productos lácteos	propiedades físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de los productos lácteos durante un periodo determinado, evitando su deterioro y garantizando su inocuidad para el consumo humano. Incluye factores como temperatura, humedad relativa, higiene, manipulación y tiempo de almacenamiento, que inciden directamente en la calidad final del producto.	efectividad, tales como: el tiempo de vida útil del producto en días, el mantenimiento de la temperatura óptima de refrigeración (0 °C a 4 °C para lácteos frescos), el control de la humedad relativa (65 %–85 %), la presencia o ausencia de cambios organolépticos (olor, color, textura y sabor) y el cumplimiento de estándares sanitarios establecidos por las normas de inocuidad alimentaria.
-------------------	---	---

TIR

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En España - Herrera (2024), efectuó la investigación titulada: La creación y evaluación de cámaras frigoríficas para preservar carne avícola a través de simulaciones. Esta clase de comida es muy perecedera debido a la cantidad de humedad y nutrientes que tiene; por eso, si no se maneja correctamente, puede ser propensa a que las bacterias se multipliquen. La refrigeración es un método eficaz para preservar los alimentos al reducir la velocidad de prosperacion de microorganismos que pueden generar enfermedaades relacionadas con la alimentación. Para preservar la carne de pollo de modo seguro y extender su vida útil, es fundamental mantener las circunstancias particulares de humedad considerable entre 85 % y 90 % y temperatura entre 0° C y 4° C. Las cámaras frigoríficas son instrumentos esenciales para alcanzar esta meta, dado que brindan un entorno regulado en el que es posible mantener las condiciones de preservación de alimentos perecederos. No obstante, para el diseño de una cámara frigorífica se requiere aplicar un metodo que tiene en cuenta una serie de aspectos, con el fin de establecer un entorno ideal para almacenar a bajas temperaturas, tomando como base las particularidades del lugar y los



requerimientos concretos del producto. No obstante, es necesario evaluar cualquier método para diseñar cámaras frigoríficas con el fin de asegurar que su instalación sea factible desde el aspecto energético y técnico. Por esta razón, el método sugerido en este trabajo se complementó con un simulador que posibilita la evaluación de la actuación de las cámaras creadas. El enfoque se fundamenta en la comprensión de dos componentes primordiales: las condiciones de operación de la cámara a lo largo del día y las propiedades del almacenamiento del producto.

En Ecuador, Yandun (2024) llevó a cabo el estudio llamado: Mejoramiento del rendimiento de la cámara frigorífica, asegurando que los productos guardados se mantengan en un estado adecuado. Modelar la cámara frigorífica es el primer paso. La temperatura y la humedad son variables que se consideran importantes. La programación del PLC se lleva a cabo a continuación. Para establecer algoritmos de control que regulen las variables modeladas, se emplean lenguajes de programación concretos para PLCs, como Ladder o Structured Text. La simulación permite verificar el funcionamiento del sistema antes de que se ponga en práctica, para lo cual se emplean programas de simulación que hacen posible la recreación de las operaciones del PLC y de la cámara frigorífica. Así, es posible identificar y solucionar posibles errores durante las fases de modelación y programación. El PLC, siguiendo los algoritmos de control preestablecidos, tendrá la responsabilidad de regular las variables de la cámara para garantizar el funcionamiento ideal de la cámara frigorífica. Así se pone de manifiesto lo relevante que es trabajar conjuntamente en la simulación, programación y modelación cuando se trata del control automático de sistemas

industriales, y cómo esta integración puede llevar a optimizar los procedimientos comerciales.

En Ecuador, Estalin & Diaz (2024), realizaron la investigación titulada: Creación y elaboración de un módulo de refrigeración para la supervisión y control de la temperatura a través de redes Lan, con el objetivo de solucionar la falta de módulos capacitados en este campo que mejoren la formación del alumnado del grado en Electromecánica. El sistema de monitoreo para el sistema de refrigeración fue implementado con una sólida base teórica que respalda el proyecto. La temperatura del sistema se pudo supervisar gracias a una tarjeta Sitrad, que fue utilizada para controlar este mecanismo. El sistema, debido a esta integración, funciona de modo semiautomática y, por lo tanto, llega a los propósitos establecidos. La esencia de esta investigación práctica radica en la aplicación eficaz del sistema de monitoreo, el cual ha sido validado por medio de pruebas certeras que aseguran el desempeño de las funciones requeridas. Este procedimiento de hacer realidad el monitoreo del sistema de refrigeración es un avance importante hacia el progreso y mejora de los procesos industriales, ya que brinda nuevas oportunidades en el área de la robotización y la mecánica electrónica de mecanismos térmicos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En Lima, Davila (2024), efectuó la investigación titulada: Elaboración de una cámara frigorífica para preservar 50 toneladas de arándano fresco, situada en la región agroindustrial de La Libertad. La cámara tiene una altura de 7,2 metros y un ancho de 18,8 metros; su altura reducida es de 3,83 metros y la elevada de 6,65 metros. De esta manera, presenta una inclinación del 15% con respecto a la retención del agua pluvial. La carga térmica se estima en 60,24 kW.



El conjunto del sistema de refrigeración tiene como piezas fundamentales según los evaporadores Intercal, las válvulas solenoides, las válvulas de expansión TE 5 y los calentadores Bitzer. Los diámetros de las tuberías del sistema fueron 1 5/8" para la principal línea de succión y 7/8" para la línea principal del agua. El panel tiene un grosor de 100 mm y está hecho de núcleo de poliuretano. Los cálculos de la cámara satisfacen las normativas ASHRAE y las peruanas de refrigeración. En este caso, se selecciona el refrigerante sintético R-404A en sistema de expansión directa que conserva la temperatura interna a 0 °C. Se calcula que el coste total de la cámara frigorífica (incluyendo tanto el equipo como la mano de obra) asciende a 80.034,65 dólares estadounidenses. Los diseños de las cámaras frigoríficas se crean al mismo tiempo que el esquema técnico del sistema para la refrigeración.

En Lambayeque, Baca (2024) realizó el estudio llamado: Creación de una cámara frigorífica para conservar mangos, con capacidad para 30,000 kg, situada en la localidad de Motupe. Esta investigación presenta como metodo del diseño no experimental. Se empleó como población a la totalidad de cámaras frigoríficas y, específicamente, la cámara de conservación de mangos. Las investigaciones se lograron mediante entrevistas y observación a través de una ficha con el fin de recolectar datos. Se establecieron los requerimientos ideales de humedad y temperatura para la exportación de mango, obteniendo como resultados 90% de humedad relativa y 10°C de temperatura. Se creó la matriz morfológica con el fin de evaluar las tres soluciones potenciales y determinar cuál es la mejor opción. De acuerdo con la norma VDI 2225, se eligió como opción número dos (se empleará una puerta frigorífica corredera que tenga una hoja de poliuretano de 80 mm de grosor; el panel frigorífico clase poliuretano,



que tiene buenas características termoaislantes para conservar el grado de temperatura interna, será usado en la cámara frigorífica de almacenamiento; el sistema frigorífico funcionará con un compresor semihermético que contenga el refrigerante ecológico R507a; se utilizarán cajas de cartón para almacenar mango). La cámara de conservación se calculó con base en la capacidad máxima del producto almacenado. (3.4 m x 9.26 m x 15 m). El cálculo de carga térmica se realizó teóricamente para el compartimento de conservación, y el resultado fue 27.67 kW.

En Arequipa, Uchuya (2024) llevó a cabo el estudio titulado: Creación de un cuarto frío con capacidad para 2000 kg con el propósito de refrigerar arándanos en la localidad de Arequipa. La investigación se llevó a cabo de manera aplicativo o tecnológica, utilizando el método VDI 2221 y validándose a través de un modelado en el programa Solidworks. Como resultado, se logró una cámara frigorífica de 79,39 m³ con aislamiento en poliuretano; dentro de ella, la fruta se guarda en bandejas que se ponen en carros móviles. Todo esto generó una carga térmica de 31 460 BTU/h. Se propuso el uso de refrigerante R134a, que reemplaza al R-12 en las instalaciones nuevas, como uno de los elementos seleccionados. Además, se descubrió que la discrepancia entre la temperatura de congelación y temperatura ambiental de la fruta es la primordial causa del incremento en la carga térmica. Esto podría mejorarse mediante un pretratamiento.

2.1.3. Antecedentes locales

Flores (2019) llevó a cabo la investigación en Puno, que se llamó: Valoración sobre las características del propionato de sodio y el calcio para determinar la estabilidad del pan precocido almacenado en refrigerador. En este



estudio se examinan las propiedades microbiológicas, la identificación del tratamiento óptimo y la vida útil del pan precocido acopiado en refrigeración. Se evaluaron dos aditivos: el propionato de sodio (E281) y el propionato de calcio (E282), a cantidades del 0%, 0.05% y 0.10%. También se estudió el impacto de los días de almacenamiento (1, 3, 5, 8, 11 y 14) a una temperatura de 4 °C. Se llevó a cabo la fase inicial, en la que se preparó pan precocido tipo francés prehorneado con varias concentraciones de aditivos. Estos fueron guardados y examinados para determinar la carga microbiana (moho, levaduras y mesófilos), así como el nivel de pH y humedad. Después, se pasó a la segunda fase de horneado y evaluación organoléptico para evaluar su efecto en la duración del pan francés precocido. Para el método estadístico, se utilizó el paquete Minitaab 18 y los datos obtenidos fueron examinados mediante un (ANOVA). Para dichos niveles significativas, se empleó la prueba de Tukey. Los resultados evidencian que el reducción del pH de 5.3 a 5 (una unidad) y la disminución de humedad de 24.3 a 23 en la segunda fase del horneado tuvieron una repercusión en cómo los microorganismos se desarrollaron. Esto indica que, al comparar las pruebas experimentales que lograron un periodo más prolongado de duración del producto, se logró un promedio de 3.66 días de preservación, lo que indica que el método más adecuado fue el 348 (propionato de calcio al 0.10%), con un desarrollo considerable de microorganismos, lo que permite obtener pan avanzado para hornear de calidad aceptable.

Guevara & Benito (2012) llevaron a cabo en Puno el estudio que se denominó: Se llevó a cabo en las dependencias de la compañía Frío Industrial Andino Juliaca, con una temperatura media diaria de 12.6 °C y una presión de 1036 mb, la implementación de un módulo para efectuar pruebas de métodos de



refrigeración empleando el mecanismo de comprimimiento de vapor. a 3824 msnm. Los propósitos fueron: El dimensionamiento, la elección y la instalación de un módulo para experimentar métodos de refrigeración con un sistema a compresión de vapor y sus elementos correspondientes, utilizando una potencia de trabajo del motor compresor de 0.25 HP. Por otro componente, se procede a la evaluación de la eficacia del sistema del módulo analizando su capacidad nominal (con un 85% de carga) con la nominal (cargado al 100%). Se determina la potencia que el compresor le proporciona al refrigerante, el flujo de calor obtenido en el evaporador y se calcula el COP (coeficiente de rendimiento. Se instaló el módulo colocando sus elementos fundamentales, dispositivos y equipos de acuerdo a su papel en el ciclo de refrigeración. Se añadieron monitores de fallas por bloqueo de tuberías y problemas de ventilación en el evaporador y condensador del espacio de congelamiento. Con el fin de medir cuán efectivo es el sistema del módulo, se congelaron 600 gr. de agua destilada a temperaturas de 30.6 y 68.6 °C en la cámara de congelación del módulo (que tiene un volumen interno de 0.09 m³). Se realizaron 10 evaluaciones con cada temperatura para revisar y contrastar el 85 y el 100% de la eficiencia. Se adquirió el ciclo termodinámico teórico del mecanismo con las temperaturas: temperatura de evaporación = -13.4 °C (entalpía: 290.7 KJ/Kg.; presión: 1.752 bar.) y temperatura de condensación = 34 °C (entalpía: 147.5 KJ/Kg.; presión: 8.631 bar.). El funcionamiento proporcionado en el motor compresor al refrigerante fue de 0.108 y 0.163 Watts, adecuadamente, durante las pruebas a 85% y a 100% de su capacidad total del mecaniso; de manera similar, el flujo de calor absorbido por el refrigerante en el evaporador fue de 0.525 y 0.673 Watts promedio, respectivamente, en las pruebas realizadas al 85% y al 100% de la capacidad.



Al término, los valores estándar de COP que se obtuvieron fueron: 5.4 para el 85% y 4.2 para el total del sistema (100%). El Módulo para 2 Ensayos de Refrigeración (MER) funcionó sin complicaciones con un motor compresor de 0.25 HP, que tiene la capacidad para eliminar hasta 185.46 Watts (160.31 kcal/h.) de calor; los valores COP alcanzados al 100 y al 85% de la capacidad total están en el intervalo de compresores de reducida presión, entre 4 y 5.

Flores y Tonconi (2012) llevaron a cabo el estudio titulado en Puno: Creación de un equipo para batir, fermentar y refrigerar yogurt. El propósito fue crear un equipo para estandarizar las fases de batido, fermentación y enfriamiento durante el proceso de producción del yogurt. En este contexto, se diseñó un equipo que puede generar calor y frío, utilizando un sistema de refrigeración que invierte la dirección del flujo del líquido refrigerante. Con el fin de evaluar su rendimiento, se realizaron diferentes pruebas que posibilitaron la obtención de temperaturas durante los procesos de enfriamiento y fermentación del yogurt. En el procedimiento de batido, se analizó el tiempo de agitación que posibilitó conseguir una solidez y/o textura apropiadas del producto. Bajo estas circunstancias, se llevaron a cabo las evaluaciones pertinentes para establecer las propiedades del equipo multiproceso. Según la evaluación efectuada, se constató que el equipo tiene que permanecer activado durante cinco minutos si se desean temperaturas para la fermentación de yogurt. Durante esos cinco minutos, la presión del compresor llegó a 22.24 bar y la temperatura media fue de 44.65 °C; además, se estableció que para enfriar yogurt a la temperatura deseada, el equipo debe estar encendido durante quince (15) min. En ese periodo, la presión del compresor llegó a 9.20 bar y la temperatura media fue de 4.58 °C. Asimismo, se determinó que para lograr una textura apropiada en el

yogurt, el tiempo de batido fue de treinta minutos a una velocidad constante de veinte RPM (20 rpm), utilizando un agitador clase turbina con cuatro palas planas.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cámaras frigoríficas

Las cámaras frigoríficas se emplean para la preservación, refrigeración o enfriamiento de productos, sobre todo los productos alimenticios, que tienen que conservar una temperatura estable y predefinida. Este nivel de temperatura depende del propósito de la cámara y puede oscilar entre los +19 °C para maduración hasta los -29 °C si el producto es congelado (Arambu & Pardo, 2017). Para el enfriamiento y la congelación de productos que se pueden deteriorar, se utilizan cámaras frigoríficas cuya temperatura es menor a 10 °C. La estructura puede ser móvil o fija, y en su interior podría requerir una atmósfera manejada (Barletta, 2020).

Las cámaras frigoríficas, con un eficiente control de temperatura, humedad y atmósfera interna, proporcionan un entorno apropiado para mantener y congelar el producto. Esto se logra a través de recubrimientos protectores que poseen una baja transmitancia y distribución térmica. La figura 1 exhibe una imagen representativa de la cámara frigorífica (Castell, 2017).

Figura 1

Cámara frigorífica



Fuente: Obtenido de (Cedillo, 2017)

2.2.1.1. Tipos de cámaras frigoríficas

Hay una diversidad de tamaños y tipos de cámaras frigoríficas para ajustarse a distintas aplicaciones y requerimientos (Gherardy, 2020).

- Se emplean cámaras de conservación para preservar los productos a temperaturas que superan levemente el punto de congelación.
- Los productos se conservan mejor a temperaturas de -19°C en cámaras de congelación.
- Las cámaras de congelación veloz disminuyen la temperatura de los alimentos a velocidades
- Mucho más altas que los métodos de conservación convencionales. Esto ayuda a evitar la formación de grandes

cristales de hielo que podrían perjudicar la estructura celular de alimentos, lo cual es beneficioso para preservar su textura y calidad.

La selección del tipo apropiado de cámara frigorífica está condicionada de aspectos como la temperatura necesaria, la clase de bienes que se guardarán y los requerimientos concretos de la industria o aplicación (Kaushik, Biswas y Sharma, 2020).

2.2.1.2. Componentes de una Cámara Frigorífica

El diseño y la disposición específicos de una cámara frigorífica pueden variar en función de su finalidad y de las necesidades de temperatura de los productos que almacena. Una cámara frigorífica está formada por componentes básicos que cooperan para mantener un ambiente frío y controlado (Reygana, 2021).

- El sistema refrigerante es el elemento fundamental de la cámara frigorífica y está formado por varios elementos, como el compresor, el evaporador el condensador, y la válvula de expansión, entre otros. Estos elementos cooperan para mantener constante y reducir la temperatura adentro de la cámara.
- Los paneles aislantes que componen los suelos, paredes y techos de la cámara frigorífica. Al estar compuestos por materiales de elevada densidad, permiten conservar la temperatura con una transferencia de calor mínima.
- Las puertas de la cámara frigorífica son especialmente diseñadas para mantener la temperatura interna y evitar fugas de calor.

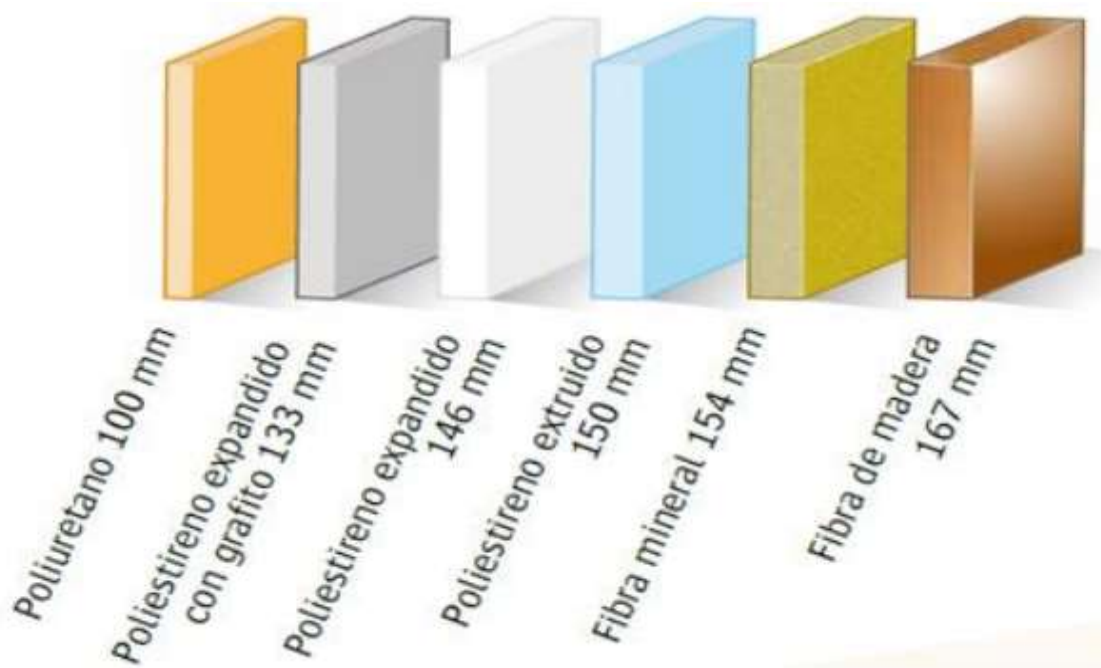
- Los sensores y los controladores son aparatos que vigilan y gestionan la temperatura y otros parámetros en el interior de la cámara.
- Para facilitar el acceso a los productos almacenados y su observación, se emplea la iluminación. Estas luces están hechas para usarse en entornos de temperatura baja y generalmente tienen un reducido rendimiento.

2.2.1.3. Materiales de Construcción

Para que una cámara frigorífica funcione eficazmente y mantenga la temperatura adecuada, sus materiales de construcción son esenciales. Para garantizar un beneficio óptimo y la temperatura de preservación adecuada, deben utilizarse aislantes térmicos de primera calidad que reduzcan la transferencia calorica desde el exterior (Solis, 2018).

a) Materiales Aislantes

Dado que combinan cualidades aislantes con un rendimiento óptimo frente al fuego, los paneles aislantes de espuma de poliuretano -destinados a las industrias alimentaria y médica- son los más utilizados para entornos con temperatura controlada. En la figura 2 se enumeran los numerosos tipos de materiales aislantes empleados para las cámaras (Vega, 2017).

Figura 2*Material aislante*

Fuente: Obtenido de (Trujillo, 2023)

- **Poliuretano-** El aceite y el azúcar constituyen los componentes fundamentales del poliuretano, lo que permite crear una espuma ligera y rígida con más del 90% de células cerradas y un coeficiente de conductividad térmica que oscila entre 0,023 y 0,036 W/m K (Toledo, 2017).

Según Fernández (2010), las características de este elemento incluyen rigidez estructural, alta adherencia sobre toda superficie, amortiguación de vibraciones, ausencia de absorción de humedad ambiental y una favorable relación precio/capacidad aislante.

- **Poliestireno-** El poliestireno, un plástico sólido y resistente, se utiliza con frecuencia en artículos que deben ser transparentes, como envases de alimentos y aparatos de laboratorio.

- **Poliestireno extruido-** (XPS) es un aislante fuerte y resistente al agua que puede soportar importantes tensiones mecánicas, no se pudre y además de aislar protege la lámina impermeable mejorando la durabilidad de ésta [5].

El presente material tiene una densidad de 33 kg/m^3 , una conductividad térmica que oscila entre 0.034 W/mK y 0.037 W/mK [7] y una reducida absorción de agua; también soporta presiones mecánicas que varían entre los 200 kPa y los 700 kPa . El poliestireno extruido cuenta con varias alternativas de grosor, que van desde 30 mm hasta 100 mm ; a mayor grosor, superior es potencial de aislamiento térmico [6].

- **Poliestireno expandido-** Es un material plástico espumado que proviene del poliestireno.

En el campo de la edificación, es denominado como Techopan o Corcho Blanco y se emplea con fines de aislamiento térmico y aligeramiento. Puede presentar una amplia gama de espesores, placas de 2 m de longitud y 1.3 m de anchura, con grosores que van desde los 20 a los 40 cm , densidades que fluctúan entre los 10 kg/m^3 y los 25 kg/m^3 y una permeabilidad térmica que se encuentra entre el rango de 0.06 W/m K y el de 0.03 W/m K [7].

El poliestireno comprimido tiene en común con el poliestireno extruido numerosos rasgos, y su característica química es la misma: alrededor de un 95% de poliestireno y un 5% de gas. La única distinción está en el procedimiento de desarrollo, pues el extruido genera una estructura de burbuja cerrada. Esto hace que el poliestireno extruido sea el único material aislante térmico que puede mojarse sin perder sus características.

- **Fibra mineral-.** La fibra mineral es un material compuesto por fibras flexibles. inorgánicas constituido por un entrelazado de filamentos de elementos pétreos que forma un fieltro que presenta y conserva el aire en estado inmóvil, esta estructura consiente alcanzar productos sumamente compactos, con un elevado grado de protección y aislamiento térmico, acústico y contra el fuego

La lana mineral puede hallarse en los techos falsos, las fachadas, los suelos, las cubiertas, las puertas, los tabiques divisorios, las mamparas y los cubridores exteriores. También puede estar presente en los forjados y en los canales de aire climatizado. Si es lana de roca o vidrio depende de la estructura fundamental de la lana mineral.

- **Lana de roca-.** Los paneles de lana de roca están formados por un 98 % de pedregoso (roca volcánica) y un 2 % de materiales biológico, tienen una densidad que oscila entre los 3.2 kg/m³ y los 4.8 kg/m³ y una conductividad térmica de 0.040 W/m K.

Los materiales de lana de roca tienen una estructura no capilar, además de presentar una resistencia elevada al vapor del agua y no almacenar el agua.

- **Lana de roca proyectada (mortero tecwool)-.** Es un bloque que consiste en cemento blanco y lana de roca, diseñado para ser proyectado como aislamiento térmico, sin enlaces térmicos, no inflamable y de aplicación muy veloz. Este producto, además de ser un buen aislante acústico y de proteger contra el

fuego, no es tóxico, no tiene yeso ni escayola, tampoco cal y no emite gases peligrosos. Es un material que no se descompone, con una conductividad térmica de 0.004 W/m K y espesores desde 70 mm.

- **Lana de vidrio-.** Los paneles de lana de vidrio se conforman por carbonato de calcio, arena de sílice, y de magnesio que le confiere resistencia a la humedad. Se consigue por 18 un procesamiento que conduce el calor entre 0.038 W/mK y 0.039 W/mK [6] y tiene una densidad que oscila entre 56 kg/m^3 y 72 kg/m^3 , lo cual es parecido a la lana de roca.

Los productos de lana de vidrio no conservan el agua; tienen una estructura fibrosa entrecruzadas caóticamente. La lana mineral de vidrio, debido a su porosidad abierta, posibilita que el aire se quede atrapado dentro de sus poros y presenta una conductividad baja, lo cual le confiere la habilidad para funcionar como aislante acústico y térmico.

- **Cortinas-.** Las cortinas en las cámaras frigoríficas actúan como un obstáculo ante diversos inconvenientes, tales como la expulsión del aire frío y el ingreso de aire caliente, así como la entrada de patógenos y agentes dañinos. Se trata de una barrera que evita la contaminación o pérdida de propiedades térmicas en el espacio interior.

Cortinas de lamas de PVC-. son componentes que se utilizan mucho en las instalaciones de cámaras frigoríficas y en otros sectores industriales. Se emplean para separar ambientes debido a las numerosas ventajas que ofrecen,

como la reducción del consumo energético, el aislamiento acústico, la separación para conservar los espacios separados desde el punto de vista higiénico y unas condiciones óptimas de visibilidad. Las cortinas de lamas de PVC logran disminuir significativamente las posibles transferencias o pérdidas no deseadas de temperatura en habitaciones donde se trabaja con temperaturas refrigeradas.

Las cortinas de lamas de PVC son elementos que se instalan con gran facilidad, tienen un mantenimiento muy sencillo y son asequibles. No necesitan ningún tipo de cuidado específico, y la mayor parte de los fabricantes proveen rollos individuales para reemplazar las lamas deterioradas o en mal estado.

Las cortinas de lamas de PVC tienen las siguientes características más sobresalientes: Son flexibles y suaves, lo que posibilita un acceso fácil para individuos, vehículos o maquinaria pequeña. Aíslan del ruido y el calor. Son capaces de resistir desgarros y golpes. Se pueden reciclar y son económicas. Su mantenimiento es sencillo, lo que permite reducir los costos en este aspecto. Pueden soportar temperaturas de uso entre -40°C a $+50^{\circ}\text{C}$, dependiendo de los sectores y acabados.

- Cortina de aire mural-. son dispositivos que permiten la recirculación forzada del aire, con el propósito de crear una barrera invisible para diferenciar espacios distintos, de forma que se logre un uso eficaz y, al mismo tiempo, posibilitar que personas y productos pasen físicamente.

La inyección de aire a gran velocidad, que se realiza con un ventilador centrífugo y cubre la totalidad del espacio de entrada o paso, es el principio de

operación de estos componentes. Esto posibilita conservar la temperatura y las condiciones del lugar que se desea proteger.

Para lograr un efecto-cortina lo más adecuado posible, es relevante considerar algunos aspectos: Cubrir el paso en toda su anchura y altura; Es necesario colocar las cortinas de aire lo más cerca que se pueda del espacio; Se permite instalar varias unidades una tras otra.

2.2.2. Ciclos de Refrigeración

Los sistemas de refrigeración están fundamentalmente concebidos para reducir la temperatura del prooducto que se guarda en cámaras de refrigeración o frigoríficas, las cuales tienen la capacidad de albergar una gama diversa de compuestos químicos o alimentos, según lo establecido (García, 2016).

Aunque todos los procedimientos de refrigeración cumplen la misma función, algunos son más eficaces que otros debido a ciertos elementos adicionales (Yajamin, 2018).

Los procedimientos están formados por cuatro procesos fundamentales, que son:

- **Evaporación:** En esta fase, el gas refrigerante toma el calor del ambiente circundante y, por lo tanto, lo enfría.
- **Compresión:** Una vez que el refrigerante se evapora, sale del evaporador y entra al compresor, donde su presión y temperatura aumentan.
- **Condensación:** En este caso, el gas refrigerante a alta temperatura y presión expulsa calor hacia el entorno y se transforma de gas a líquido bajo condiciones de alta presión.

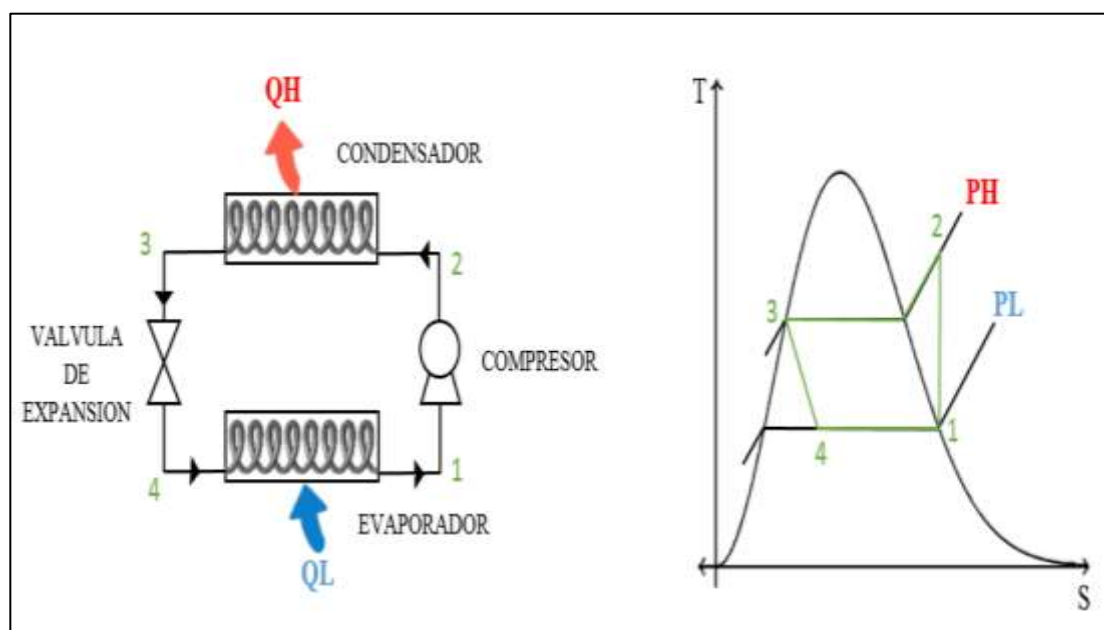
- Expansión: En esta fase, un mecanismo que regula el flujo hace que el refrigerante de baja presión vuelva al evaporador para tomar calor y dar inicio a otro ciclo.

2.2.2.1. Ciclo de Refrigeración Simple

Las máquinas de refrigeración tradicionales, los sistemas para el acondicionamiento térmico del aire y las bombas de calor emplean el ciclo de refrigeración simple por compresión de vapor. Está constituido por cuatro mecanismos: condensación, evaporación, expansión y compresión (Garro, 2021). El esquema de temperatura y entropía de este ciclo, así como sus elementos constitutivos, se ilustran en la figura 3.

Figura 3

Proceso de certificación ISO 9001:2015



Fuente: Obtenido de (Trujillo, 2023)

Principales rasgos del ciclo:

- La entropía se mantiene inalterable del estado 1 al estado 2.
- La entalpía permanece invariable entre el estado 3 y el estado 4.

- El vapor saturado es el estado 1.
- El estado 2 es vapor sobrecalentado.
- El estado 3 es un líquido saturado.
- El estado 4 es mezcla.

La manera de calcular el coeficiente de desempeño (COP) en un sistema de refrigeración estándar es la siguiente:

$$COP = \frac{Q_l}{W}$$

Las fórmulas siguientes se utilizan para calcular los parámetros Q_l , W_c y m_R .

$$m_R = \frac{Q_l}{h_1 - h_4}$$

$$Q_l = m_R(h_1 - h_4)$$

$$W_c = m_R(h_2 - h_1)$$

Donde:

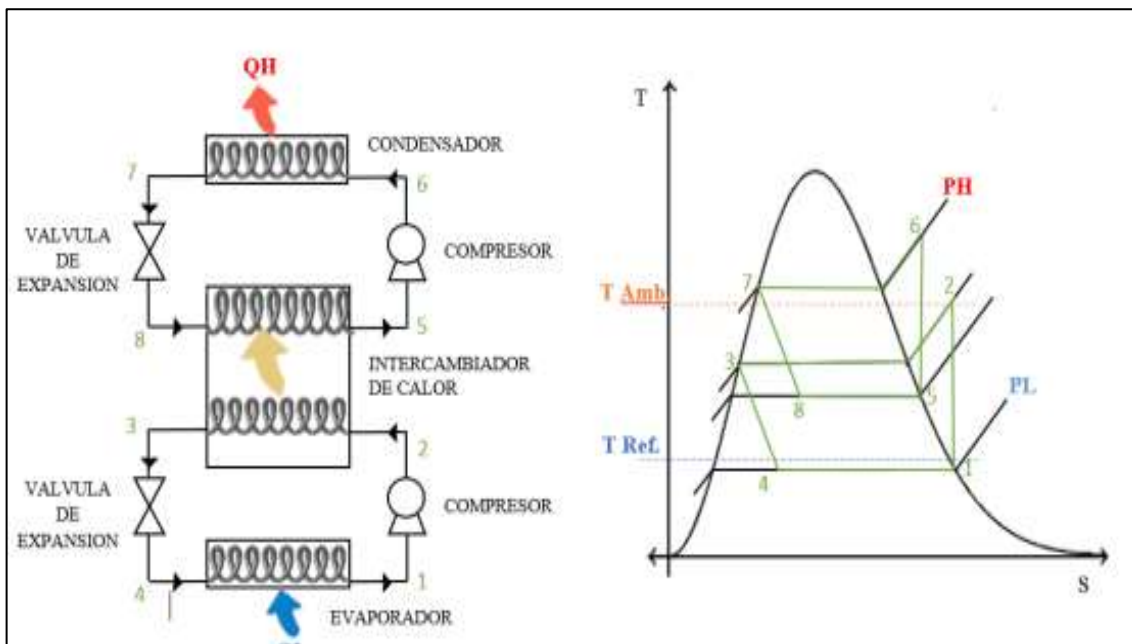
Q_l : Es calor o carga a refrigerar.

W_c : Es el trabajo del compresor

m_R : Es el flujo másico del refrigerante.

2.2.2.2. Ciclo de Refrigeración en Cascada

Según Surco (2017), un ciclo de refrigeración en cascada tiene dos fases, las cuales se vinculan a través de un transformador de calor. Este funciona como condensador en la fase inferior y como evaporador en la principal.

Figura 4*Ciclo de refrigeración en cascada*

Fuente: Obtenido de (Trujillo, 2023)

En este ciclo, es posible usar dos o más tipos de refrigerante dependiendo de las fases que contenga. Las numerosas fases posibilitan una minimización del trabajo de compresión y un incremento en la capacidad de enfriamiento Q_L ; no obstante, se requiere una conservación más elevada debido a que incluye varios equipos. La figura 4 ilustra el diagrama de temperatura y entropía de este ciclo, así como los elementos que lo constituyen (Díaz, 2020).

Principales rasgos del ciclo:

1. Fase

- La entropía se mantiene constante de la primera a la segunda condición.
- La entalpía permanece constante entre el estado 3 y el estado 4.
- El estado 1 corresponde a vapor saturado.
- El estado 2 es vapor recalentado

- El tercer estado es el de líquido saturado.
- El estado 4 es combinación.
- La temperatura en el estado 3 es mayor a la temperatura de los estados 8 y 5, en este proceso se da el intercambio de calor.

2. Fase

- La entropía se mantiene constante cuando se va del estado 5 al estado 6.
- La entalpía se mantiene constante desde el estado 7 hasta el estado 8.
- El vapor saturado es el estado 5
- El estado 6 es vapor recalentado.
- El estado 7 es un líquido saturado.
- El estado 8 es una combinación.

El coeficiente de desempeño (COP) para un sistema en cascada se calcula de la siguiente manera:

$$COP = \frac{Q_l}{W_T}$$

Los parámetros Q_l , W_T y m_R se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$m_R = \frac{h_5 - h_8}{h_2 - h_3}$$

$$Q_l = m_R(h_1 - h_4)$$

$$W_{c.1} = m_R(h_2 - h_1)$$

$$W_{c.2} = m_R(h_6 - h_5)$$

$$W_T = W_{c.1} + W_{c.2}$$

Donde:

$W_{c.1}$ Es el trabajo del compresor de la 1.^a etapa.

$W_{c.2}$: Es el trabajo del compresor de la 2.^a etapa

W_T : Es el trabajo total requerido por los compresores.

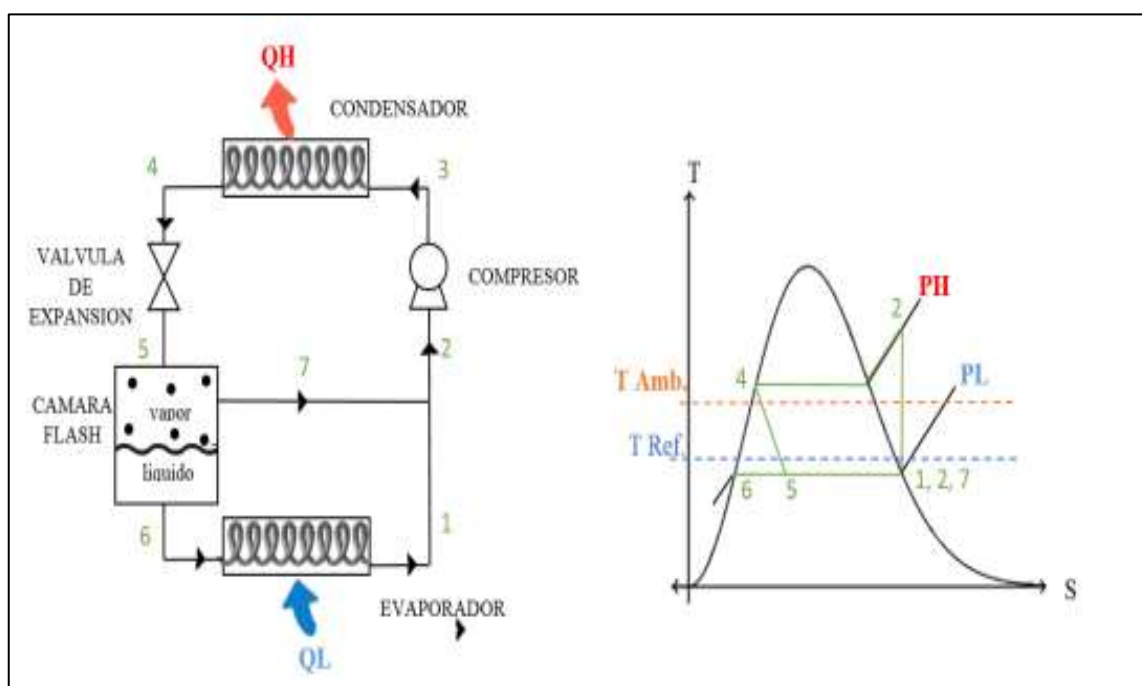
2.2.2.3. Ciclo de Refrigeración con Cámara Flash

Este ciclo comprende una cámara Flash, que divide el vapor y el líquido de la mezcla; esta última se dirige al evaporador para eliminar la carga térmica (Jordan, 2018), mientras que el vapor es conducido de manera directa al compresor a través de un tubo. Como resultado de que el refrigerante pasa a ser líquido en el evaporador, es posible lograr una habilidad de enfriamiento más elevada.

La figura 5 presenta el esquema de temperatura y entropía de este ciclo, así como los elementos que lo integran.

Figura 5

Ciclo de refrigeración en cascada



Fuente: Obtenido de (Trujillo, 2023)

Cualidades fundamentales de este ciclo:

- La entropía se mantiene constante de la primera a la segunda condición.
- La entalpía se mantiene constante desde el estado 4 hasta el estado 5.
- El vapor sobrecalentado corresponde al estado 3.
- El estado 3 es vapor calentado.
- Los estados 4 y 6 son de un líquido saturado.
- El estado 5 es mezcla. - El estado 6 es un líquido saturado.

