

Diseño de una Cámara de Conservación con Capacidad para 250 Toneladas Destinada al Almacenamiento de Filete y Canal de Tilapia Congelada en una Empresa de Piscicultura Ubicada en Neiva, Huila.

Jesús Eduardo Pimiento Mantilla

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Refrigeración y Climatización

Director

David Alfredo Fuentes Díaz

Doctor en Tecnología Energética

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería Industrial

Especialización en ingeniería de refrigeración y climatización

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A Dios, por guiarme en cada paso de esta etapa académica, por darme la fortaleza y el entendimiento necesarios para alcanzar este logro. Sin Su luz y sabiduría, este camino habría sido mucho más difícil.

A mis hijos, Juan David y Sara Lucía, por ser mi mayor inspiración, por llenarme de luz y felicidad, y por ser el motor que me impulsa a superarme cada día. Todo esfuerzo tiene aún más sentido cuando los veo crecer y soñar.

A mi esposa, Yitza, cuyo apoyo incondicional y colaboración han sido fundamentales en la realización de esta monografía. En los momentos de mayor desafío, su compañía y aliento me dieron la fuerza para seguir adelante. Este logro es nuestro, como equipo, y refleja el esfuerzo y amor que compartimos en cada meta alcanzada.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en cada etapa de mi formación académica. Su aliento, confianza y amor han sido mi mayor motivación para seguir adelante y alcanzar cada meta.

Asimismo, extiendo mi gratitud a esta institución por brindarme una educación de calidad y experiencias enriquecedoras que han contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional. Cada aprendizaje aquí adquirido ha sido clave en la construcción de mi futuro.

Tabla de Contenido

Introducción	11
1.Planteamiento del Problema.....	12
2.Objetivos	17
2.1.Objetivo General	17
2.2.Objetivos Específicos	17
3.Desarrollo de los Objetivos	18
3.1.Evaluación de la Carga Térmica.....	21
4.Presentación de Tablas	23
4.1Cargas por Equipos o Misceláneas Qm.....	23
4.2Cargas por Conducción Qc.....	24
4.3Cargas por Infiltración.....	28
4.4Cargas por Producto	30
5.Evaluación de carga térmica.....	35
6.Descripción del sistema de refrigeración propuesto	36
6.1 Selección de Equipos, Tuberías y Componentes del Sistema de Refrigeración	37
7.Presupuesto del Sistema	45
8.Resultados del Proyecto	48
9.Conclusiones	49
10.Recomendaciones	50
Referencias Bibliográficas	51

Lista de tablas

Tabla 1. Condiciones ambientales en Neiva Huila.....	20
Tabla 2. Condiciones Operativas	20
Tabla 3 Carga por motores, luces y deshielo por horas	24
Tabla 4 Tabla de propiedades del panel aislante.	25
Tabla 5. Cargas por Conducción en 24 horas	28
Tabla 6. Cargas por infiltracion.....	30
Tabla 7. Carga por rotacion de producto en 24 horas.....	31
Tabla 8. Cargas por producto en 24 horas	32
Tabla 9. Resumen de cargas.....	35
Tabla 10. Tabla de selección de evaporadores marca Hispania.....	38
Tabla 11. Tuberías de succión y líquido del sistema (recomendadas).....	39
Tabla 13. Factor de corrección por refrigerante.....	43
Tabla 14. Modelos disponibles de condensadores por aire Hispania	43
Tabla 15 Presupuesto	47

Lista de Figuras

Figura 1. Diseño de una cámara frigorífica	13
Figura 2. Temperaturas promedio de Neiva máximas y mínimas desde 2020 hasta 2025.	19
Figura 3. Diagrama de presión y entalpía.	22
Figura 4. Vista de planta y corte propuesto de cámara de conservación.....	26
Figura 5. Cálculo de carga térmica cámara de conservación de congelado mediante software Coolpack.	36
Figura 6. Compresores de Pistones marca Bitzer.....	41
Figura 7. Diagrama P&D	44
Figura 8. Diagrama de flujo del sistema de refrigeración	45

Glosario

Calor latente: hace referencia al calor que es absorbido o expulsado durante un cambio de estado (vaporización o condensación) sin que se produzca variación en la temperatura del refrigerante

Calor sensible: calor que causa una variación de temperatura

Capacidad térmica: la capacidad térmica de los materiales y fluidos es un factor clave en el diseño de sistemas de enfriamiento, ya que influye en la eficiencia del intercambio de calor y en la regulación de la temperatura en distintos procesos industriales.

Cargas térmicas: se describen como la cantidad de calor que debe ser extraída para mantener las condiciones de temperatura requeridas en un espacio determinado

Condiciones de diseño: son las condiciones (temperaturas, humedad, presiones) para las que está diseñado un sistema y para las que funcionará normalmente

Diferencial de temperatura: (ΔT) la diferencia entre la temperatura del aire entrante y la temperatura del aire de retorno

Entalpía: parámetro fundamental para analizar los cambios de estado del refrigerante durante el ciclo termodinámico. Se utiliza para calcular el calor absorbido o liberado en procesos de evaporación y condensación, permitiendo determinar el rendimiento del sistema y optimizar su eficiencia energética.

Inocuidad alimentaria: propiedad de un producto alimenticio que garantiza que no causa daño al consumidor

Temperatura ambiental: se refiere a la temperatura del aire circundante

Temperatura de condensación: temperatura en la cual, el refrigerante pasa del estado gaseoso al estado líquido en el condensador, cediendo calor al medio ambiente o a un sistema de enfriamiento.

Esta temperatura depende de la presión de condensación y de las condiciones ambientales, y su

Resumen

Título: Diseño de una Cámara de Conservación con Capacidad para 250 Toneladas Destinada al Almacenamiento de Filete y Canal de Tilapia Congelada en una Empresa de Piscicultura Ubicada en Neiva, Huila

Autor: Jesús Eduardo Pimiento Mantilla

Este trabajo de grado tiene como objetivo diseñar una cámara de conservación de productos pesqueros congelado que cumpla con los estándares de calidad y seguridad alimentaria, optimizando costos operativos y garantizando la sostenibilidad del sistema de refrigeración. La cámara tendrá capacidad para almacenar 250 toneladas de producto, manteniendo un rango de temperatura entre -18°C y -24°C para preservar su calidad e inocuidad. La necesidad del proyecto surge debido a las condiciones ambientales desfavorables de Neiva, Huila, que afectan la conservación de la tilapia, por consiguiente, se propone una solución que asegure la cadena de frío en todas las etapas del procesamiento, diseñando una cámara frigorífica que opere a una temperatura de -18°C o menos, con un sistema de refrigeración eficiente, aislamiento térmico y control preciso de temperatura y humedad. El estudio resalta la importancia de estimar correctamente las cargas térmicas para seleccionar la maquinaria adecuada y optimizar el sistema. Se consideran factores como la transmisión de calor, renovación de aire, carga del producto y consumo energético de los equipos. El sistema propuesto utiliza compresores de pistón semiherméticos con refrigerante R-507, condensadores de aire y un sistema de expansión termostático. La metodología del proyecto incluye documentación, diagnóstico de necesidades, evaluación de carga térmica, selección de equipos, elaboración de listados de componentes, generación de documentos, presupuesto y presentación de resultados. Se destacan el uso del refrigerante R-507 por su eficiencia energética y bajo impacto ambiental, así como el cumplimiento de las normas RETIE y ASHRAE para garantizar seguridad y eficiencia. El diseño propuesto proporciona una solución efectiva para la conservación de productos congelados, asegurando el cumplimiento de normativas sanitarias y contribuyendo al crecimiento del sector pesquero a nivel local, nacional e internacional.

Palabras claves: almacenamiento, cámara de conservación, diseño, inocuidad alimentaria, refrigerante R-507.

*Trabajo de grado

** Especialización en ingeniería de refrigeración y climatización. Director David Alfredo Fuentes Díaz

Abstract

Title: Design of a Conservation Chamber with a Capacity of 250 Tons for the Storage of Frozen Tilapia Fillet and Channel in a Fish Farming Company Located in Neiva, Huila

Author: Jesús Eduardo Pimiento Mantilla.

This degree work aims to design a frozen fish products conservation chamber that meets quality and food safety standards, optimizing operating costs and guaranteeing the sustainability of the refrigeration system. The chamber will have the capacity to store 250 tons of product, maintaining a temperature range between -18°C and -24°C to preserve its quality and safety. The need for the project arises due to the unfavorable environmental conditions of Neiva, Huila, which affect the conservation of tilapia, therefore, a solution is proposed that ensures the cold chain in all stages of processing, designing a cold room that operates at a temperature of -18°C or less, with an efficient refrigeration system, thermal insulation and precise control of temperature and humidity. The study highlights the importance of correctly estimating thermal loads to select the appropriate machinery and optimize the system. Factors such as heat transmission, air renewal, product loading and energy consumption of the equipment are considered. The proposed system uses semi-hermetic piston compressors with R-507 refrigerant, air condensers and a thermostatic expansion system. The project methodology includes documentation, needs diagnosis, thermal load evaluation, equipment selection, preparation of component lists, document generation, budget and presentation of results. The use of the R-507 refrigerant stands out for its energy efficiency and low environmental impact, as well as compliance with RETIE and ASHRAE standards to guarantee safety and efficiency. The proposed design provides an effective solution for the conservation of frozen products, ensuring compliance with health regulations and contributing to the growth of the fishing sector at a local, national and international level.

Keywords: storage, conservation chamber, design, food safety, R-507 refrigerant.

*Trabajo de grado

** Especialización en ingeniería de refrigeración y climatización. Director David Alfredo Fuentes Díaz

correcto control es fundamental para garantizar la eficiencia y el rendimiento del sistema de refrigeración.

Tubería vertical: es una sección de tubería de la refrigeración por la que asciende el flujo del refrigerante.

Vapor saturado: se define como aquel que se encuentra en equilibrio térmico con su fase líquida a una determinada presión y temperatura.

Válvula maestra: válvula de mantenimiento ubicada en la salida del receptor.

Introducción

La tendencia de crecimiento exponencial de la población en las primeras décadas del siglo XXI es directamente proporcional a la cantidad de alimentos necesarios hoy en día y la necesidad de aumentar la disponibilidad de los sistemas de preservación ya empleados, por tal motivo, es importante el diseño de una cámara frigorífica para la conservación de productos pesqueros congelados que permita su durabilidad por lapsos de tiempo precisos sin afectar las condiciones propias del pescado, lo cual requiere de una serie de pasos que permitan definir la mejor opción para mantener las temperaturas exigidas. Esto se especifica conforme al cálculo de las cargas térmicas. Dicho cálculo permite valorar la precisión de la carga térmica y considerar los equipos necesarios para generarlo a partir de energía eléctrica. (FAO, 2024; ASHRAE, 2022)

El presente trabajo comprende los siguientes aspectos:

*Dimensión de la cava según la necesidad de almacenamiento conocido y las características del producto a conservar.

