



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería mecánica

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE
PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN
EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S. A.**

Herbert Alexander Ambrosio Itzep

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, junio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE
PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN
EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HERBERT ALEXANDER AMBROSIO ITZEP
ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

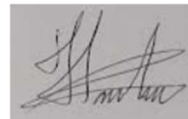
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 5 de noviembre de 2019.



Herbert Alexander Ambrosio Itzep

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 28 de marzo de 2023
REF.EPS.D.120.03.2023

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Morales Baiza:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO, DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario Herbert Alexander Ambrosio Itzep quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ta

Ref.EIM.022.2023

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA S.A.** del estudiante **Herbert Alexander Ambrosio Itzep**, CUI 2120793951401, Reg. académico 201314866 y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id Y Enseñad a todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor – Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, marzo de 2023
/aej

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

LNG.DIRECTOR.121.EIM.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S. A.**, presentado por: **Herbert Alexander Ambrosio Itzep**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, followed by a circular official stamp of the Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, mayo de 2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS EN LA CADENA DE FRÍO DE EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA SIGMA, S. A.**, presentado por: **Herbert Alexander Ambrosio Itzep**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, junio de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la sabiduría y las fuerzas necesarias para poder realizar este logro.
- Mis padres** Dominga Itzep Ajtun (q. e. p. d) y Emilio German Ambrosio Itzep (q. e. p. d) los dos pilares que me inculcaron buenos valores, por sus sacrificios y esfuerzos que me permitieron llegar a esta meta.
- Mis hermanos** Silvia Magdalena, Madelyn del Rosario, Edenilson Leonel, Carlos Ambrosio por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y en especial a mi hermana Aura Carolina por todo el apoyo que me brindó.
- Mi familia** Por mi familia en general.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por no solamente ser mi casa de estudios sí que también una segunda casa y darme la oportunidad de ser un profesional de bien.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios los cuales será mi herramienta en mi vida profesional.
Mis amigos de la Facultad	Por todo el apoyo brindado durante el transcurso de la carrera.
Sigma Alimentos, S.A.	Por haberme abierto las puertas y darme la oportunidad de culminar la última etapa de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción.....	1
1.2. Visión.....	1
1.3. Misión	2
1.4. Principio.....	2
1.5. Estructura organizacional	2
1.6. Situación Actual.....	4
1.7. Planteamiento del problema	4
1.7.1. Antecedentes.....	4
1.7.2. Justificación	4
1.7.3. Resultados esperados	5
1.7.4. Formulacion y delimitacion del problema.....	6
1.7.5. Alcance.....	6
1.8. Fundamentación Teórica.....	6
1.8.1. Principios generales de refrigeracion.....	6
1.8.2. Leyes de la termodinámica	8
1.9. Sistema de refrigeración por compresor de vapor.....	10
1.10. Equipos de refrigeración.....	13

1.10.1.	Compresor.....	13
1.10.2.	Condensador.....	13
1.10.3.	Dispositivo de expansión:.....	13
1.10.4.	Evaporador:.....	14
1.11.	Cadena de frío	14
1.12.	Mantenimiento.....	15
1.12.1.	Mantenimiento Correctivo.....	17
1.12.1.1.	Ventajas	17
1.12.1.2.	Inconvenientes	17
1.12.1.3.	Aplicaciones	18
1.12.2.	Mantenimiento preventivo	18
1.12.2.1.	Ventajas	19
1.13.	Equipos utilizados para corte y envasado de productos	19
1.13.1.	Rebanadora de jamón.....	20
1.13.2.	Envasadora de alto vacío.....	20
1.14.	Equipos auxiliares para el almacenamiento de productos	20
1.14.1.	Transpaleta manual.....	20
1.14.2.	Transpaleta eléctrica	21
1.14.3.	Mesa niveladora hidráulica.....	22
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN-IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL CUARTO FRÍO, DEBIDO A GANANCIAS DE CALOR POR INFILTRACIÓN	23
2.1.	Ubicación del cuarto frío.....	23
2.2.	Cálculo del diseño del cuarto frío	24
2.2.1.	Condiciones del cuarto frío	24
2.2.1.1.	Volumen del cuarto frío	24
2.2.1.2.	Material piso techo y paredes.....	26