Las siguientes fórmulas se utilizan para calcular los parámetros

Q_l , W_c y m_R

$$m_L = m_R - m$$

$$W_V = X * m_R$$

$$Q_l = m_l(h_1 - h_6)$$

$$W_c = m_r(h_3 - h_2)$$

$$m_R = m_V + m_L$$

Donde:

m_L : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

m_V : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

X : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

2.2.2.4. Ciclo de Refrigeración con Sub-Enfriamiento Líquido-Vapor

Este ciclo incluye un transformador de calor, que se utiliza para producir subenfriamiento, y que opera en combinación con un ciclo de refrigeración simple. El subenfriamiento hace que el refrigerante, al salir del condensador, cambie de estado: de líquido saturado a líquido comprimido, antes de llegar a la

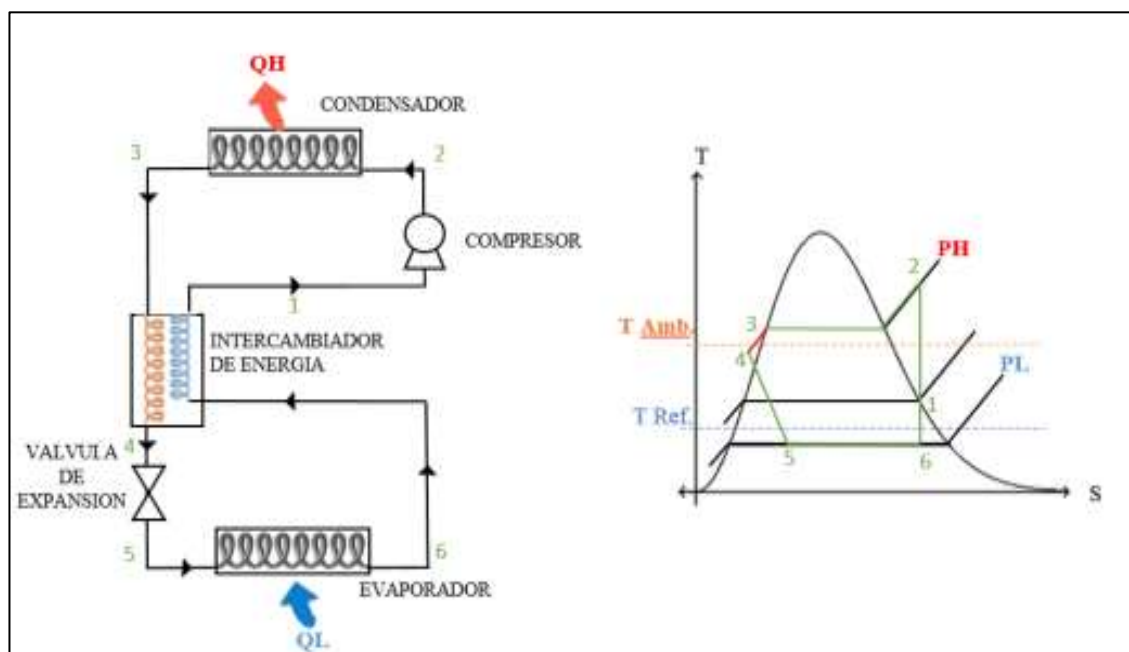
válvula de expansión. Esto produce una capacidad mayor para enfriar. Igualmente, el intercambiador de calor de subenfriamiento calienta la mezcla de refrigerante que proviene del evaporador hasta vapor saturado a una presión más alta, lo cual reduce el trabajo del compresor (Mamani, 2016). La figura 6 presenta el diagrama de temperatura y entropía de este ciclo, así como también sus partes constitutivas.

Aspectos esenciales de este ciclo:

- La entropía de los estados 1, 2 y 6 se mantiene sin cambios.
- La entalpía permanece inalterable del estado 4 al 5.
- El vapor saturado es el estado 1.
- El estado 2 es vapor sobrecalentado.
- El estado 3 es un líquido saturado.
- El cuarto estado es un líquido comprimido.
- Los estados 5 y 6 son de mezcla.

Figura 6

Ciclo de refrigeración con sub-enfriamiento líquido-vapor



Fuente: Obtenido de (Mamani, 2016)

Las cuantificaciones Q_l , W_c y m_R calculan con las siguientes ecuaciones:

$$m_L = m_t - m_v$$

$$W_V = X * m_t$$

$$Q_l = m_l(h_1 - h_6)$$

$$X = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$$

$$Q_l = m_T(h_6 - h_5)$$

$$W_c = m_T(h_2 - h_1)$$

Donde:

h : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

h_f : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

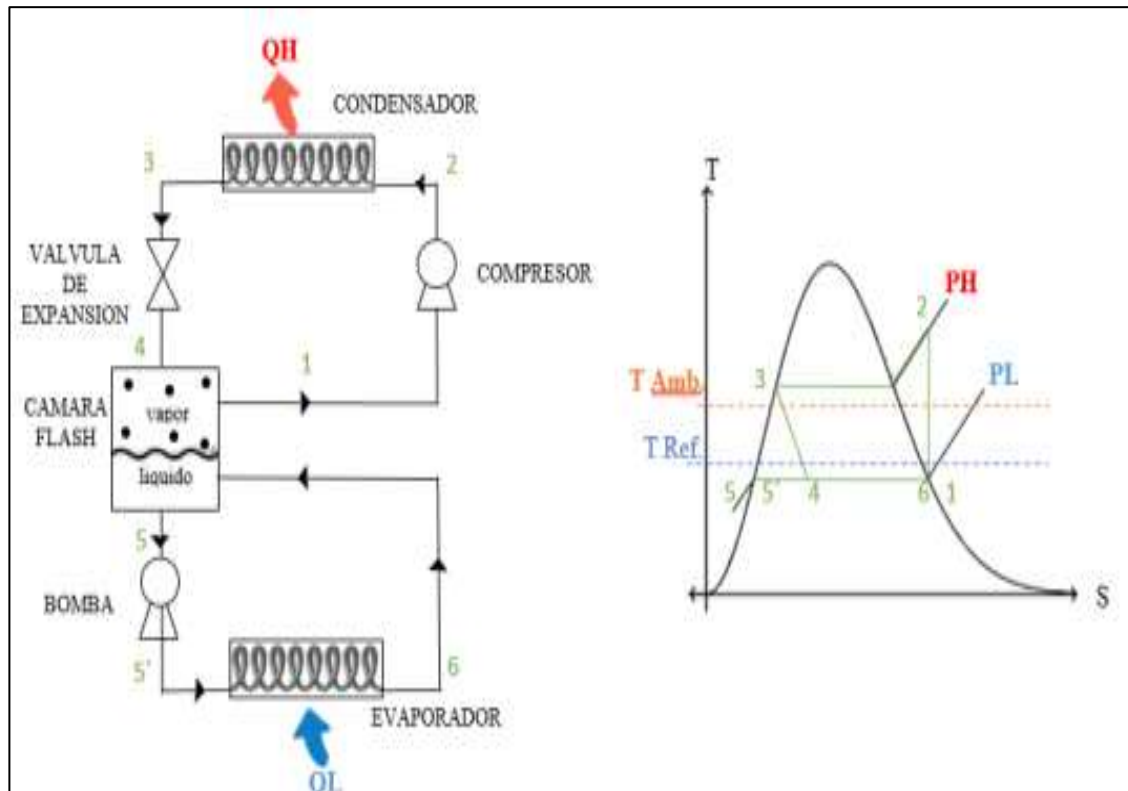
h_{fg} : Es el flujo másico del refrigerante líquido.

2.2.2.5. Ciclo Simple con Acumulador de Preenfriamiento

Este sistema formado por un ciclo de refrigeración sencillo que se encuentra vinculado a un acumulador para preenfriar, el cual incluye una bomba y una cámara flash. Durante este ciclo, el acumulador incrementa la potencia de enfriamiento porque la mezcla de refrigerante a la salida de la válvula de expansión se divide en vapor saturado y líquido comprimido. El vapor se manda de manera directa al proceso de compresión, mientras que el líquido es aspirado por la bomba para que llegue al evaporador como un líquido diluido a baja presión y pueda captar más calor que si fuera una mezcla (Areaga, 2016). El diagrama de temperatura-entropía de este ciclo y sus elementos constitutivos se presentan en la figura 7.

Figura 7

Ciclo de refrigeración con acumulador de preenfriamiento.



Fuente: Obtenido de (Areaga, 2016)

Rasgos fundamentales de este ciclo:

- La entropía se mantiene sin cambios desde el estado 1 hasta el estado 2.
- La entalpía no cambia entre el estado 3 y el estado 4.
- los estados 3, 5 y 5' son de líquido saturado.
- El estado 4 es una mezcla.
- los estados 1 y 6 son vapor saturado.

Los parámetros Q_L , W_T y m_R calculan con las siguientes expresiones:

$$m_L = m_t - m_v$$

$$W_V = X * m_t$$

$$X = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$$

$$Q_l = m_l(h_1 - h_5)$$

$$W_t = W_c + W_B$$

$$W_c = m_v(h_2 - h_1)$$

$$W_b = m_l(h_5 - h_5)$$

Donde:

W_b : Es el trabajo de la bomba

2.2.3. Refrigerantes

Un fluido refrigerante se refiere a una sustancia capaz de absorber y llevar grandes volúmenes de calor. El refrigerante en estado líquido, al estar a baja presión, absorbe el calor, lo que provoca un cambio de fase; después, cuando el vapor está bajo mayor presión, libera el calor y regresa a la fase líquida.

Según Vejarano (2018), los fluidos refrigerantes pueden ser categorizados como orgánicos, inorgánicos y halocarbonados.

2.2.3.1. Halocarbonados

Son elementos químicos formados por una estructura de carbono a la que se agregan átomos pertenecientes al grupo VII A de la tabla periódica, los cuales se conocen como halógenos (bromo, flúor y/o cloro) (Cisneros, 2018).

Las sustancias refrigeradoras que forman parte de este grupo son:

- Clorofluorocarbonos CFC: son refrigerantes haloogenados que se componen de los elementos flúor, cloro y carbono. Tienen un ODP elevado, son volátiles y dañan la capa de ozono. En la actualidad está restringido en todo el mundo. Los refrigerantes que pertenecen a esta categoría son: R-400, R-500, R-502 y R-503, R-11, R-12, R-13, R-113, R-114 y R-115 (Huamán V., 2016).

- Hidroclorofluorocarbonos HCFC: Son refrigerantes halogenados que contienen, también de cloro, carbono y flúor, también hidrógeno. Fueron los reemplazos a medio plazo de los CFC. Los refrigerantes que pertenecen a esta categoría son: R-22, R-123 y R-124 (Hinojosa, 2015).
- Hidrofluorocarbonos HFC: Son refrigerantes halogenados que únicamente poseen carbono, flúor e hidrógeno. Fueron creados para reemplazar los HCFC y los CFC. Debido a que sus moléculas son menos duraderas que las de los otros 2 grupos, no tienen cloro en su contenido y por ende no afectan la capa de ozono; a pesar de eso, son GEI. Los refrigerantes que pertenecen a esta categoría son: R-16, R-125, R-134a, R-152a, R-143a, R-23, R-227ea, R-236ea, R-236fa, R-245fa, R-32 y también los refrigerantes de tipo "R" 234yf y 1234ze (Valqui, 2018).
- Mezclas. Esta clase de refrigerantes se clasifica en dos categorías:

Zeotrópicas: se toleran como refrigerantes puros. En esta clase de refrigerantes, los mecanismos de condensación y evaporación tienen lugar a distintas temperaturas y presiones. Los refrigerantes que pertenecen a esta categoría son: R-401B, R-401A, R-401C, R-403^a, R-402, R-402B y son algunos ejemplos. Azeotrópicas: las reacciones de condensación y evaporación en este tipo de mezclas tienen lugar a la misma temperatura y presión. Los refrigerantes que pertenecen a esta categoría son: R-407A, R-407B, R-404A, R-



407C, R-407D, R-407E y R410A son algunos ejemplos (Vicente et al., 2023).

2.2.3.2. Inorgánicos

Estos refrigerantes constituyen un conjunto o sustancias químicas de los manuales de la tabla periódica que no tienen carbono, a excepción del CO₂. La estructura de estos refrigerantes no tiene enlaces entre carbono e hidrógeno. Se distinguen por tener un costo reducido y un ODP bajo. Además forman parte de este grupo son: R-764, R-729, R-704, R-702, R-744, R-717 y R-718 (Flores A., 2017).

2.2.3.3. Orgánicos

A excepción del R-744, estos refrigerantes consisten en combinaciones de componentes de la tabla periódica que incluyen carbono o compuestos químicos. Los refrigerantes orgánicos más habituales incluyen los hidrocarburos HC, los halocarbonados así como las combinaciones entre ellos. Los refrigerantes que forman parte de este grupo son: R-600a, R-170 y R-290 (Cano, 2018).

2.2.3.4. Refrigerantes más utilizados para contenedores frigoríficos

Tabla 2

Características de los gases refrigerante

Refrigerante	R_12	R_123	R_134a	R_404A	R_290
Nombre químico	Diclorodifluorometano	2,2-dicloro1,1,1-trifluoroetano	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	R125/143a/134a (44/52/4)	propano
Formula química	CCl ₂ F ₂	CF ₃ - CHCl ₂	CH ₂ FCF ₃	-	CH ₃ CH ₂ CH ₃
GWP	10900	93	1430	3922	3
ODO	1	0.02	-	-	-
Punto de ebullición (°C)	29.8	27.85	-26.5	-46.5	-41.1
Punto de congelación (°C)	-158	-107	-103	-	-187.7
Temperatura crítica (°C)	112	183.68	101.1	72.1	96.74
Densidad crítica (kg/m ³)	552	550	0.51	485	220.
Presión crítica (MPa)	4137	3668	4067	3730	4248
Grupo de seguridad	A1	B3	A1	A1	A3
Aplicaciones	Refrigeración doméstica y comercial Aire acondicionado	Sistemas de refrigeración Aire acondicionado	Refrigeración comercial Aire acondicionado automoción Chillers Refrigeración industrial Transportes frigoríficos	Vehículos refrigerados Frío industrial y comercial	Climatización en equipos portátiles. Refrigeración comercial (conservación y congelación) Refrigeración industrial

Fuente: Obtenido de (Cano, 2018).

2.2.4. Carga Térmica en una Cámara de Refrigeración

Es el volumen de calor que se debe quitar para sostener la temperatura deseada en la cámara de refrigeración con la finalidad de preservar el producto almacenado en entornos ideales (Fierro, 2021).

Los tipos de carga térmica incluidos en una cámara frigorífica son:

- Ganancia térmica por medio de las paredes
- Calor ganado por infiltración.
- Calor generado por el equipo eléctrico.
- Ganancia de calor por los ocupantes
- Ganancia de calor por producto

2.2.4.1. Ganancia de Calor a través de Paredes

Según Lacerda (2019), existen tres variables que determinan la carga térmica por el incremento de calor mediante paredes:

- El área exterior total de la cámara frigorífica.
- El aislamiento utilizado.
- La disparidad de temperatura entre el exterior, donde se ubique la cámara frigorífica, y la temperatura dentro de ella.

La cantidad de calor que se tiene que extraer es mayor cuando la superficie total exterior es más grande y, si el aislamiento tiene un grosor mayor, las ganancias de calor a través del mismo son menores (Sánchez, Andreu, Calleja, Llopis & Cabello, 2022).

2.2.4.2. Ganancia de Calor por Infiltración

La cantidad de calor que ingresa al refrigerador o cámara frigorífica por infiltración está determinada por variados factores, entre los que se hallan la diferencia de temperatura interior y exterior, la superficie de la puerta, la

frecuencia con que esta se abre y la permeabilidad del material de construcción (Surco, 2017).

2.2.4.3. Ganancia de Calor debido a Equipo Eléctrico

Uno de los factores que debemos considerar cuidadosamente al diseñar y dimensionar un sistema de refrigeración es la ganancia de calor proveniente de los equipos eléctricos que operan dentro o cerca de la cámara frigorífica. Pero, ¿qué significa exactamente esto de "ganancia de calor"?

Entendiendo el concepto de ganancia de calor

En términos sencillos, la ganancia de calor por equipos eléctricos se refiere a todo ese calor que inevitablemente se dispersa al ambiente cuando cualquier aparato eléctrico está funcionando. Pensemos en cualquier equipo que conozcamos: una computadora, una lámpara, un motor, un ventilador... todos ellos, mientras operan, no solo realizan su función principal, sino que también generan calor como efecto secundario. Este calor no es algo que busquemos intencionalmente; más bien es una consecuencia inevitable de las leyes de la termodinámica y de las imperfecciones inherentes a cualquier sistema de conversión de energía.

En el contexto de una cámara frigorífica, este calor generado por los equipos eléctricos se convierte en un problema que el sistema de refrigeración debe combatir constantemente. Es como si estuviéramos tratando de enfriar una habitación mientras alguien está encendiendo pequeñas estufas aquí y allá; obviamente, nuestro sistema de enfriamiento tendrá que trabajar más duro para compensar ese calor adicional.

¿Cómo se calcula esta carga térmica?

El proceso de cálculo de esta ganancia de calor es relativamente sistemático, aunque requiere conocer bien qué equipos tenemos y cómo operan. La metodología básica consiste en varios pasos:

Primero, necesitamos identificar todos los equipos eléctricos que estarán presentes en el espacio refrigerado o en sus inmediaciones. Esto podría incluir cosas como: sistemas de iluminación interior (lámparas LED o fluorescentes), ventiladores adicionales si los hubiera, equipos de monitoreo o control de temperatura, balanzas electrónicas, sistemas de etiquetado, cámaras de seguridad, y cualquier otro dispositivo que consuma electricidad.

Segundo, para cada uno de estos aparatos, debemos determinar su potencia eléctrica nominal. Este dato normalmente viene especificado en una placa o etiqueta adherida al equipo, o en su manual técnico, y se expresa típicamente en watts (W) o kilowatts (kW). Por ejemplo, una lámpara LED podría tener una potencia nominal de 20W, mientras que un motor de ventilador podría ser de 200W.

Tercero, y aquí viene un aspecto crucial que muchas veces se pasa por alto: no toda la energía eléctrica que consume un equipo se transforma en calor. Una parte de esa energía se convierte efectivamente en trabajo útil (como hacer girar un ventilador, emitir luz visible, mover un mecanismo, etc.). Por eso, necesitamos aplicar lo que se conoce como un "factor de transformación" o "factor de conversión a calor".

Este factor es esencialmente una proporción que nos indica qué porcentaje de la energía eléctrica consumida termina convirtiéndose en calor disipado al ambiente, en lugar de ser aprovechada como trabajo útil. Este factor varía según el tipo de equipo:

Para equipos de iluminación, el factor puede estar entre 0.6 y 0.9, dependiendo de la tecnología (los LED son más eficientes y generan menos calor residual que las lámparas incandescentes tradicionales).

Para motores eléctricos, el factor depende de su eficiencia, típicamente entre 0.2 y 0.4 para motores de buena calidad.

Para equipos electrónicos como computadoras o sistemas de control, el factor puede ser de 0.9 o más, ya que casi toda la energía se disipa como calor.

Finalmente, multiplicamos la potencia nominal de cada equipo por su respectivo factor de transformación, y sumamos todos estos valores para obtener la carga térmica total por equipos eléctricos que nuestro sistema de refrigeración deberá contrarrestar (Yépez, 2019).

Ejemplo práctico ilustrativo

Imaginemos que en nuestra cámara frigorífica del mercado Santa Bárbara tenemos:

4 lámparas LED de 20W cada una = 80W total, con factor 0.7 → 56W de calor

1 ventilador de circulación de 150W, con factor 0.3 → 45W de calor

1 sistema de monitoreo de 30W, con factor 0.9 → 27W de calor

La carga térmica total por equipos eléctricos sería aproximadamente 128W, o lo que es lo mismo, 128 julios de energía por segundo que nuestro sistema de refrigeración debe extraer continuamente para mantener la temperatura deseada.

Este cálculo puede parecer pequeño, pero cuando lo multiplicamos por las horas de operación diaria y lo sumamos a todas las demás fuentes de

ganancia de calor, se convierte en un factor significativo que no podemos ignorar en nuestro diseño.

2.2.4.4. Ganancia de Calor debido a Ocupantes

Además del calor generado por equipos y máquinas, existe otra fuente de calor que resulta particularmente interesante y que a menudo se subestima: el calor producido por las personas que ocupan o acceden al espacio refrigerado.

El ser humano como fuente de calor

Puede sonar curioso, pero cada uno de nosotros es, esencialmente, una pequeña estufa biológica ambulante. Nuestros cuerpos están constantemente generando calor como resultado de los procesos metabólicos que nos mantienen vivos. Cada respiración que tomamos, cada latido de nuestro corazón, cada movimiento que hacemos, cada proceso digestivo, cada pensamiento que procesa nuestro cerebro... todo eso requiere energía, y esa energía proviene de la "combustión" (oxidación) de los nutrientes que consumimos.

Pero aquí está el detalle interesante: nuestro cuerpo no es perfectamente eficiente en convertir esa energía en trabajo útil. De hecho, una parte muy significativa de la energía que quemamos se libera simplemente como calor. Es por eso que sudamos cuando hacemos ejercicio, o por qué una habitación llena de gente se calienta rápidamente incluso sin calefacción.

Definiendo la carga térmica por ocupantes

La carga térmica por ocupantes se entiende, entonces, como la cantidad total de calor que las personas presentes en un espacio cerrado aportan al ambiente. Esta ganancia de calor no es constante ni uniforme; varía considerablemente dependiendo de varios factores que debemos tener en cuenta (Del Carpio, 2021).

Factores que influyen en la generación de calor humano

El nivel de actividad física es probablemente el factor más determinante.

Una persona en reposo, simplemente parada o sentada sin hacer nada, genera aproximadamente entre 100 y 120 watts de calor (más o menos equivalente a una bombilla incandescente tradicional). Sin embargo, si esa misma persona comienza a realizar actividad física moderada como caminar, cargar cajas, organizar productos en estantes, o realizar tareas de limpieza, su generación de calor puede duplicarse o triplicarse fácilmente, llegando a 200-300 watts o incluso más.

En el contexto específico de nuestra cámara frigorífica del mercado Santa Bárbara, esto significa que debemos estimar cuánta actividad realizarán los trabajadores cuando entren: ¿Solo ingresan brevemente a retirar o colocar productos? ¿O permanecen dentro realizando tareas de organización, limpieza o inspección que requieren esfuerzo físico?

El número de personas es el segundo factor obvio pero crucial. Si una persona genera, digamos, 150W de calor, dos personas generarán 300W, cinco personas 750W, y así sucesivamente. La relación es directa y lineal. Por eso es fundamental estimar cuántas personas accederán simultáneamente a la cámara durante las operaciones normales.

En un mercado como el Santa Bárbara, podríamos tener momentos del día en que solo hay una persona dentro realizando un retiro rápido de producto, pero también podríamos tener momentos de mayor actividad donde dos o tres trabajadores están simultáneamente organizando el inventario, especialmente durante las primeras horas de la mañana cuando se recibe producto fresco o al final del día durante las tareas de cierre.

El tiempo de permanencia es el tercer factor relevante. No es lo mismo que una persona entre por 30 segundos a sacar un queso, que tenga que permanecer 10 minutos dentro organizando múltiples productos. Cuanto mayor sea el tiempo de permanencia, mayor será la cantidad total de calor transferido al ambiente refrigerado.

Implicaciones prácticas para el diseño

Todo este calor generado por los ocupantes debe ser extraído por nuestro sistema de refrigeración para mantener la temperatura objetivo de 4°C. Si subestimamos esta carga térmica, nos arriesgamos a que la temperatura se eleve inadecuadamente cada vez que haya personas trabajando dentro de la cámara, comprometiendo la calidad de los quesos almacenados.

Por el contrario, si sobredimensionamos excesivamente considerando escenarios poco realistas (como si siempre hubiera 10 personas haciendo ejercicio intenso dentro de la cámara), estaríamos invirtiendo innecesariamente en un equipo de refrigeración más grande y costoso de lo necesario, con mayores costos operativos.

Estimación práctica para nuestro caso

Para nuestro diseño específico en el mercado Santa Bárbara, podríamos hacer una estimación conservadora pero realista:

Número promedio de ocupantes simultáneos: 2 personas

Nivel de actividad: moderado (caminando, manipulando productos)

Generación de calor por persona: aproximadamente 200W

Carga térmica total por ocupantes: $2 \times 200W = 400W$

Nuevamente, aunque 400W puedan parecer poca cosa, cuando sumamos esta ganancia de calor a la de los equipos eléctricos, la infiltración de aire exterior, la transmisión de calor a través de paredes, y el calor del producto mismo, cada componente cuenta y debe ser considerado meticulosamente en nuestros cálculos de dimensionamiento del sistema de refrigeración.

Además, es prudente considerar que durante ciertos momentos pico (como la carga inicial de productos en la mañana), podría haber más personas trabajando simultáneamente por períodos cortos, lo que causaría picos temporales en la carga térmica que el sistema debe ser capaz de manejar sin que la temperatura se salga del rango aceptable.

2.2.4.5. Ganancia de Calor por Producto

Para determinar ese valor, es necesario identificar los siguientes elementos cuando se conserve bienes a temperaturas bajas:

- La cantidad de producto (en kilogramos) que entra a la cámara de manera diaria.
- La variación de temperatura entre el producto a su ingreso y la del interior.
- La capacidad calorífica específica del artículo a enfriar.
- La capacidad calorífica específica del artículo a enfriar.
- La duración del enfriamiento del producto.

Es recomendable realizar un cálculo extremo de la cantidad de producto para evitar que las ganancias de calor se calculen incorrectamente (Hurre, 2021), ya que el ingreso diario de producto es una cifra significativa.

2.3. Marco conceptual

a) Diseño

Cuando hablamos de diseño, nos referimos a ese proceso creativo de planificación previa donde imaginas y configuras algo antes de que exista físicamente. Es como hacer el borrador mental o gráfico de una solución para resolver un problema específico. Este concepto se aplica en muchísimos campos: desde la comunicación visual donde diseñas un afiche o un logo, hasta la industria donde diseñas una máquina o un producto, pasando por la ingeniería donde diseñas estructuras o sistemas, y la arquitectura donde diseñas edificios o espacios.

Lo interesante del diseño es que no se trata solo de que algo funcione, sino de que funcione bien y de manera apropiada para el contexto específico. Requiere creatividad para encontrar soluciones innovadoras, conocimiento técnico para que sea viable, y comprensión del problema para que realmente lo resuelva. Un buen diseño anticipa necesidades, prevé dificultades y propone la mejor forma de lograr un objetivo determinado.

b) Refrigeración

La refrigeración es básicamente el proceso mediante el cual le quitamos calor a algo para enfriarlo. Suena simple, pero es un procedimiento técnico bastante complejo que implica transferir energía térmica de un lugar a otro.

En términos prácticos, cuando refrigeras un cuerpo, una sustancia o un espacio cerrado, lo que estás haciendo es extraer el calor que contiene para reducir su temperatura por debajo del ambiente que lo rodea. Por ejemplo, cuando metes una bebida en el refrigerador, el sistema no "le agrega frío" (el frío

técnicamente no existe como tal), sino que le extrae el calor hasta que alcanza la temperatura deseada.

Este proceso es fundamental en nuestra vida cotidiana y en múltiples industrias, desde conservar alimentos en casa hasta mantener productos perecederos en toda la cadena de distribución comercial, pasando por aplicaciones industriales y médicas donde el control preciso de temperatura es crítico.

c) Refrigerante

Los refrigerantes son las sustancias o fluidos especiales que hacen posible el proceso de refrigeración. Actúan como el medio que captura el calor de un lugar y lo transporta hacia otro donde puede ser expulsado o disipado.

Imagínalo como un mensajero térmico: el refrigerante circula por el sistema, absorbe el calor del espacio que quieres enfriar (como el interior de tu refrigerador), se lo lleva consigo mientras circula por las tuberías, y luego lo libera hacia el exterior (por eso la parte trasera de un refrigerador suele estar caliente). Este ciclo se repite constantemente para mantener la temperatura baja en el espacio refrigerado.

Los refrigerantes tienen propiedades físicas específicas que los hacen ideales para este trabajo: pueden cambiar fácilmente de estado líquido a gaseoso y viceversa a las temperaturas que nos interesan, y pueden transportar grandes cantidades de energía térmica en el proceso. Se usan tanto en sistemas de refrigeración como en equipos de climatización o aire acondicionado.

d) Cámara frigorífica

Una cámara frigorífica es esencialmente un cuarto grande completamente refrigerado, diseñado específicamente para conservar alimentos perecederos en

grandes cantidades. Es como un refrigerador gigante donde puedes caminar dentro.

Estas cámaras son fundamentales en restaurantes, supermercados, mercados mayoristas, industrias alimentarias y cualquier negocio que maneje volúmenes importantes de productos que necesitan mantenerse fríos. Pueden almacenar desde carne y pescado hasta frutas, verduras, lácteos y productos procesados que requieren temperaturas controladas para no echarse a perder.

La diferencia con un refrigerador común no es solo el tamaño, sino también el nivel de control que ofrecen. Muchas cámaras frigoríficas pueden mantener temperaturas específicas y constantes durante largos períodos, tienen sistemas de ventilación apropiados para que el frío se distribuya uniformemente, y están construidas con materiales aislantes especiales que garantizan que la temperatura interior se mantenga estable sin importar el clima exterior.

e) Temperatura

La temperatura es esa propiedad física que todos experimentamos constantemente pero que a veces es difícil de definir con precisión. En términos sencillos, es la medida que nos indica qué tan caliente o qué tan frío está algo: un objeto, una persona, un ambiente, un líquido.

Cuando tocas algo y sientes que está caliente, tu cuerpo está percibiendo que ese objeto tiene una temperatura más alta que tu piel. Cuando sientes frío, percibes que el ambiente tiene una temperatura más baja que tu cuerpo y te está quitando calor. La temperatura es básicamente una forma de cuantificar esa sensación térmica.

Técnicamente, la temperatura refleja el nivel de agitación de las moléculas que componen una sustancia: a mayor temperatura, las moléculas se mueven

más rápido y con más energía. La medimos con termómetros usando diferentes escalas (Celsius, Fahrenheit, Kelvin) dependiendo del contexto y el país. Controlar la temperatura es crucial en muchísimas áreas: desde conservar alimentos y medicinas hasta procesos industriales complejos y el simple confort humano.

f) Alimento conservado por el frío

Se refiere a cualquier alimento que ha pasado por un proceso de refrigeración o congelación para extender su vida útil y luego se envasa y almacena bajo condiciones específicas de temperatura.

El frío es uno de los métodos más efectivos para conservar alimentos porque desacelera o detiene el crecimiento de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras) que causan la descomposición. Cuando refrigeras algo, no matas completamente estos organismos, pero los vuelves mucho menos activos. Cuando congelas, prácticamente detienes su actividad por completo.

Estos alimentos deben mantenerse en condiciones apropiadas durante toda su vida útil: temperaturas constantes, envases adecuados que los protejan, y manejo correcto en cada etapa. Si se rompe la cadena de frío —es decir, si el producto se calienta en algún momento— puede comenzar a deteriorarse rápidamente. Por eso en supermercados y durante el transporte se cuida tanto que estos productos permanezcan siempre a la temperatura correcta.

g) Productos lácteos

Los productos lácteos abarcan toda esa familia de alimentos que se elaboran a partir de la leche de diferentes mamíferos, aunque la más común es la leche de vaca. También se usan leche de cabra, oveja, búfala y otros animales dependiendo de la región y las tradiciones.



La variedad es enorme porque la leche puede transformarse mediante distintos procesos. La pasteurización elimina microorganismos peligrosos mediante calor controlado, dándonos leche líquida segura. La fermentación con bacterias específicas produce yogurt, queso y crema ácida. La deshidratación nos da leche en polvo. El batido y separación de componentes produce mantequilla y crema. La coagulación y maduración crea la infinita variedad de quesos que existen.

Todos estos productos conservan muchas de las propiedades nutricionales de la leche original —proteínas, calcio, vitaminas— aunque en diferentes concentraciones dependiendo del proceso. Son alimentos básicos en la dieta de muchísimas culturas alrededor del mundo, aunque también son perecederos y requieren refrigeración en la mayoría de casos.

h) Evaluación económica

La evaluación económica es ese análisis riguroso que haces antes de tomar una decisión financiera importante. Es como poner en una balanza todos los costos de un lado y todos los beneficios del otro, para ver si realmente vale la pena hacer algo.

Cuando evalúas económicamente un proyecto, una inversión o cualquier decisión que implique dinero, estás tratando de responder preguntas fundamentales: ¿Cuánto dinero voy a gastar? ¿Cuánto dinero voy a generar o ahorrar? ¿En cuánto tiempo recupero mi inversión? ¿Qué tan riesgoso es? ¿Hay opciones mejores disponibles?

Este proceso usa diversas herramientas y metodologías: proyecciones financieras, cálculos de rentabilidad, análisis de flujo de caja, tasas de retorno, períodos de recuperación. No se trata solo de ver si algo genera ganancias, sino



de comparar alternativas y determinar cuál es la opción más viable y rentable considerando todos los factores relevantes.

Es fundamental para empresas que deciden invertir en equipos nuevos, personas que evalúan comprar una propiedad, gobiernos que planifican obras públicas, o cualquier situación donde necesitas tomar una decisión financiera informada y racional en lugar de basarte solo en intuiciones..



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación

Para llevar a cabo este estudio, hemos decidido trabajar con un diseño NO EXPERIMENTAL. Pero, ¿qué significa esto en términos prácticos? Básicamente, que no vamos a intervenir ni manipular deliberadamente ninguna de las variables que estamos estudiando. En lugar de eso, nos dedicaremos a observar y analizar los fenómenos tal como ocurren de manera natural en su contexto real, sin forzar situaciones ni crear escenarios artificiales. Es como ser un testigo objetivo que registra lo que ve sin alterar el curso de los acontecimientos. Este enfoque nos permite captar la realidad tal cual es, lo que resulta fundamental cuando queremos entender cómo funcionan las cosas en la vida cotidiana (Hernandez & Fernandez, 2014)..

3.2. Tipo de la investigación

Esta investigación se enmarca dentro del tipo APLICATIVO, y esto tiene mucho sentido cuando entendemos su propósito. A diferencia de las investigaciones puramente teóricas que buscan generar conocimiento por el simple hecho de conocer, nuestro trabajo tiene los pies bien puestos en la tierra. Cada hallazgo, cada dato que recopilemos, cada conclusión a la que lleguemos está pensada para arrojar luz sobre un problema concreto y tangible que existe

en el mundo real. No estamos aquí solo para filosofar o especular, sino para aportar soluciones prácticas y comprensión profunda sobre una situación específica dentro de nuestra área de estudio. Es investigación con propósito y aplicación directa, el tipo de conocimiento que puede marcar una diferencia real (Hernandez & Fernandez, 2014).

3.3. Nivel de investigación

Nuestro trabajo se sitúa en el nivel descriptivo de investigación, lo cual define claramente cuál es nuestra misión principal. No pretendemos establecer relaciones de causa y efecto ni hacer predicciones complejas; más bien, nuestro objetivo es pintar un cuadro detallado y preciso de la realidad que estamos estudiando. Queremos describir minuciosamente las características, comportamientos, procesos y fenómenos que observamos, examinarlos desde diferentes ángulos y distinguir sus particularidades sin alterar ni modificar absolutamente nada. Es como ser un fotógrafo de la realidad: capturamos lo que existe tal como es, con todos sus matices y detalles. Este nivel de investigación nos permite construir una base sólida de conocimiento sobre nuestro objeto de estudio, identificando patrones, tendencias y características que servirán como punto de partida para investigaciones futuras más complejas (Hernández & Mendoza, 2018).

3.4. Enfoque de investigación

Para desarrollar esta investigación hemos adoptado un enfoque CUANTITATIVO, y esta decisión metodológica tiene implicaciones importantes en cómo abordamos nuestro objeto de estudio. Este enfoque se apoya fundamentalmente en el lenguaje de los números, las estadísticas y los datos medibles. ¿Qué hacemos concretamente? Recopilamos información que puede

ser cuantificada y expresada numéricamente, la sometemos a análisis estadísticos rigurosos y la interpretamos de manera sistemática. Todo esto con un objetivo claro: obtener descubrimientos que sean verificables, replicables y objetivos. No nos basamos en impresiones subjetivas ni en intuiciones, sino en evidencia concreta que puede ser medida, comparada y comprobada. Este enfoque nos proporciona resultados sólidos y confiables que pueden ser validados por otros investigadores, lo que le da un peso científico importante a nuestras conclusiones. Los números no mienten, y esa es precisamente la fortaleza de este enfoque: nos permite ver más allá de las percepciones individuales y captar la realidad de forma más objetiva (Hernández & Mendoza, 2018)..

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Cuando hablamos de población en el contexto de una investigación, nos referimos a ese conjunto completo de elementos que queremos estudiar. Puede tratarse de personas, objetos, empresas, instituciones o cualquier otro tipo de unidades que compartan ciertas características en común que son relevantes para nuestra investigación (Hernández y Fernández, 2014). En nuestro caso específico, la población que hemos identificado para este estudio está conformada por el mercado Santa Bárbara de Juliaca, un espacio comercial dedicado a la elaboración y comercialización de productos lácteos. Este mercado representa el universo total de nuestro objeto de estudio, ya que concentra precisamente las características y variables que necesitamos analizar para cumplir con los objetivos de nuestra investigación. Es importante mencionar que este mercado no es un lugar cualquiera, sino un punto estratégico en la ciudad

de Juliaca donde se desarrolla toda una dinámica económica alrededor de la producción láctea, lo que lo convierte en un escenario perfecto para nuestra indagación..

3.5.2. Muestra

Como bien explica Córdova (2018), la muestra vendría a ser "una porción representativa de la población total que estamos estudiando". Es decir, es como tomar un pedazo del pastel que nos permita entender cómo es todo el pastel sin necesidad de comérselo completo.

Sin embargo, en nuestra investigación nos encontramos con una situación particular y bastante práctica: la población y la muestra son exactamente la misma cosa. ¿Por qué sucede esto? Porque hemos decidido trabajar con un muestreo no probabilístico de tipo intencional. En palabras más sencillas, no estamos seleccionando una parte pequeña para representar al todo, sino que estamos estudiando directamente a toda la población en su conjunto.

Entonces, tanto nuestra población como nuestra muestra están representadas por el mercado Santa Bárbara de Juliaca, ese espacio donde se producen y comercializan productos lácteos. Esta decisión metodológica tiene sentido porque nos permite tener una visión completa y exhaustiva del fenómeno que estamos investigando, sin dejar fuera ningún elemento importante. No estamos haciendo estimaciones ni proyecciones; estamos trabajando con el 100% de nuestro universo de estudio, lo que le da mayor solidez y precisión a nuestros resultados.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

- Las técnicas de investigación son, básicamente, los caminos o estrategias que seguimos para conseguir, analizar y darle sentido a la información que necesitamos. Son como las rutas que trazamos en un mapa para llegar a nuestro destino: cada técnica nos ofrece una manera particular de acercarnos a la realidad que queremos comprender (Hernandez & Fernandez, 2014).
- Para esta investigación, hemos seleccionado dos técnicas fundamentales que se complementan entre sí:
- · Revisión bibliográfica o documental
- Esta técnica consiste en sumergirnos en todo el conocimiento que ya existe sobre nuestro tema de estudio. Vamos a revisar libros, artículos científicos, tesis, informes, documentos oficiales y cualquier fuente confiable que nos ayude a construir un marco teórico sólido. Es como pararnos sobre los hombros de quienes ya investigaron antes que nosotros, aprovechando sus descubrimientos y aprendiendo de sus experiencias. Esta revisión nos permite entender qué se ha dicho, qué falta por decir y dónde podemos hacer nuestra contribución original.
- · Técnica observacional
- Aquí entramos en contacto directo con la realidad. La observación implica ir al campo, al mercado Santa Bárbara en este caso, y registrar sistemáticamente lo que vemos, lo que sucede, cómo se comportan los actores, cómo funcionan los procesos. No es una

observación casual como cuando vamos al mercado a comprar; es una observación científica, planificada, estructurada y con un propósito claro. Anotamos, fotografiamos (cuando es pertinente), registramos patrones y captamos detalles que pueden pasar desapercibidos en una mirada superficial.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos son herramientas o métodos particulares que se emplean para recopilar información en un estudio (Hernandez & Fernandez, 2014).

- Software Solidworks Cad

3.7. Materiales y equipos

a) Materiales

- ✓ Software Solidworks Cad
- ✓ Libreta de campo
- ✓ EPP
- ✓ Lapicero
- ✓ Plumón indeleble.
- ✓ Tablero de apuntes
- ✓ EPP

b) Equipos

- ✓ Cámara digital
- ✓ Laptop
- ✓ Impresora

3.8. Ubicación de la zona en estudio



La zona que se analiza está emplazada en la ciudad de Juliaca, dentro del distrito de Juliaca, provincia de San Román - Puno; localizada a 3830 m.s.n.m., en las coordenadas geográficas latitud: 15°29'22.20"S y longitud: 70°8'4.20"O.