*Selección del material y espesor del aislamiento térmico requerido.

*Cálculo de las cargas térmicas.

*Elección del refrigerante apropiado.

*Selección del equipo más adecuado.

*Presupuesto.

La calidad del diseño de cámaras de conservación para productos pesqueros congelados conlleva una mayor durabilidad de estos y permite una mayor demanda del producto tanto para comercio nacional como internacional.

1. Planteamiento del Problema

Los productos perecederos deben ser tratados de manera adecuada para garantizar su conservación y correcto almacenamiento. La principal dificultad que enfrenta la empresa piscícola ubicada en Neiva, Huila, es la preservación de sus productos, ya que las condiciones ambientales con temperaturas que oscilan entre 23°C y 35 °C afectan la tilapia nilótica, así como la distribución del filete de tilapia y sus subproductos ya que, debido a sus características físicas, químicas y microbiológicas, estos productos son altamente susceptibles al deterioro. (FAO, 2001; ASHRAE, 2022)

La aplicación de bajas temperaturas permite su conservación, por lo que resulta necesario implementar alternativas tecnológicas enfocadas en mantener la cadena de frío durante todas las etapas del procesamiento.

Las cámaras frigoríficas representan una excelente opción para la preservación de alimentos previamente congelados, ya que permiten extraer su energía térmica y mantener la temperatura alcanzada durante el enfriamiento. Esto reduce el riesgo de alteraciones físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales en los productos terminados, cumpliendo con las exigencias legales nacionales e internacionales en materia de seguridad alimentaria.

Cámaras frigoríficas de 4 °C a -18 °C

Las cámaras frigoríficas que operan en un rango de temperatura entre 4 °C y -18 °C se utilizan principalmente para la conservación de productos refrigerados y congelados. Son esenciales en la industria alimentaria y en la cadena de suministro, ya que permiten mantener la calidad y seguridad de diversos alimentos, especialmente aquellos que son perecederos y sensibles a las variaciones térmicas. Algunos ejemplos de productos que pueden almacenarse en estas condiciones incluyen:

*Productos lácteos: leche, queso, yogur.

- *Carnes frescas y procesadas: pollo, res, cerdo, embutidos
- *Pescados y mariscos.
- *Frutas y verduras frescas.
- *Productos congelados: helados, productos de panadería y pastelería, platos precocidos.

Figura 1

Diseño de una cámara frigorífica



Nota: Coolselector software gratuito (2023)

El objetivo de estas cámaras es mantener una temperatura interna controlada y constante, a fin de evitar el crecimiento bacteriano y la degradación de los alimentos. Para lograrlo, es fundamental contar con un sistema de refrigeración adecuado, un aislamiento térmico eficiente y un control preciso tanto de la temperatura como de la humedad relativa. En lo referente al aislamiento térmico, el poliuretano es uno de los materiales más utilizados, debido a su baja conductividad térmica y a su capacidad para mantener una temperatura estable en el interior de la cámara.

Es fundamental que estas cámaras frigoríficas cuenten con sistemas de control y monitoreo que permitan ajustar la temperatura según las necesidades específicas de los productos almacenados, y que aseguren el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad alimentaria.

El uso de materiales adecuados, un buen diseño y un mantenimiento adecuado es clave para garantizar la eficiencia y el funcionamiento óptimo de estas cámaras. (Saucedo, 2023, pp. 11- 12).

El funcionamiento eficiente de una cámara de conservación de productos congelados depende en gran medida de una correcta estimación de las cargas térmicas, ya que de ello se derivan decisiones clave en el diseño del sistema de refrigeración.

Temperaturas y Cargas Térmicas

La estimación de las cargas térmicas en una instalación frigorífica determina la potencia necesaria para enfriar los productos hasta la temperatura deseada. Con base en esta potencia calculada, es posible seleccionar la maquinaria adecuada, optimizando así la eficiencia del sistema y reduciendo al mínimo los costos de inversión.

La carga térmica total corresponde a la suma de diversas cargas específicas, entre las cuales se incluyen:

- *Carga térmica por transmisión de calor a través de paredes, techo y piso.
- *Carga térmica por renovación de aire.
- *Carga térmica debida a la carga del producto.
- *Carga térmica por respiración de los productos.
- *Carga térmica por servicios o misceláneas.
- *Carga térmica generada por los ventiladores.

La carga térmica por transmisión se refiere a la cantidad de calor que ingresa al recinto a través de las superficies que lo delimitan (paredes, techo y suelo) por unidad de tiempo, debido a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cámara.

La carga por renovación de aire está asociada al calor que ingresa cada vez que se abre la puerta de la cámara, permitiendo el ingreso de aire más cálido del exterior.

La carga térmica asociada al producto representa el calor que debe extraerse para llevarlo a

su temperatura de conservación o congelación. Esto es especialmente relevante para productos frescos, como frutas y verduras, que emiten calor durante el almacenamiento. Sin embargo, en este caso específico dado que se almacena pescado ya congelado en un promedio de temperatura de (-2.3°C) es necesario considerar esta carga, ya que el producto requiere un proceso adicional de enfriamiento.

La carga térmica por servicios incluye el calor generado por la iluminación interior, por el personal que ingresa o trabaja dentro de la cámara, y por el funcionamiento de equipos o maquinaria adicional. Por su parte, la carga térmica producida por los ventiladores corresponde al calor generado por los ventiladores del evaporador, los cuales forman parte del sistema de refrigeración (Díaz, 2021, p. 15)

De acuerdo con las condiciones de frío necesarias para la preservación de productos cárnicos pesqueros en la empresa huilense, el inconveniente radica en mantener los productos terminados a temperaturas menores de -18 °C, como un requerimiento legal para su comercialización nacional e internacional. Por esta razón, surge el siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características de una cámara de conservación de pescado congelado que permita almacenar 250 toneladas en un rango de temperatura de -18 °C a -24 °C?

Justificación

La conservación adecuada de productos a base de tilapia, como filetes y subproductos, es un factor determinante para garantizar su durabilidad, calidad e inocuidad en toda la cadena de suministro. En este contexto, incluir la etapa de conservación de productos congelados dentro de la cadena de frío representa una necesidad prioritaria para la industria piscícola. Sin embargo, esta etapa implica un desafío técnico considerable, ya que los productos terminados deben mantenerse a temperaturas iguales o inferiores a -18 °C, tanto durante el almacenamiento como en los procesos

de distribución y comercialización, en cumplimiento con los requisitos normativos nacionales e internacionales en materia de seguridad alimentaria.

Frente a esta necesidad, se plantea la implementación de sistemas de refrigeración y aislamiento térmico en una cámara especialmente diseñada para operar con temperatura de aire de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y temperatura de saturación del refrigerante de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas condiciones permiten conservar los productos por debajo del umbral requerido, utilizando refrigerantes como el freón R- 507 o el amoníaco, ambos ampliamente empleados en aplicaciones industriales de refrigeración por su eficiencia térmica y compatibilidad con sistemas de congelación de alimentos.

El desarrollo del diseño de una cámara de conservación para productos congelados brinda a la industria alimentaria una alternativa técnica que facilita la adquisición, operación y mantenimiento de equipos de refrigeración. En particular, el uso de sistemas de compresión mecánica con refrigerante R-507 y expansión directa, empleando aire forzado como medio de transferencia de calor, representa una solución viable, eficiente y de menor costo frente a otros sistemas más complejos o costosos.

Esta propuesta resulta especialmente atractiva para la empresa piscícola en estudio, ya que responde a las condiciones climáticas de la región de Neiva, Huila, y a las necesidades específicas del proceso productivo. Asimismo, garantiza que la tilapia nilótica, sus filetes y subproductos se conserven a temperaturas iguales o inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, preservando su calidad, prolongando su vida útil y asegurando el cumplimiento de los estándares de comercialización exigidos en los mercados nacionales e internacionales.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Establecer las características técnicas y operativas de una cámara de conservación de pescado congelado que garantice el almacenamiento eficiente de 250 toneladas de producto, manteniendo un rango de temperatura óptimo de -18 a -24°C, para asegurar la calidad e inocuidad del pescado

2.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la carga térmica requerida de la cámara mediante cálculos térmicos y comparándolos con el software Coolpack, teniendo en cuenta la dimensión de la cava a temperatura de -18°C, de acuerdo con las características del producto a conservar.
2. Documentar las memorias de cálculo y listado de componentes con especificaciones mínimas requeridas.
3. Desarrollar el presupuesto del proyecto de refrigeración y aislamiento térmico de la cámara para 250 ton de tilapia

3. Desarrollo de los Objetivos

El presente trabajo se desarrolló con base en una revisión bibliográfica rigurosa de fuentes especializadas, incluyendo libros, artículos académicos, tesis de grado, software para el cálculo de cargas térmicas y conocimientos técnicos previos relacionados con sistemas de refrigeración industrial que utilizan como refrigerante el freón R-507. Esta revisión permitió establecer los fundamentos teóricos y técnicos necesarios para analizar las variables térmicas que intervienen en el diseño de una cámara de conservación de productos congelados.

En concordancia con los objetivos propuestos, el estudio se enfocó en identificar y cuantificar las principales fuentes de carga térmica que afectan el comportamiento de la cámara. Entre estas se destacan:

- *Transmisión de calor a través de paredes, techo y piso, determinada por la eficiencia del aislamiento térmico instalado.
- *Carga térmica del producto, generada cuando se introducen productos a una temperatura diferente de la requerida para su conservación (mínimo $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- *Cargas misceláneas, derivadas del funcionamiento de luminarias, equipos eléctricos y otras fuentes internas de calor.
- *Infiltración de aire exterior, ocasionada por la apertura de puertas, variable que depende del tiempo de exposición, el tamaño de las puertas y la presencia o ausencia de barreras físicas.

Para esta investigación se consideró un volumen de aire infiltrado de $190\text{ m}^3/\text{h}$, equivalente aproximadamente al 5 % del volumen total de la cámara, temperatura de aire que ingresa 35°C a una humedad relativa de 85 %, sin cargas generadas por personas, en el interior del recinto.

El análisis de estas variables se realizó en conjunto con el diagnóstico inicial de las

Diseño de una Cámara de Conservación

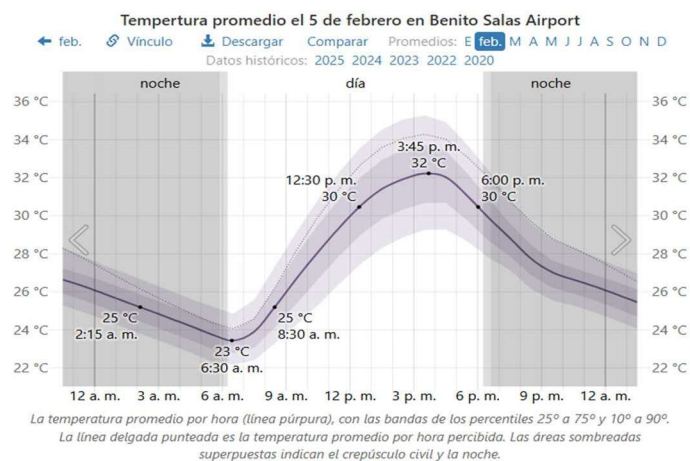
necesidades del cliente, lo que permitió ajustar el diseño de la cámara a las condiciones reales del entorno operativo y del proceso productivo.