2.2.2.	Carga por transmisión de calor.....	26
2.2.3.	Carga de calor por producto	27
2.2.4.	Carga por infiltraciones	28
2.2.5.	Carga de calor suplementario:.....	29
2.2.5.1.	Calor por personas	29
2.2.5.2.	Motores.....	30
2.2.5.3.	Iluminación.....	30
2.2.5.4.	Tarimas y canastas.....	30
2.3.	Comparación diseño con respecto equipos de refrigeración ...	33
2.4.	Inspección de ganancias de calor por infiltraciones	33
2.5.	Análisis consumo energético de ganancias por infiltraciones..	35
2.6.	Propuesta de costo de reparaciones del cuarto frio para	38
2.7.	Recomendaciones para ahorro de consumo energético	39
2.8.	Plan de contingencia ante problemas.....	40
3.	FASE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL-PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO.....	43
3.1.	Inventario equipos existentes instalaciones de la empresa.....	43
3.2.	Codificación de los equipos	45
3.3.	Recopilación de información de los equipos.....	48
3.3.1.	Consulta de órdenes de trabajo.....	48
3.3.2.	Consulta de manuales técnicos	48
3.4.	Elaboración de historial	48
3.5.	Verificación de estado de los equipos	50
3.5.1.	Evaporador	50
3.5.2.	Unidad de refrigeración	51
3.5.3.	Cuarto frio.....	51

3.5.4.	Mesa niveladora	52
3.5.5.	Pallets manuales	53
3.5.6.	Pallet eléctrica	53
3.5.7.	Rebanadoras.....	54
3.5.8.	Envasadora de alto vacío	54
3.5.9.	Compresor para envasadora.....	54
3.6.	Equipos críticos para la conservación de los productos.....	55
3.7.	Fichas técnicas de cada equipo	60
3.7.1.	Formato.....	60
3.7.2.	Procedimiento de mantenimiento de cada equipo..	62
3.8.	Plan de gestión del mantenimiento	64
3.8.1.	Organización	64
3.8.2.	Planificación	65
3.8.3.	Supervisión.....	65
3.8.4.	Evaluación.....	66
3.8.5.	Retroalimentación	68
3.9.	Costo de mantenimiento de cada equipo.....	69
4.	FASE DE DOCENCIA.....	71
4.1.	Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones	71
4.2.	Descripción de capacitaciones.....	71
4.2.1.	Riesgos laborales.....	72
4.2.2.	Como reaccionar ante un desastre.	74
4.2.3.	Inducción nuevo personal ingreso del cuarto frio ...	75
4.3.	Recursos necesarios.....	76
4.4.	Recopilación de capacitaciones recibidas.....	76
4.5.	Cronograma de capacitaciones.....	76

CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS	83
APÉNDICES	85
ANEXOS	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general de la empresa Sigma Alimento	3
2.	Sistema de refrigeración por compresión de vapor.....	11
3.	Ubicación del cuarto frío	23
4.	Croquis para el cálculo de carga de calor por transmisión	25
5.	Costo de traslado de productos refrigerados	41
6.	Alquiler de furgón refrigerado	41
7.	Alquiler de cuarto frío.....	42
8.	Alquiler de oficinas administrativas	42
9.	Ficha de historial de equipo	49
10.	Inspección de evaporadores.....	50
11.	Inspección de unidades de refrigeración	51
12.	Inspección de cuarto frío.....	52
13.	Inspección de mesa niveladora	52
14.	Pallets manuales.....	53
15.	Inspección pallet eléctrica.....	53
16.	Inspección de rebanadoras.....	54
17.	Inspección de envasadora de alto vacío.....	54
18.	Inspección de compresor.....	55
19.	Matriz general de criticidad	57
20.	Clasificación de criticidad del evaporador.....	58

21.	Matriz de criticidad de equipos.....	60
22.	Ficha técnica-Evaporador	61
23.	Ficha de mantenimiento mesa niveladora.....	63
24.	Corte del organigrama de la empresa	64
25.	Presupuesto de mantenimiento.....	69
26.	Cronograma de capacitaciones.....	77