Figura 8*Ubicación de la zona en estudio**Fuente: Google Earth*

3.9. Procedimiento metodológico

3.9.1. Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025

Para el cumplimiento del presente objetivo se seleccionó los componentes, en base a una revisión sistemática de la información; considerando el tipo de producto lácteo, la temperatura de almacenamiento, capacidad de almacenamiento

La correcta selección de los componentes del sistema de refrigeración garantizara la calidad, seguridad y conservación de los derivados de la leche, optimizando la eficiencia energética y reduciendo costos operativos (Cisneros, 2018).

3.9.2. Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025

La correcta determinación del tamaño de las cámaras frigoríficas posibilitará un uso eficaz de recursos como el refrigerante, la energía y el espacio. Un ciclo de enfriamiento más corto y menos eficaz podría ser el resultado del uso de una cámara frigorífica sobredimensionada (Herrera, 2024). El dimensionamiento apropiado asegurará que la cámara se ajuste a la carga térmica prevista, lo que optimiza la eficiencia energética del sistema. Al eludir una capacidad excesiva, se disminuyen los costos de operación, como los de mantenimiento, reparaciones y electricidad; esto supone un beneficio para la rentabilidad en el largo plazo (Díaz, 2020).

La selección de los materiales para la edificación de una cámara frigorífica es crucial, porque estos tienen un rol clave en la seguridad, la durabilidad y la eficacia del sistema (Garro, 2021). Para reducir la transmisión de calor entre la parte interna y externa de la cámara, se emplearon los núcleos de poliestireno o poliuretano como materiales con el fin de aislamiento térmico. Un buen aislamiento evitará la pérdida de frío y garantizará que las condiciones de temperatura requeridas en el interior se conserven. Como los sistemas generalmente funcionan en condiciones de humedad y frío, los materiales serán capaces de resistir la corrosión y la humedad.

a) Número de quesos por bandeja plástica

Se utilizó la fórmula para calcular áreas de figuras redondas y rectangulares con el fin de determinar cuántos quesos podrían caber en una bandeja de las dimensiones mencionadas previamente.

Se utilizó la ecuación a continuación para calcular el área de los quesos que tienen forma rectangular.

$$A_{\text{circulo}} = \pi * r^2$$

Donde:

A_{circulo} : Área del queso de forma redonda, (cm)

r : Radio del queso, (cm).

Se calculó, usando la siguiente fórmula, cuántos quesos cabrían en cada bandeja de los productos que arriban a la zona en análisis.

$$N^{\circ}_{\text{quesos}} = \frac{A_{\text{bandejas}}}{A_{\text{producto}}}$$

Donde:

$N^{\circ}_{\text{quesos}}$: Número de quesos por bandeja, (adimensional).

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

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

No obstante, otra manera de calcular cuántos quesos caben en una bandeja plástica de 31,5 cm de ancho, 43 cm de largo, y 2.5 cm de profundidad es utilizando un programa CAD (diseño asistido por computadora), el cual posibilita la representación eficaz de cualquier objeto en tres dimensiones.

b) Cálculo de las estanterías de madera en la cámara frigorífica

Se utilizó el cálculo de áreas para establecer cuántos estantes de madera caben en la cámara frigorífica destinada a conservar quesos, por lo que se empleará la siguiente fórmula.

$$A_{\text{estantería}} = L1 * L2$$

Donde:

$A_{estantería}$: Área de la estantería, (cm).

$L1e$: Lado 1 estantería, (cm).

$L2e$: Lado 2 estantería, (cm).

c) Cálculo del peso almacenado en la cámara frigorífica

Utilizando la fórmula siguiente, se determinó el peso total que tendrá cada contenedor en función de los quesos.

$$W_{estantería} = \left(\frac{A_{bandeja}}{A_{producto}} * m_{queso} \right) * N_{bandejas}$$

Donde:

$W_{estantería}$: Peso de la estantería llena, (kg).

m_{queso} : Masa de las clases de quesos

$A_{bandeja}$: Área de la bandeja, (mm²)

$A_{producto}$: Área del producto, (mm²).

$N_{bandejas}$: Número de bandejas, (adimensional).

d) Número de quesos por bandeja plástica

Se utilizó la fórmula para calcular áreas de figuras redondas y rectangulares con el fin de determinar cuántos quesos cabrían en una bandeja de las medidas previamente mencionadas.

La superficie de los quesos en forma rectangular se calculó posteriormente utilizando la ecuación siguiente.

$$A_{circulo} = \pi * r^2$$

Donde:

$A_{circulo}$: Área del queso de forma redonda, (cm)

r : Radio del queso, (cm).

Reemplazando:

$$A_{circulo} = \pi * 4^2$$

$$A_{circulo} = 5.24\text{cm}^2$$

Se calculó, usando la siguiente fórmula, cuántos quesos cabrían en cada bandeja de los productos que arriban a la zona en análisis.

$$N^{\circ}_{quesos} = \frac{A_{bandejas}}{A_{producto}}$$

Donde:

N°_{quesos} : Número de quesos por bandeja, (adimensional).

$A_{bandejas}$: Área de la bandeja, (adimensional).

$A_{producto}$: Área del producto, (adimensional).

Sin embargo, el software CAD, que nos permite crear eficazmente cualquier objeto en 3D, es otro método para determinar cuántos quesos caben en una bandeja de plástico de 43 cm de largo, 31,5 cm de ancho y 2,5 cm de grosor.

e) Cálculo de las estanterías de madera en la cámara frigorífica

Se utilizó la siguiente ecuación para calcular cuántas estanterías de madera caben en la cámara frigorífica destinada a la preservación de quesos, a través de la estimación de áreas.

$$A_{estanteria} = L1 * L2$$

Donde:

$A_{estanteria}$: Área de la estantería, (cm).

$L1e$: Lado 1 estantería, (cm).

$L2e$: Lado 2 estantería, (cm).

Reemplazando:

$$A_{estantería} = 43 * 31.35$$

$$A_{estantería} = 1348.05 \text{ cm}^2$$

f) Cálculo del peso almacenado en la cámara frigorífica

La expresión que aparece a continuación se utilizó para calcular el peso total de cada estantería, en función del tipo de quesos.

$$W_{estantería} = \left(\frac{A_{bandeja}}{A_{producto}} * m_{queso} \right) * N_{bandejas}$$

Donde:

$W_{estantería}$: Peso de la estantería llena, (kg).

m_{queso} : Masa de las clases de quesos

$A_{bandeja}$: Área de la bandeja, (mm^2)

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

$N_{bandejas}$: Número de bandejas, (adimensional).

f) Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración

La siguiente expresión se utilizó para calcular la cantidad de calor que el aire aportará cuando la puerta se abra y entre en la cámara frigorífica para conservar los quesos. Adicionalmente, se considerará que diariamente habrá 8 renovaciones al cuarto frío.

$$Q = N * \frac{V}{V_a} * (h_a - h_f)$$

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,

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).

g) Capacidad total para la selección del equipo

La potencia que debe tener el equipo para mantener los quesos almacenados en la cámara frigorífica es de lo que se habla, así que la manera de calcularla es sumando el calor extraído, el aporte de calor y la potencia eléctrica de las luces dentro del cuarto frío.

Se puede determinar la capacidad total que debe tener el equipo para el cuarto frío, considerando que tendrá dos focos de 100W cada uno, usando la siguiente ecuación.

$$Q_{evap} = Q_{removido} + Q_{aporte-calorico} + Q_{luminica}$$

Donde:

Q_{evap} : Capacidad del evaporador, (kcal)

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

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

$Q_{luminica}$: Carga lumínica, (kcal).

h) Temperatura de condensación

La temperatura de condensación se calculó utilizando la ecuación posterior, considerando que el cambio de temperatura sugerido es de 15 °C; este valor será un indicador del equipo en el momento de operar.

$$Q_{evap} = Q_{removido} + Q_{aporte-calorico} + Q_{luminica}$$

Donde:

Q_{evap} : Capacidad del evaporador, (kcal)

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

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

$Q_{luminica}$: Carga lumínica, (kcal).

i) Análisis termodinámico en el ciclo de refrigeración

Es conocido que, al referirse a sistemas de cámaras frigoríficas, es necesario examinar su aspecto termodinámico. Esto se debe a que hay que considerar el rendimiento, el trabajo específico interno del compresor, el calor liberado por el condensador y el absorbido por el evaporador, así como también el coeficiente de desempeño.

Por consiguiente, los parámetros previamente mencionados se calcularon utilizando las ecuaciones que siguen:

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

Donde:

n_c : Rendimiento isotrópico del compresor.

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

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

$$W_c = h_3 - h_2$$

Donde:

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

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

$$q_c = h_4 - h_1$$

Donde:

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

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

$$q_e = h_2 - h_1$$

Donde:

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

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

El coeficiente de desempeño, que se utiliza para refrigerar un ambiente y que considera como efecto útil el calor extraído del lado frío, se calculó mediante la ecuación siguiente:

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

Donde:

COP : Coeficiente de desempeño, (adimensional).

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

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

j) Relación de compresión

Se estableció la asociación de compresión del sistema de refrigeración, que es igual a la potencia del condensador dividida por la del evaporador, usando la ecuación siguiente:

$$r = \frac{P_{condensacion}}{P_{evaporacion}}$$

Donde:

r : Relación de compresión, (adimensional).

$P_{condensacion}$: Presión del condensador, (MPa).

$WP_{evaporacion}$: Presión del evaporador, (MPa).

k) Flujo másico del refrigerante

Posteriormente, se estableció el flujo másico del refrigerante que recorre los conductos del compresor de la cámara frigorífica destinada a almacenar quesos.

$$m = \frac{Q_{evap}}{h_4 - h_1}$$

Donde:

m : Flujo másico del refrigerante, (adimensional).

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

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

l) Potencia del compresor

Se calculó la potencia requerida por el compresor en el sistema de refrigeración, considerando que este se utiliza para la preservación de quesos, mediante la ecuación siguiente.

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

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)

m) Calor rechazado por el condensador

Se calculó el calor que el condensador rechaza utilizando la ecuación siguiente; es importante destacar que se trata de la cantidad total de energía térmica que se transfiere del lado frío hacia el caliente.

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

Donde:

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

m : Flujo másico del refrigerante, (adimensional).

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

3.9.3. Realizar una evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR

Así mismo, se determinó la viabilidad bancaria de la cámara frigorífica, en donde se consideraron los costos fijos y los costos variables (VAN y TIR), con respecto a los costos de venta de los productos lácteos.

VAN:

$$VAN = \frac{V_t}{(1 + r)^t} - I_o$$



Donde:

VAN : Valor actual neto (S/.)

V_t : Flujos de caja en cada tiempo (S/.)

r : Interés (%)

t : Número de períodos considerados (años)

I_o : Valor del desembolso inicial de la inversión (S/.)

TIR:

$$\frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_o = 0$$

Donde:

TIR : Tasa interna de retorno (S/.)

V_t : Flujos de caja en cada tiempo (S/.)

t : Número de períodos considerados (años)

I_o : Valor del desembolso inicial de la inversión (S/.)



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025

a) Selección del evaporador

La capacidad del evaporador para el almacenamiento de aproximadamente 500 kg de productos lácteos, sobre todo quesos, para la región en cuestión se establecerá con base en los resultados que se obtengan más adelante.

Asimismo, para llevar a cabo la elección del evaporador se emplearon ponderaciones de 5 a 1, donde el valor más alto es 5 y el más bajo es 1. La siguiente tabla presenta los parámetros que se examinarán en las distintas variedades de evaporadores.

Tabla 3

Características de los gases refrigerante

Equipo	Mantenimie	Instalaci	Carga	Accesibili	Costos	Tot
s	nto fácil	ón fácil	de	dad en el	económi	a l
			refriger	mercado	cos	
			ant e			
Evapora	5	5	5	5	5	25
d or						
cúbico						
de						
equipos						
compact						
os						
Evapora	4	4	4	5	4	21
d or						
cúbico						
de						
equipos						
split						

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que el evaporador cúbico para equipos compactos tiene un puntaje de 25, lo que indica que es el más adecuado a la hora de crear la cámara frigorífica para guardar quesos. Este dispositivo presenta más ventajas que los de tipo Split porque su instalación y mantenimiento son más sencillos.

Asimismo, en el mercado peruano estos equipos son accesibles, pues es posible hallarlos en compañías como Donofrio o Artica, entre otras.

b) Selección del condensador

Se indica que el condensador es donde esta comprimida el refrigerante por lo que es lo mismo, presiones y temperaturas elevadas.

El cuadro 4, posteriormente, muestra los parámetros que se deben evaluar para elegir el condensador. Las ponderaciones van del 1 al 5, siendo el valor mínimo 1 y el máximo 5.

Tabla 4

Características de los gases refrigerante

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

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 revela que el condensador de equipos compactos tiene un puntaje de 25, lo cual es superior al del Split. Este último tiene ventajas como una instalación sencilla, disponibilidad en el mercado peruano y una carga de refrigerante simple, ya que cuenta con una válvula que debe ser ponchada para permitir la circulación automática del refrigerante.

No obstante, se sabe que estos equipos pueden ser adquiridos a proveedores como Artica y Donofrio, entre otros, que operan en la ciudad de Lima y cuya actividad principal es la climatización, los cuartos fríos y el aire acondicionado.

c) Selección del compresor

De acuerdo a lo seleccionado en cuanto al evaporador y al condensador se aplicaron equipos de carácter compacto debido a sus propiedades, como la venta en el país, el mantenimiento y la instalación sencillos y los precios, se sabe que el compresor que viene para estos equipos es uno hermético que opera a presiones altas, bajas y medias.

No obstante, para calcular su potencia es preciso emplear la ecuación que se ejecutará en el segundo objetivo. Esto se debe a que dicha ecuación está vinculada con las entalpías del refrigerante que circulará por el sistema, así como con la eficacia y la masa del queso que se almacenará.

d) Modelado del cuarto frío

Hoy en día, para el diseño mecánico, hay una variedad de programas informáticos que ofrecen beneficios tales como: la creación de componentes mecánicos, el ensamblaje de estos y de equipos complejos, la elaboración de planos, entre otros. Con base en lo anterior, se diseñará la cámara frigorífica, y para ello será necesario elegir un software adecuado.

- **Análisis del comportamiento termodinámico del cuarto frío**

Hoy en día, el análisis con Solidwork es fundamental en ingeniería porque permite estudiar el comportamiento interno de la cámara frigorífica. Esto presenta la gran ventaja de que se pueden examinar anticipadamente diversos procesos termodinámicos y mecánicos, así como evitar la creación de prototipos físicos, lo que implica no gastar materia prima innecesariamente en su construcción. También facilita un diseño sencillo y no debemos olvidar que el cálculo matemático de todo elemento a analizar también es muy útil y necesario.

En consecuencia, será necesario elegir un software adecuado para simular la cámara frigorífica, puesto que este proporcionará resultados próximos a la realidad.

e) Diseño detallado de la cámara frigorífica

Para diseñar la cámara frigorífica, se llevarán a cabo los cálculos necesarios en términos de las capacidades termodinámicas y caloríficas del sistema. Además, se elegirán los componentes principales (compresor, condensador y evaporador), que ya fueron mencionados previamente. Esto se hará considerando el tipo de refrigerante que utilizan, pues no deben ser dañinos para la salud humana.

No obstante, puesto que son muy eficaces para desarrollar piezas isométricas, procesos y demás, se utilizará un software CAD para el modelado en 3D. Asimismo, estos programas permiten la creación de planos de acuerdo con la legislación del país.

Asimismo, se examinará dicha cámara frigorífica de manera virtual a través del software Solidworks, lo que permitirá observar cómo se comportará al

conservar los quesos en su interior, dado que las temperaturas internas serán visibles.

4.1.2. Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025

a) Estructura funcional de la cámara frigorífica

La cámara de refrigeración se diseñará para un 50% más de lo que produce en la actualidad la zona bajo estudio, específicamente en quesos redondos y rectangulares. Además, se considerará la temperatura en este caso porque es un factor relevante para la conservación del producto.

b) Geometría y tamaño de los quesos

Según la investigación de campo, se descubrió que en el área estudiada producen quesos redondos con diámetros de entre 8 y 13 centímetros. En la tabla siguiente se muestran los datos obtenidos experimentalmente sobre las dimensiones y pesos de los quesos.

Asimismo, se señala que el queso no debe ser guardado por más de 12 a 15 días a una temperatura de 4 °C porque podría descomponerse, lo cual causaría pérdidas económicas en la región investigada.

c) Condiciones civiles para el diseño del cuarto frigorífico

Es importante tener en cuenta que no se requiere mampostería ni acabados como el inducido en las zonas de las paredes para la cámara frigorífica; sin embargo, sí es preciso contar con un piso bien acabado, ya sea con pintura epóxica de grado alimenticio y fundición lisa o, alternativamente, con porcelanato.

Asimismo, es fundamental que el lado interno del suelo tenga un desagüe, porque cuando se conservan los alimentos, se puede producir agua y esta tiene que ser drenada dentro de la zona del cuarto frío.

d) Selección del piso para el diseño de un cuarto frío

En la tabla 5 se llevará a cabo la selección de la mejor opción para el piso que debe tener un cuarto frío. Para las ponderaciones, será 5 el valor más alto y 1 el más bajo.

Tabla 5

Características del tipo de pisos en cuartos fríos

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

Fuente: Elaboración propia

La cerámica o el porcelanato es la opción más rentable para preparar el suelo de un cuarto frío, según se puede ver en la tabla de arriba, porque es menos costoso y requiere menos tiempo de construcción. Además, dado que el porcelanato resiste temperaturas bajas, este material no se agrieta.

e) Forma de almacenamiento

El queso se guardará en bandejas de plástico cuyas medidas son 31.5 cm de ancho 43 cm de largo, y 2.5 cm de profundidad.

Figura 9

Recipientes plásticos.

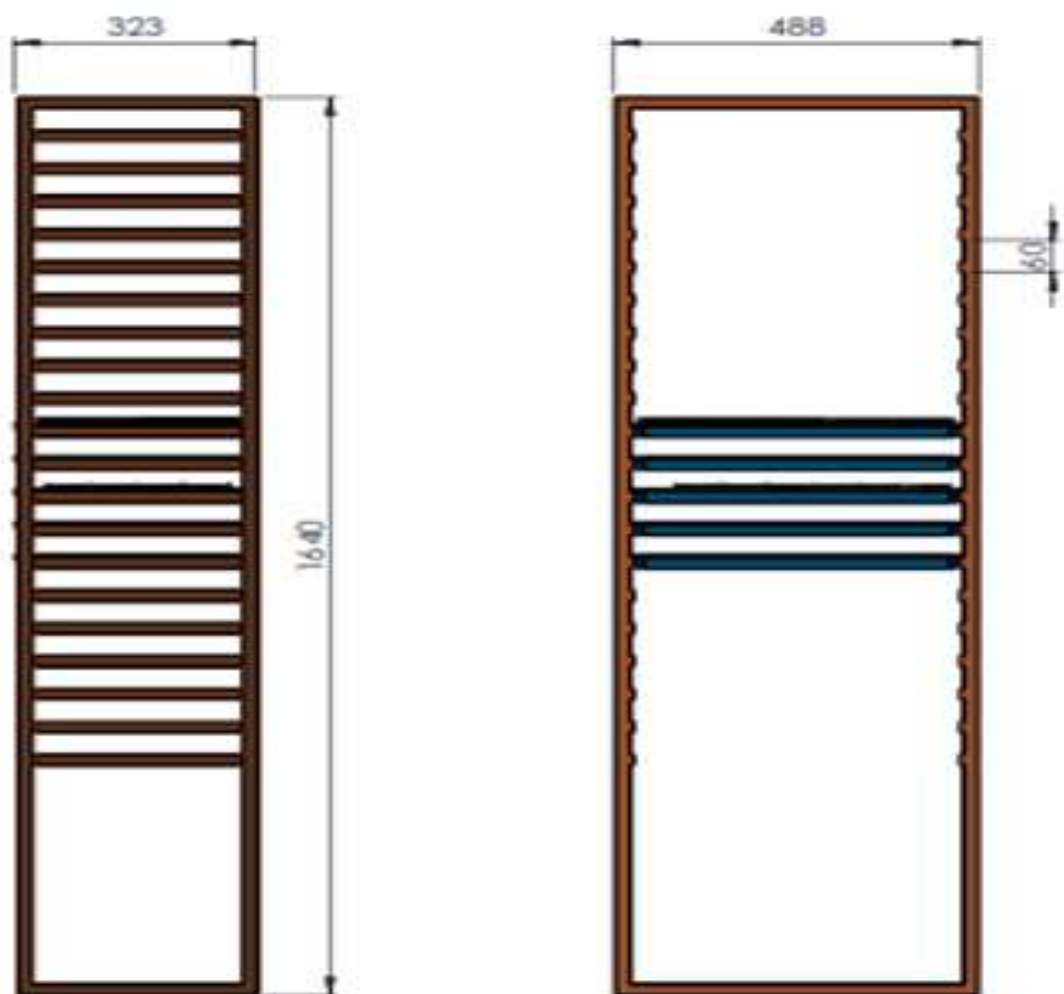


Fuente: Elaboración propia

Se dispondrán estas bandejas plásticas de manera vertical en un armario de madera para impedir que el producto se dañe al estar uno encima del otro. Las medidas a considerar para almacenar los quesos se muestran en la figura siguiente.

Figura 10

Ubicación de quesos en el estante de madera.



Fuente: Elaboración propia

f) Número de quesos por bandeja plástica

$$A_{\text{circulo}} = \pi * 4^2$$

$$A_{\text{circulo}} = 5.24\text{cm}^2$$

Se calculará la cantidad de quesos que cabría en cada bandeja de los productos que arriban al área en estudio mediante la utilización de la ecuación siguiente:

$$N^{\circ}_{\text{quesos}} = \frac{A_{\text{bandejas}}}{A_{\text{producto}}}$$

Donde:

N°_{quesos} : Número de quesos por bandeja, (adimensional).

$A_{bandejas}$: Área de la bandeja, (adimensional).

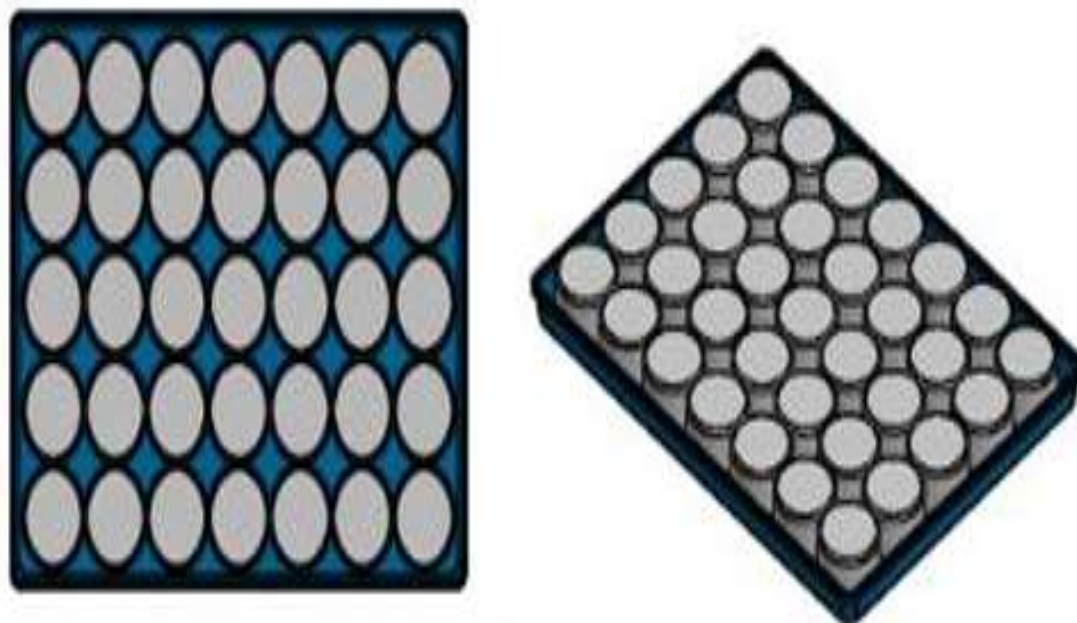
$A_{producto}$: Área del producto, (adimensional).

No obstante, otra manera de calcular cuántos quesos cabe en una bandeja plástica de 31,5 cm de ancho 43 cm de largo, y 2.5 cm de profundidad es utilizando un programa CAD (diseño asistido por computadora), el cual posibilita la representación eficaz de cualquier objeto en tres dimensiones.

En la figura que sigue, se muestra la cantidad de quesos que cabrían en la bandeja plástica.

Figura 11

Cantidad de quesos que pueden colocarse en las bandejas plásticas



Fuente: Elaboración propia

g) Cálculo de las estanterías de madera en la cámara frigorífica

$$A_{\text{estantería}} = 43 * 31.35$$

$$A_{\text{estantería}} = 1348.05\text{cm}^2$$

h) Distribución de las estanterías en la cámara frigorífica

La cantidad de queso que se almacenará en la cámara frigorífica (en kg) determinará la distribución apropiada, considerando además que el diseño del cuarto frío tiene un espacio disponible de 13,4 m² y que podrán entrar dos personas.

i) Selección del material aislante

Es fundamental considerar el material en el momento de diseñar una cámara frigorífica, porque debe cumplir con ciertas especificaciones técnicas como las siguientes:

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

En la tabla que sigue, se examinarán los materiales que poseen las peculiaridades previamente indicadas. Para su evaluación, se llevará a cabo una ponderación que va de 1 a 5, donde el valor mínimo es 1 y el máximo es 5.

Tabla 6*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	13	18
Poliestireno	4	4	4	5	17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se exhibe que el mejor material aislante para diseñar cámaras frigoríficas es el poliuretano con un total de 18 puntos, debido a sus propiedades técnicas, ya que es un excelente aislante térmico que no produce humedad en su interior. También, es un material inocuo que resulta esencial para preservar quesos según las condiciones de la normativa peruana.

j) Espesor de las paredes del material aislante

Es necesario calcular el grosor de las paredes del material aislante, pues este es crucial para que la temperatura interna de la cámara frigorífica se mantenga en un nivel apropiado para la conservación; esta temperatura específica para quesos se muestra en el Anexo 2.

No obstante, hay otros factores que se deben tomar en cuenta al calcular el grosor del material aislante. Uno de ellos es la conductividad térmica de 0.028 W/m·K, cuya tabla completa se encuentra en el apéndice 21. Además, los coeficientes de convección interna y externa, así como los valores de los aislantes térmicos, se pueden ver en la tabla 7.

Tabla 7

Propiedades de aislantes térmicos

Material	o	Soporta	Aislante	No	Costos
producto		temperaturas	de ruido	genera	económicos
		inferiores		humedad	
Espuma rígida de					
Polluretano (PUR)					
o poliisocianurato					
(PIR)					
Proyección	con	30 .60	0-028	-	60-150
Hidrolluorcarbono					
HFC					
Proyecdon	con	40 - 60	0,035-	-	100 - 150
di6xido de carbono			0,032		

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes globales de transmisión de calor, que corresponden a un cambio de temperatura y son de $0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ aparecen en la tabla 8.

Tabla 8

Coeficientes globales de transmisión de calor

Δt	60 y	50	40	30	20	10
	mas					
$U(kcal/m^2h^{\circ}C)$	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

Fuente: Elaboración propia

La siguiente expresión permite calcular el grosor del poliuretano, que es el material aislante. Este material es el que posibilitará la conservación de la temperatura interna de la cámara frigorífica para quesos que causa o almacena el sector en análisis. Se sabe también que la humedad relativa de Juliaca, donde se va a construir la cámara frigorífica, es del 60% en promedio.

$$ex = \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) * k$$

Donde:

h_i : Coeficiente de convección interior de la cámara

h_e : Coeficiente de convección exterior de la cámara

ex : Espesor de los materiales aislantes y barrera antivapor

k : Conductividad térmica de los materiales aislantes y barrera antivapor

U : Coeficiente global de transmisión de calor

k) Cálculo del calor removido

Es importante calcular el calor que se ha retirado del queso en la etapa de conservación, mientras se encuentra dentro de la cámara frigorífica, porque esto es relevante para elegir los equipos refrigerantes para el futuro. En este caso, los equipos son el compresor, el condensador y el evaporador.

El calor retirado del queso dentro de la cámara frigorífica se podrá calcular a continuación con la ecuación siguiente.

$$Q = m * c * (t_1 - t_2)$$

$$Q = m * c * (t_1 - t_f)$$

$$Q = m * c_i * (t_f - t_3)$$

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).

I) Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración**Tabla 9***Características y evaluación de refrigerantes*

Refrigerante	No inflama- ble	Toxicidad baja	Soporta temperaturas elevadas	Comercialización	Costo económico	Total
R404A	5	5	4	5	5	24
R409A	5	5	5	4	4	23

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se llevó a cabo la evaluación de los refrigerantes más utilizados en el sector de refrigeración industrial en todo el país. Los resultados mostraron que el R404A, con un puntaje total de 24 puntos, es el mejor para usar en una cámara frigorífica destinada a conservar quesos. Esto se debe a que este

refrigerante está disponible comercialmente en el mercado peruano y tiene costos económicos al adquirirlo.

El diagrama de Mollier, que se puede ver en el Anexo 3, es útil para definir las presiones y entalpías del ciclo de refrigeración con el refrigerante R404A.

m) Cálculo las temperaturas de condensación y evaporación

Las temperaturas que se producen en las zonas de evaporación y condensación son consideradas como indicadores importantes, porque a través de ellas es posible comprobar si el equipo está funcionando adecuadamente o si tiene algún defecto. Asimismo, se distinguiría fácilmente cuál es el lado de baja y alta presión.

n) Temperatura de condensación

El siguiente cálculo permite determinar la temperatura de condensación, considerando que lo sugerido es de 15°C. Este valor será un indicador del equipo en el momento de trabajo.

$$Q_{evap} = Q_{removido} + Q_{aporte-calorico} + Q_{luminica}$$

Donde:

Q_{evap} : Capacidad del evaporador, (kcal)

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

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

$Q_{luminica}$: Carga lumínica, (kcal).

o) Análisis

- Características del piso para la cámara frigorífica**

Según lo dicho previamente, se estableció que el piso a emplear en la creación de la cámara frigorífica es cerámica o porcelanato

gracias a sus beneficios, como su resistencia a las bajas temperaturas sin agrietarse y su costo.

- **Capacidad de quesos en el cuarto frío**

Se estableció que los quesos se almacenarían utilizando bandejas de plástico con unas dimensiones de 31,5 cm de ancho 43 cm de largo, y 2,5 cm de profundidad. Por lo tanto, se llevó a cabo el cálculo correspondiente para estimar la capacidad de quesos en el cuarto frío, así como también para averiguar cuánta cantidad de producto tendrá cada bandeja. Para ello, se empleó la expresión mencionada anteriormente.

Los valores de la cantidad de quesos que pueden estar en el plato plástico se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 10

Número de quesos por bandeja y áreas del producto

Descripción	Resultados matemáticos
Área de la bandeja	$A_{bandeja}=1354,5 \text{ cm}^2$
Área del queso	$A_{círculo}=28,27 \text{ cm}^2$
Número de quesos por bandeja	$N_{quesos}=36,62$

Fuente: Elaboración propia

Los hallazgos matemáticos que se encuentran en la tabla anterior muestran una disposición adecuada del producto en bandeja; por otra parte, el Anexo 7 presenta el desarrollo de las ecuaciones.

- **Capacidad de quesos en el cuarto frío**

Se sabe que los quesos se clasifican en bandejas de plástico, las cuales se colocan en contenedores de madera. Las dimensiones de estas últimas fueron observadas anteriormente.

Se llevará a cabo la estimación matemática del área de las estanterías, ya que estas deben ser dispuestas en la cámara frigorífica y el peso que tendrá cada una con los diferentes productos. Para ello, se utilizarán las ecuaciones mencionadas previamente.

La tabla 11 presenta el peso total de cada producto que se vende en el mercado, cuando están ubicados en las estanterías de madera.

Tabla 11

Pesos de productos en estanterías

Descripción	Resultados matemáticos
Área de la estantería	$A_{bandeja} = 1354,5 \text{ cm}^2$
Peso del producto 3 en la estantería	$W_{estantería-llena-queso 3} = 45500 \text{ g}$ $W_{estantería-llena-queso 3} = 45,50 \text{ kg}$

Fuente: Elaboración propia

El método matemático utilizado para lograr los resultados que se exhiben en la tabla 11 está disponible en el Anexo 5.

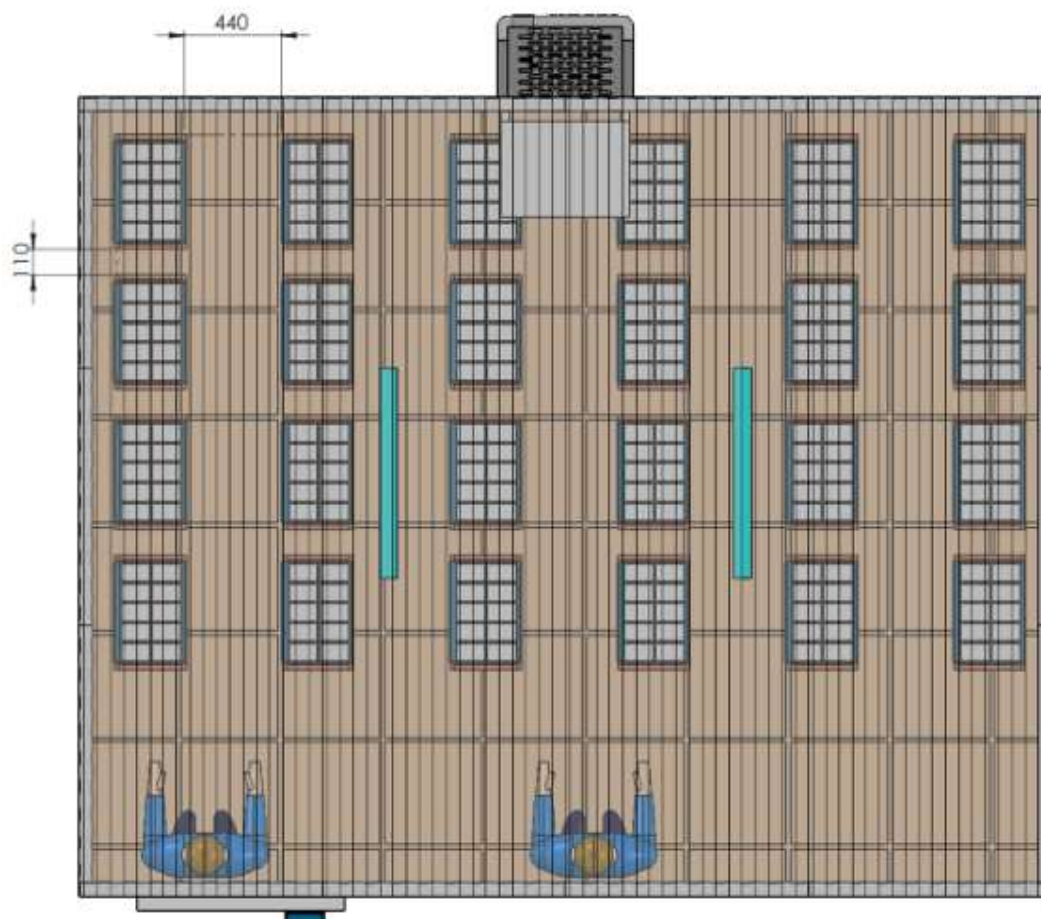
- **Distribución de las estanterías en la cámara frigorífica**

La cantidad de queso que la cámara frigorífica guardará (en kg) determinará la distribución apropiada para esta, considerando que el espacio disponible para diseñar el cuarto frío es de $13,4 \text{ m}^2$ y que dos personas serán capaces de ingresar.

Seguidamente, en la figura 12 se exhibe la distribución que presenta el producto dentro de la cámara frigorífica.

Figura 12

Distribución de quesos en la cámara frigorífica.



Fuente: Elaboración propia

- **Material aislante para la cámara frigorífica**

El poliuretano fue identificado como el material aislante más eficaz a causa de sus propiedades técnicas. Asimismo, ese material satisface los requisitos para la conservación de quesos.

En el cuadro a continuación, se pueden ver las peculiaridades que debe presentar la pared de poliuretano en cámara frigorífica. Por lo tanto, para calcularla, se utilizan las fórmulas que se describieron previamente.

Tabla 12*Características de poliuretano*

	Material	Poliuretano
	Espesor	60 mm
	Ancho útil	1100 mm
	Referencia	Anexo 9

Fuente: Elaboración propia

El cálculo matemático requerido para establecer el grosor que necesita la cámara frigorífica se encuentra en el Anexo 10.

- **Calor removido del queso**

Para calcular la temperatura apropiada para conseguir un producto de calidad, se utilizaron las fórmulas previamente expuestas para estimar el calor extraído durante el proceso de conservación del queso. Se sabe que la temperatura ideal es entre 0 y 4 °C.

En la tabla que viene a continuación se pueden ver los resultados del calor eliminado en una producción de 508 kilos de queso.

Tabla 13*Pesos de productos en estanterías*

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

Fuente: Elaboración propia

El Anexo 11 muestra el procedimiento del cálculo correspondiente para establecer la cantidad de calor eliminada de los quesos que estén dentro de la cámara frigorífica.

- **Aporte calorífico debido al aire infiltrado en la cámara frigorífica**

El valor del aporte calorífico que presenta el aire en el momento de abrirse la puerta e ingresar a la cámara frigorífica se calculará utilizando las ecuaciones previamente descritas. La tabla siguiente muestra los resultados, considerando que se permitirá el acceso a la misma un máximo de 8 veces al día y que estará abierta durante un total de 2 horas.

Tabla 14*Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración*

Descripción	Resultados matemáticos
Aporte calorífico debido al aire	$Q = 1313,64 \text{ kcal}$
infiltrado en la cámara frigorífica	$Q = 54,735 \text{ kcal}$

El Anexo 12 contiene los cálculos que se hicieron para determinar el valor del aporte calorífico.

- **Capacidad del evaporador de la cámara frigorífica**

Posteriormente, se calculó el potencial total que el evaporador tiene que tener en el momento de trabajo. Así pues, la tabla siguiente muestra el resultado para el diseño de la cámara frigorífica, considerando que dentro tendrá 2 focos de 100W.

Tabla 15*Aporte calorífico debido al cambio de aire en infiltración*

Descripción	Resultados matemáticos
Capacidad del evaporador	$Q_{evap} = 3981,32 \text{ kcal/h}$
	$Q_{evap} = 15766,03 \text{ BTU/h}$
	$Q_{evap} = 4,62 \text{ KW}$

Fuente: Elaboración propia

El Anexo 13 muestra los procedimientos matemáticos que se refieren a la capacidad de la luminaria y del evaporador.

- **Refrigerante para el diseño de la cámara frigorífica**

Se estableció que el refrigerante utilizado en equipos industriales es el R404A debido a sus propiedades, ya que este no es tóxico, no contamina el ambiente y se puede comercializar con facilidad en la nación, como por ejemplo en distribuidores como Donofrio y otros. Asimismo, este refrigerante tiene la capacidad de producir temperaturas por debajo de los -25°C .

Tabla 16

Características del refrigerante R404A

	Refrigerante	R404A
	Aplicaciones	Instalaciones para bajas y medianas temperaturas.
	Tipo	HFC
	Toxicidad	Baja

Fuente: Elaboración propia

Los valores de presiones y entalpías se muestran en la tabla que sigue, como también se producen en el ciclo del refrigerante R404A, por lo que se aplica el diagrama de Mollier que se exhibe en el **Anexo 3**.

Tabla 17*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	$P_{baja} = 70 \text{ Bar}$ $P_{baja} = 7 \text{ MPa}$

Fuente: Elaboración propia

- Temperaturas de condensación y evaporación**

Se estableció la temperatura de condensación que ocurrirá en la cámara frigorífica, considerando que el cambio de temperatura sugerido es de $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$; este valor servirá como indicador del equipo en el momento de su funcionamiento.

La tabla que sigue muestra los resultados en términos de las temperaturas de evaporación y condensación que se generarán al diseñar la cámara frigorífica.

Tabla 18*Temperaturas de condensación y evaporación*

Descripción	Resultados matemáticos
Temperatura de condensación	$T_{\text{condensación}} = 36\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de evaporación	$T_{\text{vaporación}} = 3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 15, que está vinculado con la hoja de cálculo, se puede ver el progreso matemático de estas ecuaciones.