El diseño se basa en condiciones ambientales de la ciudad de Neiva, departamento del Huila, Colombia, estas representan un factor determinante en la selección y dimensionamiento de los equipos del sistema de refrigeración.

En función de estas variables, se establecieron las condiciones de operación del sistema de refrigeración propuesto. Para ello, se recopiló información ambiental y técnica a través de fuentes meteorológicas y mediciones directas en el sitio de instalación. Entre las variables medidas se incluyeron: temperatura ambiente, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, rotación diaria, temperatura de entrada del producto y dimensiones de las puertas. Estas últimas fueron definidas con base en las características de los equipos móviles necesarios para optimizar las maniobras de cargue y descargue, y fueron validadas en campo para asegurar su correcta incorporación al diseño final.

Figura 2.

Temperaturas promedio de Neiva máximas y mínimas desde 2020 hasta 2025.



<https://es.weatherspark.com/d/149850/2/5/Tiempo-promedio-el-5-de-febrero-en-Benito-Salas-Airport-Colombia#Figures-Temperature>

Diseño de una Cámara de Conservación

Tabla 1.

Condiciones ambientales de Neiva Huila.

Condiciones Ambientales Neiva Huila.			
Variabes	mínima	máxima	promedio
Humedad Relativa	65	100	82.5
Temperatura bulbo húmedo	26	28	27
Temperatura promedio Ambiente 2025	22	35	32

Nota: En esta tabla se presentan las variables medioambientales a las que estaría sometido el equipo externo. Las mediciones de humedad relativa y temperatura de bulbo húmedo se realizaron en sitio utilizando un termohigrómetro digital marca Extech, durante las horas más críticas de 11am-3pm durante 6 días diciembre 1-7 dic 5 muestras 1 toma por hora en año 2020. Elaboración propia.

Tabla 2

Condiciones operativas

Condiciones Operativas.	
Variabes Operativas	
Rotación diaria del producto	15200 KG.
Temperatura entrada de producto	-2.3 °C
Temperatura final o de la Cámara	-20°C

Nota: Estos valores de rotación de producto se tomaron a partir de los datos promedio de producción diaria de la planta. Elaboración propia.

Diseño de una Cámara de Conservación

3.1. Evaluación de la Carga Térmica

La evaluación de las cargas térmicas se realiza mediante cálculos basados en ecuaciones de transferencia de calor, considerando los distintos factores que afectan el balance energético de una cámara de conservación. Entre estos se incluyen: (ASHRAE, 2022)

- *Conductividad térmica a través de las paredes, techos y pisos.

- *Psicrometría para el análisis del aire de infiltración.

- *Pérdidas energéticas generadas por moto-ventiladores y equipos eléctricos.

- *Cargas misceláneas, como las producidas por iluminación interna y otros elementos.

- *Cargas por calor sensible y latente, dependiendo de si ocurre solo una variación de temperatura o un cambio de estado físico la ecuación que se usa para calcular el calor sensible es (Faires, 1983; ASHRAE, 2022)

$Q_s = m \cdot C_{ps} \cdot (DT)$ en donde:

Q_s = Calor sensible antes del Punto de congelación o después, unidades SI [Kcal], [KW].

m = masa del producto en [kg]

C_{p1} = calor específico antes de cambio de fase, unidades SI [Kcal/°C Kg]

C_{p2} =calor específico luego de cambio de fase, unidades SI [Kcal/°C Kg]

DT = diferencial o variación temperatura que experimentan las sustancias al ceder energía, unidades SI [°C]

El calor latente corresponde a la energía requerida durante un cambio de estado (por ejemplo, de líquido a sólido), mientras que el calor sensible se refiere al cambio de temperatura sin alteración del estado físico la ecuación usada para calcular el calor latente es:

$Q_l = m \cdot q_l$, en donde

Q_l = calor latente unidades SI [Kcal], [KW], unidades de potencia frigorífica

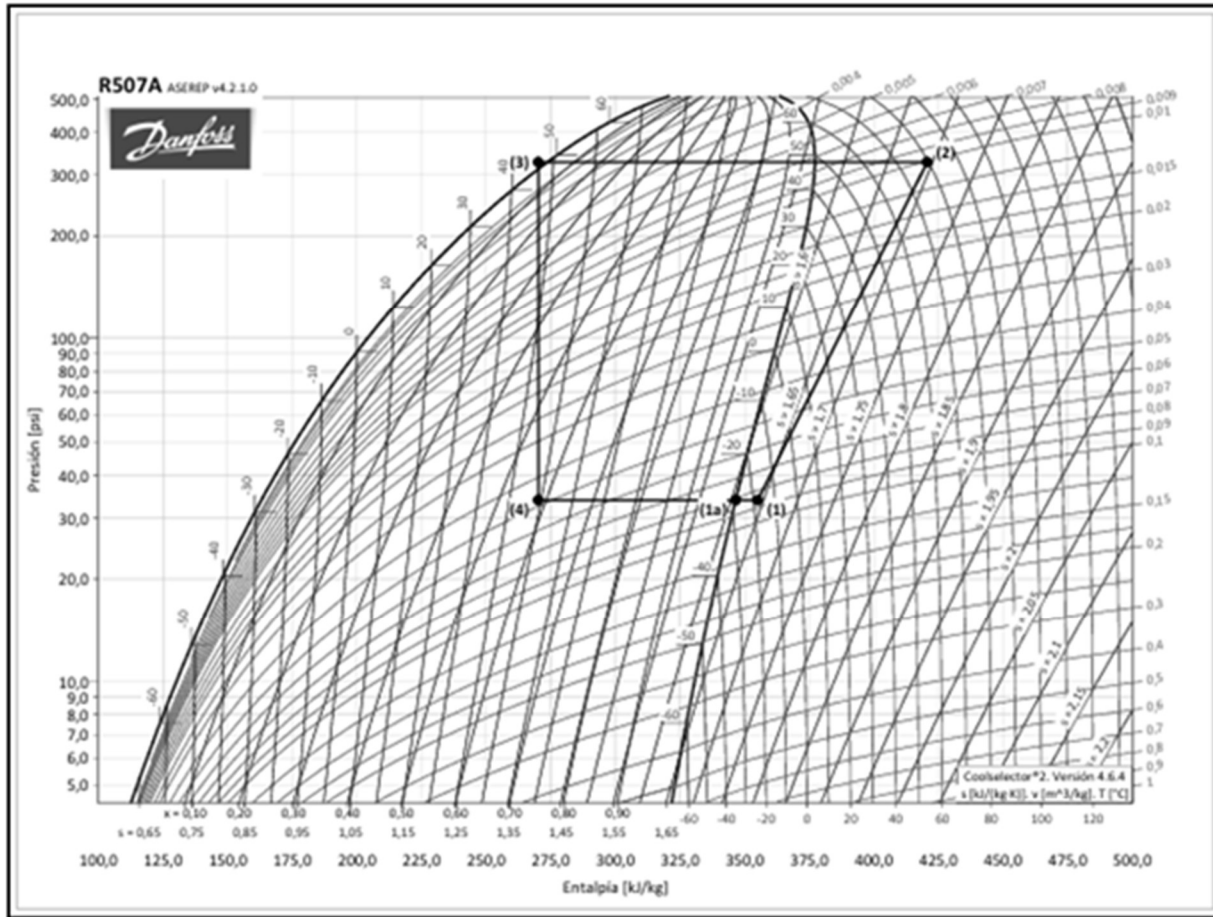
Diseño de una Cámara de Conservación

m = masa de la sustancia en [Kg] si se va a trabajar en sistema internacional

q_l = calor latente de la sustancia unidades SI, [Kcal/Kg].

Figura 3

Diagrama de presión y entalpía.



Nota: Software gratis coolselector2 Danfoss (Danfoss, s. f.)

Diagrama de presión entalpía en donde se observan las variables termodinámicas del sistema de refrigeración utilizado por R-507 empleado en la propuesta como base para realizar los cálculos térmicos para la selección de equipos y componentes.

En anterior grafico p-h se muestra el ciclo de refrigeración en donde se puede ver el comportamiento del refrigerante R507 iniciando en el evaporador (4-1) a presión y temperatura constante 33.89 Psi, -28°C , el refrigerante recibe energía térmica y como consecuencia cambia de fase de mezcla saturada liquido-gas calidad $x=0.58$ a la entrada del evaporador a gas sobrecalentado

Diseño de una Cámara de Conservación

10K en la succión del compresor temperatura de succión de -17.9°C , del punto (1-2) esta el compresor en donde el refrigerante es comprimido desde 33.9 Psi hasta 327.6 Psi aumentando su temperatura hasta 79.7°C luego, entre los puntos (2-3) se satura a la temperatura de condensación de 48°C a presión y temperatura constante en este proceso se asumió subenfriamiento 2 K permitiendo una temperatura del refrigerante de 46°C a la salida del condensador, por último en el punto (3-4) pasa por la válvula de expansión donde cae la presión y a su vez cae la temperatura de 46°C hasta -28°C en un proceso isoentálpico iniciando nuevamente el ciclo.

Una vez estimadas las cargas térmicas, estas son validadas utilizando el software CoolPack, herramienta especializada en la simulación y análisis de sistemas de refrigeración, lo que permite consolidar los resultados y asegurar su precisión para las siguientes fases del diseño.

Las variables del proyecto, tales como la temperatura de operación, la temperatura ambiente, el volumen de producción (en toneladas), la humedad relativa, la capacidad térmica, la proyección de crecimiento, la disponibilidad de espacio y los requerimientos legales, se analiza mediante cálculos térmicos manuales, apoyados en tablas de propiedades termodinámicas y en el uso del software especializado Coolpack.

Este análisis integral concluye con la elaboración del presupuesto correspondiente al diseño de la cámara de conservación de producto congelado.

4. Presentación de Tablas

Las siguientes tablas se resumen los valores de las diferentes cargas térmicas generadas por los motores, conducción a través de paredes, infiltración de aire, por el producto.

4.1 Cargas por Equipos o Misceláneas Q_m

Las cargas misceláneas Q_m es la sumatoria de la energía disipada por motores, luces, resistencias de deshielo en 24 horas de funcionamiento del cuarto frío, estas fueron consultadas en los catálogos de los equipos necesarios para el adecuado funcionamiento de la cámara de conservación de productos pesqueros congelados.