TABLAS

I.	Cálculo de cuarto frío	32
II.	Comparación de equipos instalados vrs equipos teóricos.....	33
III.	Estado del cuarto frío	34
IV.	Tabla de tasa de infiltración	35
V.	Medición de pies lineales de infiltración	36
VI.	Cálculo de calor sensible	37
VII.	Cálculo de costo por infiltración por día y anualmente	38
VIII.	Cuantificación de materiales y mano de obra	39
IX.	Inventario de equipos en Sigma Alimentos	44
X.	Codificación de equipos	47
XI.	Factores ponderados a ser evaluados	56
XII.	Valores evaluados para criticidad	57
XIII.	Clasificación general de criticidad	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BTU	British thermal unit
Hp	Caballos de poder
Q	Calor
CFM	Cubic feet per minute
°C	Grados centígrados
°F	Grados fahrenheit
°K	Grados kelvin
°R	Grados rankine
Lb/in²	Libras por pulgada cuadrada
m	Metro
ft²	Pies cuadrados
ft³	Pies cúbicos
W	Watts

GLOSARIO

Aislante térmico	Es todo material que posee bajo un coeficiente de transferencia de calor, debido a que impide que el calor pase de un sistema a otro.
CFM	Flujo del aire medido en pies cúbicos por minuto.
Cojinete	Pieza mecánica que en ella se asienta un eje y que le permite girar libremente.
Enfriamiento	Aplicación moderada de refrigeración, sin llegar a la congelación de los productos
Evaporación	Es el cambio de estado de un gas a un líquido, en este proceso es cuando el calor es absorbido.
Frío	Término usado para indicar la ausencia de calor.
Hidráulica	Sistema que es movido por algún fluido líquido.
Impermeable	Material que no permite el paso de la humedad o líquido.
Infiltración	Aire fluyendo al interior como sería través de paredes, puertas, fugas.

Intercambiador de calor	Aparato mediante el cual hay un intercambio de calor de un fluido a otro a través de una división.
Manómetro	Instrumento utilizado para la medir presión en un circuito cerrado de algún fluido como como un líquido o un gas.
Panel de poliuretano	Materia prima para la construcción de cuartos fríos, utilizados en paredes y techo, debidos a sus propiedades es un buen aislante térmico.
Refrigerante	Fluido utilizado para el ciclo de refrigeración debido a su capacidad extraer o absorber el calor.
Tonelada de Refrigeración	Proporción del intercambio de calor de 12 000 BTU por hora, 200 BTU por minuto, o 3 024 kcal/hr.

RESUMEN

El sistema de refrigeración en un cuarto frío es de suma importancia en una empresa que se encarga de la distribución de producto refrigerado debido a que es necesario mantener a una temperatura controlada el producto, preservando la cadena de frío y así poder llevarlo hacia el consumidor.

Para que esto sea posible es necesario mantener en óptimas condiciones todos los equipos involucrados en este proceso como los equipos que integran el sistema de refrigeración, cuarto frío, equipos para apoyo logístico, esto se realizara implementando un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa, lo cual le permita llevar un control y programar el mantenimiento con empresas contratistas, ya que no se cuenta con un departamento de mantenimiento. Debido a esto es de suma importancia el mantenimiento para poder alargar la vida útil de los equipos y tenerlos en óptimas condiciones, debido que la avería en algún equipo importante pueda generar algún problema en la conservación y que pueda ocasionar perdidas en los productos debido al deterioro de los productos almacenados, lo cual puede ocasionar pérdidas importantes en la empresa.

OBJETIVOS

General

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos involucrados en la conservación de productos en la cadena de frío.

Específicos

1. Identificar las diferentes causas de ganancias de calor y cuantificar su costo energético debido a ganancias de calor por infiltraciones.
2. Realizar un costo de las reparaciones necesarias para que el cuarto frío funcione en óptimas condiciones.
3. Elaborar fichas técnicas de los diferentes equipos.
4. Determinar los equipos críticos para la conservación de los productos refrigerados.
5. Diseñar un plan de capacitaciones al personal administrativo y logístico de las diferentes situaciones que se pueden dar en las instalaciones de la empresa.

INTRODUCCIÓN

Un plan de mantenimiento es un sistema que brinda información para realizar un análisis sobre los aspectos importantes que influyen en las decisiones para la ejecución de las operaciones.

En el presente trabajo de graduación se tiene el desarrollo de tres fases las cuales son investigación, técnico-profesional y docencia.