- **Análisis termodinámico en la cámara frigorífica**

Luego se calculó el rendimiento isotrópico, la cantidad de trabajo específico interno del compresor, el calor que proporciona el condensador, el calor que asume el evaporador y el coeficiente de desempeño.

Los resultados referidos con relación al análisis termodinámico que ocurrirá en la cámara frigorífica se presentan en la tabla 19.

Tabla 19*Resultados termodinámicos*

Descripción				Resultados matemáticos
Rendimiento	isotrópico	del		$W_c = 84,84 \%$
compresor				
Trabajo	específico	interno	del	$W_c = 25 \text{ kJ/kg}$
compresor				
Calor cedido por el condensador				$ q_c = 165 \text{ kJ/kg}$
Calor absorbido en el evaporador				$ q_e = 140 \text{ kJ/kg}$
Coeficiente de desempeño				$COP = 6,6$

Fuente: Elaboración propia

El Anexo 16 presenta minuciosamente el desarrollo matemático que se ha utilizado en cada ecuación para calcular los resultados que aparecen en la tabla 19.

- **Relación de compresión de la cámara frigorífica**

Se estableció el valor de la correspondencia de compresión del diseño de la cámara frigorífica. En la tabla próxima se puede ver la información correspondiente.

Tabla 20*Resultados de relación de compresión*

Descripción	Resultados matemáticos
Relación de compresión	$r = 1,64$

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 17, se muestra cómo se lleva a cabo el desarrollo matemático mediante la aplicación de la ecuación 20, que fue mencionada previamente.

- **Flujo másico del refrigerante R404A**

Tras ello, se estableció el flujo másico del refrigerante que recorre los conductos del compresor de la cámara frigorífica destinada a almacenar quesos. Asimismo, el Anexo 18 muestra el desarrollo matemático.

El resultado del flujo másico del refrigerante se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 21*Flujo másico del refrigerante*

Descripción	Resultados matemáticos
Flujo másico del refrigerante	$m = 24,13 \text{ kg/h}$

Fuente: Elaboración propia

- **Potencia del compresor para la cámara frigorífica**

Se calculó la potencia que el compresor del sistema de refrigeración requiere, considerando que está destinado a preservar quesos. Así, los resultados que el compresor debe tener se encuentran en la tabla 22.

Tabla 22

Potencia del compresor para la cámara frigorífica

Descripción	Resultados matemáticos
Potencia del compresor	$P = 1,299 \text{ kW}$

Fuente: Elaboración propia

Puede apreciarse la evolución matemática para el cálculo de la potencia compresora en el 19.

- Calor rechazado por el condensador de la cámara frigorífica**

Se estableció la cantidad de calor que el condensador rechaza; es importante destacar que esto equivale a la energía térmica total que se transfiere del lado frío al lado caliente.

La tabla que sigue revela el resultado del calor que el condensador ha rechazado. El Anexo 20 contiene el desarrollo matemático de dicho resultado.

Tabla 23

Potencia del compresor para la cámara frigorífica

Descripción	Resultados matemáticos
Calor rechazado por el condensador	$Q_{cond} = 573,08 \text{ BTU/h}$ $Q_{cond} = 0,17 \text{ kW}$

Fuente: Elaboración propia

- Componentes de la cámara frigorífica**

Como se ha indicado previamente, la cámara frigorífica estará equipada con un condensador, un compresor y un evaporador, los cuales formarán parte de un equipo sencillo.

Tabla 24*Potencia del compresor para la cámara frigorífica*

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

Fuente: Elaboración propia

- **Modelado del cuarto frío en software CAD**

Con la ayuda de un software CAD, en este caso SolidWork vsi estudiantil, se modeló la cámara frigorífica porque el programa tiene múltiples beneficios como: una interfaz amigable para el usuario, una amplia gama de herramientas de dibujo y fácil acceso, entre otros. Asimismo, el modelado en 3D, con sus correspondientes dimensiones y perspectivas, se podrá ver en el Anexo 22.

- **Modelado del cuarto frío en software CAD**

El comportamiento de la cámara frigorífica se determinó a través del análisis de fluidos por medio de un software CAE. En consecuencia, se examinaron cuatro posibilidades alternativas para establecer cuál sería la ubicación óptima del equipo de refrigeración.

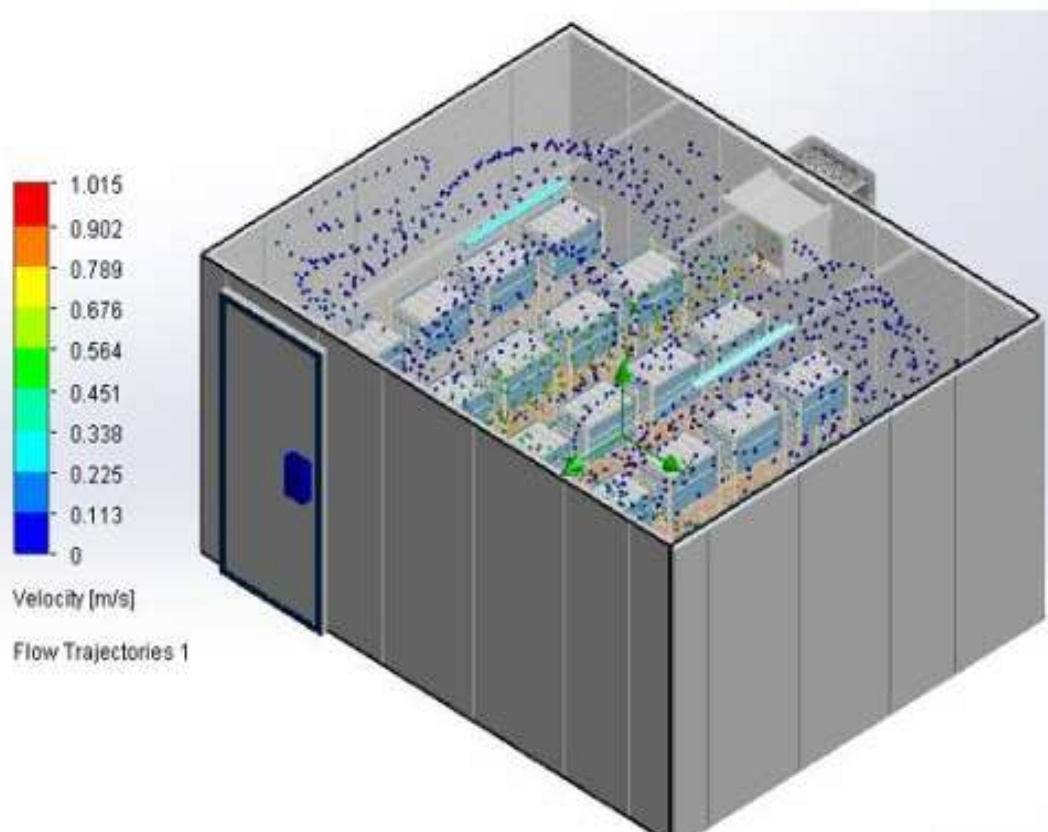
- **Análisis con el equipo ubicado en la parte central y al frente de la puerta**

En la ilustración siguiente se puede ver que el equipo está situado en la parte delantera de la cámara frigorífica y en el medio, en relación con la puerta. Para esta simulación, se determinó que tiene como parámetros de frontera una

temperatura de 4 °C y una velocidad del aire de 1 m/s, con el objetivo de conservar adecuadamente el queso.

Figura 13

Ubicación del equipo y colocación de parámetros de frontera.

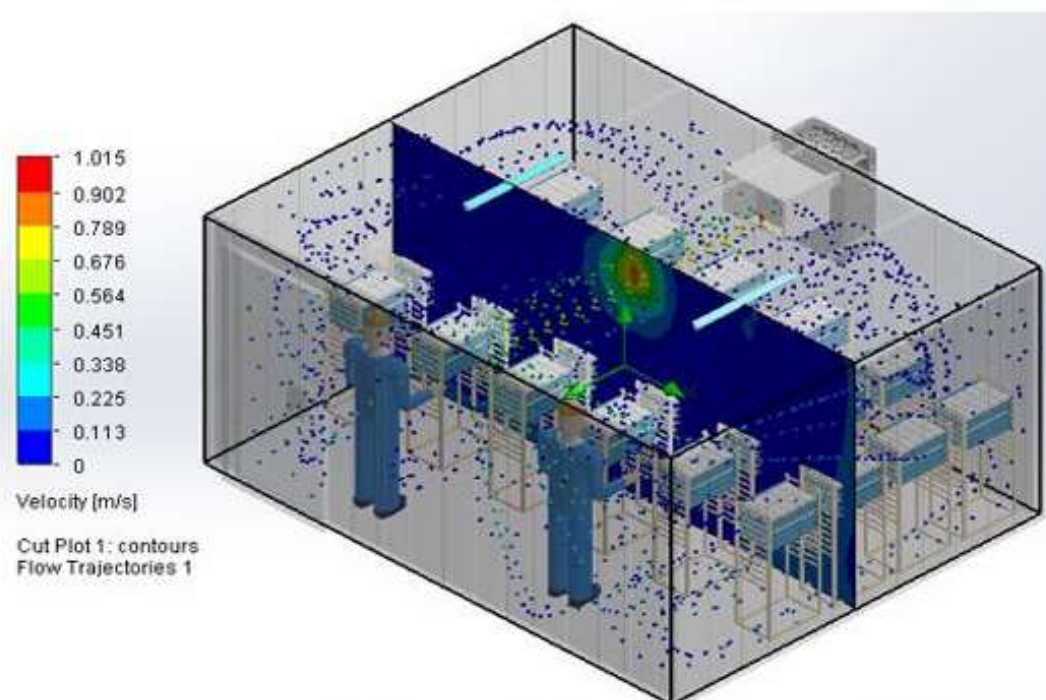


Fuente: Elaboración propia

En la figura que sigue, se muestran los resultados de la temperatura y velocidad al interior de la cámara simulados en el software CAE. Se analizan en los respectivos planos para poder observar su comportamiento.

Figura 14

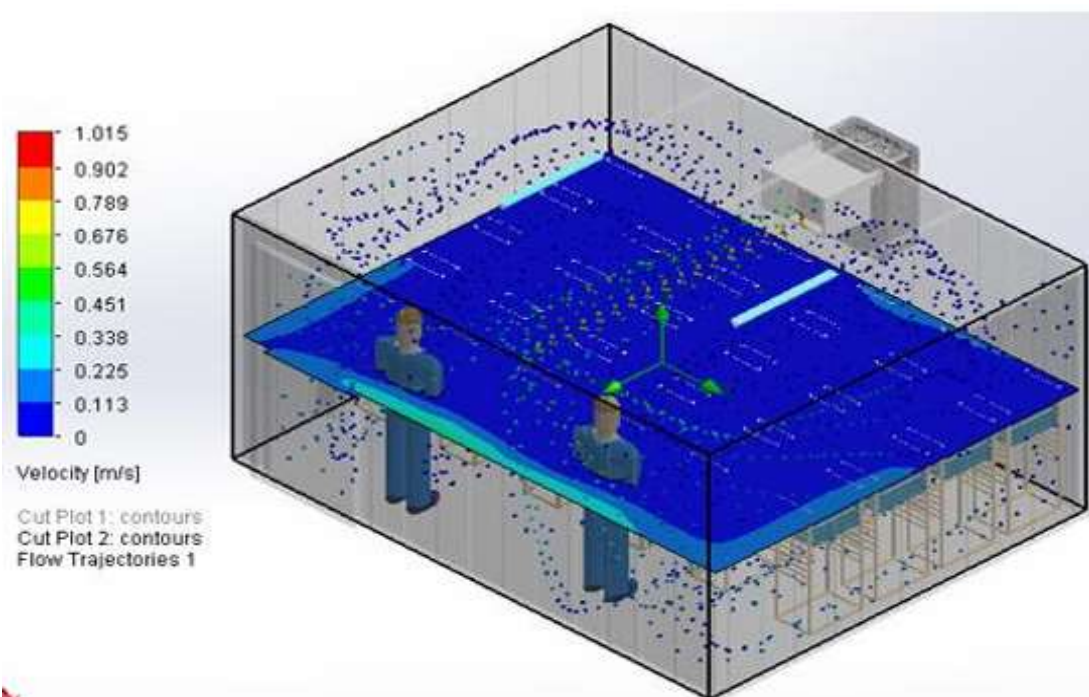
Resultados de velocidad en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

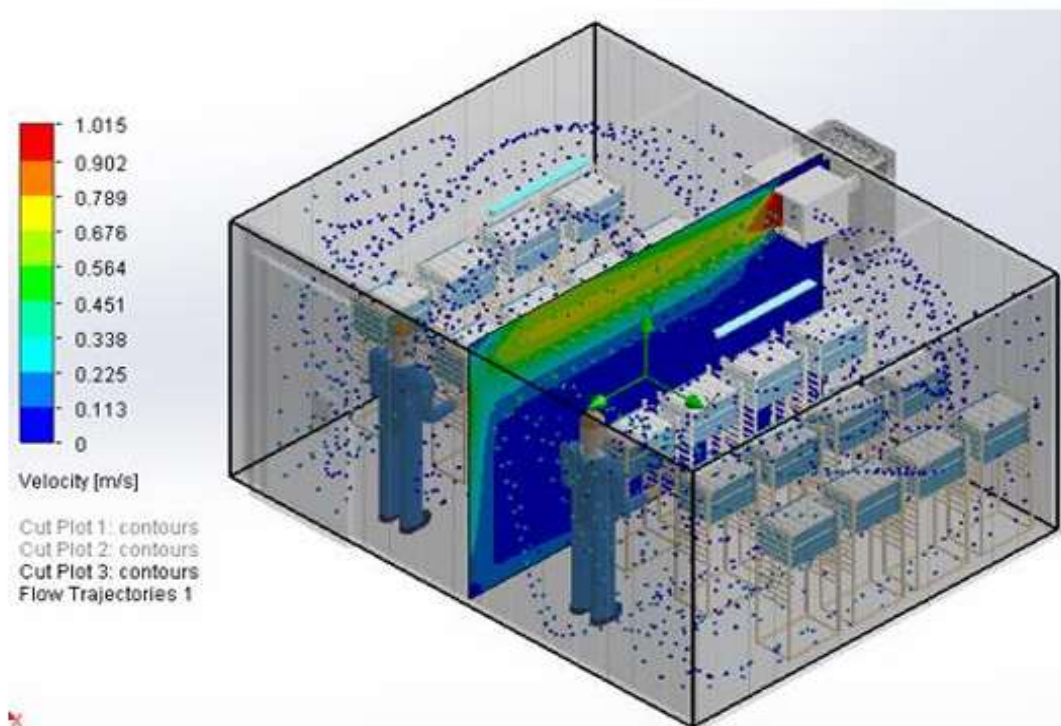
Resultados de velocidad en el plano XY



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Resultados de velocidad en el plano YZ.



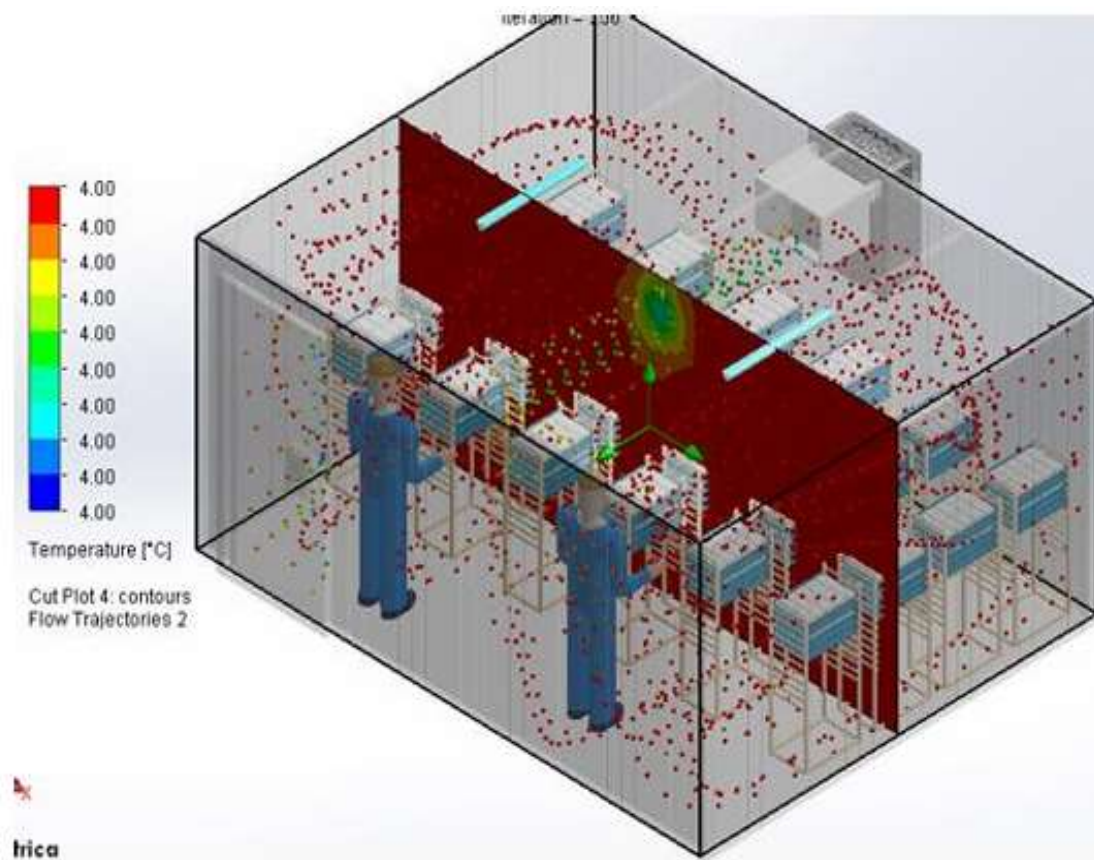
Fuente: Elaboración propia

Las imágenes 14 a 16 muestran que la velocidad de salida del núcleo del evaporador es de 1.015 m/s, aunque en el resto de la cámara frigorífica se estabiliza en 0.113 m/s.

Asimismo, se adquirieron los resultados sobre la temperatura que se distribuye a lo largo de toda la cámara frigorífica, considerando que debe tener una cifra de 4°C para alcanzar una preservación apropiada. Las imágenes subsiguientes exponen el comportamiento interno.

Figura 17

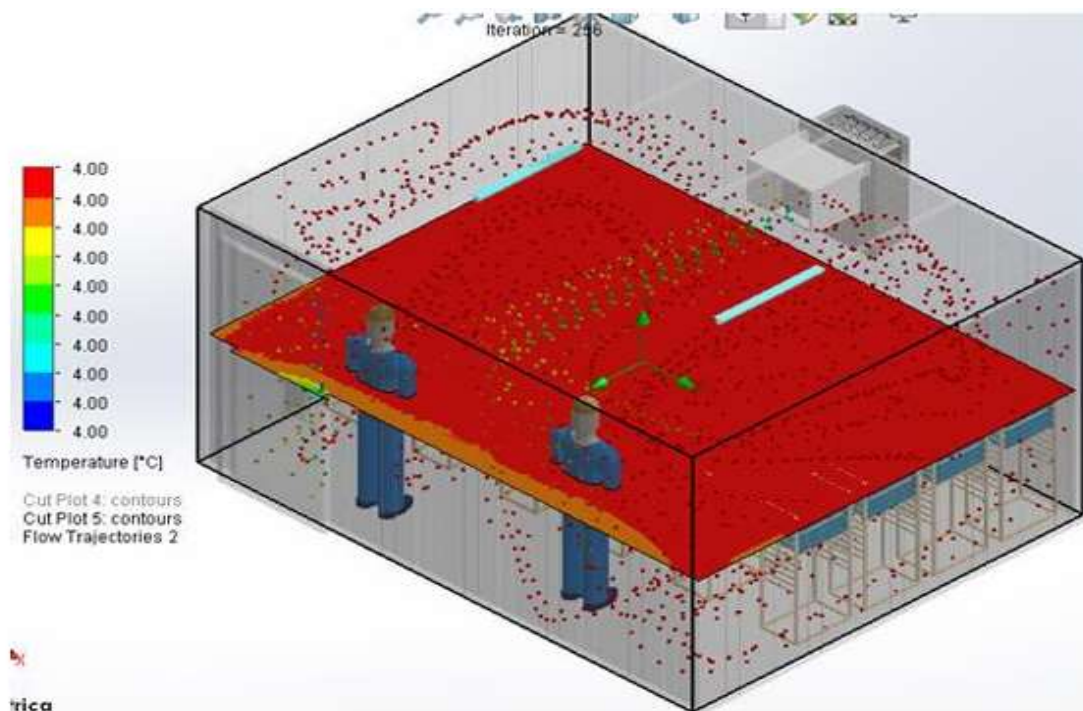
Resultados de temperatura en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18

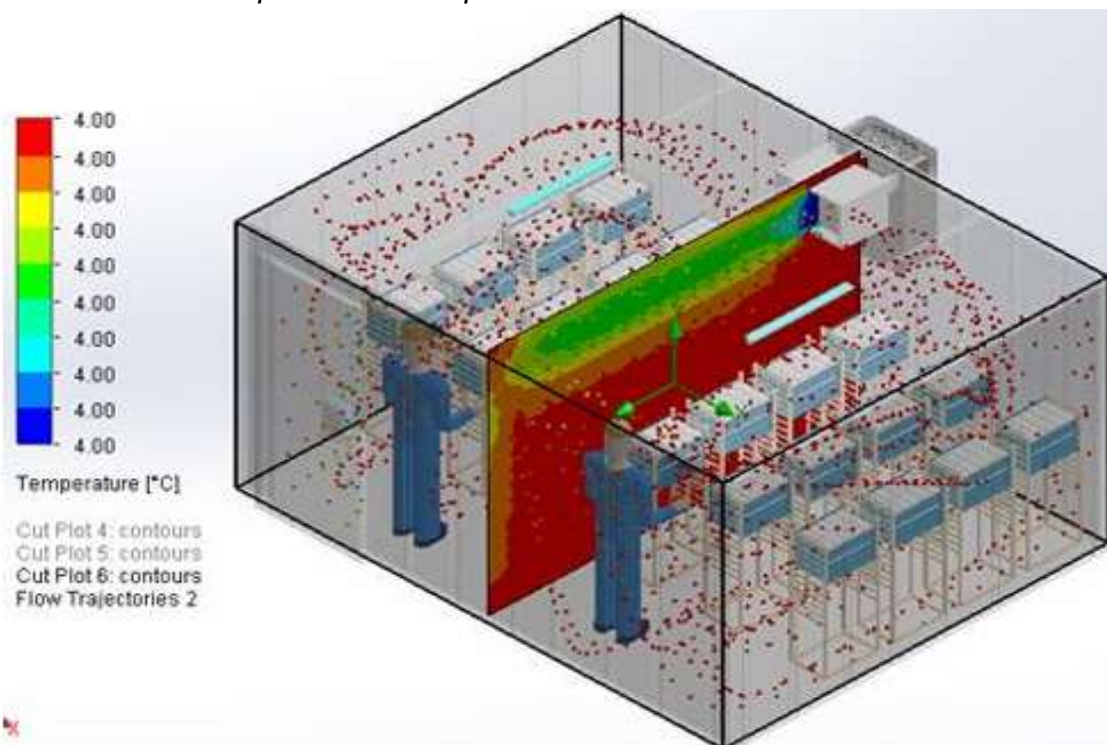
Resultados de temperatura en el plano XZ.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Resultados de temperatura en el plano YZ.



Fuente: Elaboración propia

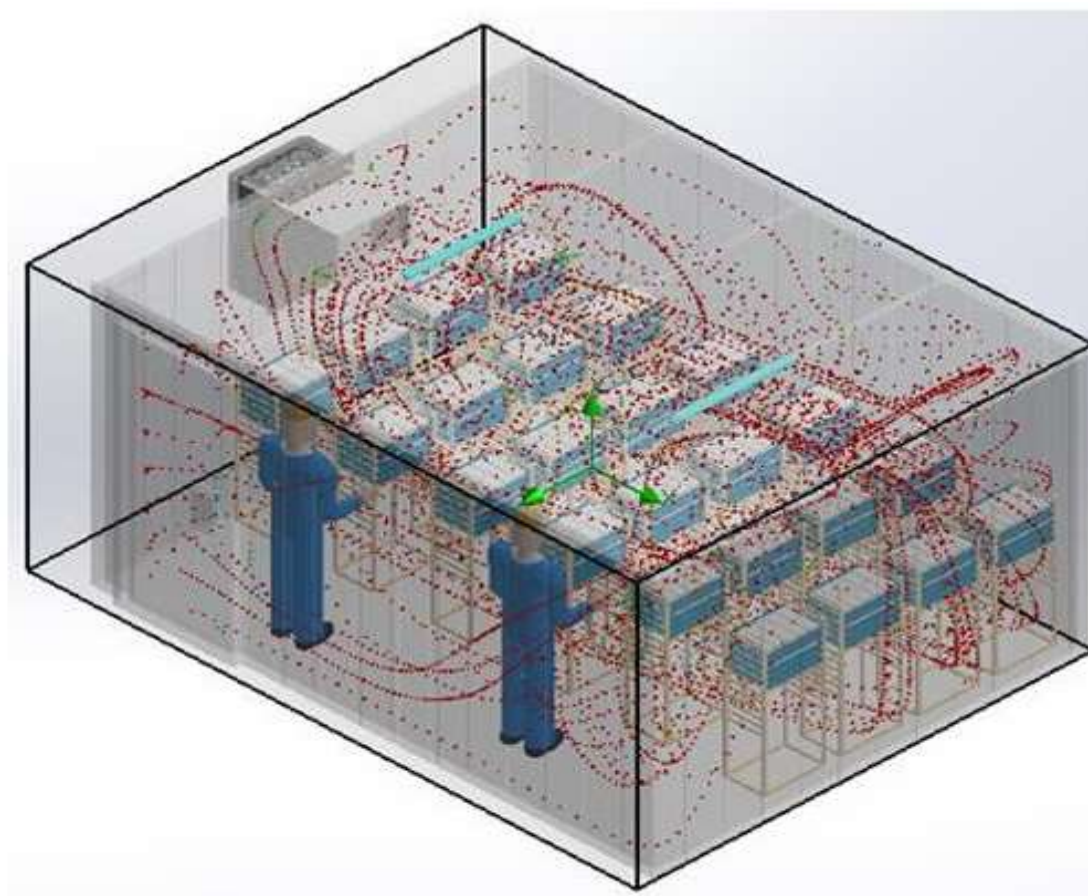
Las imágenes anteriores muestran que la temperatura de salida del evaporador es de 4 °C, que es la temperatura aconsejada para preservar los quesos. Sin embargo, se considera que la estabilidad de toda la cámara frigorífica es del 4.0005 °C, lo cual está dentro de un rango adecuado.

- **Análisis con el equipo ubicado en el lado izquierdo de la puerta**

En la cámara frigorífica se llevó a cabo una nueva localización del equipo de refrigeración, que se muestra en el gráfico siguiente. Para llevar a cabo su análisis, se emplearán los mismos parámetros de frontera. El equipo mencionado será examinado en varios niveles para observar su comportamiento interno mientras está funcionando.

Figura 20

Ubicación del equipo de refrigeración.

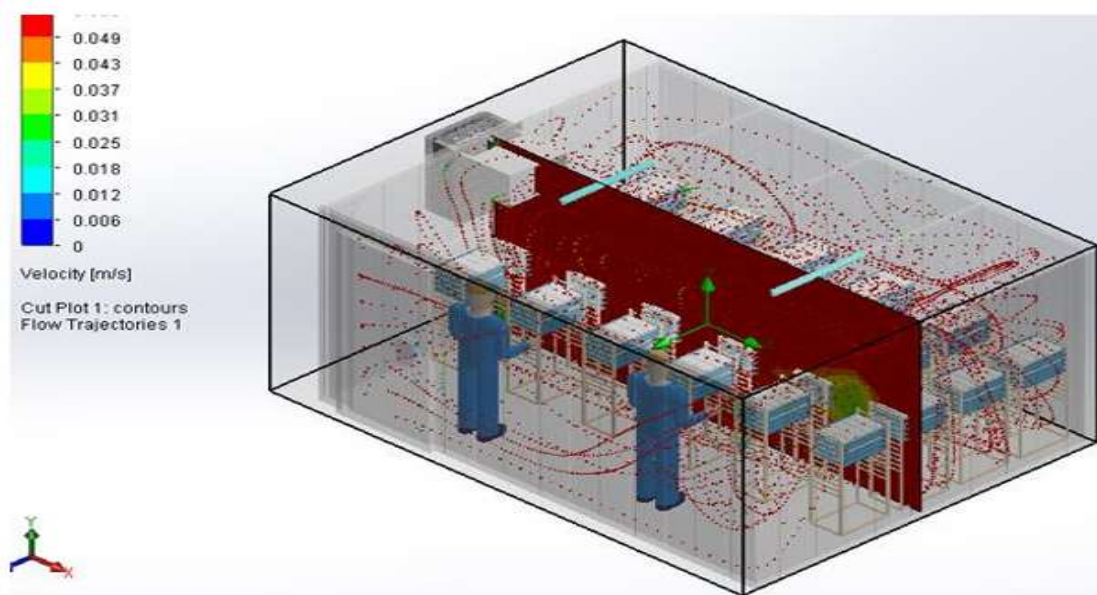


Fuente: Elaboración propia

En la figura a continuación, se podrá ver el funcionamiento interno de la cámara de refrigeración respecto a la velocidad de 1 m/s en la salida del evaporador.

Figura 21

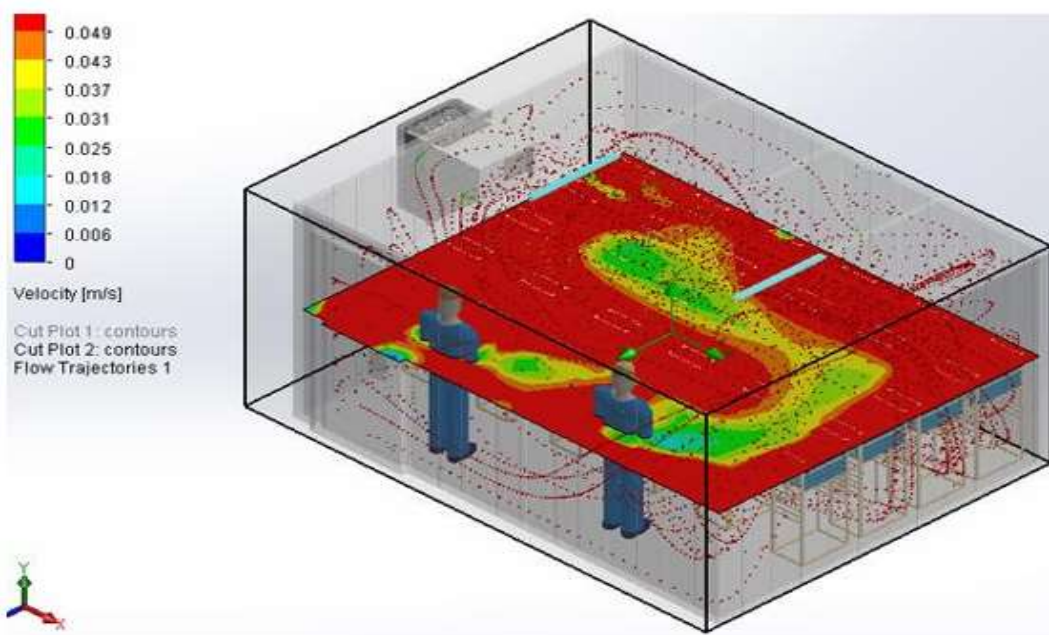
Ubicación 1 del equipo de refrigeración.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

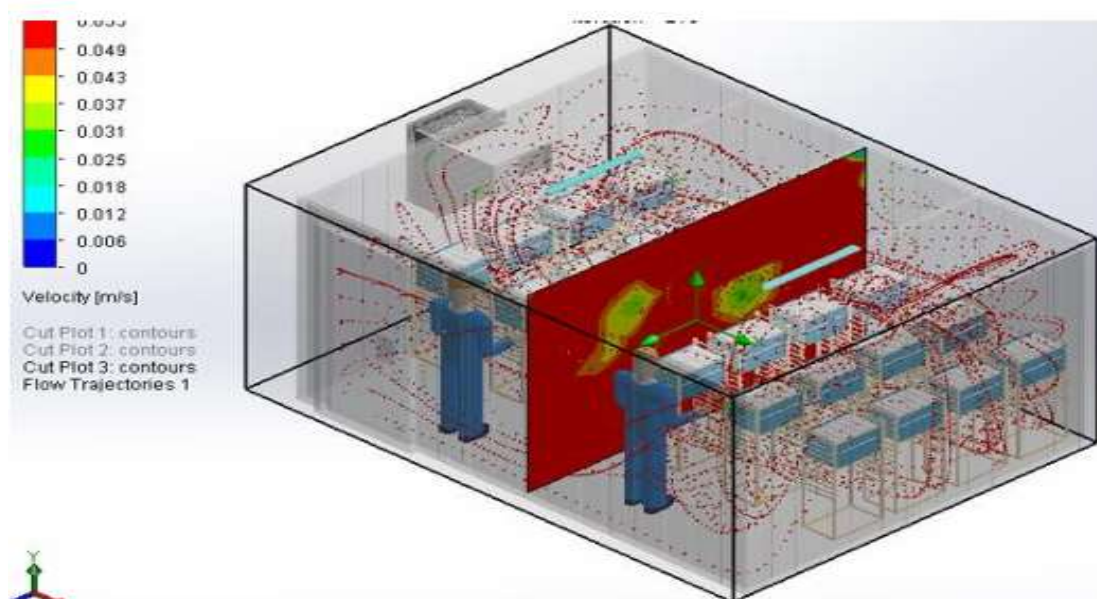
Resultados 2 de velocidad en el plano XZ.



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Resultados 2 de velocidad en el plano YZ.



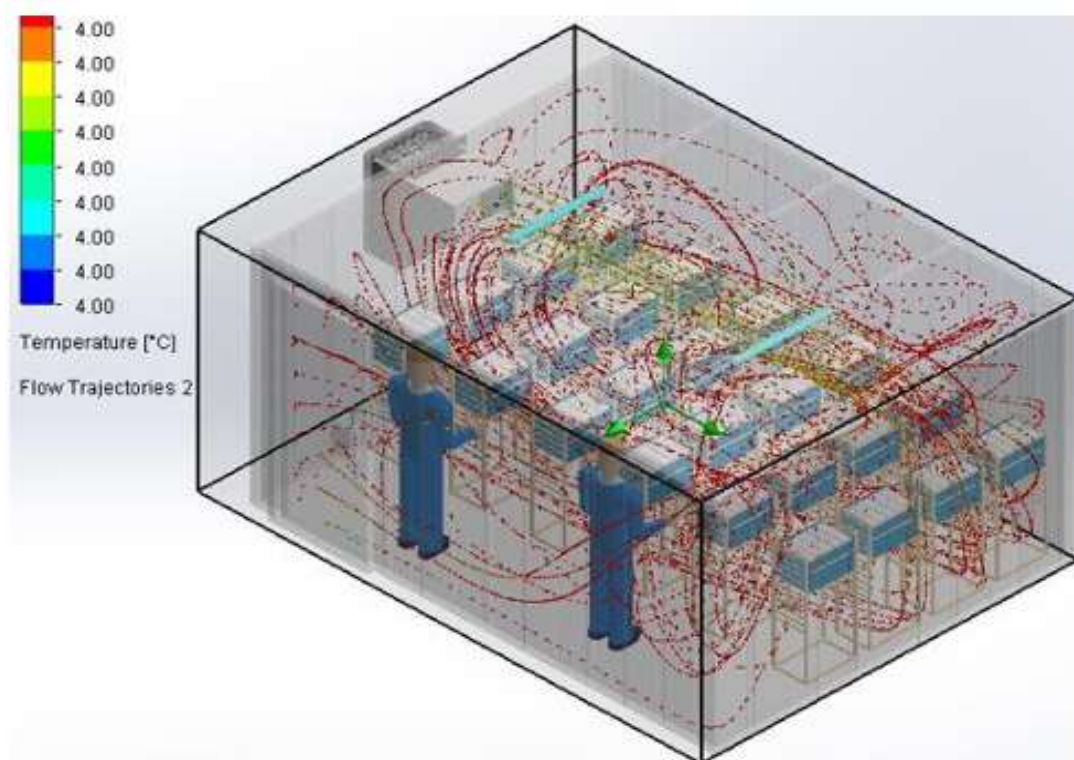
Fuente: Elaboración propia

Análisis crítico de los resultados de velocidad: identificando limitaciones del diseño. Los datos numéricos que hemos obtenido y que se reflejan en las figuras anteriores nos revelan información crucial, aunque no necesariamente alentadora, sobre el comportamiento real del flujo de aire en esta configuración particular. Las mediciones indican que la velocidad máxima que alcanza el aire frío mientras circula a través de la cámara de conservación es de apenas 0.049 metros por segundo (m/s). ¿Qué significa realmente esta velocidad tan baja? Para poner este número en perspectiva, estamos hablando de una velocidad extremadamente reducida, casi imperceptible. Si recordamos que en configuraciones anteriores estábamos manejando velocidades del orden de 1 m/s o más, esta cifra de 0.049 m/s representa menos del 5% de aquella velocidad. Es como comparar una brisa apenas perceptible con un viento notorio. Esta velocidad tan baja es problemática por varias razones fundamentales: Primero, con una velocidad de circulación tan mínima, el aire prácticamente no tiene la fuerza suficiente para recorrer toda la longitud de la cámara y llegar efectivamente a las zonas más alejadas del evaporador. Esto

inevitablemente genera zonas mal ventiladas donde el aire frío simplemente no llega con la intensidad necesaria. Segundo, una circulación tan débil dificulta enormemente la homogeneización de la temperatura dentro de la cámara. El aire caliente, que naturalmente tiende a acumularse en las zonas superiores por su menor densidad, no puede ser desplazado eficazmente por un flujo tan tenue, generando estratificaciones térmicas indeseables. Tercero, cuando se produce la apertura de la puerta y entra aire caliente del exterior, un flujo tan débil no tiene la capacidad de "barrer" rápidamente ese aire tibio y restablecer las condiciones óptimas en un tiempo razonable. El problema del cortocircuito térmico: diagnóstico de la causa raíz Pero lo más importante aquí no es solo constatar que la velocidad es baja, sino entender por qué está ocurriendo este fenómeno. Y aquí es donde nuestro análisis identifica claramente la causa raíz del problema: el sistema está produciendo un cortocircuito térmico debido a que el equipo de refrigeración está ubicado demasiado cerca de la puerta de acceso. ¿Qué es exactamente un cortocircuito térmico en este contexto? Es una situación en la que el aire frío que sale del evaporador toma el "camino más fácil" y, en lugar de circular por toda la cámara cumpliendo su función de refrigerar todo el volumen, vuelve prematuramente al evaporador sin haber recorrido el espacio completo. Es como si el aire frío estuviera "engañando al sistema", tomando un atajo que lo devuelve rápidamente al punto de partida sin hacer el trabajo que se espera de él. Esta situación se ve agravada por la proximidad a la puerta. Cada vez que la puerta se abre, el aire frío del evaporador (que está justo ahí cerca) es prácticamente "succionado" hacia el exterior por la diferencia de presión, mientras que el aire caliente del ambiente entra con facilidad. Esto no solo causa pérdidas energéticas enormes, sino que además interrumpe constantemente el patrón de circulación que el sistema está tratando de establecer dentro de la cámara..