La iluminación interna se diseñó para alcanzar una intensidad de 220 lux, con una demanda de

Diseño de una Cámara de Conservación
potencia estimada 2000W lo que da un valor de 5 W/m².

En la tabla 3 se muestra los equipos eléctricos que operarían dentro de la cámara consumos por hora.

Tabla 3

Carga por motores, luces y deshielo por horas

CARGAS MISCELANEAS POR MOTORES, ALUMBRADO EN HORAS	
EQUIPOS	KW
Motores evaporadores	6,2
Luces	2
Montacargas	2
Deshielo	7,2
Total, cargas por equipos y alumbrado Qm. [KW]	17,4

Nota. Resumen de cargas misceláneas. Elaboración propia.

4.2 Cargas por Conducción Qc

La carga térmica por conducción Qc se genera a través de las paredes del cuarto frío. El tamaño del recinto fue definido con base en las dimensiones de las estibas estándar, de 1 metro de ancho* 1.2 metros de largo * 1.9 metros de alto, utilizando canastas plásticas estándar de 0.4 * 0.6 *0.25 metros como unidad de almacenamiento.

Este cálculo se realizó empleando la ecuación

$$Q_c = K * DT * A$$

Qc= Calor por conducción

K= constante de conductividad térmica para este ejercicio es polisocianurato expandido densidad 35kg/m³ es 0.14W/m² °C, tomado de ficha panel marca Metecno con espesor de 15 cm.

DT= Diferencial de temperatura entre medio ambiente interior y exterior

Diseño de una Cámara de Conservación

A=Área de transferencia en m²

Tabla 4

Tabla de propiedades del panel aislante.

S		K			R			Peso panel Kg/m ²
Pulg.	mm	Kcal/ m ² h°C	Watt/ m ² °C	BTU/ pie ² h°F	m ² h°C / Kcal	m ² °C/ Watt	pie ² h°F/ BTU	Cal. 28/28
3"	80	0.22	0.26	0.05	4.55	3.85	22.19	9.79
4"	100	0.18	0.21	0.04	5.56	4.76	27.13	10.59
5"	125	0.15	0.18	0.03	6.67	5.56	32.55	11.54
6"	150	0.12	0.14	0.02	8.33	7.14	40.69	12.49

Nota: Investigación propia panel Frigowall Metecno

El aislamiento térmico propuesto para la cámara es de 150 mm de espesor marca Metecno., las dimensiones 20*20*10m espesor del panel de 150 mm, se establecieron de tal manera que se pueda usar un montacargas de doble profundidad proyectando un pasillo de 2,5 mts con capacidad de 408 posiciones con un peso promedio de 613 kg.

Para la elaboración de estos cálculos no se tuvo en cuenta las pérdidas por radiación pues se consideraron despreciables debido a que se asumió que la cámara no estaría expuesta directamente a la radiación solar tanto en paredes y techos a su vez se tomaron las temperaturas de ambas caras del panel tanto interna como externa en las horas mas críticas que son temperatura interna de -20°C y temperatura externa de 35°C en paredes y 40 °C en el techo.

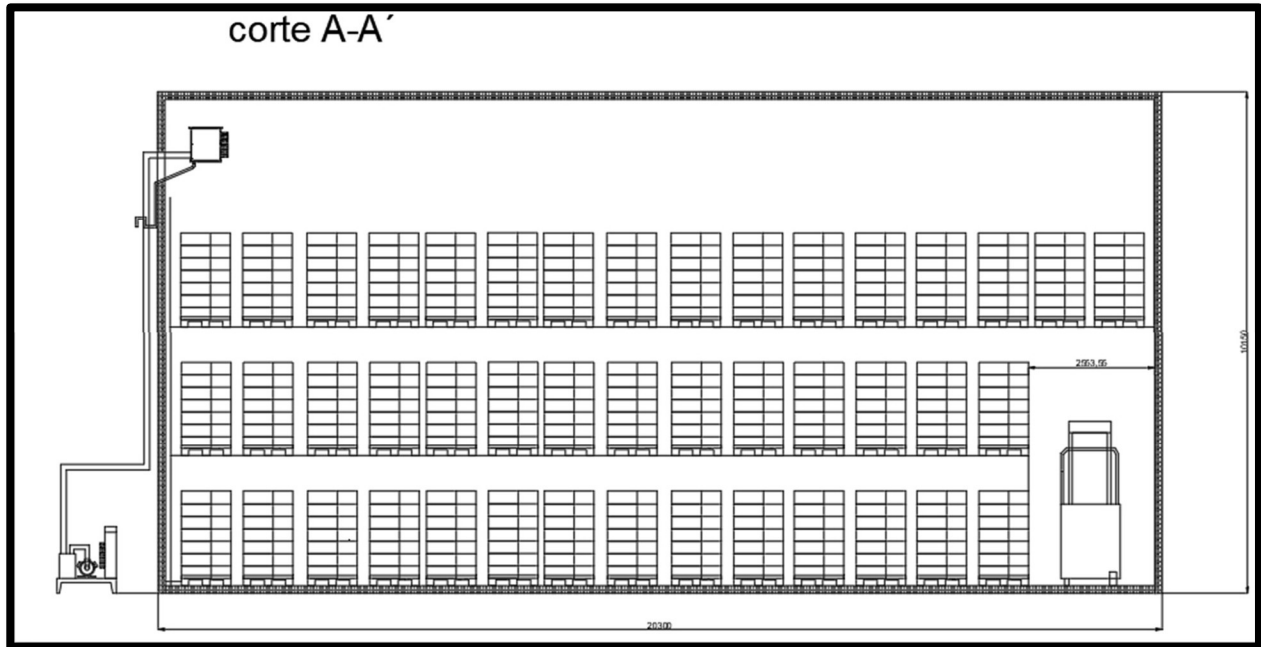
Diseño de una Cámara de Conservación

Figura 4

Vista de planta y corte propuesto de cámara de conservación.



Diseño de una Cámara de Conservación



Nota. Vista planta y corte de cámara de conservación propuesta

CALCULO CARGAS POR CONDUCCIÓN EN 24 HORAS

PAREDES [K=0,14W/m²c], dimensiones 20*20*10m

$$Q_c = K * DT * A$$

$$\text{Pared 1 [T=35°C]; } Q_{p1} = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (35^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 10\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) = 1.54\text{KW}$$

$$\text{Pared 2 [T=35°C]; } Q_{p2} = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (35^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 10\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) = 1.54\text{KW}$$

$$\text{Pared 3 [T=35°C]; } Q_{p3} = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (35^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 10\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) = 1.54\text{KW}$$

$$\text{Pared 4 [T=35°C]; } Q_{p4} = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (35^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 10\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) = 1.54\text{KW}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor Techo, } Q_t &= [T=40^\circ\text{C}]; Q = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (40^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 20\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) \\ &= 3.36\text{KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor Piso, } Q_p &= [T=30^\circ\text{C}]; Q = (0,14\text{W/m}^2\text{c}) * (30^\circ\text{c} - (-20^\circ\text{c})) * (20\text{m} * 20\text{m}) * (1\text{KW}/(1000\text{W})) \\ &= 2.8\text{KW} \end{aligned}$$

TOTAL, CARGAS POR CONDUCCIÓN $Q_c = 12.32$. [KW]

Tabla 5

Cargas por Conducción en 24 horas

CARGAS POR CONDUCCIÓN EN 24 HORAS	
PAREDES[K=0,14W/m²c], 20*20*10m	
Qc=K*DT*A	KW
Pared 1	1,54
Pared 2	1,54
Pared 3	1,54
Pared 4	1,54
Techo	3,36
Piso	2,8
TOTAL, CARGAS POR CONDUCCIÓN Qc. [kw]	12.3

Nota, resumen de cargas por conducción.

4.3 Cargas por Infiltración

La carga térmica por infiltración Q_i se determina a partir del volumen del cuarto, masa de aire que se infiltra y la variación de entalpía que experimenta el aire al ingresar a la cámara.

La ecuación usada para determinar esta la carga térmica consecuencia del aire infiltrado a el cuarto frío básicamente s la misma que se usa para el producto donde si se conoce el flujo de masa y la variación de la entalpía fácilmente se puede calcular esta energía.

A continuación, la ecuación sería:

$$Q_i = \dot{m} \cdot (h_i - h_f)$$

Q_i = calor por aire de infiltración

\dot{m} = flujo másico de aire desde el medio ambiente, hacia el cuarto frío

Diseño de una Cámara de Conservación

$$\dot{m}=v*\rho$$

v = caudal aire que ingresa por hora 190 m³/h

ρ = densidad del aire=1.125 kg/m³ (d.a)

$\dot{m}=190\text{m}^3/\text{h}*1.125\text{kg}/\text{m}^3=213.75 \text{ kg/h}$ flujo másico de aire que ingresa al cuarto por hora.

$\dot{m}=213.75 \text{ kg/h}$.

h_i = entalpía del aire exterior @ 35 °C, HR 85%

$h_i=114,558 \text{ kJ/kg}$

h_f =entalpía final @-20°C, HR 85%Q

$h_f=-18,8 \text{ KJ/kg}$

para hallar el calor Q_i se debe determinar el flujo másico conociendo el volumen de la cámara 4000 m³ en este tipo de aplicaciones se recomienda al menos realizar un cambio durante el día para este ejercicio se tomó una renovación [Rd] diaria un poco más 1.1 veces el volumen de la cámara según recomendación software Coolpack de acuerdo al volumen del cuarto frio.
 $R_d=190\text{m}^3/\text{h}*24\text{h}=4560 \text{ m}^3$, el factor de renovación de aire (ACF) es igual $ACF= R_d/V_c$, volumen de cámara (V_c).

$$ACF=4560\text{m}^3/4000\text{m}^3=1.14$$

$$ACF=1.14$$

Luego de esto podemos calcular la energía que aporte este aire infiltrado al sistema.

$$Q_i= \dot{m}*(h_i-h_f)$$

$$Q_i=213.75 \text{ kg/h}*(114,56 \text{ kJ/kg}-(-18,8 \text{ KJ/kg})) =28505.7 \text{ kJ/h}=7.92 \text{ KW}$$

$$Q_i=7.92 \text{ KW}$$

Tabla 6*Carga por infiltración*

CARGAS POR INFILTRACIÓN DE AIRE EN 24 HORAS	
DIMENSIONES CÁMARA 20*20*10m	
VOLUMEN [m3]	4000
Text=35°C	35 °C
Volumen aire que ingresa por hora m3	190
TOTAL, CARGAS POR INFILTRACIÓN [kw]	7.92

4.4 Cargas por Producto

En este caso existen dos tipos de cargas térmicas relacionadas con el producto: la carga térmica por rotación de producto y la carga térmica correspondiente al producto que permanece más de 24 horas en la cámara, el cual se encuentra cercano a la temperatura de trabajo del cuarto frío. A continuación, se describe en detalle cada caso.