Como primera parte se desarrolla la parte de investigación la cual incluye el marco teórico y una parte de ahorro energético enfocado a reducir el consumo energético que se tiene en el cuarto frío debido a las ganancias de calor que se tiene por infiltraciones, proponiendo las reparaciones necesarias para que el cuarto funciones en óptimas condiciones con respecto a su diseño, y analizando los costos de reparación con respecto al consumo energético por las infiltraciones que se tienen.

En el área técnico-profesional se realizará un plan de mantenimiento enfocado al cuarto frío y los equipos involucrados en el proceso de corte y envasado de productos y los equipos utilizados para el apoyo del almacenamiento de los productos refrigerados, se recabará información de los diferentes equipos consultado manuales y ordenes de trabajo, después se verificará el estado de los equipos para poder realizar un programa acorde a las necesidades de la empresa y el estado del equipo, también se realizará programa de los mantenimiento que deben de realizarse a los equipos.

Para el área de docencia se darán diferentes capacitaciones tanto al personal administrativo y personal logístico que se encuentra trabajando dentro del cuarto frío, considerando las necesidades que deben de cubrirse dentro de la empresa para poder capacitar al personal, recolectado información para poder obtener resultados y verificar si los conocimientos dados fueron adquiridos por el personal.

1. GENERALIDADES

A continuación, se presentan las generalidades de la empresa como ubicación, visión y misión para poder conocer a la empresa e indicar la finalidad del proyecto.

1.1. Descripción

Sigma Alimentos, S.A. de C.V. es una compañía multinacional mexicana que se encarga de la manufactura y distribución de alimentos refrigerados, es conocida por sus diferentes marcas de carnes frías, quesos, yogures, y alimentos preparados, entre ellas Fud, Chimex, Olé, Yoplait, etc. Tiene varias sedes a lo largo de Latinoamérica, en Guatemala cuenta con tres centros de distribución los cuales se encuentran en Ciudad de Guatemala en 18 Av. 39-02 Z-12, otra ubicada en Xela y el último en Teculután. La empresa en el país fue fundada en 1992, la empresa se encarga de la distribución de los productos refrigerados, está conformada por los departamentos de Ventas autoservicios, Ventas al detalle, Logística y operaciones, Administración y Capital humano. Cuenta con 299 colaboradores.

1.2. Visión

Ser la compañía líder de alimentos refrigerados en los mercados de México, Latinoamérica e Hispano de Estados Unidos de América.

1.3. Misión

Lograr la preferencia de nuestros clientes por nuestras marcas con los mejores alimentos.

1.4. Principio

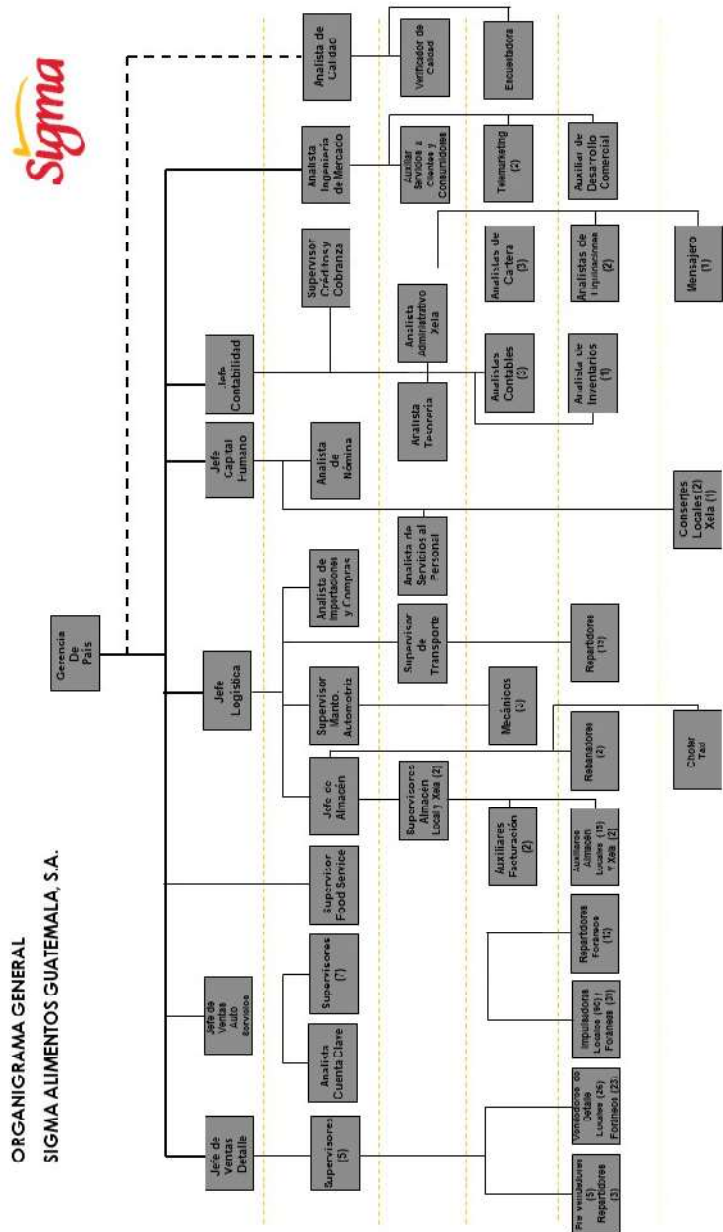
Nuestros principios guían nuestras acciones y la manera en la que nos relacionamos con nuestros clientes, socios y el resto del mundo.