Figura 24

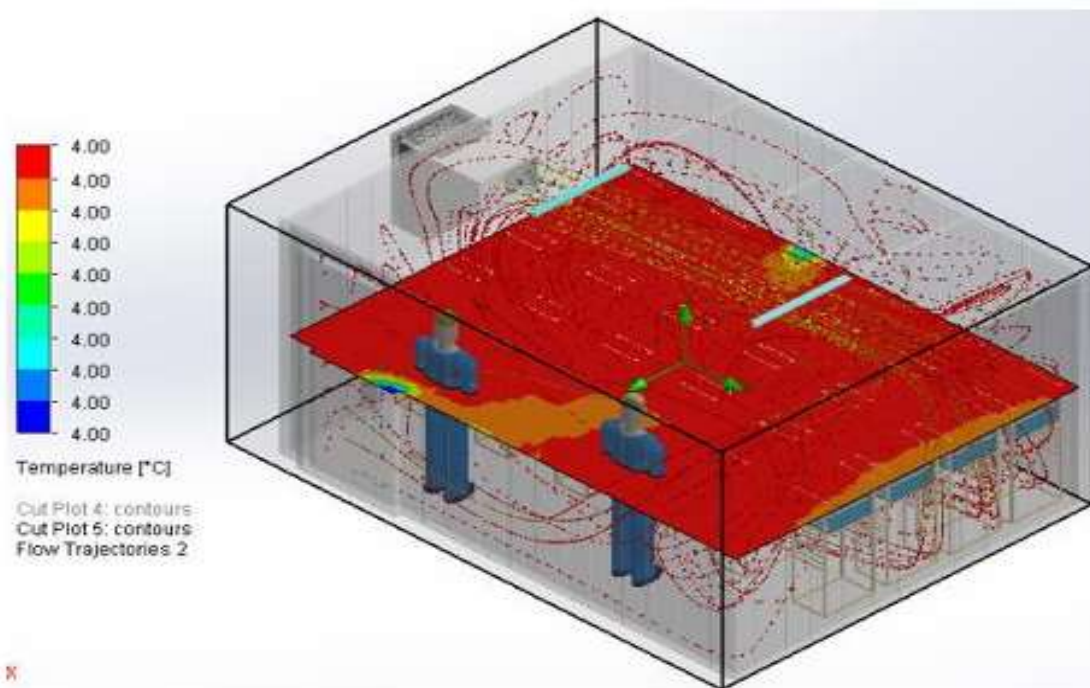
Resultados 2 de temperatura en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

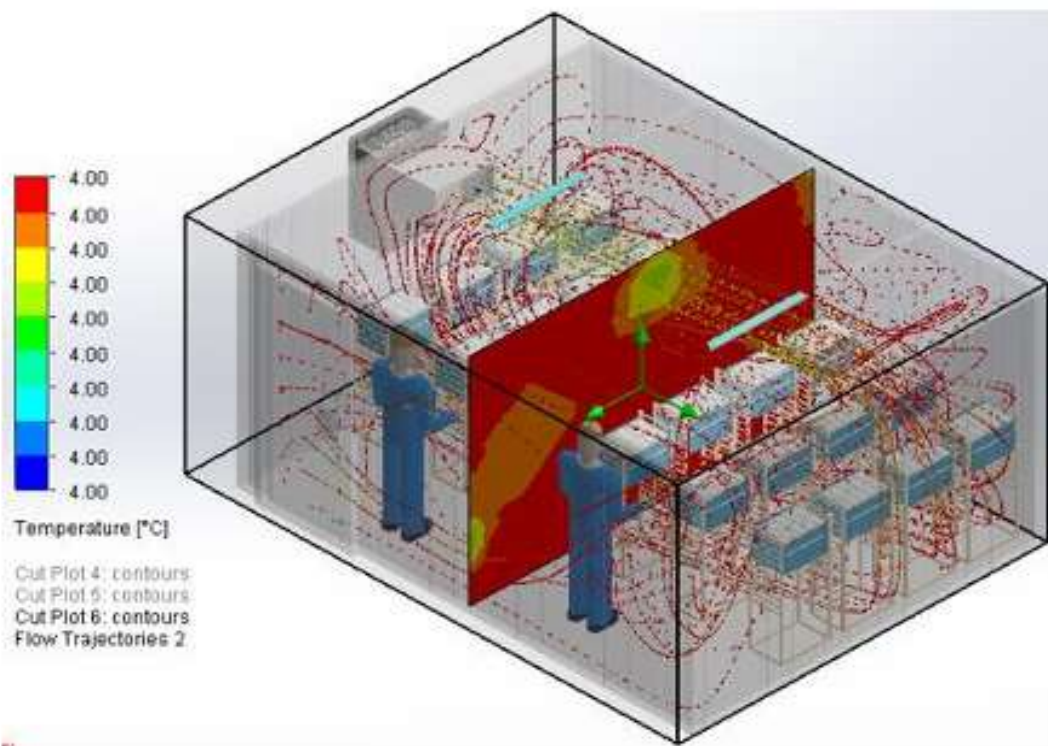
Resultados 2 de temperatura en el plano XZ.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Resultados 2 de temperatura en el plano YZ.



Fuente: Elaboración propia

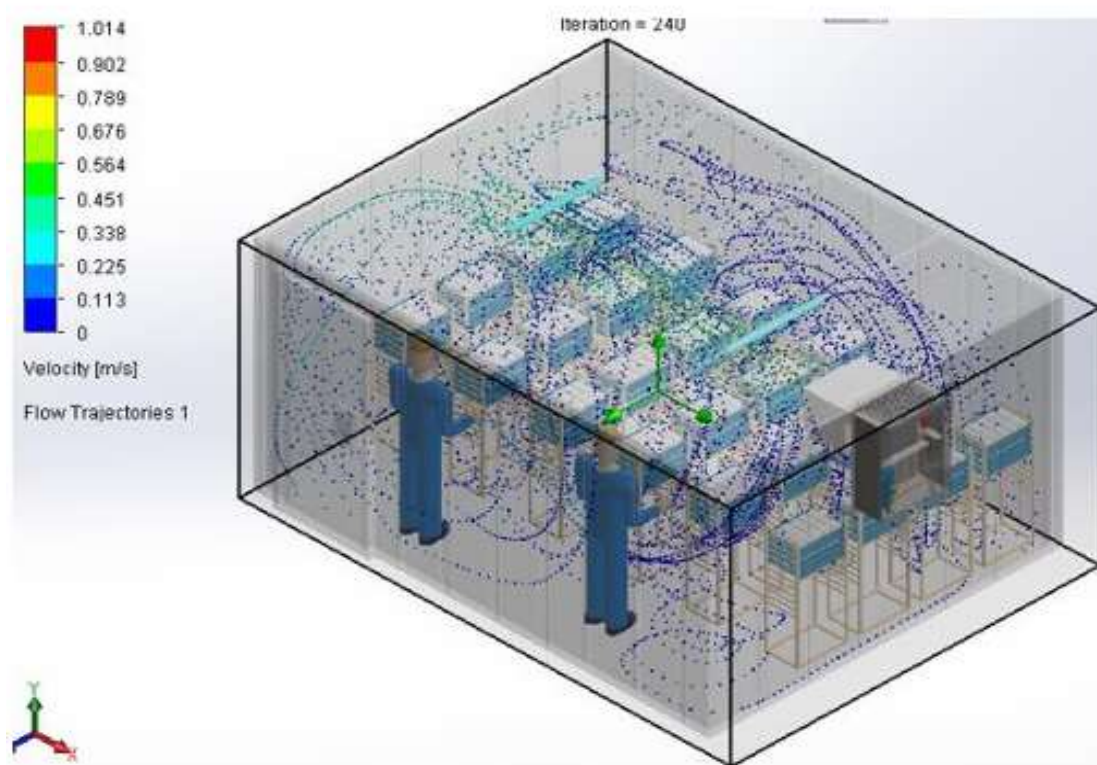
Las imágenes anteriores muestran que la cámara frigorífica tiene una temperatura de 4.005 °C, lo cual indica que cuenta con una temperatura apropiada. Es importante recordar que la puerta debe permanecer cerrada, porque si no está así en su posición actual, se generaría un cortocircuito.

- **Análisis con el equipo ubicado en el lado derecho de la puerta**

Con el fin de estudiar el comportamiento interno de la cámara frigorífica, se debe observar la tercera posición en la que se debe colocar el equipo de refrigeración dentro de dicha cámara.

Figura 27

Ubicación 3 del equipo de refrigeración.



Fuente: Elaboración propia

Visualización del comportamiento del flujo de aire: análisis detallado

En las figuras que presentaremos a continuación, tendremos la oportunidad de observar de manera visual y detallada cómo se comporta dinámicamente el flujo de aire en el interior de nuestra cámara de refrigeración. Estas representaciones gráficas son extraordinariamente valiosas porque nos permiten ver algo que normalmente sería invisible al ojo humano: el movimiento del aire frío a medida que circula por todo el espacio de almacenamiento.

Las condiciones iniciales: el aire saliendo del evaporador

El punto de partida de nuestro análisis es el momento preciso en que el aire frío abandona el evaporador. En este instante inicial, el flujo presenta una velocidad considerable de 1 metro por segundo (1 m/s). Para poner esto en perspectiva, estamos hablando de un flujo relativamente vigoroso que impulsa el

aire con suficiente energía cinética como para recorrer distancias significativas dentro de la cámara y vencer las resistencias naturales que encuentra en su camino.

Esta velocidad de salida no es casual ni elegida al azar. Es el resultado de un cálculo cuidadoso que busca balancear dos objetivos aparentemente contradictorios. Por un lado, necesitamos que el aire tenga suficiente impulso para llegar a todas las zonas de la cámara, especialmente a aquellos rincones más alejados del evaporador que, de otro modo, podrían quedar mal ventilados y con temperaturas inadecuadas. Por otro lado, no queremos que la velocidad sea tan alta que genere turbulencias excesivas, corrientes de aire molestas que podrían resecar los productos, o un ruido operativo incómodo.

El viaje del aire: de la salida a la estabilización

Lo fascinante de estas imágenes es que no solo nos muestran ese momento inicial de alta velocidad, sino que nos permiten seguir el recorrido completo del aire a través de la cámara. Podemos observar cómo ese flujo inicial vigoroso va perdiendo gradualmente su velocidad a medida que se aleja del punto de descarga del evaporador. Esto sucede por varias razones físicas naturales: la fricción con las paredes y superficies internas de la cámara, la mezcla con masas de aire que ya están presentes en el espacio, y la expansión del flujo que tiende a ocupar un volumen cada vez mayor.

Las figuras nos revelan también cómo el aire describe trayectorias específicas dentro de la cámara, siguiendo patrones de circulación que están determinados por la geometría del espacio, la ubicación del evaporador, la posición de obstáculos como estanterías o productos almacenados, y las propias leyes de la dinámica de fluidos. Podríamos identificar zonas donde el aire fluye



de manera más directa y rápida, y otras donde la circulación es más lenta y suave.

La estabilización: cuando el sistema alcanza su equilibrio

Pero quizás el aspecto más importante que estas figuras nos permiten apreciar es el momento y la forma en que el flujo finalmente se estabiliza dentro del cuarto frío. ¿Qué significa que el flujo se estabilice? Básicamente, que después del impulso inicial y de todo ese movimiento turbulento de los primeros momentos, el aire eventualmente alcanza un patrón de circulación más tranquilo, más predecible y más uniforme en todo el volumen de la cámara.

Esta estabilización ocurre cuando el aire se ha disipado completamente dentro del espacio refrigerado. Ya no hay zonas con velocidades extremadamente altas ni áreas completamente estancadas sin movimiento. En lugar de eso, todo el aire dentro de la cámara participa en un movimiento de circulación suave y continuo que garantiza que el frío se distribuya de manera homogénea, que no haya acumulaciones de calor en ningún rincón, y que la temperatura se mantenga consistente en todos los puntos de almacenamiento.

Implicaciones prácticas de este comportamiento del flujo

Este comportamiento del flujo que estamos documentando tiene implicaciones muy concretas para la operación real de la cámara. Una circulación bien establecida y estabilizada significa que:

Los productos almacenados en cualquier zona de la cámara recibirán prácticamente el mismo nivel de refrigeración, sin importar si están cerca o lejos del evaporador.

No habrá "puntos muertos" donde el aire permanezca estático y la temperatura pueda elevarse inadecuadamente.



El sistema trabajará de manera más eficiente porque no necesitará compensar constantemente por zonas mal ventiladas.

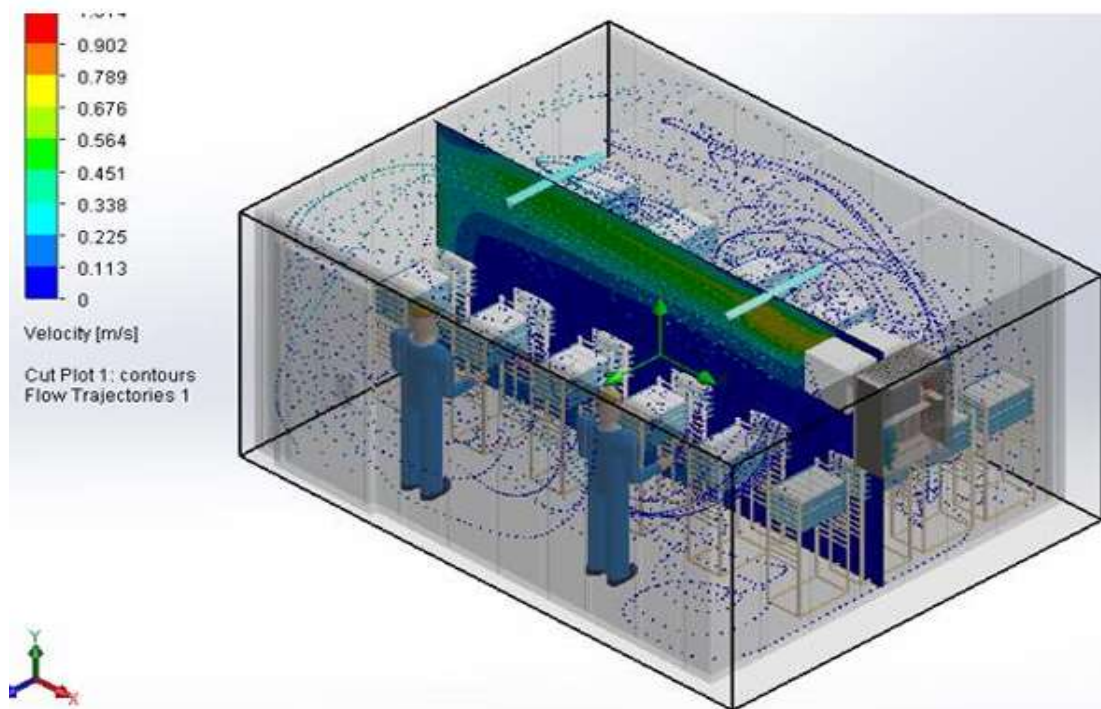
La humedad relativa también se mantendrá más uniforme, evitando que unos productos se resequen mientras otros acumulan exceso de condensación.

Las visualizaciones que mostramos en estas figuras utilizan técnicas avanzadas de simulación computacional de dinámica de fluidos (CFD, por sus siglas en inglés), que nos permiten predecir con notable precisión cómo se comportará el aire en la realidad, mucho antes de construir físicamente la cámara. Esto nos da la valiosa oportunidad de identificar problemas potenciales y optimizar el diseño sobre el papel, ahorrando tiempo, recursos y dolores de cabeza en la fase de implementación.

En las figuras específicas podremos observar, mediante códigos de colores o vectores de velocidad, exactamente dónde el aire se mueve más rápido (tonos más cálidos o flechas más largas) y dónde se mueve más lentamente (tonos más fríos o flechas más cortas), permitiéndonos evaluar de un vistazo si la distribución del flujo es la adecuada o si necesitamos hacer ajustes en el diseño..

Figura 28

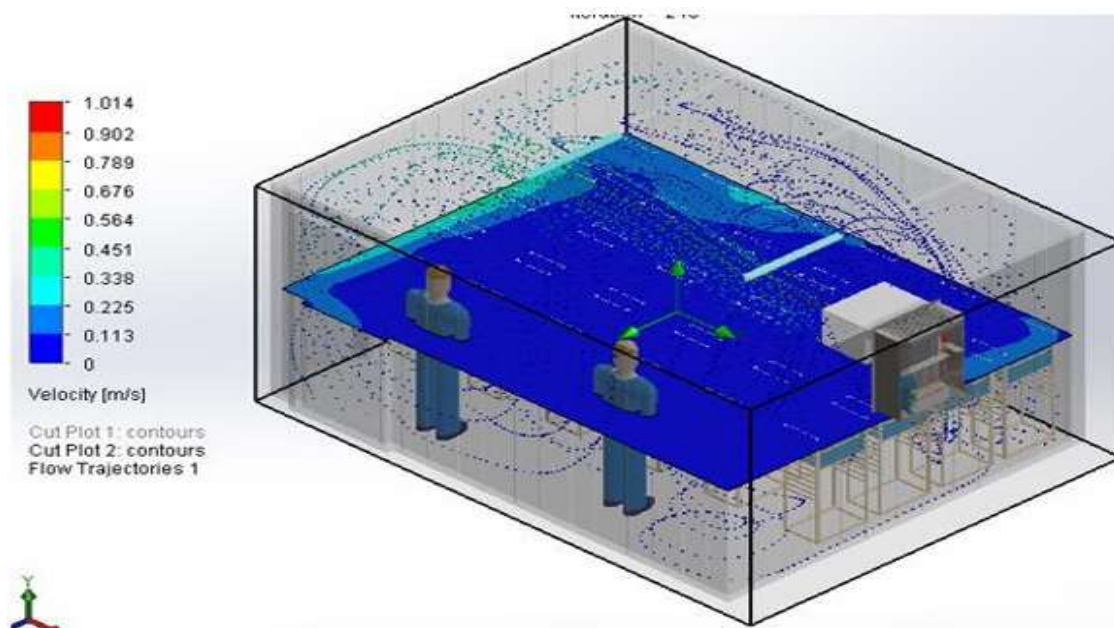
Resultados 3 de velocidad en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29

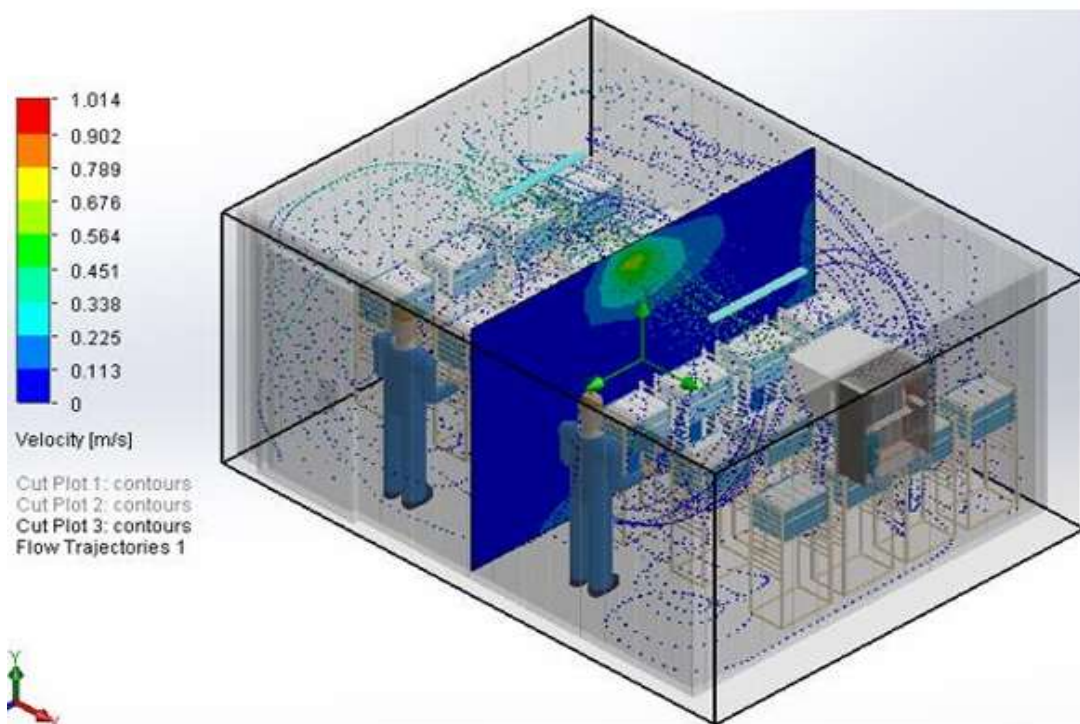
Resultados 3 de velocidad en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

Resultados 3 de velocidad en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Análisis de la velocidad del flujo: consistencia en el movimiento del aire

Las imágenes que acabamos de examinar nos revelan información muy valiosa sobre la dinámica del flujo de aire dentro de nuestra cámara frigorífica. Los datos obtenidos muestran que la velocidad del aire en el interior de la cámara se mantiene en 1.014 metros por segundo (m/s), mientras que, como recordaremos, la velocidad con la que el aire sale inicialmente del evaporador es de 1 metro por segundo exactamente.

¿Qué nos dice esta diferencia mínima de velocidad?

A primera vista, podríamos pensar que hay una contradicción aquí: si el aire sale a 1 m/s del evaporador, ¿cómo es posible que dentro de la cámara la velocidad sea ligeramente mayor, de 1.014 m/s? Esta pequeña variación, que representa apenas un incremento del 1.4%, en realidad nos está contando algo importante sobre el comportamiento del flujo en este sistema específico.

Esta diferencia tan mínima entre ambas velocidades nos indica que estamos ante un sistema con un comportamiento de flujo notablemente estable y predecible. No estamos viendo caídas drásticas de velocidad que indicarían pérdidas excesivas de energía cinética, ni tampoco aceleraciones descontroladas que podrían generar turbulencias problemáticas. Lo que tenemos es prácticamente una velocidad constante a lo largo del recorrido del aire dentro de la cámara.

Implicaciones para el almacenamiento de quesos

Y aquí viene lo verdaderamente relevante para nuestro propósito: esta velocidad prácticamente constante que se mantiene cuando los quesos están almacenados dentro de la cámara es exactamente lo que buscamos conseguir. ¿Por qué es esto tan importante?

Porque una velocidad de aire constante y moderada garantiza varias cosas cruciales para la correcta conservación de los productos lácteos:

Primero, asegura una circulación continua y uniforme del aire frío alrededor de todos los quesos almacenados, sin importar en qué estante o posición estén ubicados. Esto significa que no habrá productos "privilegiados" que reciban más refrigeración y otros "olvidados" que queden en zonas mal ventiladas.

Segundo, esta velocidad moderada evita la desecación excesiva de la superficie de los quesos. Si la velocidad del aire fuera muy alta, actuaría como un secador constante que resecaría las capas externas del producto, alterando su textura y calidad. Por el contrario, si la velocidad fuera demasiado baja o inexistente, podríamos tener problemas de condensación y falta de renovación del aire.

Tercero, mantener una velocidad constante implica que el sistema está trabajando de manera eficiente y sin sobreesfuerzos. No hay picos de velocidad que indiquen turbulencias o mal diseño del flujo, ni tampoco zonas de estancamiento donde el aire no circule adecuadamente.

En términos prácticos, podríamos decir que hemos encontrado ese "punto dulce" donde el aire se mueve lo suficiente para hacer su trabajo de distribución del frío, pero no tanto como para causar efectos adversos en los productos almacenados.

Transición al análisis térmico: el factor determinante

Ahora bien, aunque la velocidad del flujo de aire es un parámetro importante que nos habla sobre la distribución y circulación dentro de la cámara, existe otro factor que es, si cabe, aún más crítico para determinar si nuestro sistema cumple realmente con su función principal: la temperatura.

De nada nos serviría tener un aire circulando perfectamente a velocidad constante si ese aire no está a la temperatura adecuada, o si la temperatura varía significativamente de una zona a otra de la cámara. La temperatura es, en última instancia, el factor que determina si los quesos se conservarán adecuadamente o si, por el contrario, estarán expuestos a riesgos de deterioro microbiológico, alteraciones en su maduración, o pérdida de sus características organolépticas.

Visualizando el comportamiento térmico interno

Por esta razón, en las imágenes que presentaremos a continuación, dirigiremos nuestra atención específicamente hacia el comportamiento térmico interno de la cámara frigorífica. Estas nuevas visualizaciones nos mostrarán cómo se distribuye la temperatura en todo el volumen de almacenamiento,

revelando si existen gradientes térmicos significativos, zonas calientes o frías, o si por el contrario la temperatura se mantiene homogénea tal como deseamos.

Este análisis térmico es absolutamente fundamental y decisivo. Es el verdadero examen que determinará si nuestro diseño de cámara frigorífica es capaz o no de mantener las condiciones óptimas para la conservación de los quesos. Necesitamos verificar varios aspectos críticos:

¿Se mantiene la temperatura objetivo de 4°C en todo el volumen de la cámara? No basta con que el evaporador entregue aire a 4°C; necesitamos que esa temperatura se preserve en todos los rincones del espacio de almacenamiento.

¿Existen variaciones térmicas significativas entre diferentes zonas? Idealmente, la diferencia de temperatura entre el punto más frío y el más cálido de la cámara debería ser mínima, preferiblemente no mayor a 1°C.

¿Cómo responde térmicamente la cámara ante la carga de productos? Los quesos que ingresan a la cámara no siempre están a 4°C; algunos pueden venir a temperatura ambiente. El sistema debe ser capaz de absorber esta carga térmica sin que se eleve peligrosamente la temperatura del resto de productos ya almacenados.

¿La distribución térmica es compatible con los requerimientos específicos de conservación de quesos? Diferentes tipos de quesos pueden tener tolerancias ligeramente distintas, pero en general todos requieren temperaturas bajas y estables para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos y mantener su calidad.

Las imágenes térmicas que analizaremos utilizan representaciones gráficas, típicamente mediante mapas de colores o contornos isotérmicos, que

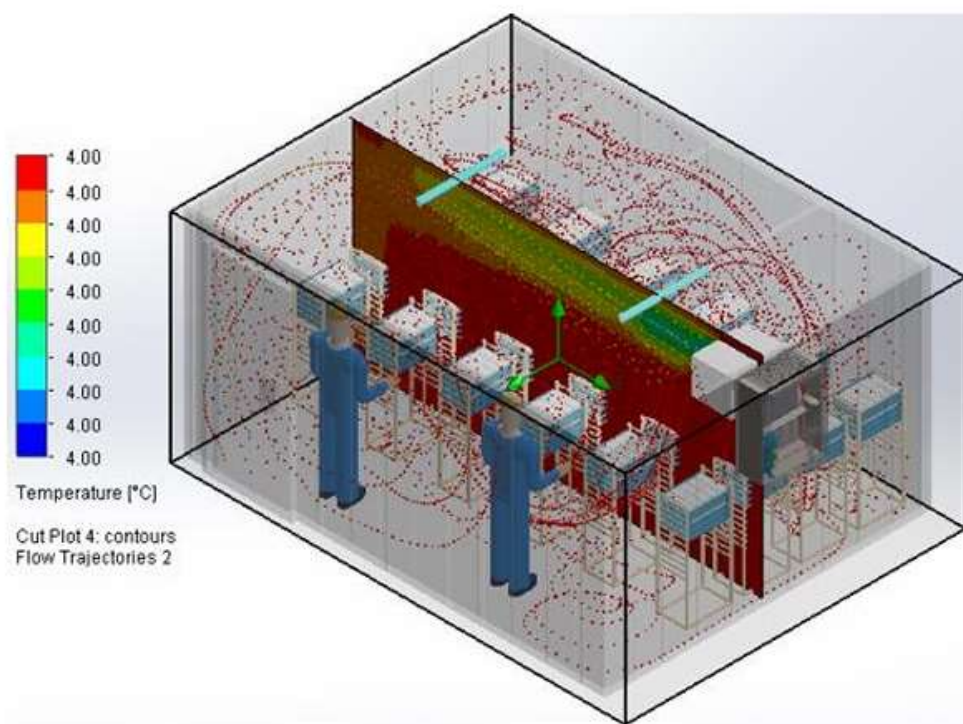


nos permitirán visualizar de manera intuitiva e inmediata dónde están las zonas más frías (generalmente representadas en tonos azules) y las más cálidas (en tonos rojizos o amarillos). Esta información visual es extraordinariamente poderosa porque nos permite identificar problemas de un vistazo y tomar decisiones de diseño fundamentadas en datos concretos.

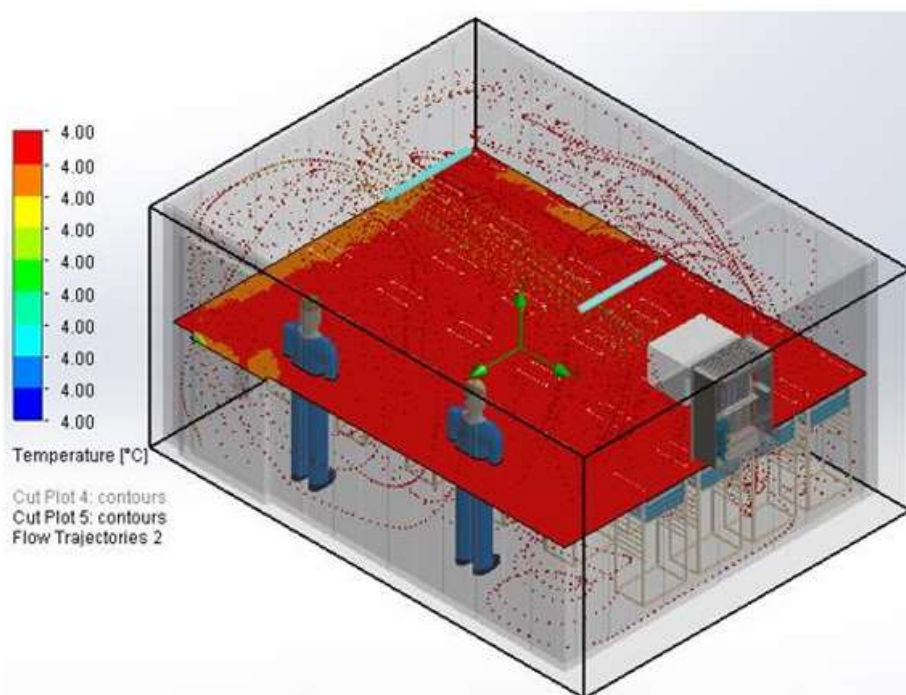
El objetivo final de este análisis térmico es poder afirmar con total confianza y respaldo técnico que sí, efectivamente, nuestra cámara frigorífica mantiene las condiciones térmicas adecuadas para garantizar la conservación segura, prolongada y de alta calidad de los quesos producidos en el mercado Santa Bárbara de Juliaca..

Figura 31

Resultados 3 de temperatura en el plano XY.



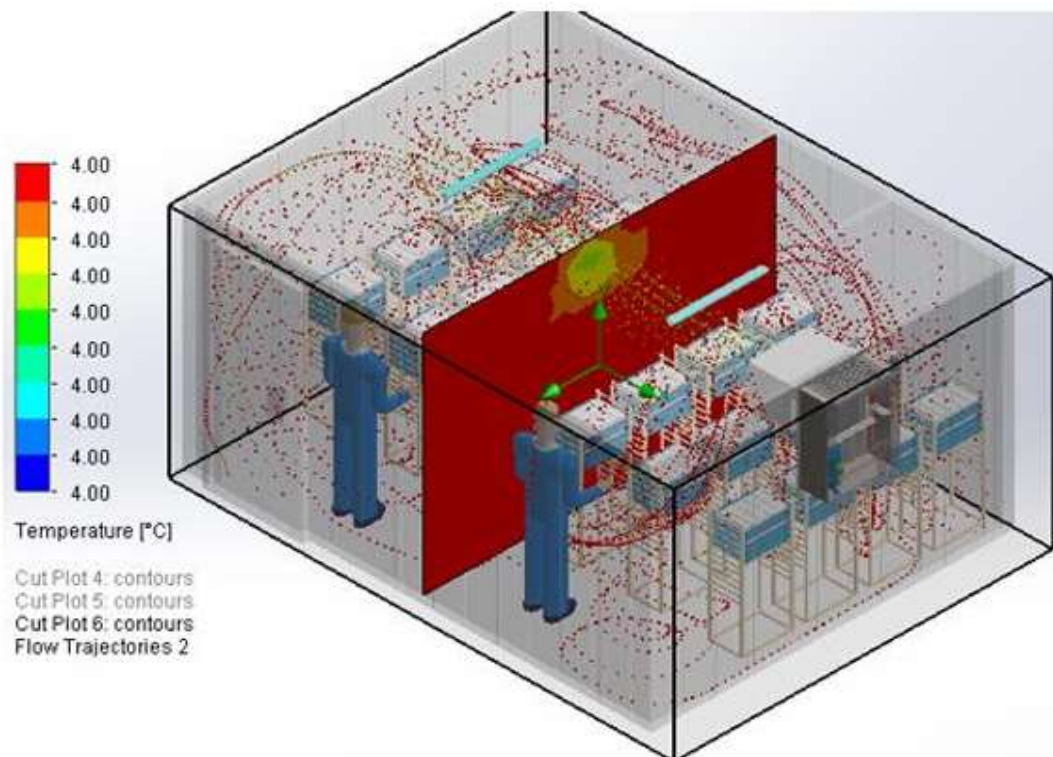
Fuente: Elaboración propia

Figura 32 *Resultados 3 de temperatura en el plano XZ.*

Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Resultados 3 de temperatura en el plano YZ.



Fuente: Elaboración propia

Resultados del análisis térmico: temperatura óptima alcanzada

Si observamos detenidamente las imágenes que hemos presentado en la sección anterior, podemos constatar algo realmente positivo y alentador para nuestro diseño: la temperatura de salida del evaporador se establece en 4 °C. Este dato no es arbitrario ni casual; corresponde precisamente a la temperatura que los expertos en conservación de productos lácteos y las normas sanitarias internacionales recomiendan como óptima para preservar adecuadamente los quesos y mantener todas sus propiedades organolépticas, nutricionales y, sobre todo, su seguridad microbiológica.

A esta temperatura, se logra frenar significativamente el crecimiento de bacterias patógenas y de alteración, se preserva la textura característica de cada tipo de queso, se mantiene su sabor y aroma, y se extiende considerablemente

su vida útil sin comprometer la calidad del producto final. Es ese punto dulce donde el frío hace su trabajo de conservación sin llegar a congelar ni alterar la estructura del producto.

Estabilidad térmica: un indicador clave de eficiencia

Pero hay otro dato igual de importante que debemos destacar aquí. Cuando analizamos la estabilidad térmica del conjunto completo de la cámara frigorífica —es decir, no solo la temperatura en el punto de salida del evaporador, sino el promedio general de todo el volumen interior— encontramos que el sistema se estabiliza en 4.0005 °C.

Ahora bien, algunos podrían preguntarse: "¿Por qué esos decimales adicionales son relevantes?" La respuesta está en la precisión y el control. Esa pequeñísima variación de apenas 0.0005 °C con respecto a nuestro objetivo de 4 °C indica que estamos ante un sistema con un control térmico excepcionalmente preciso y estable. No estamos hablando de oscilaciones de medio grado o un grado completo que podrían comprometer la calidad del producto; estamos hablando de variaciones mínimas, casi imperceptibles, que definitivamente se encuentran dentro de un rango más que aceptable y adecuado para los fines de refrigeración y conservación que perseguimos.

Esta estabilidad tan ajustada nos habla de un sistema bien dimensionado, con una capacidad frigorífica apropiada, un control termostático eficiente y una distribución de aire que permite mantener condiciones homogéneas. Es exactamente lo que buscamos: previsibilidad, consistencia y confiabilidad en el desempeño térmico de la cámara.

Explorando alternativas de ubicación: el equipo en posición frontal

Como parte de nuestro análisis exhaustivo y con el objetivo de identificar la configuración más eficiente y práctica para el sistema de refrigeración, hemos evaluado diferentes posibilidades de ubicación del equipo dentro de la cámara frigorífica. No se trata simplemente de colocar el evaporador en cualquier lugar; la posición del equipo tiene implicaciones directas en aspectos como la uniformidad de la distribución del aire frío, la facilidad de mantenimiento, la optimización del espacio útil de almacenamiento y, por supuesto, la eficiencia energética global del sistema.

Cuarta configuración evaluada: ubicación frontal cerca de la puerta

En esta etapa de nuestro estudio, presentamos y analizamos la cuarta alternativa de ubicación que hemos considerado: posicionar el equipo de refrigeración en la parte frontal de la cámara, específicamente en la zona cercana a la puerta de acceso.

Esta configuración presenta características particulares que vale la pena explorar cuidadosamente. Por un lado, ubicar el equipo cerca de la entrada podría tener algunas ventajas prácticas interesantes. Por ejemplo, facilitaría enormemente las labores de mantenimiento preventivo y correctivo, ya que los técnicos tendrían acceso más directo al equipo sin necesidad de adentrarse profundamente en la cámara fría ni mover productos almacenados. También simplificaría las conexiones eléctricas y de tubería con el sistema exterior, potencialmente reduciendo costos de instalación y minimizando las perforaciones en las paredes aisladas de la cámara.

Sin embargo, también debemos considerar los posibles desafíos que esta ubicación frontal podría presentar. Uno de los más significativos es el relacionado con las pérdidas térmicas que inevitablemente ocurren cada vez que se abre la

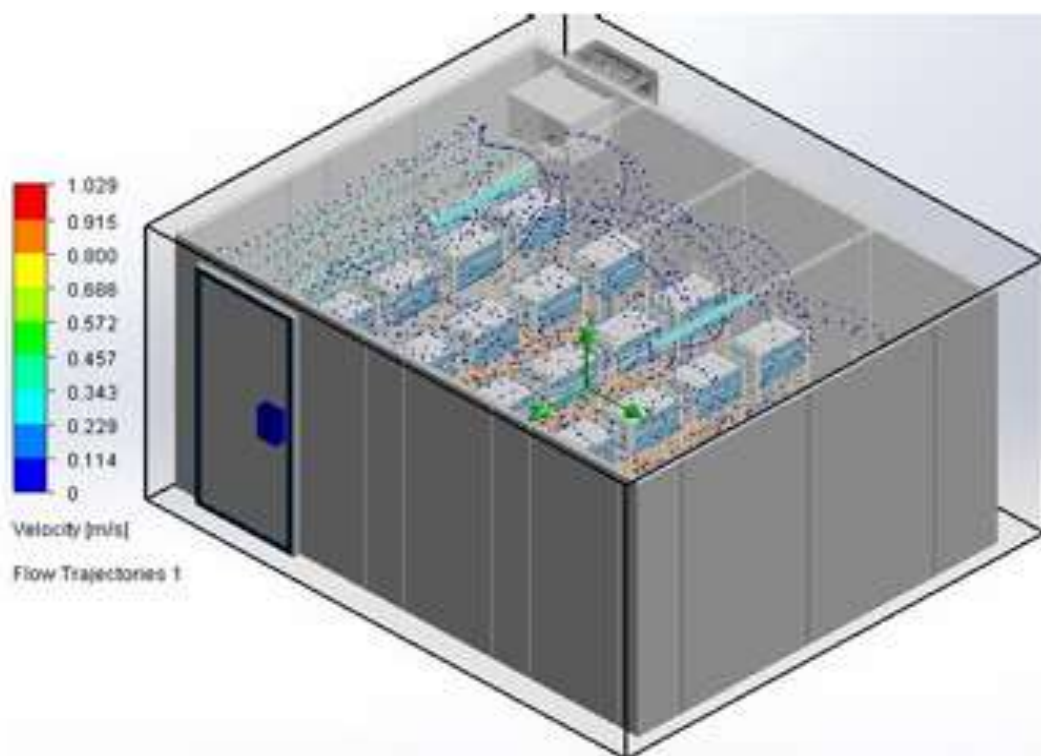
puerta. Si el evaporador está justo en esa zona frontal, podría verse más directamente afectado por la entrada de aire caliente del exterior, lo que obligaría al compresor a trabajar más intensamente para compensar estas pérdidas, con el consecuente aumento en el consumo energético.

Además, está la cuestión de la distribución del aire. Con el equipo ubicado frontalmente, necesitamos asegurarnos de que el aire frío pueda circular efectivamente hacia las zonas más profundas de la cámara, llegando hasta los rincones más alejados y evitando la formación de zonas con temperatura inadecuada. Esto podría requerir un sistema de ductos o difusores más elaborado para garantizar que todo el volumen de almacenamiento reciba el enfriamiento uniforme que necesita.

En las siguientes secciones, presentaremos los resultados específicos de simulación para esta configuración, incluyendo mapas de temperatura, perfiles de velocidad del aire y análisis de eficiencia energética, lo que nos permitirá compararla objetivamente con las tres ubicaciones previamente evaluadas y así tomar una decisión fundamentada sobre cuál configuración ofrece el mejor balance entre rendimiento técnico, eficiencia operativa y viabilidad práctica para las condiciones específicas del mercado Santa Bárbara..

Figura 34

Cuarta posición en la cual podría estar colocado el equipo de refrigeración.