Cargas por rotación de producto en 24 horas, Q_{rp} este valor se calcula conociendo la cantidad de producto congelado que ingresa, 15200 KG de con temperatura inicial de -2.3°C , conociendo que el punto de congelación del pescado es -2.2°C , el calor específico luego de congelarse ($0.41 \text{ Kcal/kg}^{\circ}\text{C}$), y el diferencial de temperatura que para este caso es $(-20^{\circ}\text{C}-(-2.3^{\circ}\text{C})) = 17.7^{\circ}\text{C}$, luego se divide por el número de horas de trabajo que se recomienda opere el sistema de refrigeración 18 horas, **$Q_{rp} = m \cdot C_{pd} \cdot DT/hr$**

Q_{rp} = calor por rotación de producto en 24 horas

m = cantidad de producto que rota en 24 horas en este caso 15200 Kg.

C_{pd} = calor específico después de congelación para este caso es $0.41 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$

Diseño de una Cámara de Conservación

DT= Diferencia de temperatura entre producto y aire de cámara en este caso 17,7°C

hr= tiempo de trabajo del compresor en este caso 18 horas

$Q_{rp} = 15200 \text{ kg} \cdot 0.41 \text{ Kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot [(-20^\circ\text{C}) - (-2.3^\circ\text{C})] / 18 \text{ h} = 6128.13 \text{ Kcal/h}$

$\text{KW} = \text{kcal/h} \cdot 0.001163, (6128.13 \text{ Kcal/h} \cdot 0.001163 = 7.12 \text{ KW}),$

$Q_{rp} = 7.12 \text{ KW}$

Tabla 7

Carga por rotación de producto en 24 horas

CARGAS POR ROTACION DE PRODUCTO EN 24 HORAS	
DIMENSIONES CÁMARA 20*20*10m	
Cantidad producto rota diariamente	15200 kg
Temperatura inicial	[-2,3°c]
Temperatura final	[-20°c]
Rotación producto en 24 horas [kg]=m	15200
Tiempo de trabajo [hr]	18
Calor específico antes congelar Cpa; [Kcal/kg°C]	0.76
Calor específico después de congelar Cpd; [Kcal/kg°C]	0.41
KW = kcal/h*0.001163	
Q rotación= m*Cpd*Dt/hr // Q=15200*0.41*[-20-(-2.3)]/18=	7.125 KW

Tabla 8*Cargas por producto en 24 horas*

CARGAS POR PRODUCTO EN 24 HORAS	
DIMENSIONES CÁMARA 20*20*10m	
Cantidad producto	234800 kg
Temperatura inicial	[-19°C]
Temperatura final	[-20°C]
Producto en 24 horas [KG]	[234800 KG]
Calor específico después de congelar Cpd; [Kcal/kg°C]	0.41
Producto= $m \cdot Cpd \cdot Dt / 18$ // $Q = 234800 \cdot 0.41 \cdot [-20 - (-19)] / 18 =$	6.2 KW
Cargas por producto en cámara Qp [kw]	6.2 KW

Para calcular las cargas por producto **Qp** dentro de la cámara se estima un valor diferencial de temperatura de 1 °C, carga de 234800 KG, como es producto congelado se toma el calor específico Cpd= 0.41 [Kcal/Kg*°C], al igual que el ejercicio anterior se divide en 18 horas tiempo en que se estima opere el compresor, como resultado se obtiene

$$Qp = m \cdot Cpd \cdot Dt / 18 // Qp = 234800 \text{ kg} \cdot 0.41 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{K} \cdot [-20 - (-19)] / 18 = 6.2 \text{ KW}$$

Total, cargas por producto (Qtp) = Cargas por producto en 24 horas (Qp) más cargas rotación de producto en 24 horas (Qrp).

$$Qtp = Qp + Qrp$$

$$Qtp = 7.125 \text{ KW} + 6.2 \text{ KW} = 13.325 \text{ KW}; Qtp = 13.32 \text{ KW}$$

$$Qtp = 13.32 \text{ KW.}$$

Qtp= Calor total generado por el producto en 24 horas.

Tabla 9*Resumen de cargas*

RESUMEN DE CARGAS POR 24 HORAS	
DIMENSIONES CAMARA 20*20*10m	[KW]
Cargas por motores	17,4
Cargas por conducción	12.3
Cargas por infiltración	7.92
Carga por producto	13,32
Subtotal	50.94
Factor de seguridad 17%	8.65
Total, cargas cámara [Kw]	59,6

5. Evaluación de carga térmica

En esta etapa se realizan los cálculos de carga térmica mediante ecuaciones de transferencia de calor, considerando la conductividad térmica a través de las paredes, el análisis psicrométrico del aire de infiltración y las pérdidas en moto-ventiladores y elementos eléctricos. Además, se evaluaron las cargas misceláneas y las generadas por el calor latente o sensible debido a variaciones de temperatura o cambios de estado.

En las pérdidas por infiltración se presentaron los dos tipos de calor: latente y sensible en el aire. Sin embargo, en el producto solo se experimentó calor sensible debido a su estado de congelación. Los resultados obtenidos fueron validados con el software Coolpack, asegurando la precisión de los cálculos.

Figura 5.

Cálculo de carga térmica cámara de conservación de congelado mediante software Coolpack.

CoolPack		COOLING DEMAND FOR A COLD ROOM							
Calculate Save inputs Load inputs Help Print		HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS							
		k-value [W/(m ² ·K)]		T [°C]		L [m] : 20	W [m] : 20	H [m] : 10	Q _{TRANS} : 12,320 [kW]
		WALL 1	0,14	35,0	Volume : 4000 [m ³]				
		WALL 2	0,14	35,0	WALL 2 (L = length)				
		WALL 3	0,14	35,0	WALL 1 (W = width)				
		WALL 4	0,14	35,0	T _{ROOM} [°C] : -20,0				
		FLOOR	0,14	30,0	RH _{ROOM} [%] : 85				
		CEILING	0,14	40,0	WALL 4				
		AIR CHANGE (natural infiltration only)						Q _{INFILT} : 8,248 [kW]	
		T _{AIR,IN} [°C] : 35,0	RH _{AIR,IN} [%] : 85	Volume flow [m ³ /h] : 190					
ACF : 1,1 [room vol. pr 24 hour] (ACF recommended : 1,1)						Volume flow : 190 [m ³ /h]			
COOLING AND FREEZING OF GOODS						Q _{MAX} : 27,101 [kW] Q _{AVG} : 13,218 [kW]			
Quantity [kg]	T _{IN} [°C]	τ _{COOL} [h]	Type	Q _{MAX} [kW]	Q _{AVG} [kW]				
1	234800	-19,0	18	Fish	4,189		6,160		
2	15200	-2,3	18	Fish	22,912	7,058			
AUXILIARY LOADS						Q _{AUX} : 17,400 [kW]			
No. of persons [-] : 0	Work type : Light	q̇ : 270 [W/person] at T _{ROOM} : -20,0 [°C]							
Fans [kW] : 6,200	Lights : 2000 [W]	Other equipment [kW] : 9,200							
Heat of respiration [W] : 0	Hours of operation per 24 h [h] : 24								
Maximum cooling demand : 65,069 [kW] at SHR : 92 [%]			Average cooling demand : 51,186 [kW] at SHR : 90 [%]						

Nota. En este cuadro se presentan los resultados matemáticos de cada carga térmica por separado, así como los valores totales y promedios que hacen parte de este análisis. A su vez, se corroboran los resultados obtenidos. Tomado de Departamento of Mechanical Engineering Technical University of Denmark , Version 1.48 TOOL A.9, 1999-2001.

6. Descripción del sistema de refrigeración propuesto

El sistema de refrigeración propuesto en este proyecto consta de tres unidades de compresión tipo pistón semiherméticas, diseñadas para operar con refrigerante R-507, cada una acoplada a su respectivo evaporador. Estas unidades trabajan de manera independiente y están dimensionadas para garantizar una operación eficiente y segura.

Diseño de una Cámara de Conservación

El sistema incluye condensadores enfriados por aire con suficiente capacidad de transferencia térmica, diseñados para manejar un diferencial de temperatura ($\Delta T = 12 \text{ }^\circ\text{C}$) con respecto a la temperatura ambiente. La expansión del refrigerante se realiza mediante válvulas de expansión termostática, adecuadas para baja temperatura y específicamente seleccionadas para operar con R-507.

El evaporador es de alto perfil y está diseñado para operar con un diferencial de temperatura ($\Delta T = 6 \text{ }^\circ\text{C}$) entre la temperatura del aire de retorno y la del refrigerante. Este componente debe funcionar a una temperatura de evaporación de $-26 \text{ }^\circ\text{C}$ y una temperatura de condensación entre $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

La realización de este trabajo se rige con los parámetros exigidos dentro del marco legal basado en la Resolución 2674 del 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social de la República de Colombia, que requiere establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos, así como las materias

6.1 Selección de Equipos, Tuberías y Componentes del Sistema de Refrigeración

La selección de los equipos principales condensadores, evaporadores, compresores y tuberías se lleva a cabo mediante la revisión de manuales técnicos y catálogos comerciales (brochures) de fabricantes reconocidos, como Bohn, Hispania, Bitzer, Copeland y Metecno, entre otros.

Para la selección del aislamiento térmico de paredes, techos, pisos y puertas, se tienen en cuenta las condiciones ambientales del sitio de instalación, así como el tipo de refrigerante empleado. Se priorizaron alternativas que ofrezcan un equilibrio entre eficiencia técnica y viabilidad comercial.

Diseño de una Cámara de Conservación

La selección de las unidades se realizó mediante el software de Bitzer, mientras que los evaporadores se escogieron con base en las tablas de los fabricantes de Hispania. A continuación, se seleccionan tres unidades condensadoras y tres evaporadores, asignando un evaporador a cada unidad condensadora.

Capacidad requerida: (59,6 kW=203.35 kBtu/h) Distribución de la capacidad por 203.35 kBtu/h

$$\div 3 = 67.78 \text{ kBtu/h por unidad}$$

Dado que en la tabla se presenta un **DT1 de 7K**, es necesario corregirlo para un **DT1 de 6K**

mediante la siguiente fórmula:

Capacidad corregida para seleccionar en tabla del fabricante con DT1= 7K

$$(67.78 \times 7) / 6 = 79.1 \text{ kBtu/h}$$

Tabla 10

Tabla de Selección de Evaporadores Marca Hispania

Fin spacing, Espacio entre aletas 7 mm, with heater/ Con resistencia, $R_t \geq -18^\circ\text{C}$

Model / Modelo	Capacidad Capacity (kbtu/h)		Surface/ superficie (m ²)	Tube Volume/ Volumen interno (dm ³)	N.W./ Peso Neto	Conexión Connection (ø mm)	
	Te = -8°C	Te = -25°C				Inlet Entrada	Outlet Salida
	DT1 = 8K	DT1 = 7K					
HEB 5001 35 7D	27.71	20.45	35	9.2	70	12	28
HEB 5001 52 7D	35.92	26.94	52	12.3	83	12	28
HEB 5002 69 7D	55.46	40.94	69	18.5	124	15	42
HEB 5002 103 7D	71.85	53.96	103	26.1	150	15	42
HEB 5003 103 7D	83.14	61.39	103	27.6	180	22	54
HEB 5003 156 7D	105.32	77.74	156	39.2	218	22	54
HEB 5004 139 7D	110.89	81.85	139	36	235	22	54
HEB 5004 209 7D	140.47	103.67	209	54	353	22	54

Mark: Optional model without heater available / Marca: Modelo opcional sin el calentador disponible.