1.5. Estructura organizacional

La empresa Sigma Alimentos, S.A. está distribuida de forma funcional, esto quiere decir que cada departamento se enfoca en la realización de cada tarea según el área que le corresponda.

Los departamentos de los cuales está conformada la empresa se dividen en departamento de ventas al detalle, ventas auto servicio, logística y contabilidad. El estilo de mando que posee la empresa es autocrático debido a que, para poder realizar alguna tarea, cada jefe de departamento la debe de autorizar primero.

Figura 1. Organigrama general de la empresa Sigma Alimento



Fuente: Sigma; manual de inducción.

1.6. Situación Actual

La empresa Sigma S.A. tiene como responsabilidad el seguimiento de la conservación de productos refrigerados en la cadena de frío, ya que se encarga de recibir e inspeccionar los productos que son llevados a sus instalaciones, para luego almacenarlos en un cuarto frío manteniéndolos a una temperatura controlada para conservarlos y luego distribuirlos mediante ventas al detalle y autoservicio, para seguir con el proceso los vehículos cuentan con un sistema de refrigeración para conservar los productos hasta hacerlos llegar al cliente como supermercados, tiendas, mercados.

1.7. Planteamiento del problema

A continuación, se presenta el planteamiento del problema en el cual se identifica el objetivo principal que se quiere alcanzar.

1.7.1. Antecedentes

Debido a que Sigma, S.A se dedica a la distribución de productos refrigerados, no cuenta con un departamento de mantenimiento que se enfoque a los diferentes equipos utilizados en el proceso de almacenamiento, no se tiene registro y control del mantenimiento de los equipos, la única información que se tiene es las ordenes de trabajo que entregan las empresas contratadas mediante *outsourcing*, de los trabajos realizados.

1.7.2. Justificación

Debido a que no se tiene control sobre el mantenimiento de los equipos, este es un problema, ya que al ser una empresa que se encarga de conservar y

luego distribuir los diferentes productos refrigerados, estos se almacenan en un cuarto frío manteniéndolos a una temperatura entre 1,5 °C a 4 °C, como principal objetivo se tiene el cuarto frío, este con un volumen de 2 688,5 m³ debido a que se encarga de refrigerar los productos y mantenerlos a una temperatura estable para su conservación, se tiene el caso de ganancias de calor por infiltraciones, aumentando el consumo de energía eléctrica y un mayor mantenimiento preventivo en los evaporadores en el cuarto debido a la humedad que ingresa, además se podría dar el caso de alguna falla de un equipo en el ciclo de refrigeración y poner en riesgo la conservación de los productos ocasionando una pérdida considerable de productos para la empresa.

La empresa cuenta con un plan de contingencia para poder reaccionar de una forma rápida ante cualquier problema, pero los costos son elevados además se tendría el riesgo de alguna complicación en el traslado del producto y se podría dar también algunas pérdidas. Se plantea la elaboración de un plan de mantenimiento de los equipos que se ven involucrados en los procesos de almacenamiento. Realizando un registro de equipos y elaborando procedimiento de mantenimiento que deben de realizar las empresas contratadas en darles mantenimiento a dichos equipos.