Fuente: Elaboración propia

Análisis tridimensional de la velocidad del flujo: metodología de evaluación en múltiples planos Las figuras que presentaremos en esta sección están dedicadas específicamente al análisis exhaustivo y detallado de la velocidad del flujo de aire dentro de nuestra cámara frigorífica destinada a la conservación de quesos. Este análisis no es un simple vistazo superficial al comportamiento del aire; se trata de un estudio riguroso y sistemático que nos permitirá comprender a profundidad cómo se mueve el aire en cada rincón de este espacio refrigerado. ¿Por qué analizar en tres planos diferentes? Aquí viene algo fundamental en nuestra metodología de análisis: no podemos contentarnos con examinar el flujo de aire desde una única perspectiva o en un solo corte transversal de la cámara. La realidad tridimensional de la circulación del aire es compleja y multidimensional, y solo mediante un análisis en diferentes planos



espaciales podremos capturar toda esa complejidad. Por esta razón, hemos decidido llevar a cabo el estudio correspondiente evaluando el comportamiento del flujo en tres planos distintos y complementarios. Esta estrategia de análisis multi-plano nos proporciona una visión verdaderamente integral y completa de lo que está ocurriendo dentro de la cámara. Entendiendo la importancia de cada plano de análisis pensemos en la cámara frigorífica como un espacio tridimensional real, con altura, ancho y profundidad. El aire que circula dentro de ella no se mueve únicamente en una dirección; puede desplazarse hacia arriba y hacia abajo, de izquierda a derecha, de adelante hacia atrás, e incluso describir trayectorias curvas y complejas. Para capturar toda esta riqueza de movimiento, necesitamos "cortar" virtualmente la cámara en diferentes direcciones y examinar cada corte por separado. Típicamente, los tres planos que se analizan en este tipo de estudios son: El plano horizontal (o plano XY): Este corte nos permite observar la cámara como si estuviéramos mirándola desde arriba, como un mapa visto desde una perspectiva cenital. En este plano podemos apreciar cómo el aire se distribuye lateralmente dentro de la cámara, identificando si hay zonas en las esquinas o en los laterales donde la velocidad es insuficiente, o si por el contrario el flujo llega efectivamente a todas las áreas del piso de la cámara. El plano vertical longitudinal (o plano XZ): Este corte nos muestra la cámara como si la hubiéramos partido de adelante hacia atrás, permitiéndonos ver cómo varía la velocidad del aire desde el nivel del suelo hasta el techo, y desde la puerta de entrada hasta el fondo de la cámara. Este análisis es crucial porque nos revela si existen estratificaciones térmicas o zonas altas y bajas con comportamientos diferentes del flujo. El plano vertical transversal (o plano YZ): Este tercer corte nos presenta la cámara como si la hubiéramos rebanado de



lado a lado, mostrándonos la variación de la velocidad del aire en el sentido del ancho de la cámara y también en altura. Este plano es especialmente útil para identificar si la ubicación del evaporador genera patrones de flujo asimétricos o si, por el contrario, la distribución es balanceada en ambos lados. La ventaja del análisis multi-plano La gran ventaja de examinar estos tres planos de manera conjunta es que obtenemos una comprensión holística y sin puntos ciegos del comportamiento del flujo. Un problema que podría pasar desapercibido si solo miramos un plano, se hace evidente cuando examinamos los otros dos. Por ejemplo, podríamos tener una distribución aparentemente buena en el plano horizontal, pero descubrir en el plano vertical que existe una zona de estancamiento en la parte superior de la cámara que no detectamos en la primera vista. Además, este enfoque nos permite identificar patrones tridimensionales complejos como:

Vórtices o remolinos de aire que podrían estar formándose en ciertas zonas y afectando la uniformidad de la distribución.

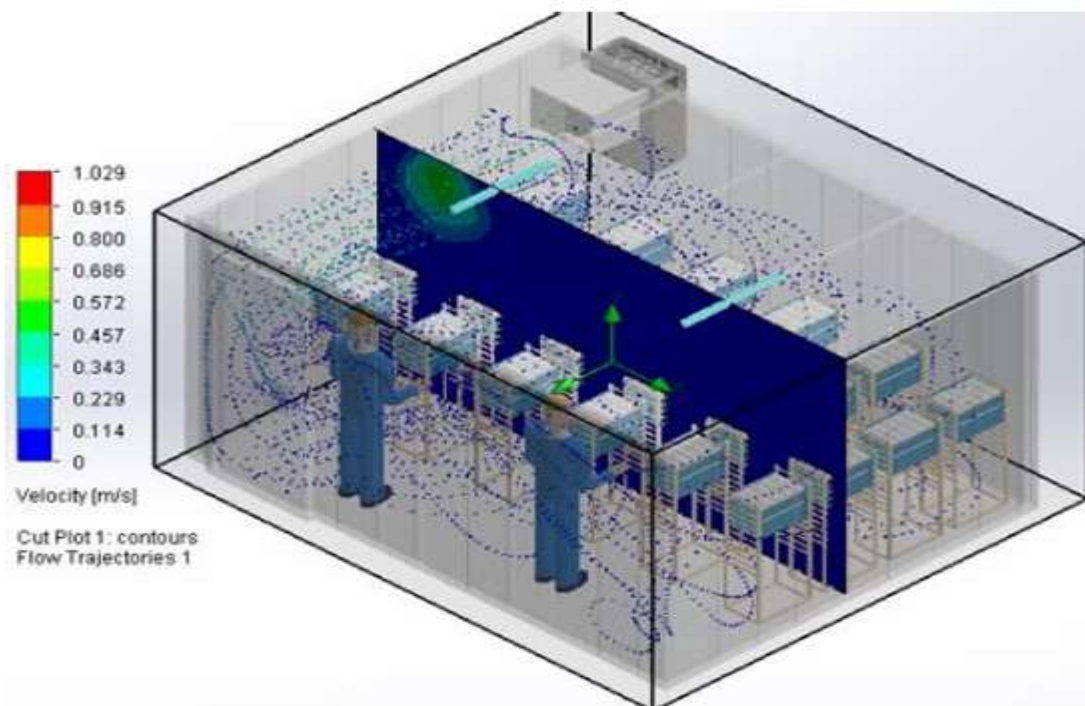
Corrientes preferenciales donde el aire tiende a circular mayormente por ciertos caminos dejando otras zonas mal ventiladas.

Zonas de recirculación donde el aire da vueltas sobre sí mismo sin avanzar efectivamente hacia otras áreas de la cámara.

Gradientes de velocidad que nos indican qué tan rápido disminuye la velocidad del aire conforme se aleja del punto de descarga del evaporador..

Figura 35

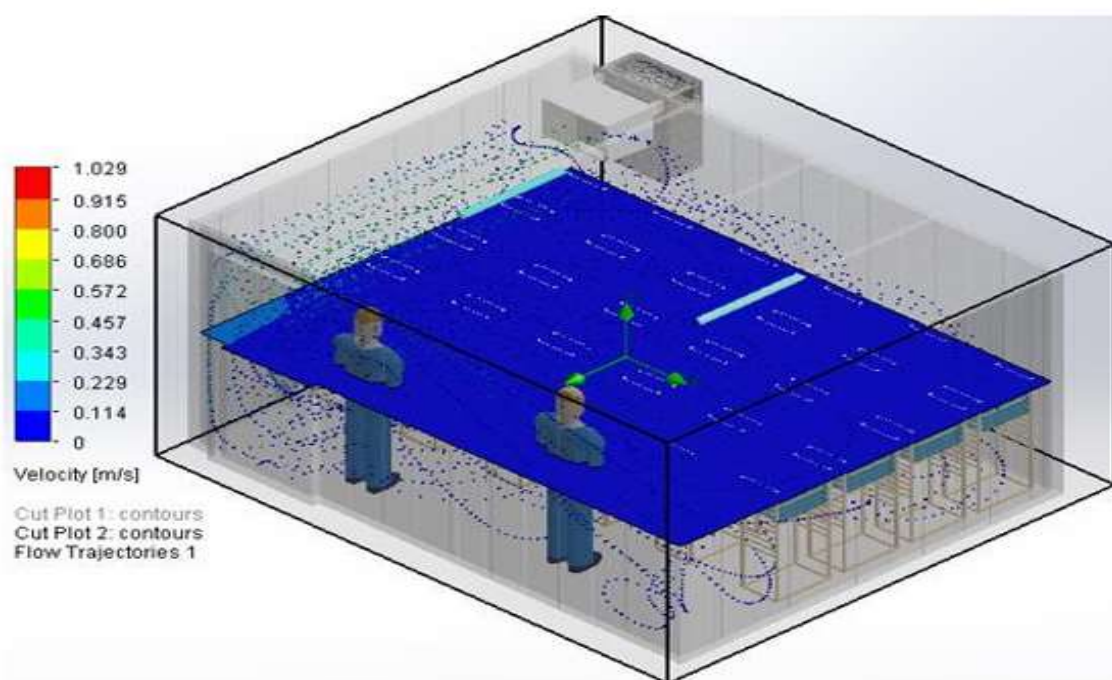
Resultados 4 de velocidad en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

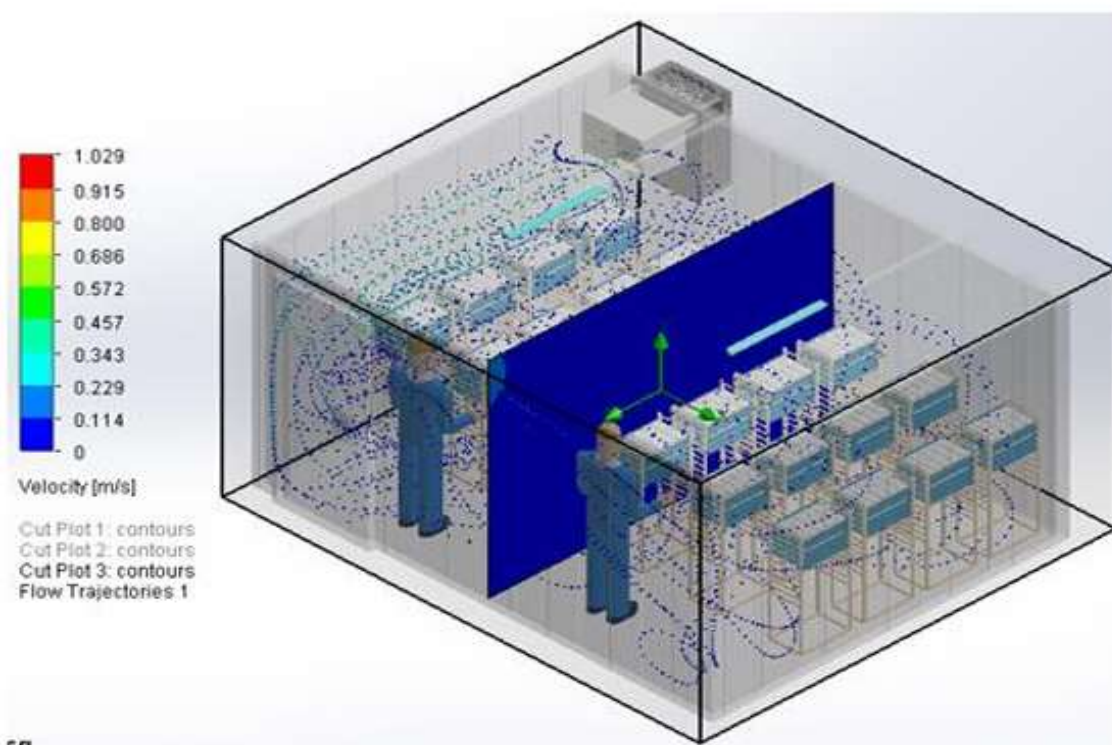
Resultados 4 de velocidad en el plano XZ.



Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Resultados 4 de velocidad en el plano YZ.



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar claramente en las imágenes que hemos presentado anteriormente, el sistema exhibe un comportamiento bastante consistente y predecible en cuanto a la velocidad del flujo, manteniéndose en un valor estable de 0.114 metros por segundo. Ahora bien, es fundamental aclarar algo importante: estos datos fueron obtenidos bajo el supuesto teórico de que la cámara se encuentra completamente cerrada, es decir, sin ninguna apertura ni entrada de aire externo.

Sin embargo, y aquí viene un punto crítico que no podemos pasar por alto, esta configuración de cámara totalmente sellada no es viable ni recomendable en la práctica real. ¿Por qué? Porque nos enfrentaríamos a un problema serio de funcionalidad y seguridad. Si mantenemos la cámara herméticamente cerrada

durante el proceso, se generaría lo que técnicamente conocemos como un "cortocircuito térmico" en el momento en que las personas necesiten acceder al interior de la cámara para realizar operaciones de carga, descarga, mantenimiento o cualquier otra actividad necesaria.

Este cortocircuito no se refiere a un problema eléctrico, sino a una interrupción abrupta en el flujo de aire controlado que hemos establecido. Cuando se abre la puerta y las personas entran, el aire frío del interior se mezcla rápidamente con el aire cálido del exterior, creando corrientes de convección no deseadas, pérdidas significativas de energía y alteraciones en las condiciones de temperatura y humedad que tanto trabajo nos costó estabilizar. Es como si todo el esfuerzo del sistema por mantener condiciones controladas se viniera abajo en cuestión de segundos.

Por esta razón, aunque los datos con cámara cerrada nos sirven como referencia teórica y punto de partida para entender el comportamiento ideal del sistema, en el diseño final debemos contemplar estrategias que minimicen estas pérdidas cuando inevitablemente se produzcan las aperturas necesarias. Esto podría incluir cortinas de aire, sistemas de doble puerta, protocolos de apertura rápida, o sistemas de recuperación térmica que permitan restablecer las condiciones óptimas en el menor tiempo posible.

Evaluación termodinámica: entendiendo el comportamiento de la temperatura

Pero nuestro análisis no se detiene únicamente en la velocidad del flujo de aire. Para tener una comprensión realmente completa y profunda de cómo funciona nuestro sistema, hemos llevado a cabo también una evaluación termodinámica exhaustiva. Este tipo de análisis es absolutamente esencial

porque nos permite ver más allá de los números superficiales y entender realmente qué está sucediendo desde el punto de vista de la transferencia de calor y energía dentro de la cámara.

¿Qué buscamos con esta evaluación?

Fundamentalmente, queremos responder a dos preguntas cruciales:

Primero: ¿Cómo se comporta la temperatura a lo largo del tiempo dentro de la cámara? Es decir, necesitamos saber si la temperatura se mantiene estable, si fluctúa, con qué rapidez el sistema alcanza la temperatura deseada desde el arranque, y cómo responde ante posibles perturbaciones como la introducción de productos a diferente temperatura o las aperturas de puerta que mencionamos anteriormente.

Segundo: ¿Cómo se distribuye espacialmente la temperatura dentro del volumen de la cámara? Esta pregunta es igual de importante que la anterior. No basta con saber que "la cámara está a 4°C en promedio"; necesitamos conocer si esos 4°C son uniformes en todo el espacio o si existen zonas más frías y zonas más cálidas. Esta información es vital porque la presencia de gradientes térmicos significativos podría significar que algunos productos almacenados no están recibiendo la refrigeración adecuada, mientras que otros podrían estar expuestos a un frío excesivo.

La importancia de la distribución térmica uniforme

Imagínense por un momento que colocamos productos lácteos en diferentes zonas de la cámara. Si la temperatura varía significativamente de un rincón a otro —digamos, 2°C cerca del evaporador pero 8°C en las esquinas más alejadas— estaríamos comprometiendo seriamente la calidad y la vida útil de los productos ubicados en las zonas menos favorecidas. Algunos podrían incluso

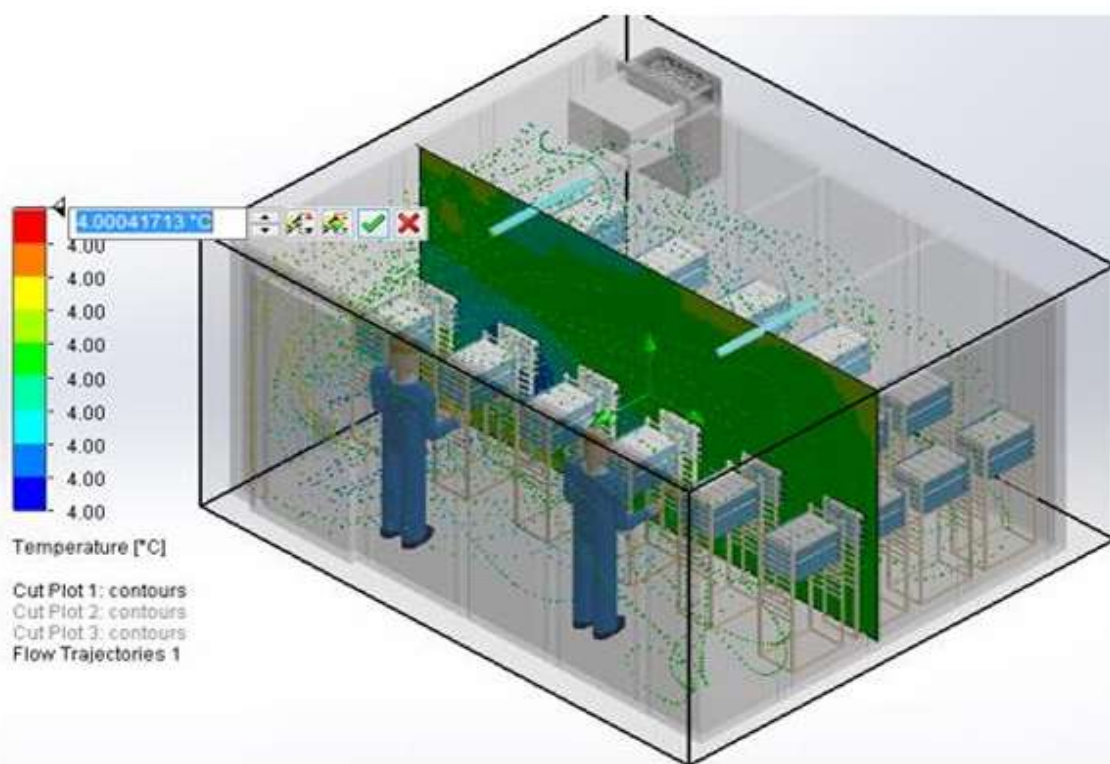
alcanzar temperaturas dentro de la zona de riesgo para proliferación bacteriana, lo cual sería inaceptable desde el punto de vista de seguridad alimentaria.

Por eso, mediante esta evaluación termodinámica, estamos mapeando cuidadosamente todo el campo de temperaturas dentro de la cámara. Utilizamos simulaciones computacionales avanzadas y, cuando es posible, validamos con mediciones experimentales en múltiples puntos estratégicamente ubicados. El objetivo final es identificar si existen "puntos calientes" o "zonas muertas" donde el aire no circula adecuadamente, y así poder hacer los ajustes necesarios en el diseño —ya sea reposicionando difusores, modificando la ubicación del evaporador, o ajustando las velocidades de flujo— para garantizar la mayor uniformidad térmica posible en todo el volumen de almacenamiento.

Esta evaluación termodinámica integral nos proporciona la información técnica necesaria para optimizar el sistema y asegurar que cumple no solo con los parámetros teóricos ideales, sino también con las demandas prácticas y reales de operación en el mercado Santa Bárbara..

Figura 38

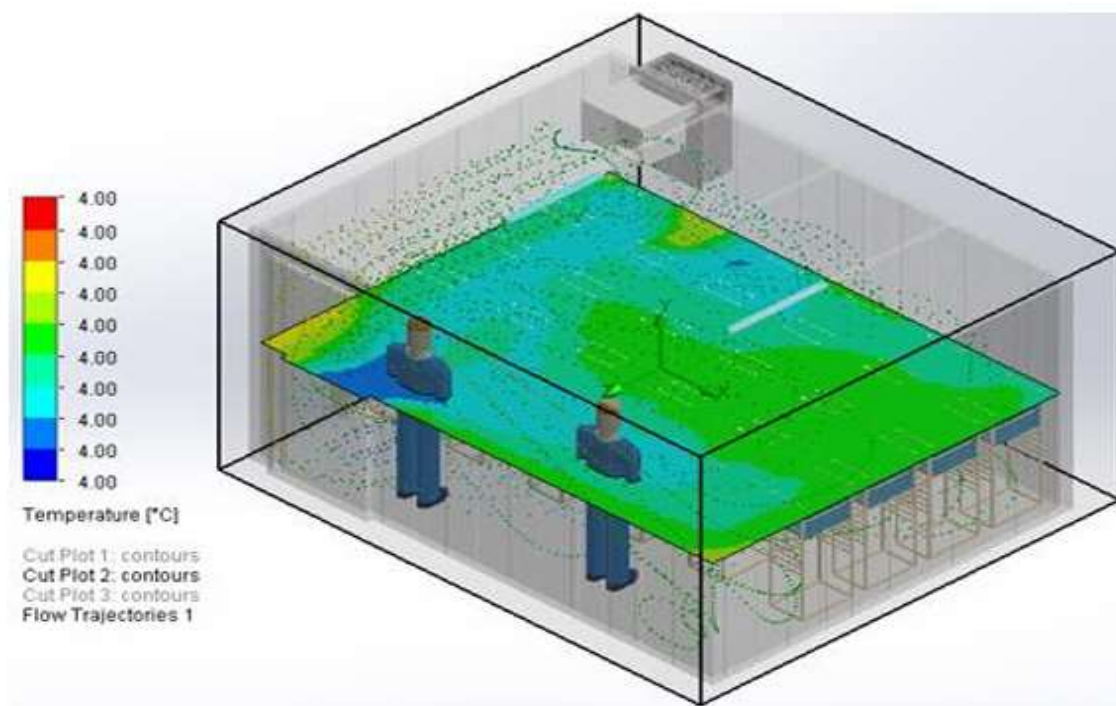
Resultados 4 de temperatura en el plano XY.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

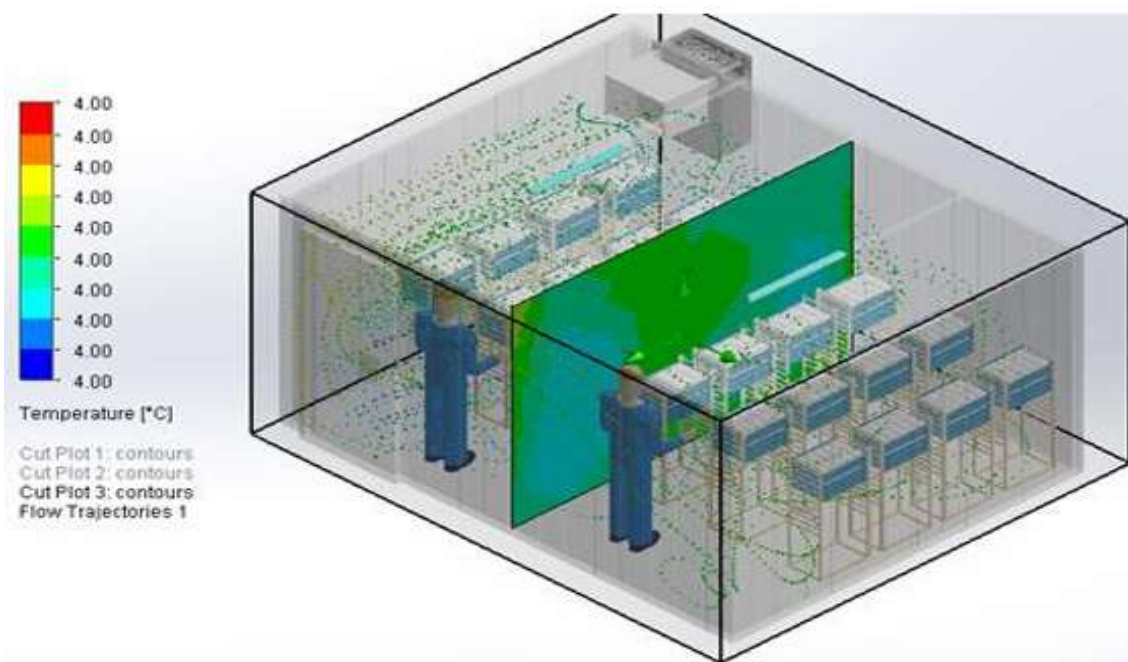
Resultados 4 de temperatura en el plano XZ.



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Resultados 4 de temperatura en el plano YZ.



Fuente: Elaboración propia

Las imágenes previas establecieron que la cámara frigorífica mantiene una temperatura constante de 4 °C, lo cual es aconsejable para preservar los quesos.

No obstante, tras analizar las cuatro soluciones ofrecidas respecto a la posición del equipo en la cámara de refrigeración, se concluyó que la primera es la más adecuada porque presenta una óptima distribución con respecto a la velocidad de circulación en el cuarto frío y al mantenimiento de los 4 °C. Asimismo, no provoca cortocircuitos dentro del sistema.

Así mismo, el flujo de aire se regula principalmente mediante el evaporador cúbico de equipos compactos, que genera velocidades iniciales de 1 m/s al salir del núcleo, estabilizándose en 0.113-1.014 m/s en el interior según simulaciones en software CAE como SolidWorks. La distribución óptima se logra posicionando el evaporador en la parte central delantera, evitando cortocircuitos por recirculación cercana a la puerta, con volúmenes de aire del evaporador

entre 1500-1800 m³/h para una circulación homogénea que mantiene 4°C. Este diseño considera 8 renovaciones diarias por infiltración, calculadas con ecuaciones de aporte calórico ($Q = N \cdot V \cdot V_a \cdot (h_a - h_f)$), minimizando pérdidas térmicas mediante cortinas de PVC o aire que separan ambientes.

La temperatura se gestiona electrónicamente a través de sensores y controladores que monitorean parámetros internos, manteniendo 4°C ($\pm 0.0005^\circ\text{C}$ en simulaciones) vía ciclo de compresión de vapor con refrigerante R404A. El compresor hermético (1.29 kW), condensador y evaporador compactos operan con análisis termodinámico ($\text{COP}=6.6$, $T_e=-3^\circ\text{C}$, $T_c=36^\circ\text{C}$), activándose por termostatos que regulan el flujo másico (24.13 kg/h) y presiones (alta:11.5 bar, baja:7 bar) según diagramas de Mollier. Simulaciones en planos XY, XZ y YZ confirman estabilidad térmica, con capacidad evaporadora de 15766 BTU/h sumando cargas removidas (hasta 7620 kcal para 508 kg quesos), aportes por aire y luces (2x100W).

La humedad se regula indirectamente mediante paneles de poliuretano (60 mm espesor, $k=0.028 \text{ W/mK}$) que evitan condensación y mantienen baja transmitancia térmica ($U=0.47 \text{ W/m}^2$ para $\Delta t=10^\circ\text{C}$). Sensores asociados controlan parámetros ambientales, apoyados por desagües en piso porcelanato y materiales no higroscópicos como poliuretano inocuo, cumpliendo normativas sanitarias peruanas para productos lácteos. Recomendaciones incluyen sistemas automáticos para niveles óptimos, previniendo deterioro en 12-15 días de almacenamiento a 4°C.

4.1.3. Realizar una evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR

Es crucial llevar a cabo un estudio económico para establecer si el proyecto de preservación de productos lácteos (quesos) mediante cámaras frigoríficas es viable. Este análisis tiene que tomar en cuenta no solamente los gastos de la inversión inicial, sino también las ganancias y pérdidas durante el ciclo económico de vida del proyecto.

En el análisis económico, se deben considerar algunos factores, tales como:

- ❖ Costos de inversión: Incorporar todos los gastos asociados con la compra y montaje de las cámaras frigoríficas, los sistemas de refrigeración, el aislamiento, el sistema eléctrico y otros elementos.
- ❖ Costos operativos: Tomar en cuenta los costos de mantenimiento y desescarche de las cámaras, además de los gastos eléctricos correspondientes a la operación de los ventiladores y compresores.
- ❖ Ingresos: Calcular los ingresos previstos de la venta y conservación de carne avícola guardada en las cámaras frigoríficas.
- ❖ Demanda: Analizar la demanda futura de carne avícola en el área para garantizar que existirá un mercado adecuado para la producción almacenada.
- ❖ Análisis de rentabilidad: Para establecer si el proyecto es lucrativo y si la rentabilidad esperada es apropiada, se debe calcular el período de recuperación de la inversión (payback), la tasa interna

de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y otros indicadores financieros.

❖ Considerar el impacto económico a largo plazo: Es relevante, aparte de los indicadores financieros, considerar las ventajas económicas y sociales a largo plazo, como el incremento en la producción, el empleo creado y el efecto que tiene sobre la cadena de suministro de carne avícola.

El estudio financiero posibilitará que se tomen decisiones fundamentadas en cuanto a la factibilidad del proyecto y si la inversión en cámaras frigoríficas para preservar quesos es una alternativa sustentable y lucrativa con el tiempo. Para llevar a cabo un análisis completo y certero, es aconsejable tener el apoyo de especialistas en economía y finanzas.

Tabla 25

Lista de Componentes de la Cámara Frigorífica

Cantidad	Descripción del Producto	Precio de venta (S/.)
Controlador de Cámara Frigorífica		
1.0	Unidad condensadora: OP LJZ068D49V, R404A.	306105.30
Controlador de Cámara Frigorífica		
1.0	Controlador de cámara frigorífica AK-RC 113	3396.10
	Controlador y accesorios para válvula de expansión electrónica	306105.30
1.0	Controlador de recalentamiento EKE 1 ^a	1360.61
1.0	Pantalla para EKE 1A	2257.20
1.0	Cable para pantalla	213.00
1.0	Fuente de alimentación para EKE 1A AK-PS 075	3599.07
1.0	Módulo de batería de apoyo EKE 2U	1995.84
1.0	Transductor de presión DST P110	280.00

1.0	Cable para transmisor de presión	213.00
1.0	Sensor de Temperatura ACCPBT	164.62
Línea de líquido		
15.0 m	Tubería de cobre ANSI 3/8 NS 10	158.00
1.0	Válvula Solenoide: EVR 6 man v2 1/2"	455.40
25.0 m	Tuberías: Reductor de cobre ANSI 3/8 x 5/16 NS 10	1596.99
Códigos para Válvula de expansión electrónica: ETS 6-18 NS 8		
1.0	ETS 6 - 18. Electric expansion valve	257.40
1.0	ETS 6. Elec. expansion valve coil	229.20
Línea de aspiración		
6.00 m	Tubería de cobre ANSI 1 1/8 NS 29	103.00
Costo Total de Componentes de Cámara Frigorífica		322384.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Cálculo en soles del Consumo eléctrico Total por mes

Kw	h/d	Kwh	por Mes (S/.)
0.66	4	2.64	57.75264
4.31	18	77.58	1697.14008
Costo por consumo total		80.22	1754.89272

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Lista de materiales para Instalación de Cámara Frigorífica

Cantidad	Medición	Descripción del Producto	Costo por unidad (S/.)	Total (S/.)
9	Und.	Paneles de poliuretano PUR, ancho: 0.60 m, longitud: 1.20 m, 304espesor de 8", densidad: 40 Kg/m3.	950.00	8550.00
30	Mts.	Angulos de aluminio	45	1350.00
4	Und.	Perfil U de aluminio	50	200.00
50	Und.	Cortina de Lamas	15	750.00
120	Und.	Tarugos	0.6	72.00
120	Und.	Tornillo Tirafón	0.8	96.00
15	Und.	Silicona color blanco	15	225.00
50	Und.	Perno esparrago	18	900.00
80	Und.	Tuerca	0.5	40.00
120	Und.	Anillo plano	0.3	36.00
8	Und.	Equipo Fluorescente led	75	600.00
8	Und.	Bisagra	18	144.00
TOTAL				12963.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28*Costo total del proyecto de Cámara Frigorífica*

Descripción	Costos
Costo Total de Componentes de Cámara Frigorífica	S/ 322,384.73
Gasto por consumo eléctrico	S/ 1754.89
Mantenimiento (cada 06 meses)	S/ 300.00
TOTAL	324,439.62

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 29 se observa el flujo de fondos para los proyectos con y sin la cámara frigorífica, indicando que la inversión inicial para la implementación de la cámara frigorífica para aumentar la capacidad de mantenimiento de derivados lácteos (queso) del mercado Santa Bárbara es superior con S/. 324,440.00, comparado con el que es sin la cámara frigorífica (S/. 23,052).

Tabla 29*Flujo de fondos para los proyectos con y sin la cámara frigorífica*

Período	Flujo de Fondos	Flujo de Fondos
0	- S/. 324,440	- S/. 23,052
1	S/. 80,000	S/. 5,000
2	S/. 80,000	S/. 5,000
3	S/. 60,000	S/. 5,000
4	S/. 60,000	S/. 2,000
5	S/. 45,000	S/. 2,000
6	S/. 45,000	S/. 2,000
7	S/. 45,000	S/. 1,000
8	S/. 45,000	S/. 1,000
9	S/. 20,000	S/. 500
10	S/. 20,000	S/. 500

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 30 se muestra el VAN y el TIR para los proyectos con y sin la cámara frigorífica, indicando que el VAN (S/. 14,083.60), es superior para el que presenta una cámara frigorífica, al igual que el TIR con 11.26%, manifestando que es más rentable a largo plazo

Tabla 30

VAN y TIR para los proyectos con y sin la aplicación de energía fotovoltaica)

Con cámara frigorífica		Sin cámara frigorífica	
TIR	11.26%	TIR	1.16%
VAN	S/. 14,083.60	VAN	S/. -5,496.44

Fuente: Elaboración propia

- Para garantizar la mejor eficacia del enfriamiento y un funcionamiento efectivo del sistema de refrigeración, es crucial evitar que la cámara frigorífica esté sobrecargada. Conservar los niveles correctos de carga contribuye a lograr una repartición homogénea del frío en el espacio de almacenamiento y a prevenir la interrupción del flujo de aire, lo cual podría disminuir la eficacia del control de temperatura.
- Cumpliendo con los límites sugeridos de carga, como no sobrepasar el 60% de la cámara frigorífica y el 75% del compartimento, se garantiza que el equipo de refrigeración pueda sostener las temperaturas deseadas con mayor eficacia y un consumo energético más bajo.
- Asimismo, para que el aire frío pueda circular de forma apropiada, es relevante garantizar que las mercancías estén organizadas y cuenten con un espacio adecuado entre sí. Esto impedirá que existan áreas frías o calientes dentro de la cámara y garantizará que todos los productos se conserven a la temperatura necesaria de forma homogénea.

- La implementación de las acciones para mejorar la eficiencia energética, así como el mantenimiento periódico del equipo de refrigeración, como se dijo antes, ayudarán también a asegurar que la cámara frigorífica funcione apropiadamente y que los productos guardados estén convenientemente preservados.
- La viabilidad legal del proyecto de las cámaras frigoríficas estará sujeta a la ejecución de todas las regulaciones y normativas mencionadas en la pregunta. En seguida, sintetizaré los aspectos más relevantes de cada una: Las normas de seguridad para las instalaciones frigoríficas están definidas en el reglamento Real Decreto 138/2011. Para asegurar la protección en la operación de las cámaras frigoríficas, es crucial acatar todas las estipulaciones de este reglamento. La calidad del aire y la protección de la atmósfera están bajo regulación de la Ley 34/2007. Para proteger el medioambiente, es fundamental garantizar que las cámaras frigoríficas cumplan con las regulaciones sobre emisiones y contaminantes. El Real Decreto 2135/1980 se ocupa de la liberalización en el sector industrial. Para prevenir dificultades legales o sanciones, es relevante seguir todas las regulaciones relacionadas con la industria. Las cámaras frigoríficas se encuentran incluidas dentro de las disposiciones que rigen para las instalaciones térmicas en los edificios, según lo estipulado por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Para asegurar la seguridad durante las operaciones de las instalaciones y la eficiencia energética, es imprescindible acatar todas las normativas.
- Para garantizar la mejor eficacia del enfriamiento y un funcionamiento efectivo del sistema de refrigeración, es crucial evitar que la cámara frigorífica esté sobrecargada. Conservar los niveles correctos de carga

contribuye a lograr una repartición homogénea del frío en el espacio de almacenamiento y a prevenir la interrupción del flujo de aire, lo cual podría disminuir la eficacia del enfriamiento.

4.2. Discusión

Estos resultados, en relación con Burneo (2021), son algo parecidos, ya que se eligió el refrigerante R404A y los detalles técnicos para el túnel de congelados, según el estudio, son: carga frigorífica 35,788.44 BTU/hr, diámetro de la línea líquida 3 4 / pulg y diámetro y grosor del aislamiento de la línea de succión 11 8 / pulg y 2 pul. Los datos para la cámara de enfriados son los siguientes: el diámetro de la línea de líquido es de 3/8 pulg, el diámetro de la línea de succión es de 1/2 pulg con un aislamiento que tiene un grosor de 1 pulg, y la carga frigorífica es de 6,946.16 BTU/hora. Según la valoración monetaria, se requiere una inversión de \$23,276.20 para equipar el túnel de congelados y de \$3,199.37 para la cámara de enfriados. En conclusión, es importante señalar que el compresor actual tiene un marco operativo de -40°C a -20°C y no sirve para el sistema de túnel de congelados, que opera en un rango entre -25°C y 5°C . Por esta razón, se eligió una unidad condensadora cuyo compresor tiene un marco operativo de -45°C a 8°C , lo cual satisface las necesidades del túnel mencionadas anteriormente. Davila (2024) también diseñó una cámara en relación al volumen del producto, que tiene medidas de 18,8 metros de ancho por 7,2 metros de alto. La altura máxima es de 6,65 metros y la mínima es de 3,83 metros; además, presenta una pendiente del 15% para contrarrestar la acumulación de agua lluvia. La carga térmica se estima en 60,23 kW. Los elementos fundamentales del sistema de refrigeración son los condensadores Bitzer, las válvulas solenoides, las válvulas de expansión TE 5 y los



evaporadores Intercal. Para la línea principal de succión, el tamaño de la tubería es de 1 5/8", mientras que para la línea principal de líquido, es de 7/8". El panel tiene un grosor de 100 mm y está compuesto por un núcleo de poliuretano. Los cálculos de la cámara se ajustan a las normas ASHRAE y a las regulaciones de refrigeración del Perú. Para esto, se opta por el refrigerante sintético R-404A en un sistema de expansión directa que conserva la condición térmica interna a 0 °C. Se calcula que el precio de la cámara frigorífica, incluyendo tanto la mano de obra como el equipamiento, será de 80.033,66 dólares estadounidenses. Los planos de las cámaras frigoríficas se crean al mismo tiempo que el diagrama tecnológico del mecanismo de refrigeración.

Además, Uchuya (2024) dimensionó una cámara frigorífica de 79,38 m³, aislada con poliuretano. En ella se guardan las frutas en bandejas que se ponen en carros móviles; el total de esto fue 31 460 BTU/h. Se propuso el uso del refrigerante R134a, que reemplaza al R-12 en las instalaciones nuevas, entre los componentes seleccionados. Además, se determinó que la discrepancia entre la temperatura de congelación y la temperatura ambiental de la fruta es la causante principal del incremento en la carga térmica, lo cual podría mejorarse mediante un procedimiento previo.

CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño de la cámara frigorífica para el mercado Santa Bárbara de Juliaca permite ofrecer una solución técnica eficiente con el fin de aumentar la habilidad de conservación de los productos lácteos, asegurando que mantengan sus propiedades organolépticas y su inocuidad durante períodos prolongados. La propuesta integra criterios de eficiencia energética, aislamiento térmico adecuado y cumplimiento de las normativas sanitarias, lo que contribuye a reducir pérdidas por deterioro, optimizar la cadena de frío y fortalecer la competitividad de los comerciantes. Con ello, se sientan los fundamentos para optimizar la calidad del servicio brindado a los usuarios y asegurar la sustentabilidad económica y operativa del sistema.

SEGUNDA: Los componentes necesarios para la de refrigeración necesarios para la conservación de productos lácteos serán principalmente un evaporador cúbico de equipos compactos, además presentara un condensador de equipos compactos que presenta carga de refrigerante fácil, y finalmente presentara un compresor de tipo compacto debido a sus propiedades, como la facilidad de colocación y conservación, la distribución en el país, el uso flexible que opera a bajas, medianas y altas presiones.

TERCERA: Se realizó la dimensionación de una cámara frigorífica para preservar productos lácteos, específicamente 500 unidades de queso, cuya área es de 13.4m² y su altura, de 2.27m. La temperatura de conservación será de 4 °C. Para ello se usará un



equipo compacto marca ZANOTTI que incluye un compresor de 1.5 kW, con un condensador y volumen del aire del evaporador de 1500 m³/h y 1800 m³/h respectivamente, además del refrigerante R404A, que no contamina. Esto posibilitará mantener una buena temperatura conservadora a 4 °C para los quesos; según la planificación, esta última se mantendrá constante en ese nivel, lo cual garantiza que el producto esté en condiciones adecuadas para ser consumido por los seres humanos.