Nota. Modelo de evaporador seleccionado HEB 5003 156 7D, ficha de fabricante Hispania.

De acuerdo con la capacidad 77.74 Kbtu/h@-26°C y 75'=22.86 m de longitud se procede a seleccionar tuberías de succión y líquido del sistema da como resultado un diámetro en succión de 1 5/8'' como se muestra en la siguiente tabla 11.

Diseño de una Cámara de Conservación

Tabla 11

Tabla de selección de tuberías de succión con (R404, R507)

Capacidad del Sistema BTU / H	DIAMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCION (pulg.)																				
	TEMPERATURA DE SUCCION																				
	+20° F Longitud Equivalente						+10° F Longitud Equivalente						-10° F Longitud Equivalente						-20° F Longitud		
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	1/2	
3,000	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	1/2	1/2	5/8	
4,000	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	
6,000	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	
9,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	5/8	7/8	
12,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	
15,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	
18,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	
24,000	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	
30,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	
42,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	
48,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	
54,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	
60,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	
66,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	
72,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	
78,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	
84,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	
90,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	
120,000	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	
150,000	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	
180,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	
210,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	
240,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	
300,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	
360,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	
480,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	
600,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	

* Los valores sombreados corresponden a los diámetros de tubería de succión máximos recomendados para los elevadores. El diámetro del elevador no debe exceder el diámetro horizontal. Las trampas de succión deben colocarse adecuadamente para el buen retorno del aceite. El D.E. corresponde a tubería de cobre tipo L.

Los diámetros de la tubería de succión están seleccionados a una caída de presión equivalente a 2°F (1.11°C). La estimación de la capacidad del sistema se reduce en consecuencia. Si la carga del sistema se reduce por abajo del 40% de la de diseño, la consideración de doble elevador debe aplicarse.

Tuberías de succión y líquido del sistema (recomendadas)

Nota. Selección de tuberías de succión y líquido usando tablas de manual de instalación de Bohn H-IM-

64HL/APM NOVIEMBRE/2008 No. De Parte 25001201

Diseño de una Cámara de Conservación

Para seleccionar la tubería de líquido lo realizamos usando la capacidad de 77.74 Kbtu/h, longitud 75’=22.86 m según la siguiente tabla 12 nos un diámetro de 7/8’’

Tabla 12

Tuberías de succión y líquido del sistema (R404 y R507)

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE SUCCION															DIAMETRO DE LA LINEA DE LIQUIDO						Capacidad del Sistema BTU / H	
TEMPERATURA DE SUCCION															Longitud Equivalente del Recibidor a la Válvula de Expansión							
-20° F Equivalente			-30° F Longitud Equivalente						-40° F Longitud Equivalente													
100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'		
1/2	1/2	1/2	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1,000	
5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3,000	
7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	4,000	
7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	6,000	
7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	9,000	
1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	12,000	
1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	15,000	
1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	18,000
1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	2 3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	24,000	
1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	30,000	
1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	36,000	
1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	5/8	1/2	5/8	5/8	42,000	
1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	48,000	
1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	54,000	
1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	60,000	
1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	66,000	
1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	72,000	
1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	7/8	5/8	5/8	7/8	78,000	
2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	7/8	5/8	7/8	7/8	84,000	
2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	90,000	
2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	120,000	
2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	150,000	
2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	180,000	
2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	210,000	
2 5/8	2 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	240,000	
3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	300,000	
3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	360,000	
3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	480,000	
3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	600,000	

* Los valores sombreados corresponden a los diámetros de tubería de succión máximos recomendados para los elevadores. El diámetro del elevador no debe exceder el diámetro horizontal. Las trampas de succión deben colocarse adecuadamente para el buen retorno del aceite. El D.E. corresponde a tubería de cobre tipo L.

Los diámetros de la tubería de succión están seleccionados a una caída de presión equivalente a 2°F (1.11°C). La estimación de la capacidad del sistema se reduce en consecuencia. Si la carga del sistema se reduce por abajo del 40% de la de diseño, la consideración de doble elevador debe aplicarse.

+ Diámetro de las Tuberías en pulgadas

Nota. Selección de tuberías de succión y líquido usando tablas de manual de instalación de Bohn H-

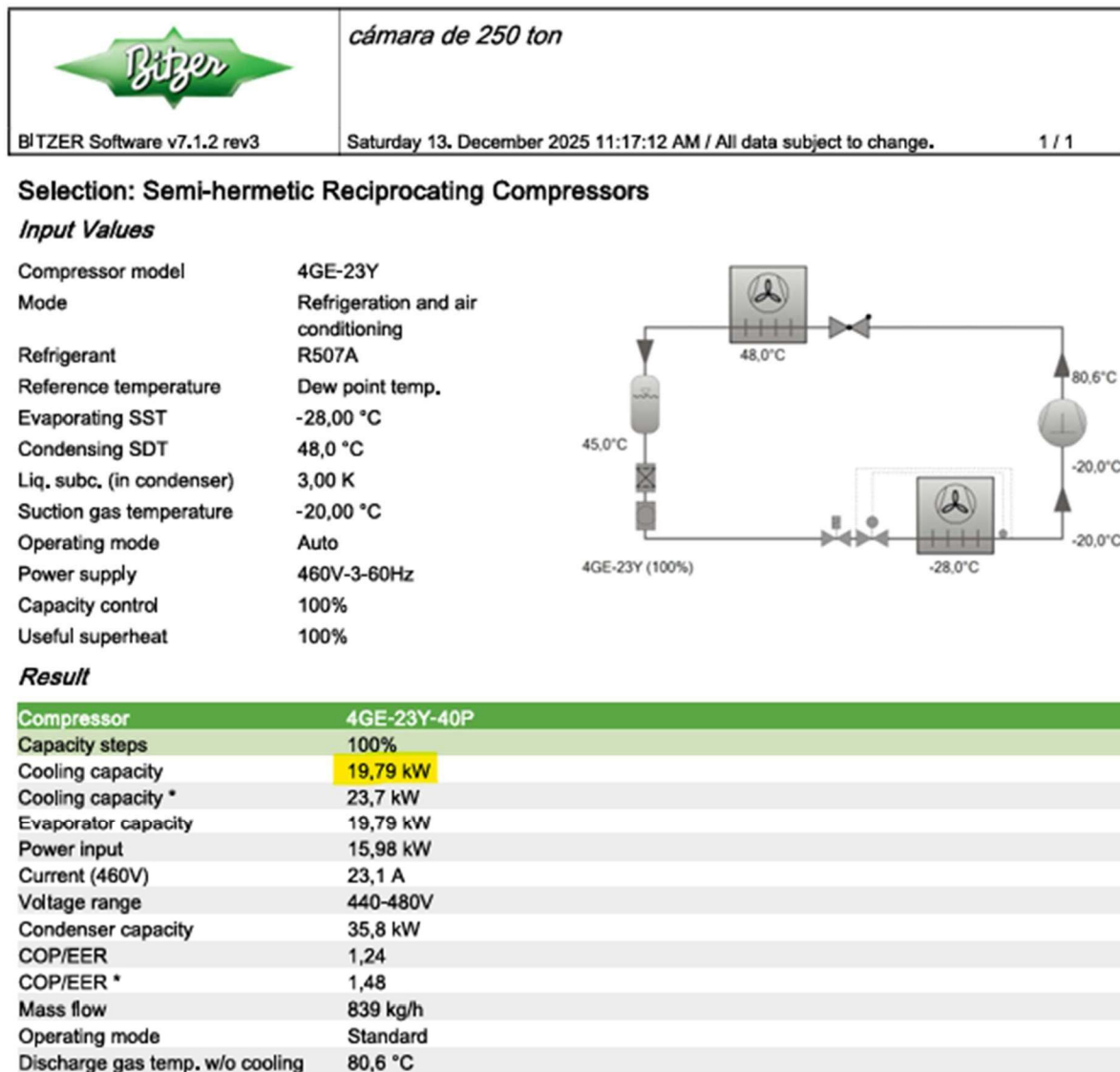
Diseño de una Cámara de Conservación

Selección del Compresor

La selección del compresor se realiza mediante el fabricante Bitzer y su herramienta on line software Bitzer según la tabla da como resultado un compresor modelo 4GE 23 Y, capacidad unitaria de **19.79 KW** para una capacidad total de **19.79*3=59.37 KW**

Figura 6.

Compresores de Pistones marca Bitzer



Nota. Corrida de compresor Bitzer Ficha del fabricante

Diseño de una Cámara de Conservación

Selección del Condensador

Esta selección se realizó tomando el valor de calor de rechazo entregado por el fabricante en donde equivale a la suma de la potencia eléctrica del compresor y la capacidad del evaporador más un 25% de margen de seguridad.

$$Q [\text{calor de rechazo}] = \text{Capacidad Evaporador} + \text{Potencia de entrada}$$

$$Q = 19.79 \text{ Kw} + 15.98 \text{ Kw} = 35.77 \text{ Kw} = 122 \text{ Kbtu/h} * 1.25 = 152.5 \text{ Kbtu/h}$$

Con este valor se procede a seleccionar el condensador más apropiado para la ciudad de Neiva el cual es importante tener en cuenta la temperatura más alta 35°C , una corrida de 48°C por lo tanto se debe tener mínimo un DT de 10K, como la tabla viene con DT= 15K el cual se corrige mediante interpolación lineal o regla de 3 simple, igualmente el fabricante Hispania nos recomienda un factor de corrección de punto de rocío según el refrigerante que se use como se muestra en la tabla 12 para este caso es de 1:

corrección de la capacidad por diferencial de temperatura y punto de rocío (Cpc), según el tipo de refrigerante $C_{pc} = 152.5 * 1 * 15 / 10 = 228.75 \text{ Kbtu/h}$, $C_{pc} = 228.75 \text{ KBtu/h}$, con este valor se selecciona de la tabla 12 y 13, el condensador modelo HCB18HPCD con capacidad 225.75 KBtu/h sabiendo previamente que la capacidad requerida calculada es de 228.75 Kbtu/h.