1.7.3. Resultados esperados

Reducir el consumo energético anual que se tiene por infiltraciones en el cuarto frío, proponiendo reparaciones menores para que el costo de reparación sea menor al consumo anual.

Realizar un plan de mantenimiento acorde a las necesidades de la empresa la cual le permita llevar el control del mantenimiento, organizando las actividades para no interrumpir la cadena de frío para la conservación de los productos.

1.7.4. Formulación y delimitación del problema

Proponer un plan de mantenimiento de los diferentes equipos involucrados en el proceso de almacenamiento que se encuentren en las instalaciones de la empresa con el fin de llevar un control y registro.

1.7.5. Alcance

Los equipos considerados para la elaboración del plan de mantenimiento son cuartos frío, evaporadores, compresores, pallets manuales y eléctricas, mesa niveladora de descarga, empacadora de alto vacío y rebanadoras. Todos estos equipos se clasificarán acorde a las tareas que realicen para el proceso de almacenamiento.

1.8. Fundamentación Teórica

A continuación, se presentan los principales conceptos que se utilizarán para el desarrollo del proyecto, los cuales ayudarán a entender los procesos de refrigeración y los equipos que conforma el cuarto frío.

1.8.1. Principios generales de refrigeración

- Calor: el calor es una forma de energía en transferencia. Según Pita (1994), "el calor es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura" (p. 28). Como el calor es una forma de energía las unidades usadas para medir el calor son unidades de energía. En sistema inglés se utiliza BTU, según Pita (1994) "el cual es el calor necesario para elevar una libra de masa de agua 1°F de temperatura" (p. 28). En el internacional se usa el Joule, también se usa

la caloría en el sistema métrico donde una caloría es el calor requerido para elevar 1 gramo de agua 1 °C.

- Calor Específico: es la cantidad de energía suministrada o extraída a una masa conocida de material para proporcionarle un cambio específico en su temperatura.
- Calor latente: es calor o energía térmica a la cual se produce un cambio de fase de una sustancia sin que se presente un cambio en su temperatura, es decir esta permanece igual.
- Calor sensible: el calor que se puede sentir o medir se llama calor sensible, este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado de la misma.
- Temperatura: puede decirse que es el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. (Pita,1994)

La escala de unidades que se usa para medir la temperatura en el sistema inglés es Fahrenheit °F, y en el sistema SI de unidades se usa el grado Celsius °C.

Hay también dos escalas de temperatura absoluta. En ellas el valor 0 se asigna a la más baja temperatura que puede existir. Se llaman las escalas Rankine R, y Kelvin K.

- Presión: la presión es la fuerza ejercida por unidad de área. Se puede escribir como la medida de intensidad de fuerza en un punto cualquiera sobre una superficie de contacto, cuándo ésta fuerza está distribuida uniformemente sobre un área la presión será la misma para cualquier punto de la superficie de contacto. (Edward. 1994)

- Presión atmosférica: se le llama presión atmosférica a la presión que la tierra ejerce debido a su peso. La tierra está rodeada de una cubierta de aire atmosférico, que aproximadamente a nivel del mar es de 14.7 lb/in^2 y que esta va disminuyendo a mayores alturas debido al peso del aire. Debido a la masa de este aire y a la fuerza de gravedad se genera presión sobre la superficie de la tierra.
- Presión manométrica: cuando se desea medir la presión dentro de un sistema cerrado, se utiliza un instrumento llamado manómetro. La presión dentro de un sistema cerrado puede ser mayor o menor que la atmosférica. A la presión mayor que la atmosférica, se le llama positiva: y a la menor, se le llama negativa o vacío. El manómetro marca la diferencia de presiones entre la que existe dentro del sistema y la presión atmosférica del lugar.