CUARTA: Mediante el análisis económico del proyecto de la cámara frigorífica, cuyo costo de fabricación es de S/. 324,439.62, demuestra que, gracias a los beneficios esperados, la inversión se recuperaría en un período de 6 años, lo que garantiza su rentabilidad para la zona en estudio

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se aconseja edificar la cámara frigorífica sugerida en el mercado Santa Bárbara, porque es indispensable para incrementar la capacidad de almacenamiento de quesos y continuar produciendo un artículo de calidad para la alimentación humana.
- SEGUNDA:** Se aconseja que se tenga en cuenta el uso de dispositivos de refrigeración con tecnología moderna y alta eficiencia energética. Los equipos más recientes tienden a ser más eficientes y tener un COP superior.
- TERCERA:** Se aconseja establecer sistemas automáticos de control para que la humedad y la temperatura se mantengan en niveles ideales. Un control apropiado puede impedir que el sistema de refrigeración funcione innecesariamente, lo que a su vez mejora el COP.
- CUARTA:** Se aconseja que, después de la instalación de la cámara de refrigeración, se lleve a cabo un mantenimiento regular y apropiado de cada uno de los elementos, lo que incluye limpiar, ajustar y sustituir las partes que estén desgastadas. Un equipo que se mantiene bien trabajará de forma más eficaz.
- QUINTA:** Se recomienda implementar un sistema híbrido de respaldo energético compuesto por un UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) y un generador diésel automático de 7 kVA, asegurando continuidad en el compresor hermético (1.29 kW), evaporador cúbico y controladores electrónicos durante cortes eléctricos frecuentes en Juliaca (3824 msnm).



BIBLIOGRAFÍA

- Arambu, A., & Pardo, A. (2017). *Estudio de un sistema de refrigeración por compresión de vapor aplicado a la industria agroalimentaria*. Fundamentos de circuitos eléctricos.
- Areaga, M. (2016). *Cálculo y dimensionamiento de una cámara de refrigeración para productos orgánicos perecederos*. La Paz: Universidad Mayor de San Andres.
- Cano, A. (2018). *"Diseño e implementación metodológica para el desarrollo de proyectos de aire acondicionado con chiller condensado por aire"*. Barranquilla: Universidad del Atlántico.
- Castell, B. (2017). *Calculo, diseño y puesta en marcha de central frigorífica para supermercado*. Cotopaxi: Universidad de Cotopaxi.
- Ccallo, F. (2009). *Congelacion y refrigeracion de filetes de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) envasado al vacio*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Cedillo, J. (2017). *Diseño de elementos de máquinas*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. .
- Cisneros, G. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración de 42.1 TR de capacidad frigorífica usando la tecnología VRV para un supermercado*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Córdova Baldeón, I. (2018). *"Instrumentos de investigación"*. Lima: San Marcos de Aníbal Jesús Paredes Galván.
- Davila, A. (2024). *"Propuesta de diseño de una cámara frigorífica para la conservación de 50 toneladas"*. Lima: Universidad Tecnologica del Peru.



- Del Carpio, L. (2021). *Diseño de cámaras de congelamiento para el liofilizado de banano, mango y piña en la procesadora agroindustrial La Joya Arequipa - Perú.* . Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- empresa antares arquitectos S.R.L. en la ciudad de Cusco. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Reygana, F. (2021). *Diseño de un sistema de refrigeración para túnel de congelamiento continuo.* Lima.
- Sánchez, A., Andreu, D., Calleja, R., Llopis, R., & Cabello, R. (2022). Energy impact evaluation of different low-GWP alternatives to replace R134a in a beverage cooler. 78 Experimental analysis and optimization for the pure refrigerants R152a, R1234yf, R290, R1270, R600a, and R744. *Energy Convers. Manag*, 25 - 20.
- Saucedo, D. (2023). *Diseño de una cámara frigorífica compacta con eficiencia energética para conservar carne avícola en un camal industrial* . Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Solis, H. (2018). *Manual de trabajo en el uso de maquinaria y herramientas para la empresa taller mecánica times cia, Ltda.* Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Surco, G. (2017). *diseño de dos túneles de congelación y una cámara congelados.* Lima: Univrsidad Nacional Tecnologica de Lima.
- Surco, G. (2017). *Diseño de dos túneles de congelación y una cámara de congelados.* Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Su.
- Toledo, C. (2017). *Diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos de la empresa tongod Cajamarca.* Peru.

- Trujillo, R. (2023). *Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de plátanos con capacidad de 60 tn para la región Piura*. Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Uchuya, J. (2024). *Diseño de una cámara frigorífica con capacidad de 2000 kg para la refrigeración de arándanos en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Universidad Continental.
- Valqui, F. (2018). *Diseño de un sistema de refrigeración para conservar pescado, en una cámara frigorífica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Vicente, A., Madrid, J., Santiago, F., & Madrid, J. (2023). *Refrigeración y envasado de Alimentos*. Madrid.
- Yajamin, O. (2018). *Diseño e implementación de un módulo didáctico que realice el monitoreo y control de temperatura, para la conservación de medicamentos termolábiles*. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Yandun, D. (2024). *Modelación, programación y simulación del control automático mediante PLC de una cámara frigorífica*. Quito: Escuela Politecnica Naional.
- Yépez, S. (2019). *"Diseño de un congelador de placas para pescado de capacidad 240 kg/h," Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú*. Lima: Section VIII Rules for Construction of Pressure Vessels.



ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>METODOLOGÍA</u>
<u>General</u> ¿Es factible realizar el diseño de una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025?	<u>General</u> Diseñar una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025	<u>General</u> Diseñar y posteriormente implementar una cámara frigorífica para incrementar la capacidad de conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca es factible económicamente	<u>Variable dependiente</u> Cámara frigorífica	Componentes de la cámara frigorífica	Compresor	---	<u>Diseño de investigación</u>
					Evaporador	---	
					Condensador	---	
					Refrigerante	---	
					Material aislante	---	
				Aspectos a considerar para dimensionar una cámara frigorífica	Tipo de producto	---	No experimental <u>Tipo de investigación</u> Aplicativo
					Capacidad de almacenamiento	---	
					Temperatura de operación	---	
					Forma de almacenamiento	---	
					Espacio disponible	---	
<u>Específicas</u> ¿Qué capacidad presentarán los componentes de refrigeración necesarios para	<u>Específicas</u> Seleccionar los componentes de refrigeración necesarios para	<u>Específicas</u> Los componentes de refrigeración necesarios para la conservación de	<u>Variable independiente</u> Conservación de productos lácteos	Evaluación económica de la cámara frigorífica	VAN	---	
					TIR	---	
				Normativa a considerar	Normas nacionales e internacionales	---	

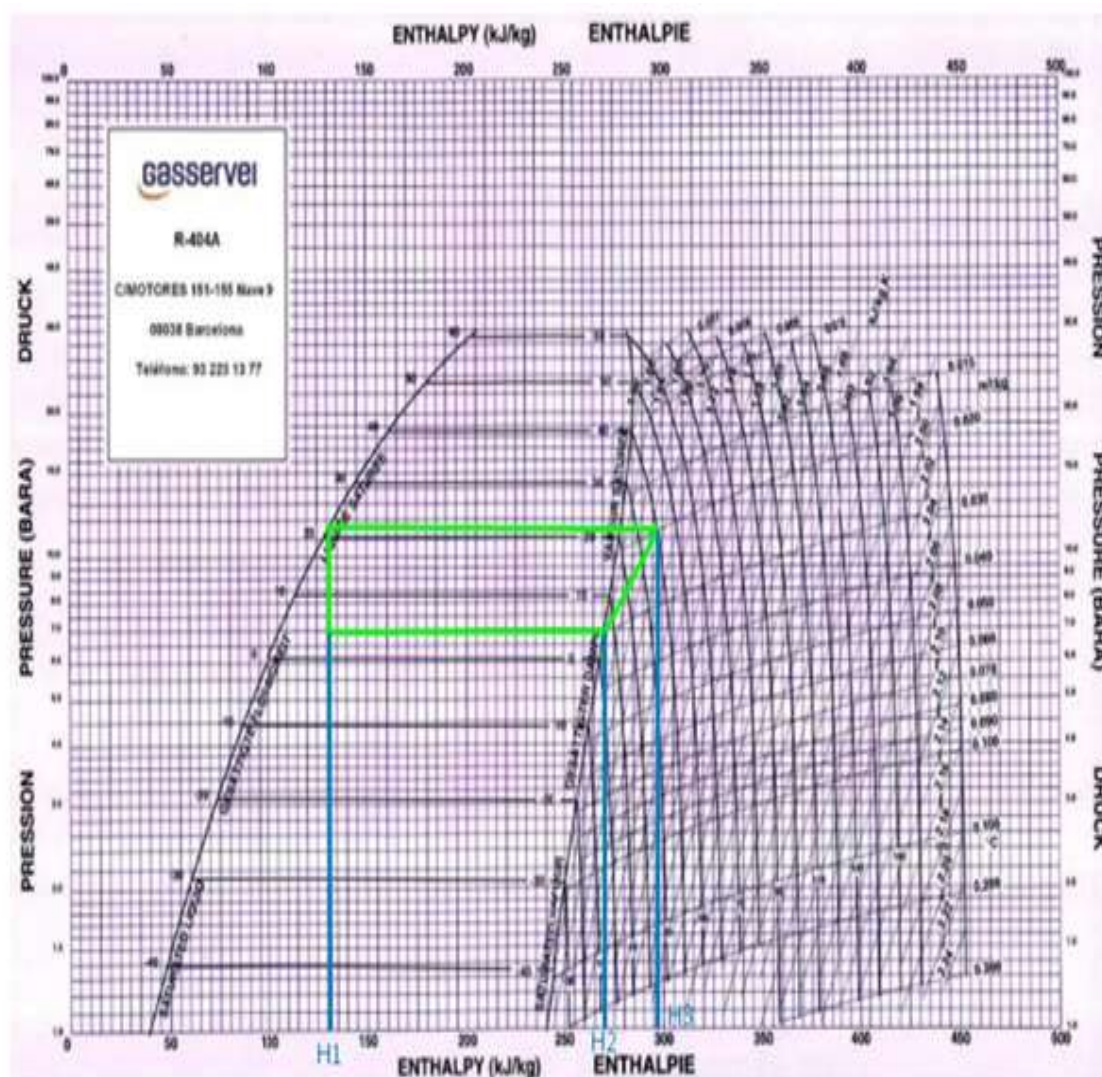


ación necesarios para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025? ¿Qué dimensiones presentará la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025? ¿Existirá rentabilidad en la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR?	la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025 Dimensionar la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, 2025 Realizar una evaluación económica de la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR	productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, serán los necesarios para alcanzar una capacidad máxima de 27m3 Las dimensiones de la cámara frigorífica para la conservación de productos lácteos del mercado Santa Bárbara de Juliaca, serán de 3*3*3metros, con longitudes variadas por cada componente. Existe rentabilidad en la cámara frigorífica, mediante los indicadores VAN y TIR					
--	--	---	--	--	--	--	--

ANEXO 2. 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 3. DIAGRAMAS DE MOLLIER





ANEXO 4. PESOS DE QUESOS

$$m_1 = \rho \cdot V$$

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

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

$$m_2 = \rho \cdot V$$

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

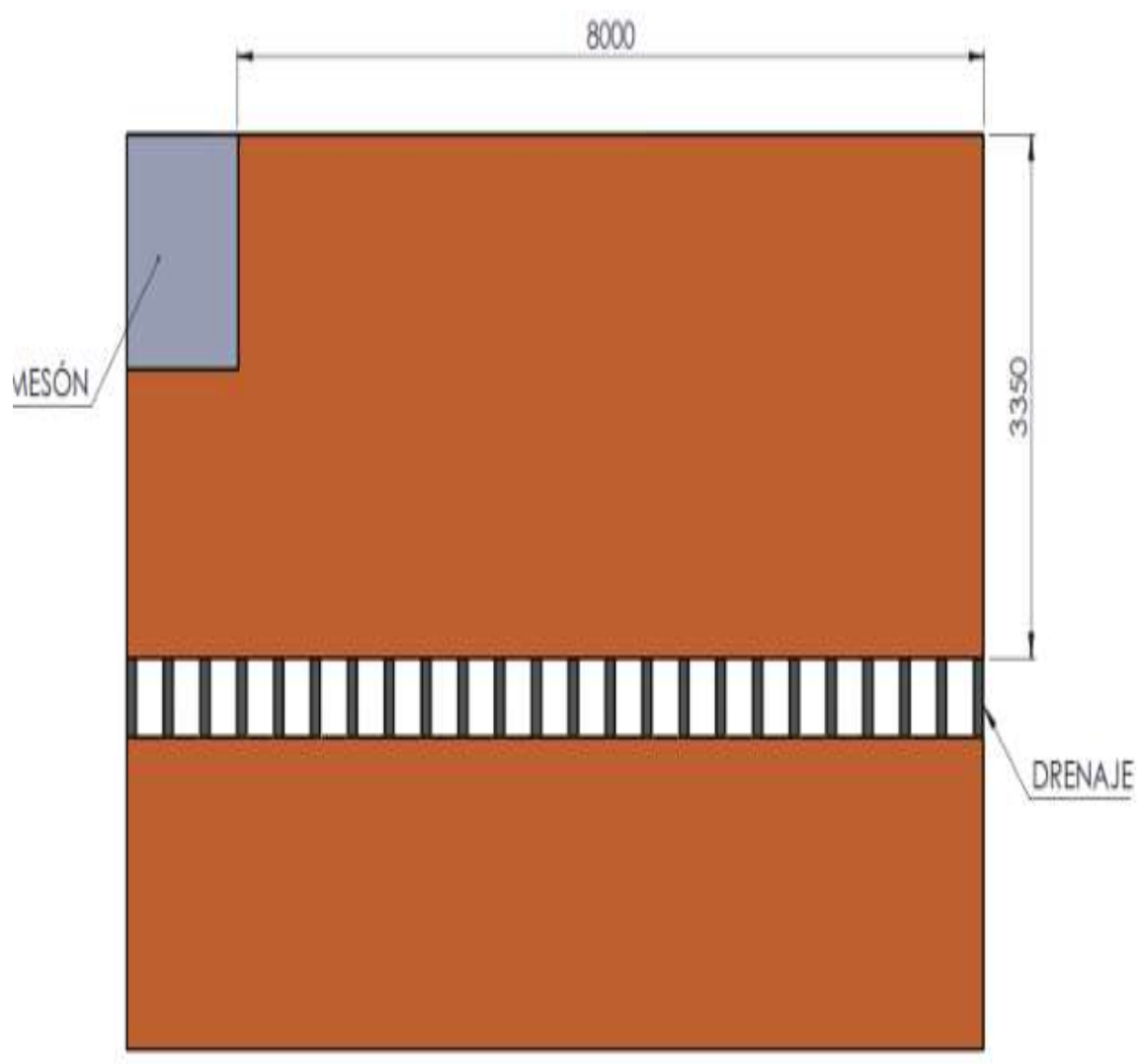
$$m_2 = 334,69 \text{ gramos}$$

$$m_3 = \rho \cdot V$$

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

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

ANEXO 5. ÁREA DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA



$$A = a \cdot b$$

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

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

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

ANEXO 6. ÁREA DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA



FORMATO	Resistencia	Acabado	Tipología	Características	Acabado	Tipología
60x60	4	1000	20 kg	30	10.00	100



ANEXO 7. NÚMERO DE QUESOS POR BANDEJA

$A_{bandeja} = L1 \cdot L2$ $A_{bandeja} = (43 \text{ cm}) \cdot (31.5 \text{ cm})$ $A_{bandeja} = 1354.5 \text{ cm}^2$ $A_{rectangulo\ 1} = L1 \cdot L2$ $A_{rectangulo\ 1} = (8 \text{ cm}) \cdot (7 \text{ cm})$ $A_{rectangulo\ 1} = 56 \text{ cm}^2$ $A_{rectangulo\ 2} = L1 \cdot L2$ $A_{rectangulo\ 2} = (8 \text{ cm}) \cdot (13.5 \text{ cm})$ $A_{rectangulo\ 2} = 108 \text{ cm}^2$ $A_{cículo} = \pi \cdot r^2$ $A_{cículo} = \pi \cdot (3 \text{ cm})^2$ $A_{cículo} = 28,27 \text{ cm}^2$ $A_{perfil-cículo} = 36 \text{ cm}^2$	$N_{quesos\ 1} = \frac{A_{bandeja}}{A_{rectángulo\ 1}}$ $N_{quesos\ 1} = \frac{1354.5 \text{ cm}^2}{56 \text{ cm}^2}$ $N_{quesos\ 1} = 24.18$ $N_{quesos\ 2} = \frac{A_{bandeja}}{A_{rectángulo\ 2}}$ $N_{quesos\ 2} = \frac{1354.5 \text{ cm}^2}{108 \text{ cm}^2}$ $N_{quesos\ 2} = 12,54$ $N_{quesos\ 3} = \frac{A_{bandeja}}{A_{cículo}}$ $N_{quesos\ 3} = \frac{1354.5 \text{ cm}^2}{36 \text{ cm}^2}$ $N_{quesos\ 3} = 37,62$
--	---

ANEXO 8. PESOS POR ESTANTERÍAS

$$A_{estantería} = L1 \cdot L2$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ANEXO 9. FICHA TÉCNICA DEL POLIURETANO

FRIGO

CARA EXTERIOR Acero prelacado	PANEL FRIGORÍFICO
CARA INTERIOR Acero prelacado	 AISLANTE Poliuretano (PUR) y Poliisocianurato (PIR)
ANCHO ÚTIL 1100 mm	ESPESORES (mm) 60/80/100/120/140/160 180/200
AUTOPORTANTE	USO Cámaras frigoríficas y seccionapación

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)		40	60	80	100	120	140	160	180	200
Coeficiente de transmisión térmica (k)	$k_{UAC}/m^2 \cdot ^\circ C$	0.270	0.200	0.140	0.130	0.120	1.100	0.090	0.080	
	$k_{WAC}/m^2 \cdot ^\circ C$	0.318	0.241	0.194	0.162	0.140	0.122	0.106	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)	Luzes (mm)															
	2	2.5	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	241	179	129	92	73	52	28									
100	311	228	180	150	118	94	78	64	47							
120	344	253	200	190	151	120	99	76	63	52						
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	323	277	230	200	178	149	114	98	85	73	52

Espesor de panel (mm)	Luzes (mm)															
	2	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5			
60	303	214	152	111	90	67	52									
80	342	267	223	174	138	109	83	65	54							
100		391	282	210	147	123	108	89	75	63	54					
120			403	311	271	231	188	153	121	102	83	73	58	51		
140				414	324	288	245	202	168	134	114	96	85-2	69	59	
160					400	341	289	243	208	179	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	123

ANEXO 10. CÁLCULO DEL POLIURETANO

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

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

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

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

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

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

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

$$0.47 \cdot (0,87 + 188,21 e_x) = 5,27$$

$$0.47 + 188,21 e_x = 5,27$$

$$e_x = 0,0549 m$$

$$e_x = 54,9 m m$$

ANEXO 11. CÁLCULO DEL CALOR REMOVIDO DE LA PRODUCCIÓN DE QUESOS

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



ANEXO 12. APOORTE CALORÍFICO DEBIDO AL CAMBIO DE AIRE E INFILTRACIÓN

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

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

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

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

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

**ANEXO 13. CAPACIDAD DEL EVAPORADOR**

$$1 \text{ kW} = 860 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_{focos} = 172 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

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

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

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

$$Q_{evap} = 3981.32 \frac{\text{Kcal}}{h}$$

$$Q_{evap} = 3981.32 \frac{\text{Kcal}}{h} + \frac{3.96 \text{ BTU}}{1 \text{ Kcal}}$$

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

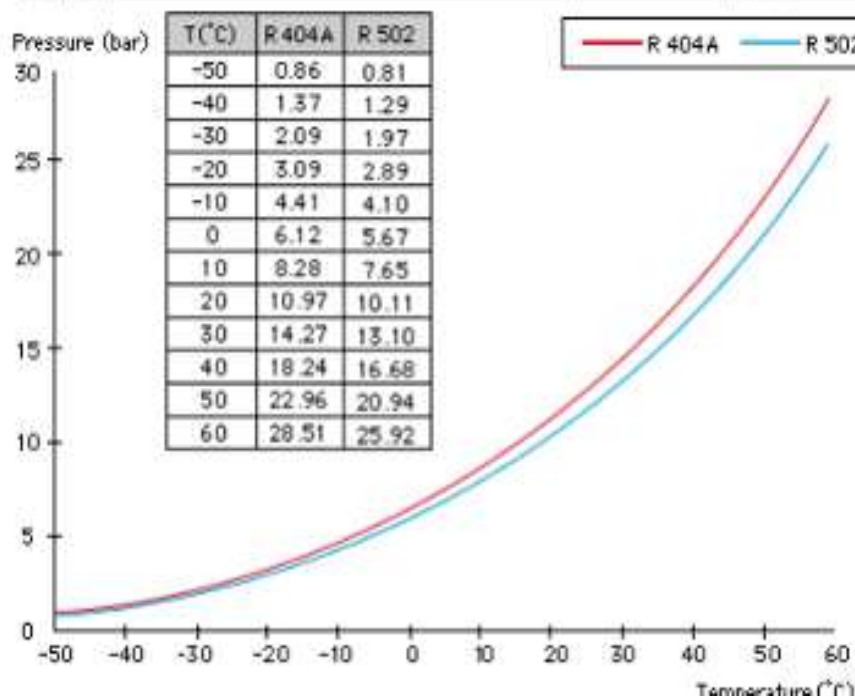
$$Q_{evap} = 15766.03 \frac{\text{BTU}}{h} \cdot 0.000293 \text{ kW}$$

$$Q_{evap} = 4.62 \text{ kW}$$

ANEXO 14. CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE R404A

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/m³)	484
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m³)	1048
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m³)	1236
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m³)	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 15. TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN Y EVAPORACIÓN

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

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

$$T_{condensación} = 36^{\circ}\text{C}$$

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

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

$$T_{evaporación} = 3^{\circ}\text{C}$$

ANEXO 16. ANÁLISIS TERMODINÁMICO EN LA CÁMARA

FRIGORÍFICA

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

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

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

$$n_c = 0.8484$$

$$n_c = 84.84\%$$

$$W_c = h_3 - h_2$$

$$W_c = (295 - 270) \text{ kJ/kg}$$

$$W_c = 25 \text{ kJ/kg}$$

$$|q_c| = h_4 - h_1$$

$$|q_c| = (295 - 130) \text{ kJ/kg}$$

$$|q_c| = 165 \text{ kJ/kg}$$

$$|q_e| = h_2 - h_1$$

$$|q_e| = (270 - 130) \text{ kJ/kg}$$

$$|q_e| = 140 \text{ kJ/kg}$$

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

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

$$COP = 6.6$$

ANEXO 17. CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN

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

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

$$r = 4$$

**ANEXO 18. CÁLCULO DEL FLUJO MÁSSICO DEL
REFRIGERANTE**

$$m = \frac{Q_{\text{evap}}}{(h_4 - h_1)}$$

$$m = \frac{3981.32 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{(295 - 130) \text{ kJ/kg}}$$

$$m = \frac{3981.32 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{(165) \text{ kJ/g}}$$

$$m = 24.13 \text{ kg/h}$$

ANEXO 19. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL COMPRESOR

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

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

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

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

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

$$P = 1.2299 \text{ kW}$$



ANEXO 20. CALOR RECHAZADO POR EL CONDENSADOR

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

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

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

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

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

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

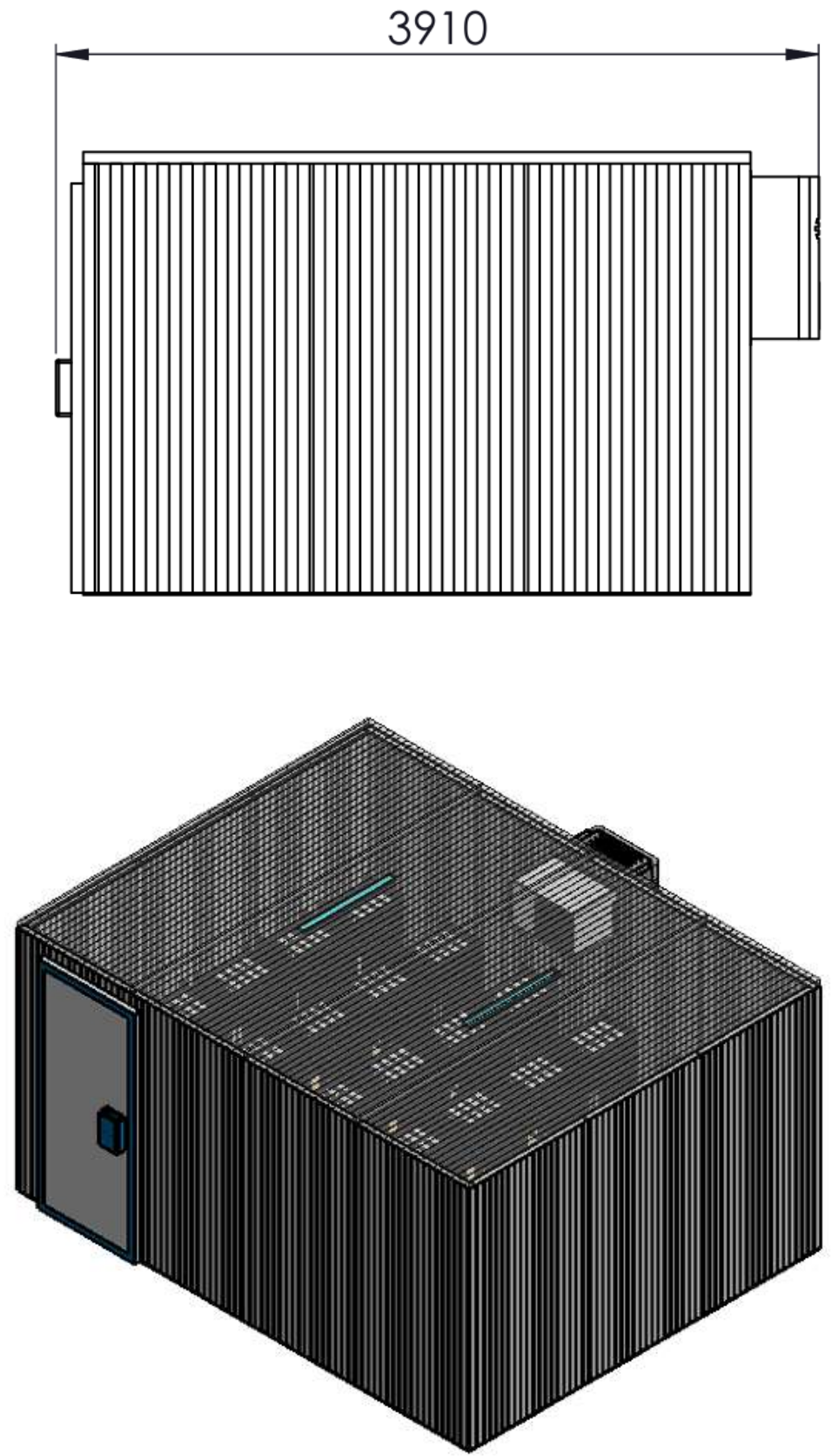
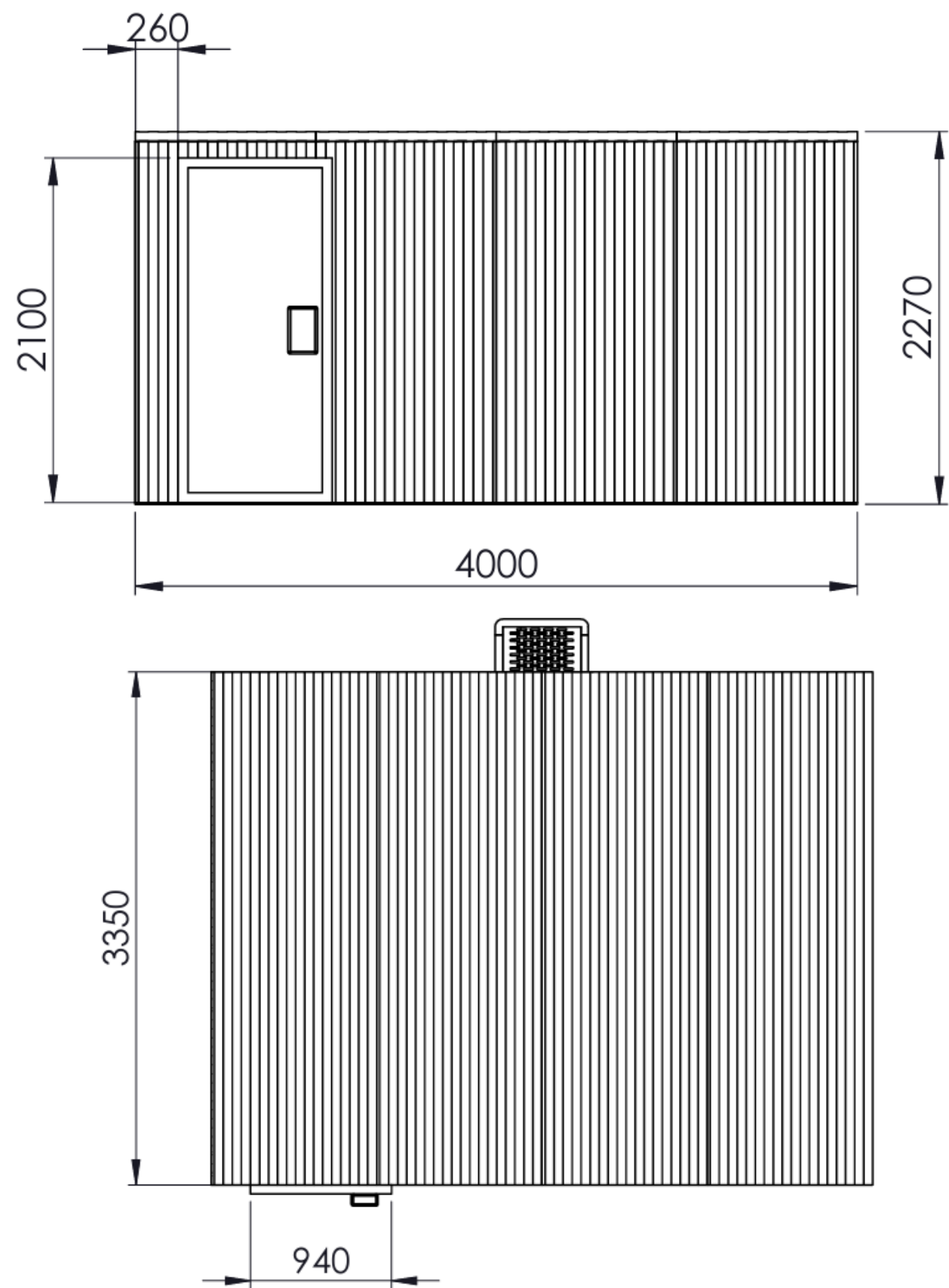
$$Q_{cond} = (603.25 \text{ kJ/h}) \cdot (0.000278 \text{ kW/kJ})$$

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

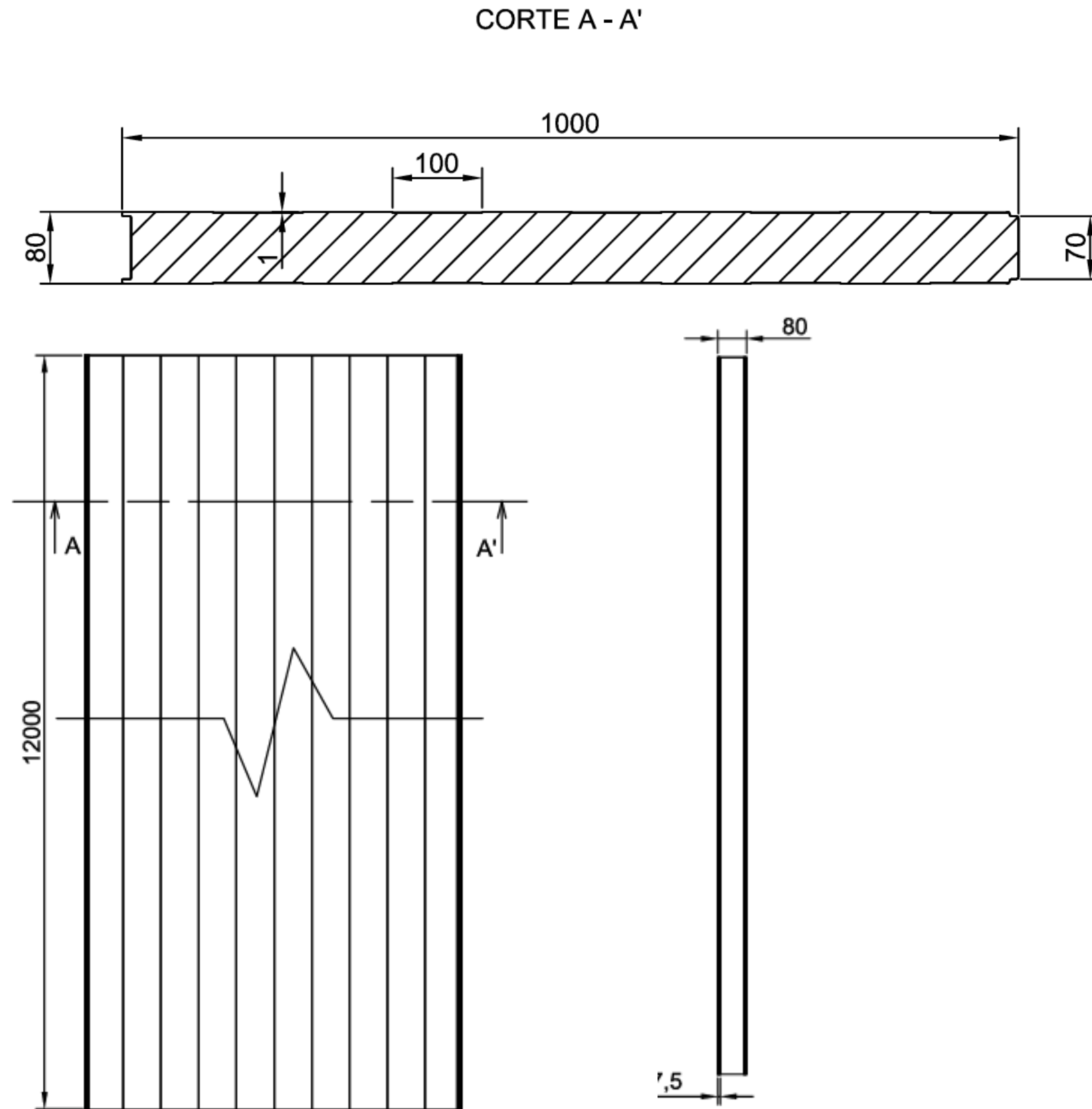
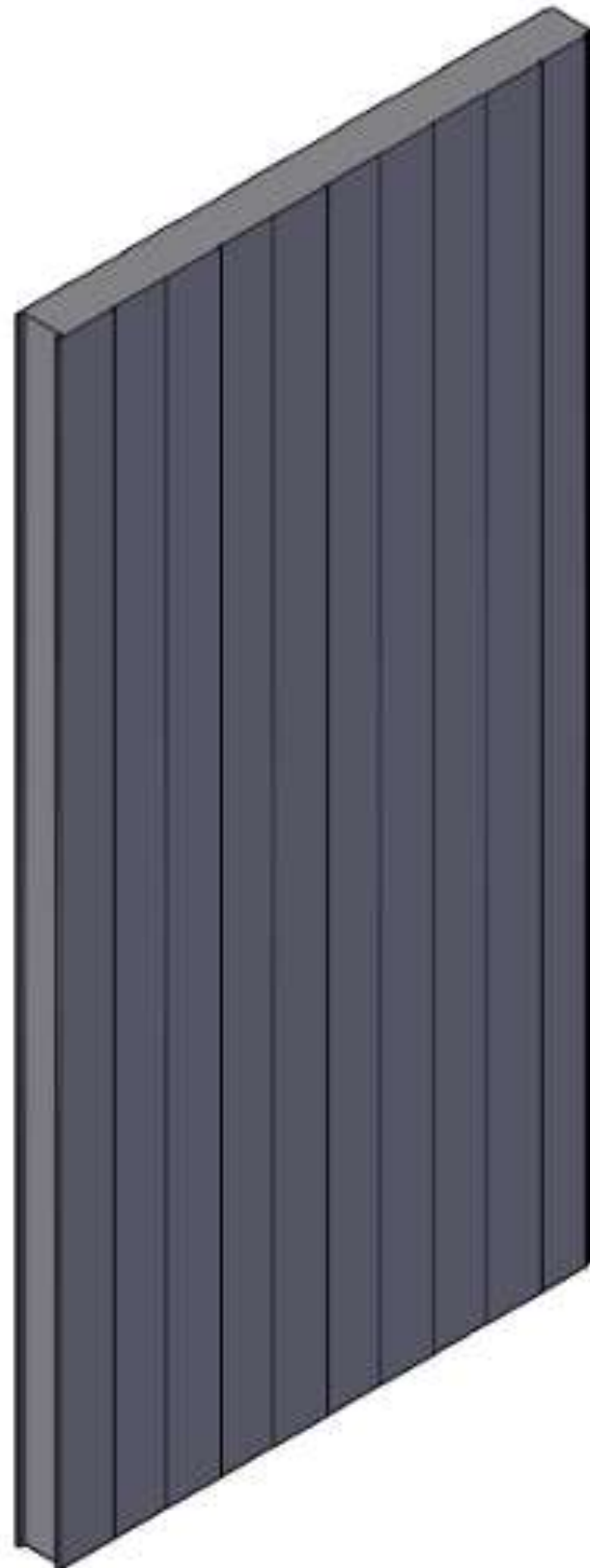
ANEXO 21. PROPIEDADES DE AISLANTES TÉRMICOS

Material o producto	HE			
	P k/gm ³	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,	·	·	·	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 polisisocianurato (PIR)	30 -60	0-028	·	60-150
Proyección con Hidrofluorcarbono HFC	40 - 60	0,035-0,032	·	100 - 150
Proyección con dióxido de carbono CO2 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	·	·	·	·