Diseño de una Cámara de Conservación

Tabla 13*Factor de Corrección por Refrigerante condensador marca Hispania*

Refrigerant Refrigerante	Correction factors (dew-point) Factor de corrección (punto de rocío)
	SC1
R507A	1.00
R134a	0.96
R513A	0.94
R450a	0.89
R407F	0.89
R407A	0.89

Nota. Ficha del fabricante**Tabla 14***Modelos disponibles de Condensadores por Aire marca Hispania.*

Model / Modelo	Tubos N°/ Tubes N°	Capacity/ Capacidad	Fin Spacing/ Espacio entre aletas (mm)	Surface/ superficie (m ²)	Fan/ Ventilador		Dimensiones Dimension (mm)				Conection/ Conexión (mm)	
		DT=15K			N° x Ø	Air Flow/ Flujo de aire (m ³ /h)	A	H	W	L	Inlet/ Entrada	Outlet/ Salida
		Kbtu/h										
HCB-1/4HP	2 × 11	4.95	3.17	2.1	1 × 250	1166	360	280	100	300	3/8"	3/8"
HCB-1/3HP	3 × 10	6.52	3.17	3.1	1 × 250	1166	380	270	120	300	3/8"	3/8"
HCB-1/2HP	4 × 10	7.41	3.17	4	1 × 250	1166	380	270	140	290	3/8"	3/8"
HCB-3/4HP	4 × 12	12.40	3.17	5.8	1 × 300	1919	450	370	150	350	3/8"	3/8"
HCB-1HP	4 × 14	15.61	3.17	7.7	1 × 300	1919	490	370	150	400	1/2"	3/8"
HCB-1.5HP	4 × 16	23.47	3.17	11	1 × 350	3339	600	420	180	500	1/2"	3/8"
HCB-2HP	4 × 18	33.60	3.17	14.8	1 × 400	4489	660	470	180	600	1/2"	3/8"
HCB-2.5HP	5 × 18	37.25	3.17	18.5	1 × 400	4489	710	470	200	600	5/8"	1/2"
HCB-3HP	6 × 18	34.01	3.17	22.2	1 × 400	4489	710	470	235	600	5/8"	1/2"
HCB-4HP	6 × 22	35.91	3.17	27.1	1 × 400	4489	710	575	235	600	5/8"	1/2"
HCB-5HP	4 × 30	54.76	2.83	36.8	1 × 450	5915	910	780	215	800	5/8"	1/2"
HCB-1HPCD	4 × 10	14.49	3.17	6.8	2 × 200	848	590	270	140	500	3/8"	3/8"
HCB-1.5HPCD	4 × 11	21.01	3.17	9.9	2 × 250	2332	735	305	140	660	1/2"	3/8"
HCB-2HPCD	4 × 12	30.40	3.17	13.1	2 × 300	3837	900	370	152	800	1/2"	3/8"
HCB-3HPCD	4 × 16	43.25	2.83	24.5	2 × 350	6678	1110	420	180	1000	5/8"	1/2"
HCB-4HPCD	4 × 20	54.02	2.83	30.6	2 × 350	6678	1110	525	180	1000	5/8"	1/2"
HCB-5HPCD	4 × 24	59.98	2.83	36.8	2 × 400	8978	1110	625	195	1000	5/8"	1/2"
HCB-6HPCD	4 × 26	73.76	2.83	47.8	2 × 400	8978	1310	680	195	1200	5/8"	1/2"
HCB-7.5HPCD	4 × 32	103.56	2.83	58.8	2 × 450	11830	1310	830	215	1200	7/8"	5/8"
HCB-10HPCD	4 × 32	146.03	2.83	78.3	2 × 500	17490	1710	830	230	1600	1-1/8"	7/8"
HCB-12HPCD	4 × 36	166.14	2.83	88.2	2 × 630	25440	1710	930	230	1600	1-1/8"	7/8"
HCB-15HPCD	4 × 36	187.01	2.83	99.2	2 × 630	25440	1910	930	230	1800	1-1/8"	7/8"
HCB-18HPCD	4 × 36	225.75	2.54	121.5	3 × 500	26235	2090	930	230	1980	1-1/8"	7/8"
HCB-20HPCD	4 × 42	246.61	2.83	131.4	2 × 710	32436	2110	1075	225	2045	1-3/8"	1-1/8"
HCB-25HPCD	4 × 42	271.20	2.83	142.9	2 × 710	32436	2310	1075	225	2200	1-3/8"	1-1/8"

Nota. Ficha del fabricante

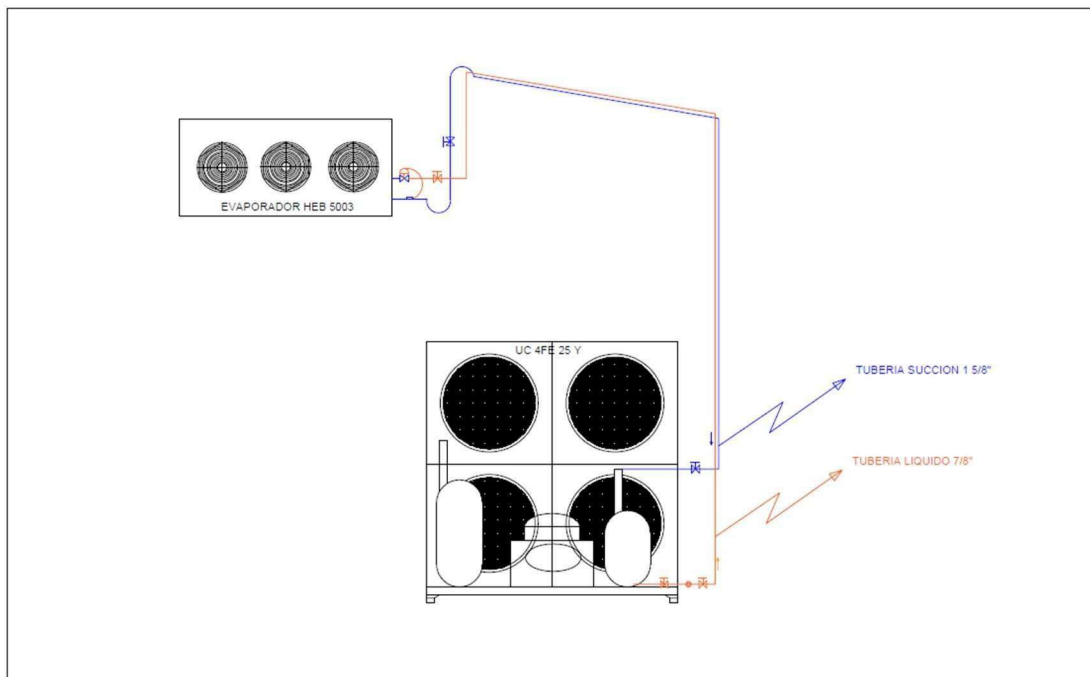
Diseño de una Cámara de Conservación

Generación de documentos.

Se elaboran los diagramas de P&D y diagrama de flujo de los sistemas de refrigeración utilizados en el diseño con los valores de los resultados obtenidos, con el fin de elaborar el listado de materiales requeridos para el sistema y calcular los costos correspondientes.

Figura 7.

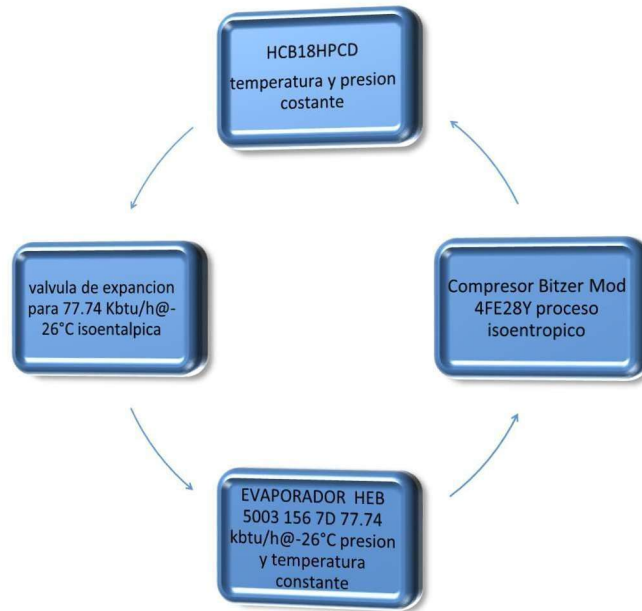
Diagrama P&D



Diseño de una Cámara de Conservación

Figura 8.

Diagrama de flujo del sistema de refrigeración



7. Presupuesto del Sistema

Con base en el listado de componentes, se procede a la elaboración del presupuesto utilizando una tabla de Excel, este listado incluye materiales, equipos, mano de obra y costos asociados a la implementación del sistema completo de refrigeración.

Elaboración del Listado de Componentes

Posteriormente, se define la ubicación final de los equipos dentro del sistema, lo cual permite la elaboración precisa del listado de materiales incluyendo las cantidades reales necesarias de tuberías, aislamiento térmico, lubricantes y refrigerante, lo que facilita la planificación de la

Diseño de una Cámara de Conservación

adquisición y montaje del sistema, se desarrolla el presupuesto del proyecto de refrigeración y aislamiento térmico de la cámara para 250 TON de tilapia través del diligenciamiento de la tabla de cantidades de obra elaborada mediante el programa Excel.