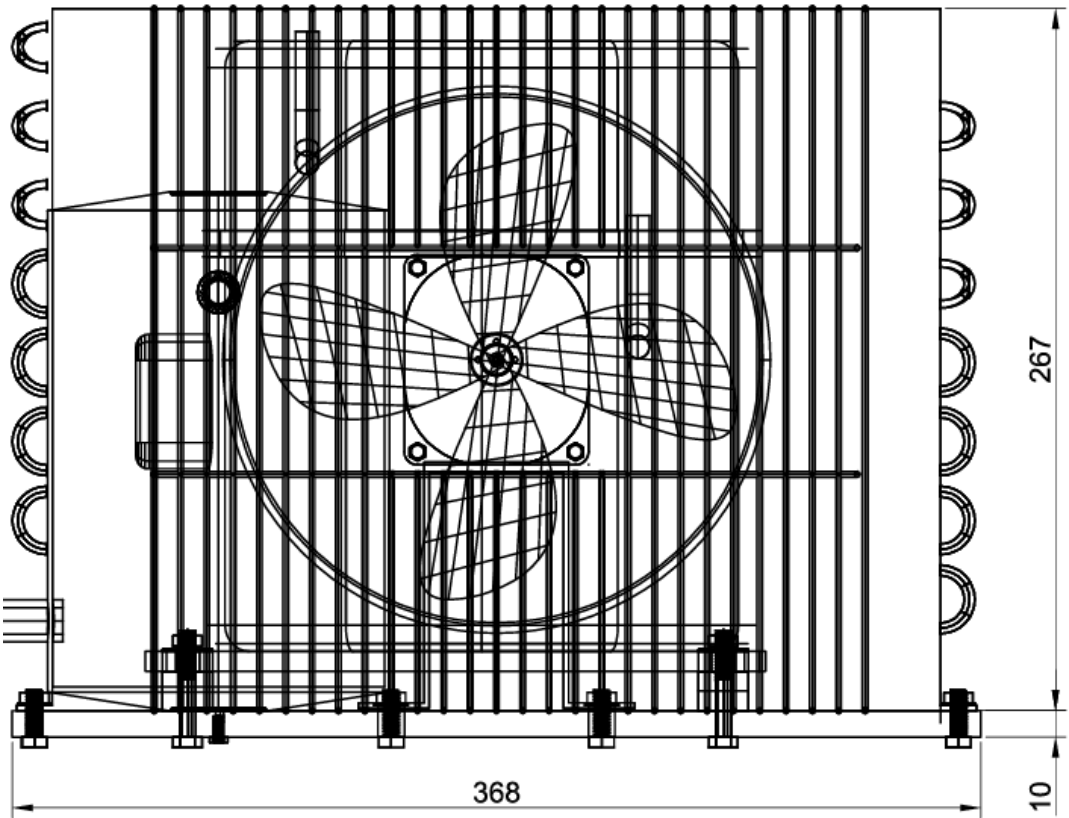
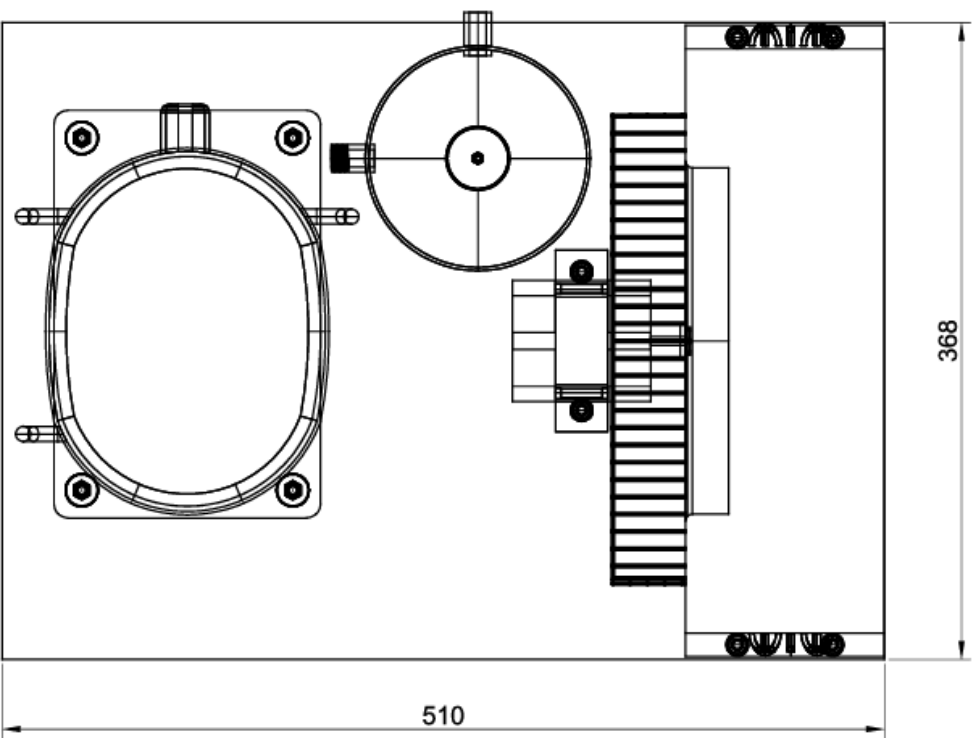
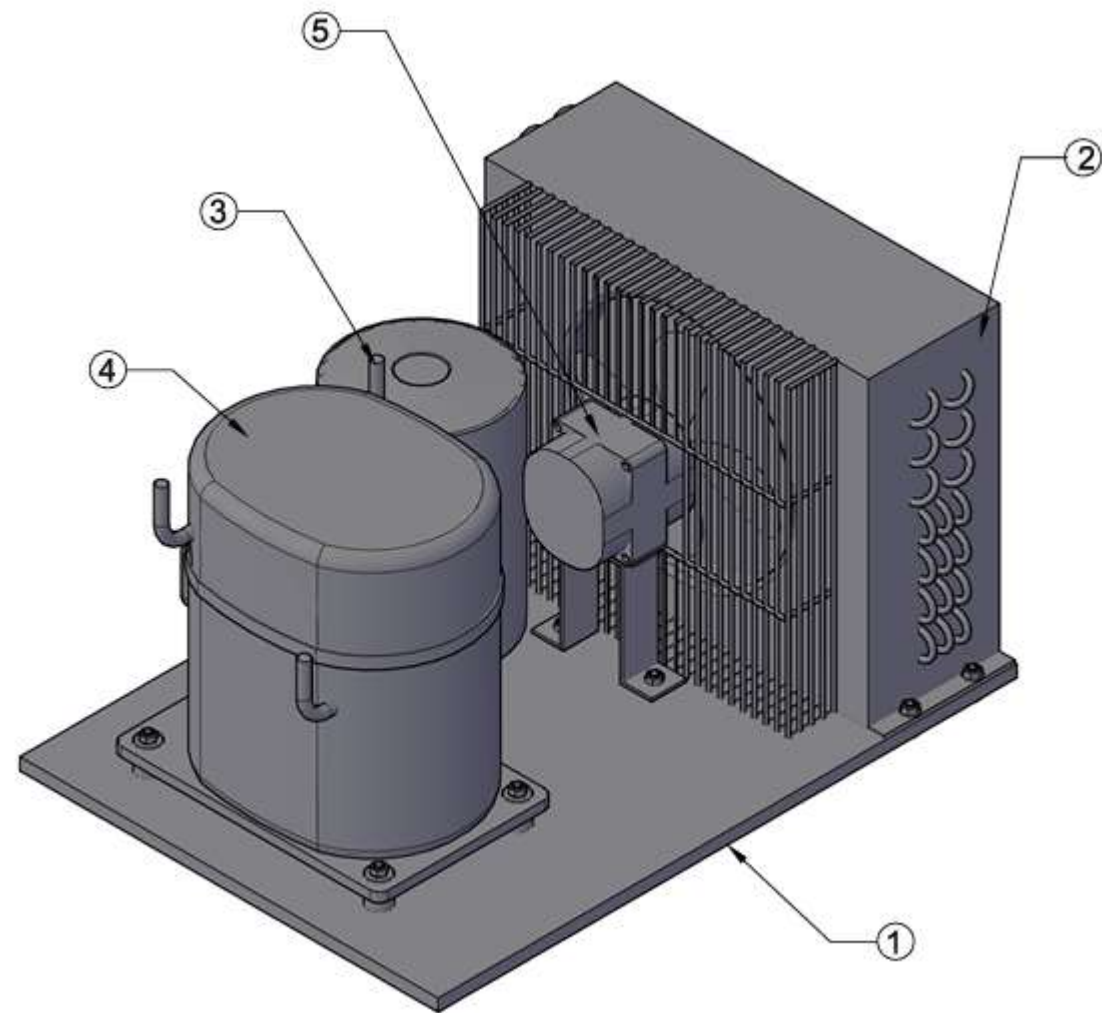
Anexo 22. Plano de cámara frigorífica



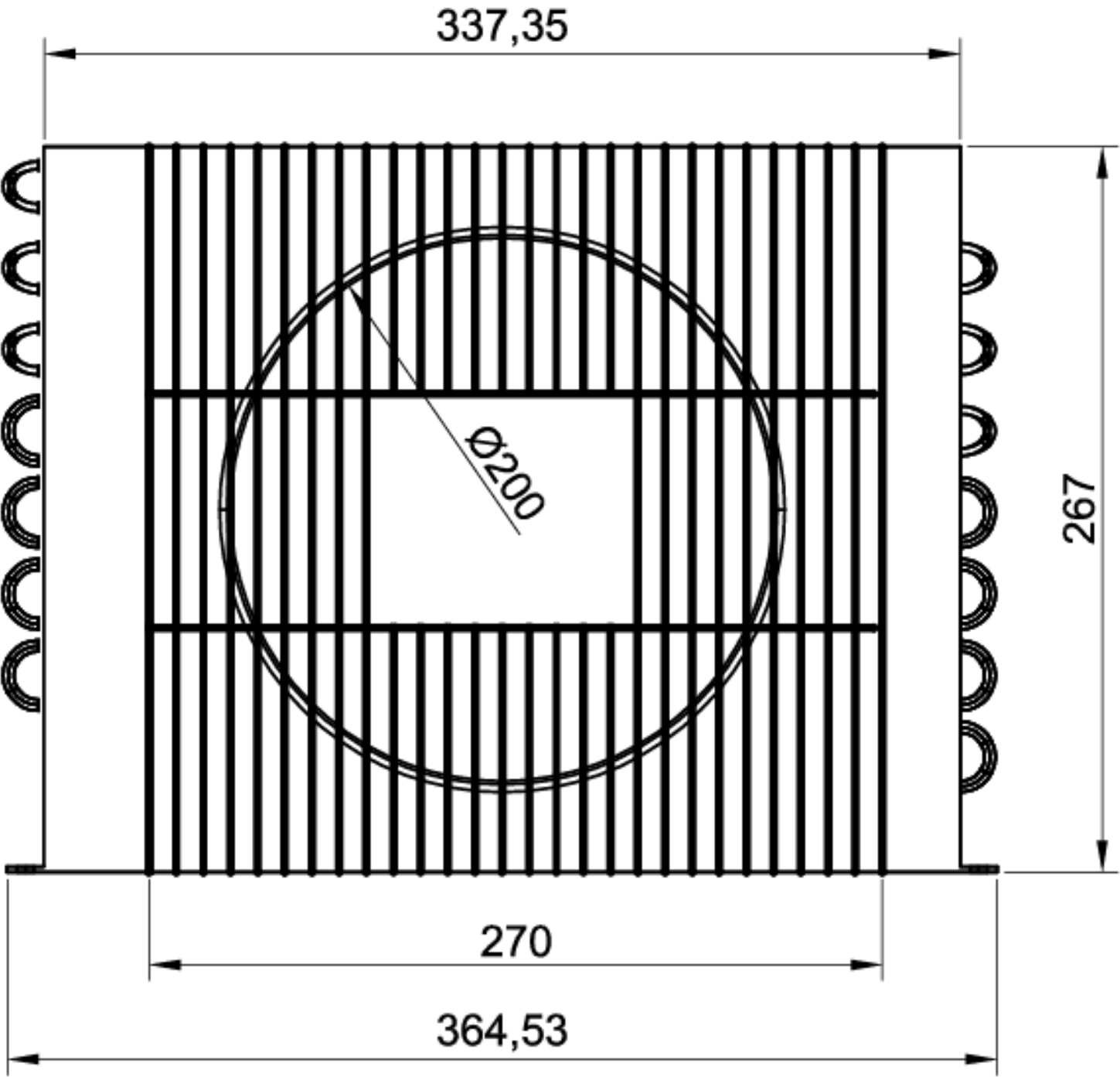
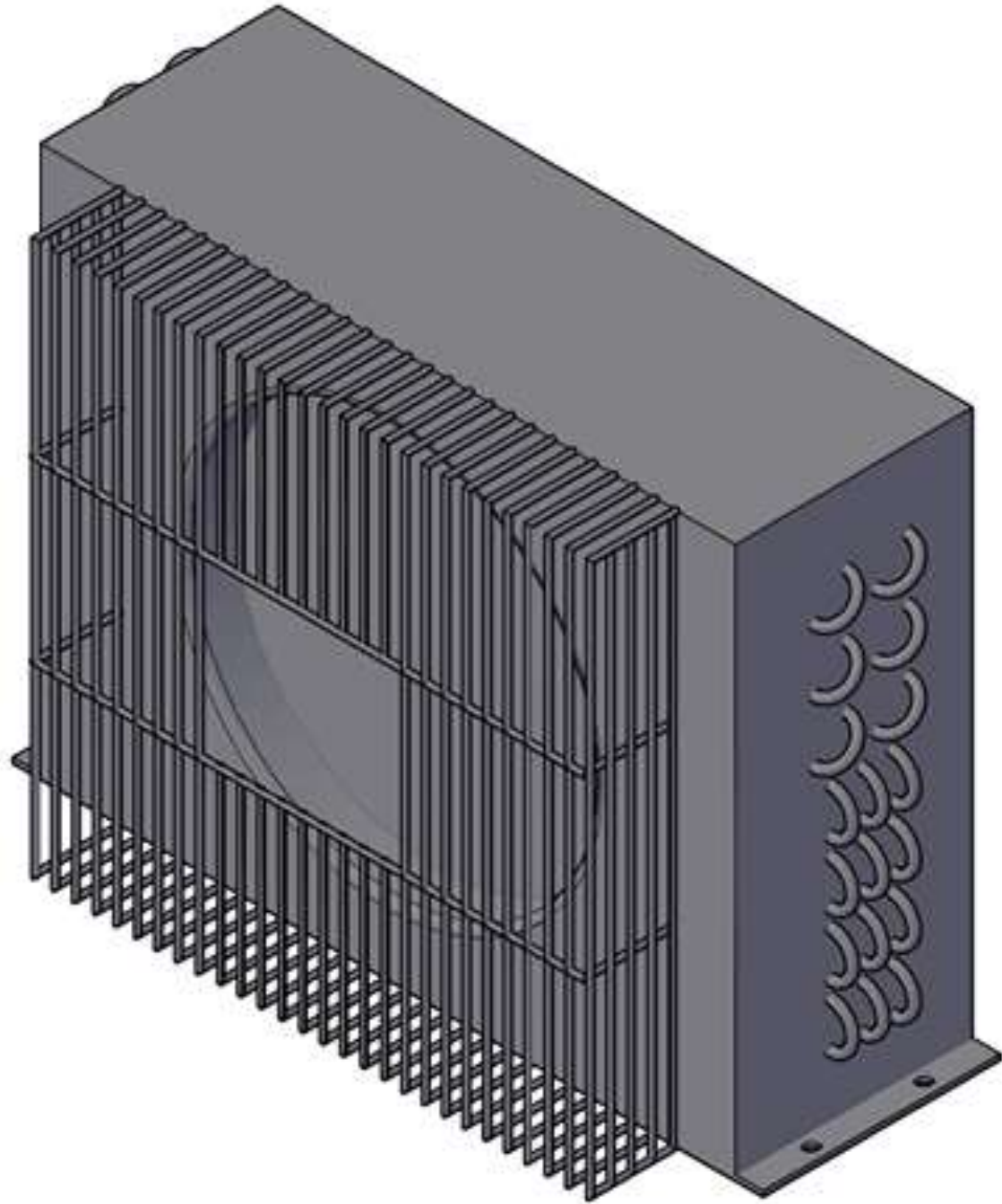
Anexo 23. Material aislante - Poliuretano



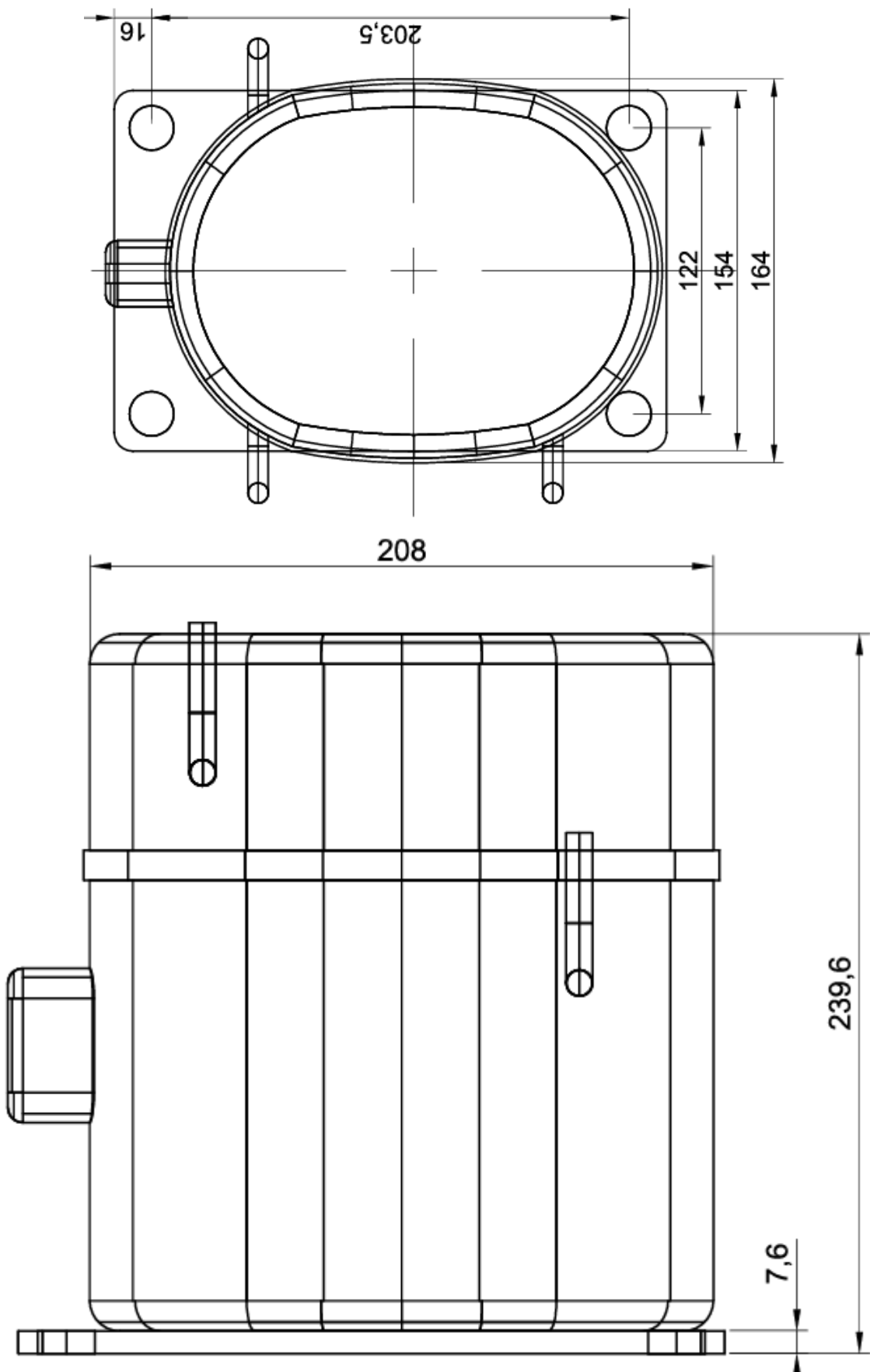
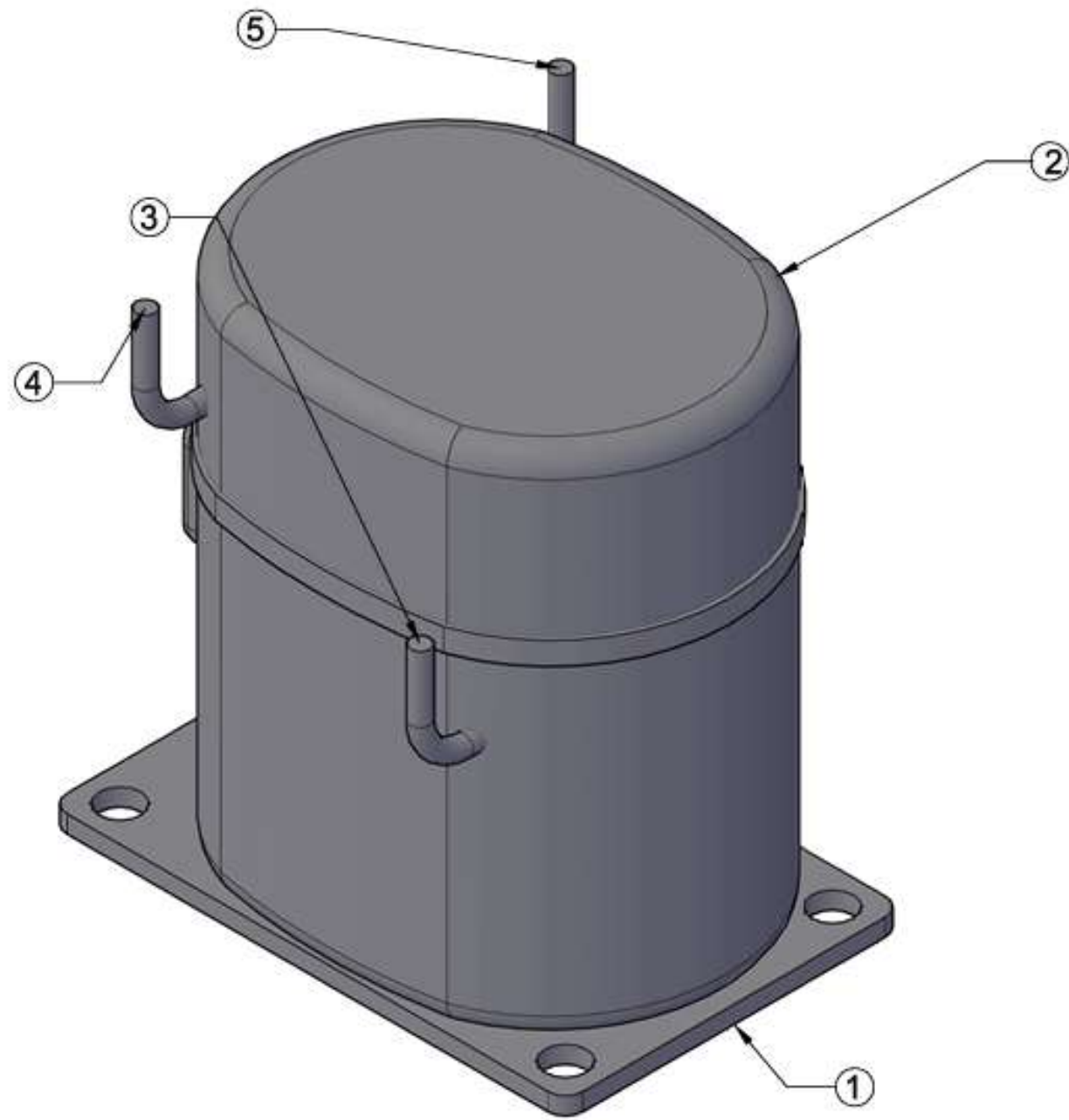
Anexo 24. Unidad condensadora de la cámara frigorífica



5	Motor Ventilador	1	10.110490.111070.001.03.05		80x70x70
4	Compresor	1	10.110490.111070.001.03.04	ASTM A-36	164x235.5x232
3	Receptor de Líquido	1	10.110490.111070.001.03.03	ASTM A-36	100x200
2	Condensador	1	10.110490.111070.001.03.02	Acero A-653	267x150
1	Placa base	1	10.110490.111070.001.03.01	ASTM A-36	368x510x10
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.

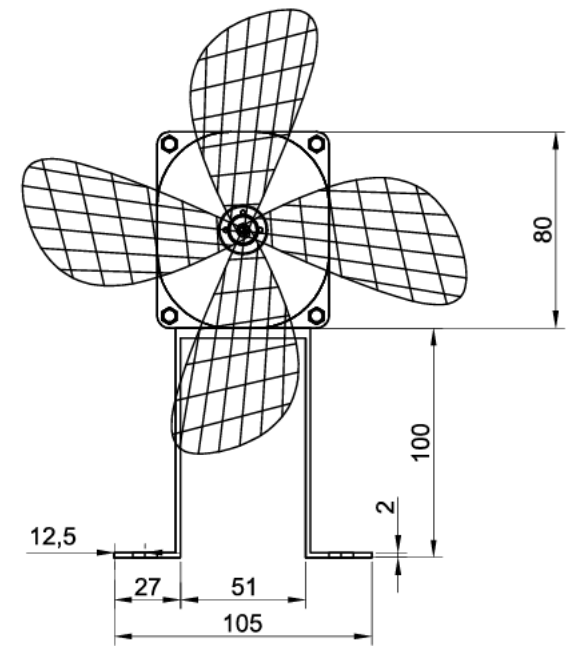
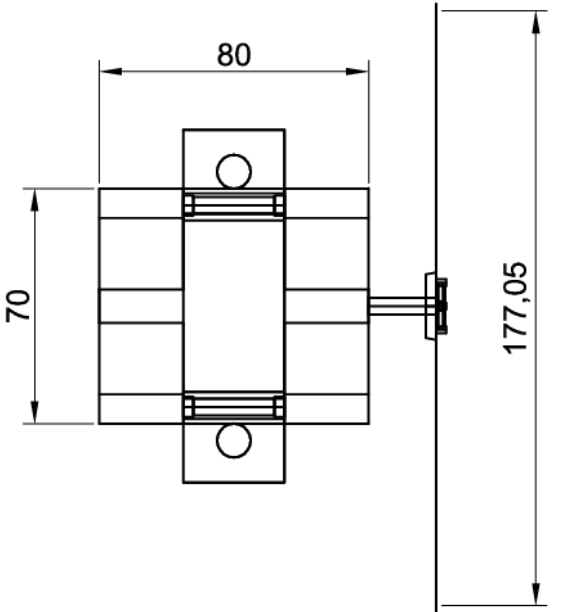
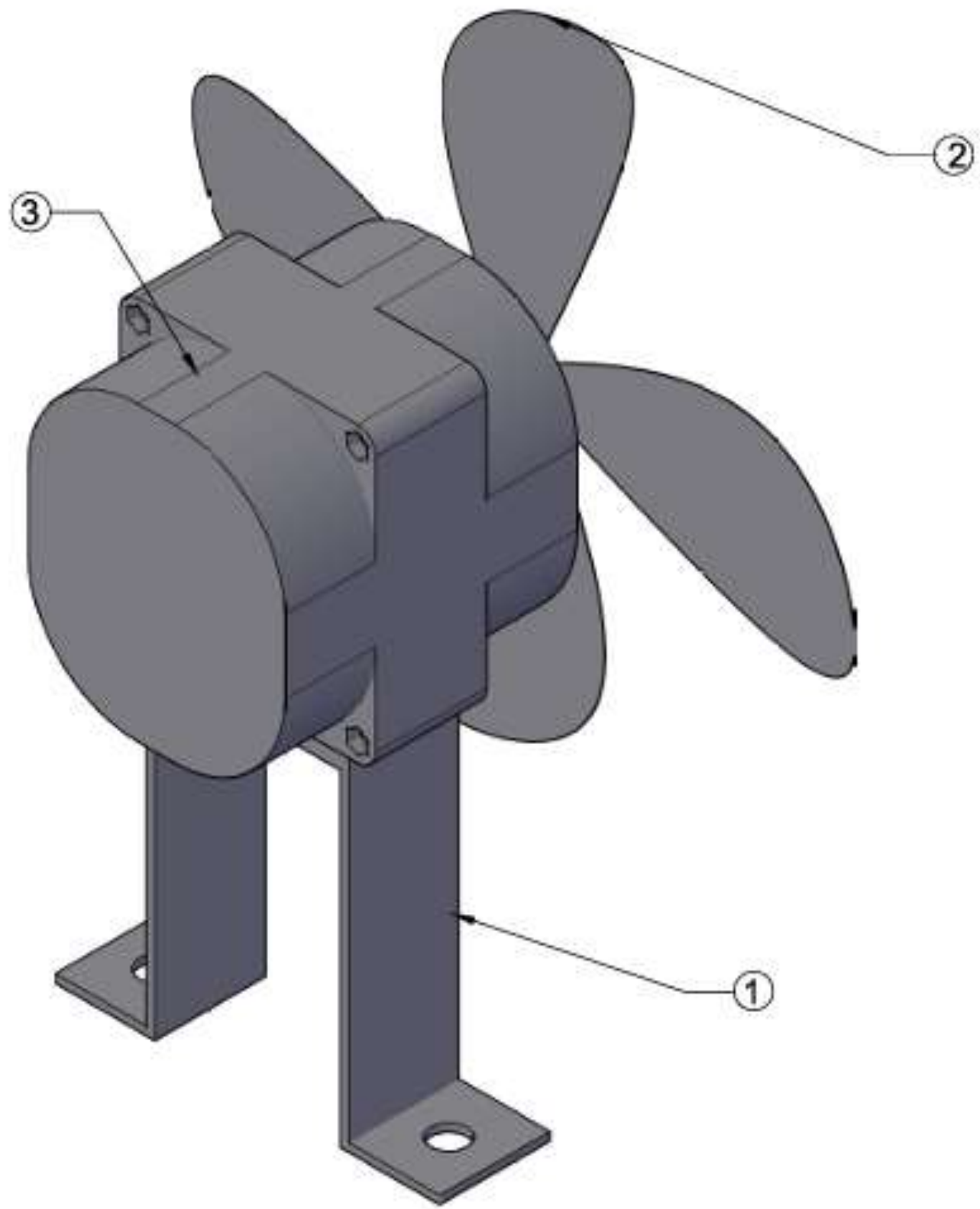


Anexo 25. Compresor de la cámara frigorífica



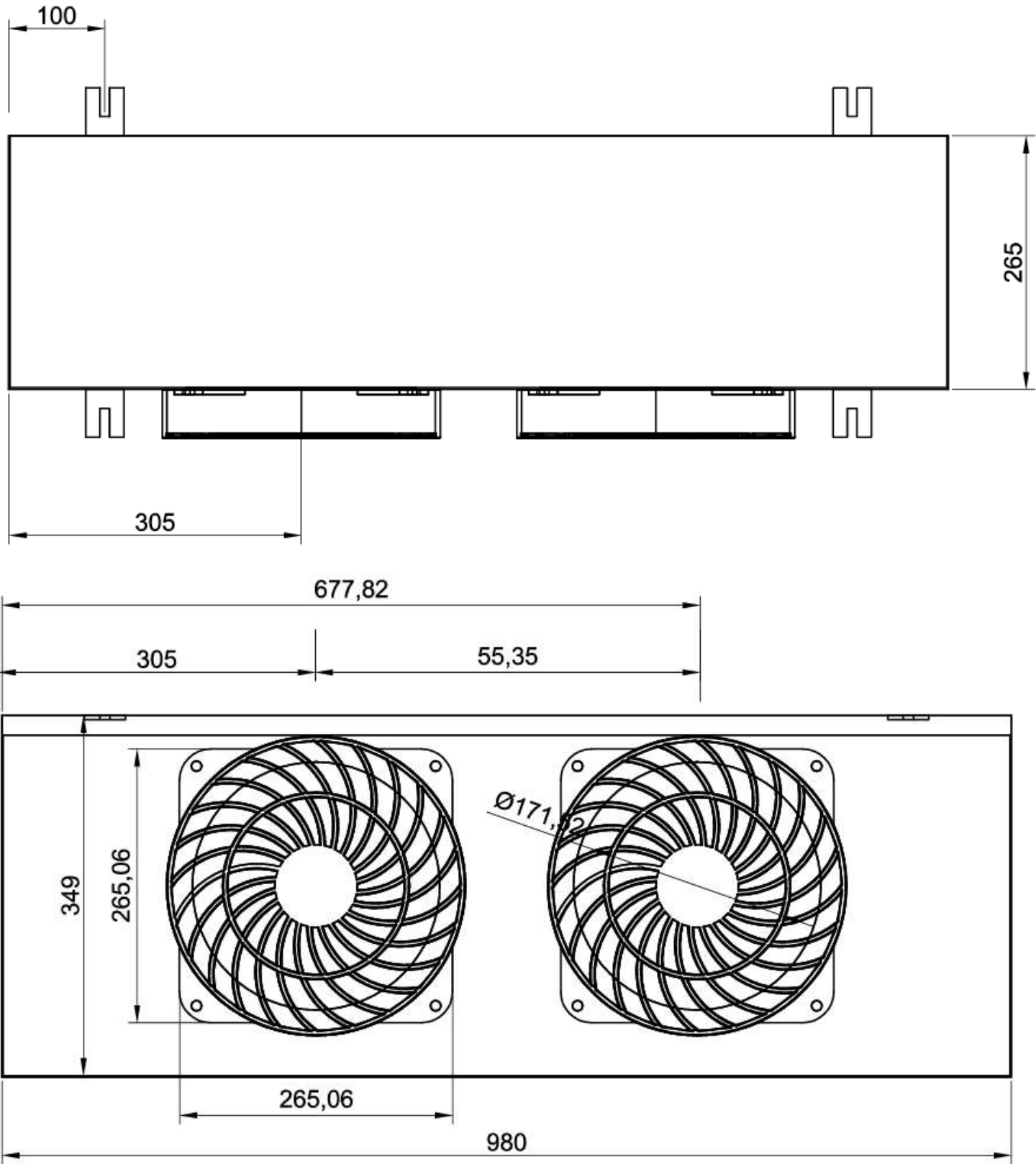
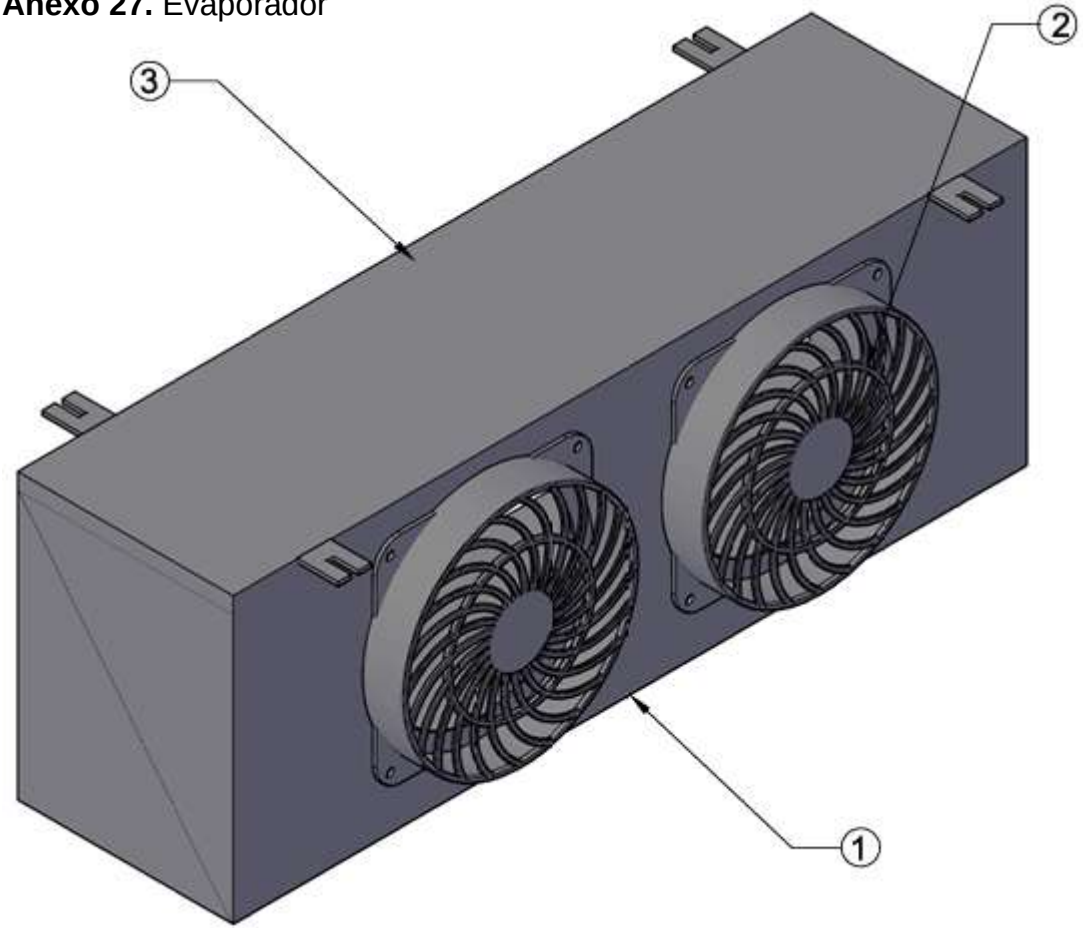
5	Línea de Succión	1			I.D. Ø 9.7
4	Línea de Proceso	1			I.D. Ø 8.7
3	Línea de Descarga	1			I.D. Ø 6.5
2	Carcasa	2		ASTM A-36	213 x 232
1	Placa base	1		ASTM A-36	235.5 x 154 x 7.6
Ref.	Denominación.	Cant.	Código	Material.	Dim. Brutas.

Anexo 26. Motor de ventilador



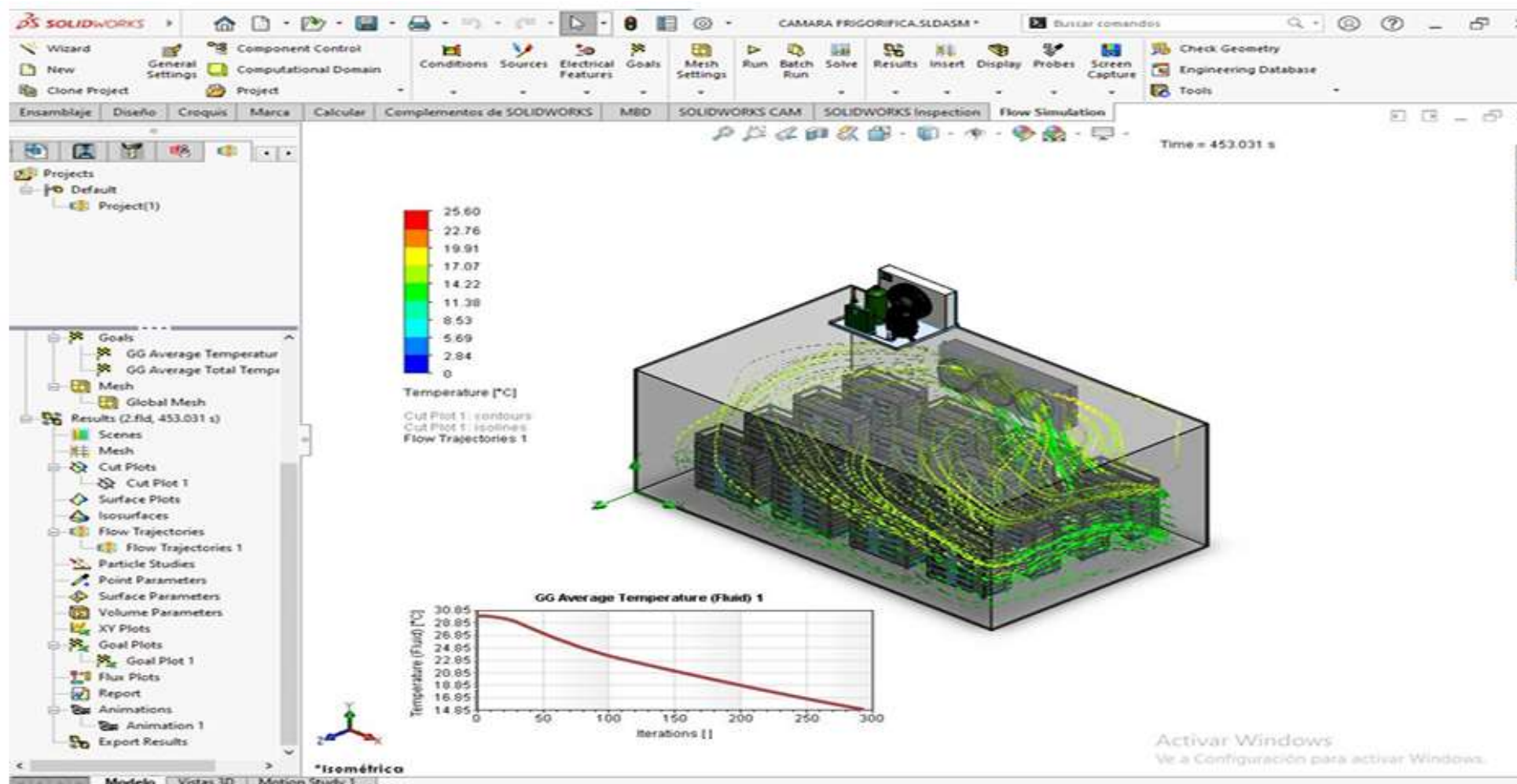
3	Hélice	1		Aluminio	100x200
2	Carcasa	1		Aluminio	267x150
1	Soporte	1		ASTM-A653	368x510x10
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.

Anexo 27. Evaporador



3	Evaporador	1		ASTM-A653	900x300*100
2	Protector de Ventiladores	1		Plástico	Ø 290
1	Carcasa	1		ASTM-A653	980x265x349
Ref.	Denominación.	Cant.	Código.	Material.	Dim. Brutas.

Anexo 28. Simulación en Solidworks





Anexo 29. Análisis económico

Cálculo de TIR y VAN para decisión de inversión

Nombre del proyecto a Evaluar	camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos	Sin camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos
Tasa de descuento	10%	10%

Periodo	Flujo de Fondos	Flujo de Fondos
0	-\$324,440	-\$23,052
1	\$80,000	\$5,000
2	\$80,000	\$5,000
3	\$60,000	\$5,000
4	\$60,000	\$2,000
5	\$45,000	\$2,000
6	\$45,000	\$2,000
7	\$45,000	\$1,000
8	\$45,000	\$1,000
9	\$20,000	\$500
10	\$20,000	\$500



	camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos	Sin camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos
TIR	11.26%	1.16%
VAN	\$ 14,083.60	\$ -5,496.44

Decisión de proyecto versus no hacerlo

Me conviene hacer el camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos dado que me da un retorno mayor al mercado

No me conviene hacer el Sin camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos dado que da un retorno menor al del mercado

Decisión entre proyectos

El camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos es el que me conviene hacer dado que tiene un VAN mayor que el Sin camara frigorifica para incrementar la conservacion de productos lacteos



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: **05 01 2025**

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS MIGUEL CARITA SUCASAIRE
Dirección: JR. BUENA VISTA N° 622
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 44671613
Teléfono: 948100745 email: CARITASUCASAIRELUCMIGUEL@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
Asesor: ING. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: DISEÑO DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD
DE CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL MERCADO SANTA BÁRBARA
DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): _____

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA E INGENIERIA MECÁNICA — P18

Firma de Autor



huella digital

05 01 2025

Fecha