Diseño de una Cámara de Conservación

Tabla 15

Presupuesto

PRESUPUESTO CÁMARA REFRIGERACIÓN DE 250 TON.				
Descripción	Unid	Cant	Valor Unitario	Valor
Unidad condensadora con compresor marca Bitzer Mod UC 4FE28Y trifásica 220 vac 60Hz, con separador de aceite, válvulas de servicio marca Danfoss, cheque tipo magnético en línea de descarga, visor de líquido con indicador de humedad, porta filtro en líquido y succión F48 con válvulas de corte y servicio de 1/4", presostato dual para presión alta y baja marca Danfoss con reset manual en alta, condensador tipo horizontal modelo HCB18HPCD recipiente acumulador de alta de 45 lbs con refrigerante R-507, aceite sintético 32, acumulador de succión para 45 lbs, anti vibrador en línea de succión y descarga, chasis, sensor de presión de lubricación DPII, ventiladores tipo axiales bajo nivel de ruido.	Und	3	\$ 45.000.000,00	\$135.000.000,00
Evaporador capacidad 77.74 Kbtu/h, modelo HEB 5003 156 7D, marca Hispania con válvula de expansión termostática para baja temperatura 80% de capacidad, con válvula solenoide 7/8" a 110 vac.	Und	3	\$ 22.000.000,00	\$ 66.000.000,00
tuberías de cobre tipo 1 de 1 5/8" de diámetro para línea de succión.	M	75	\$ 200.000,00	\$ 15.000.000,00
tuberías de cobre tipo 1 de 7/8" de diámetro para línea de líquido.	M	75	\$ 120.000,00	\$ 9.000.000,00
válvulas de corte 1 5/8 con gusanillo para evaporador.	Und	3	\$ 1.200.000,00	\$ 3.600.000,00
válvulas de corte 7/8 con gusanillo para evaporador.	Und	3	\$ 450.000,00	\$ 1.350.000,00
Codos radio largo en cobre tipo 1, de 1 5/8"	Und	30	\$ 150.000,00	\$ 4.500.000,00
Codos radio largo en cobre tipo 1, de 7/8"	Und	30	\$ 15.000,00	\$ 450.000,00
Unión cobre tipo 1 de 1 5/8"	Und	30	\$ 20.000,00	\$ 600.000,00
Unión cobre tipo 1 de 7/8"	Und	30	\$ 10.500,00	\$ 315.000,00
Aislamiento térmico Armaflex para baja temperatura 3/4" de espesor	M	75	\$ 55.300,00	\$ 4.147.500,00
Refrigerante R-507 marca Chemours	Lbs.	135	\$ 31.111,11	\$ 4.200.000,00
Aceite sintético Enkarate 32	Gal.	3	\$ 680.000,00	\$ 2.040.000,00
Tablero eléctrico de control y potencia grado de protección IP 45 con controlador full gauge modelo TC 900 e log, con arranque part wiring para compresor, y arranque directo para ventiladores y resistencias de evaporador y desagüe, con mando extendido en totalizador principal, elementos de maniobra marca Schneider o Siemens, con guardamotores para cada motor y totalizador para resistencias, con una muletilla para encendido y apagado, parada de emergencia que permita el bloqueo y etiquetado, luces piloto para testigos de ciclo de refrigeración, descongelación, ventiladores y falla.	Und.	3	\$ 22.580.000,00	\$ 67.740.000,00
Accesorios para armado de tuberías y sistema mecánico según norma ASHRAE.	Gbl.	3	\$ 15.485.000,00	\$ 46.455.000
Obra de mano instalación mecánica y refrigeración.	Gbl.	3	\$ 6.585.000,00	\$ 19.755.000,00
Kit de instalaciones eléctricas de control y potencia según norma RETIE.	Gbl.	3	\$ 27.598.000,00	\$ 82.794.000,00
Kit de iluminación tipo led a 110 Vac para baja temperatura 220 luxes para una altura de 10m según RETIE.	Und	1	\$ 35.256.000,00	\$ 35.256.000,00
Obra de mano instalación eléctrica control, potencia, alumbrado.	Gbl.	3	\$ 18.358.700,00	\$ 55.076.100,00
Panel para aislamiento térmico de 150mm de espesor marca Metecno con lámina galvanizada cal 26/26 tipo PIR densidad del poliuretano de 38 kg/m3 para paredes y techo.	M2	1200	\$380.030,00	\$456.036.000,00
Panel para aislamiento térmico de 150mm de espesor marca Metecno sin lamina tipo PIR densidad del poliuretano de 38 kg/m3 para piso.	M2	400	\$128.000,00	\$ 51.200.000,00
Puerta frigorífica para baja temperatura con resistencias en vano, y umbral, con accesorios tipo pesado forrada en acero inoxidable.	Und	2	\$ 12.800.000,00	\$ 25.600.000,00
válvula de compensación de presión para cuarto frio volumen del cuarto 4000m3.	Und	4	\$3.856.900,00	\$ 15.427.600,00
Accesorios para armado, plásticos, impermeabilizantes, remaches, Tornillería	Gbl.	1	\$ 51.200.000,00	\$ 51.200.000,00
Obra de mano instalación de aislamiento Térmico	M2	1600	\$52.000,00	\$ 83.200.000,00
Grúas, maquinarias, montacargas, herramientas.	Gbl.	1	\$ 61.000.000,00	\$ 61.000.000,00
Interventoría, campamento, baños, Oficina container, carpas para descanso.	Gbl.	1	\$ 68.100.000,00	\$ 68.100.000,00
SUBTOTAL				\$1.365.042.200,00
IVA 19%				\$ 259.358.018,00
TOTAL				\$1.624.400.218,00

8. Resultados del Proyecto

Se elabora el informe final con los resultados del diseño de la cámara de conservación de producto congelado, denominado “Diseño de una Cámara de Conservación con Capacidad para 250 Toneladas Destinada al Almacenamiento de Filete y Canal de Tilapia Congelada en una Empresa de Piscicultura Ubicada en Neiva, Huila”

La implementación de este sistema contribuirá a preservar la calidad del producto almacenado por periodos de tiempo más prolongados, optimizando los costos operativos y garantizando la sostenibilidad del sistema de refrigeración en la empresa de piscicultura.

Además, posibilita el crecimiento de la empresa a nivel regional, nacional e internacional, impulsando su proyección hacia la exportación. De esta manera, se cumple el objetivo de establecer las características técnicas y operativas de una cámara de conservación de pescado congelado capaz de almacenar eficientemente 250 toneladas de producto, manteniendo un rango de temperatura óptimo de -18°C a -24°C , asegurando así la calidad e inocuidad del producto final.

9. Conclusiones

El proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila, Colombia, una región caracterizada por condiciones climáticas exigentes para la conservación de productos congelados. Las temperaturas ambientes, que oscilan entre 23 °C y 35 °C, junto con niveles de humedad relativa entre 77 % y 83 %, confirman la importancia de diseñar y evaluar soluciones adecuadas para garantizar la eficiencia y el desempeño del sistema de conservación.

En conclusión, la cámara frigorífica proyectada demuestra ser una solución adecuada para garantizar el almacenamiento eficiente de 250 toneladas de producto, considerando una rotación diaria de 29,4 toneladas que ingresan a temperaturas promedio de $-2,3$ °C. La distribución en 500 posiciones organizadas en racks de cuatro niveles y la incorporación de pasillos de 3 metros permiten una operación fluida y segura. Asimismo, las dimensiones de la cámara ($20 \times 20 \times 10$ metros) y la consideración del aire infiltrado a 35 °C a través de la puerta de acceso fueron elementos determinantes en el cálculo de la carga térmica total. Estos factores, junto con las cargas por transmisión, producto, equipos, personal y misceláneas, confirman la coherencia y solidez del diseño propuesto.

El sistema de refrigeración seleccionado basado en compresores semiherméticos tipo pistón, evaporadores de alto perfil, expansión termostática y refrigerante R-507 fue diseñado para operar a una temperatura de evaporación de -26 °C y una temperatura de condensación de 40 °C a 45 °C. Esto asegura una temperatura de conservación igual o inferior a -18 °C, cumpliendo con los requisitos legales nacionales e internacionales para la preservación de productos pesqueros congelados.

Desde el punto de vista técnico y operativo, el sistema propuesto representa una solución eficiente,

Diseño de una Cámara de Conservación

funcional y escalable, permitiendo la optimización de costos energéticos, el cumplimiento de normas de inocuidad alimentaria y la estabilidad en el tiempo. La validación de los cálculos mediante el software CoolPack y el análisis de catálogos técnicos garantizan la fiabilidad del diseño.

10. Recomendaciones

*Implementar un sistema de monitoreo continuo de temperatura y humedad relativa dentro de la cámara, con alertas automatizadas, para asegurar el cumplimiento de los rangos establecidos y prevenir pérdidas de producto.

*Capacitar al personal operativo en el manejo adecuado de la cámara frigorífica, incluyendo buenas prácticas de apertura y cierre de puertas para minimizar la carga por infiltración.

*Realizar mantenimientos preventivos periódicos a los equipos de refrigeración, especialmente compresores, evaporadores y condensadores, con el fin de garantizar su eficiencia y prolongar su vida útil.

*Evaluar la posibilidad de integración energética, como el uso de paneles solares para alimentar parte del sistema, en línea con estrategias de sostenibilidad y reducción de costos operativos.

*Monitorear la evolución del volumen de producción y la rotación diaria de producto para proyectar, a futuro, una ampliación del sistema o la incorporación de cámaras adicionales.

*Se sugiere que la instalación y el mantenimiento de la cámara de conservación diseñada sean realizados por personal técnico profesional altamente competente, siguiendo las normas RETIE y ASHRAE. Esto garantizará su durabilidad y seguridad tanto para el personal técnico como para el operativo, además de asegurar las buenas prácticas en la instalación de sistemas frigoríficos y en las locaciones, evitando así reproceso

Referencias Bibliográficas

Arellano, J et al., (2009). *Proyecto de un sistema de refrigeración para congelar camarón en la Ciudad de Campeche* (Doctoral dissertation). Recuperado de:

https://www.academia.edu/31264445/Proyecto_De_Un_Sistema_De_Refrigeracion_Para_Congelar_Camaron_en_La_Ciudad_De_Campeche

Conan, J (1990). *Refrigeración Industrial*. Ediciones paraninfo.

Díaz, H (2021). *Proyecto de un sistema de cámaras frigoríficas para productos cárnicos*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/158666>

FAIRES, 1983 *Termodinámica*. Unión tipográfica hispanoamericana, S.A de C.V. Recuperado de:

<https://www.udocz.com/apuntes/25238/termodinamica-6-edicion-faires-1>

Indubel (sf). *Refrigerantes*. Recuperado en:

<http://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

Medranda, M et al., (2022). *Análisis eléctrico de un compresor con motor de inducción para un sistema de refrigeración industrial*. Polo del Conocimiento: Revista científico- profesional.

Resolución 2674 (Ministerio de Salud). Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones. 25 de Julio de 2013

Resolución 40117 (Ministerio de Minas y energía). Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. 02 de abril de 2024

DISEÑO DE UNA CÁMARA DE CONSERVACIÓN

Saucedo, D (2023). *Diseño de una cámara frigorífica compacta con eficiencia energética para conservar carne avícola en un camal industrial*. Recuperado de:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/144168/Saucedo_YDA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valiente, C(2024). *Condensadores*. Recuperado de:

<https://frigoristas.wordpress.com/condensadores/>

Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark (1999-2001) Software Coolpack, versión 1.46 TOOL A9.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2022).

ASHRAE Handbook - Refrigeration. ASHRAE.

Codex Alimentarius Commission. (1995). Standard for quick frozen fish fillets (CXS 190-1995).
FAO/WHO.

Danfoss. (s. f.). Coolselector®2 (software). Danfoss. (Recuperado el 27 de febrero de 2026).

Jakobsen, A. (1999). CoolPack - Simulation tools for refrigeration systems. Technical University of Denmark.

Metecno. (s. f.). Ficha técnica de paneles de poliuretano (K). (Recuperado el 27 de febrero de 2026).

WeatherSpark. (s. f.). Average weather in February at Benito Salas Airport, Colombia. (Recuperado el 27 de febrero de 2026).