1.8.2. Leyes de la termodinámica

- Ley cero de la termodinámica o del equilibrio térmico: establece que cuando dos sistemas están cada uno en equilibrio térmico con un tercer sistema, todos ellos estarán en equilibrio térmico entre sí. Un ejemplo sería de colocar una taza de café sobre una mesa, a cierto tiempo el café tendrá la misma temperatura que la temperatura ambiente. (Cengel, 2011)
- Primera ley de la termodinámica: conocida como conservación de la energía, la cual dice que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma. En un sistema de energía que se usa para realizar trabajo y la otra es liberada como calor o como cualquier otra forma de energía, por lo tanto, la suma del trabajo realizado y el calor liberado nos dará el total de la energía suministrada. (Cengel, 2011)

- Segunda ley de la termodinámica: esta establece que solo se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura y esto tiene lugar a través de la transferencia de calor. (Cengel, 2011)
- Transferencia de calor: la transferencia de calor siempre ocurre de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja de un cuerpo caliente a un cuerpo frío y nunca en dirección opuesta. Debido a que el calor es energía y en consecuencia si no es consumida o utilizada en algún proceso, la energía térmica que sale de un cuerpo debe de pasar y ser absorbida por otro cuerpo que está perdiendo energía. La transferencia de calor ocurre en tres formas, por conducción, convección y radiación.
- Conducción: la transferencia de calor por conducción ocurre cuando la energía es transmitida por contacto directo entre dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos. La velocidad para conducir calor va a depender de los materiales, ya que no todos los materiales tienen la misma capacidad para conducir calor. La capacidad relativa de un material para conducir calor es conocida como conductividad.
- Convección: la transmisión de calor por convección ocurre cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas mediante un medio que fluye como por ejemplo aire o agua, etc. Estas corrientes se conocen como corrientes de convección y se producen debido al cambio de densidad produciéndose a través de la expansión de la porción calentada.
- Radiación: la transferencia de calor por radiación ocurre en la forma de movimiento ondulatorio similar a ondas ligeras donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin la necesidad de la intervención de la materia. A toda la energía térmica emitida en ondas se le conoce como energía radiante.

- Refrigeración: los sistemas de refrigeración consisten en adecuaciones mecánicas que usan las propiedades termodinámicas para realizar un intercambio de energía en forma de calor entre dos o más cuerpos. La refrigeración es la ciencia que estudia los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes. El calor siempre fluye de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, es decir siempre se tiene un flujo de calor hacia la zona refrigerada de las zonas calientes de alrededor, por lo que se necesita un material aislante que mantenga al mínimo el flujo de calor. En cualquier proceso de refrigeración se utiliza un fluido, una sustancia necesaria para la extracción de calor que se le denomina refrigerante. Cuando el calor absorbido causa un aumento en la temperatura del mismo, se dice que el proceso de enfriamiento es sensible, mientras que cuando el calor absorbido causa un cambio en el estado físico, se dice que el proceso de enfriamiento es latente. (Lijo, 2010, p. 84)

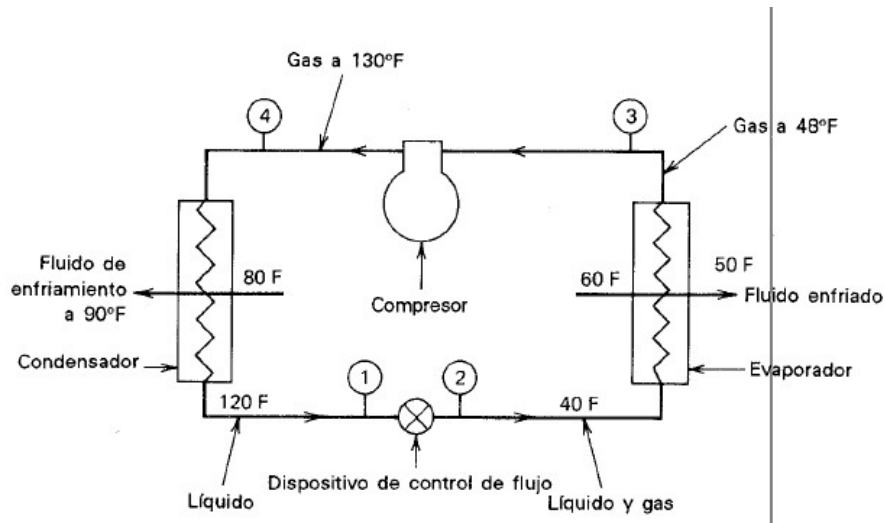
1.9. Sistema de refrigeración por compresor de vapor

Según Pita (1994):

En la figura de abajo se muestra un diagrama de flujo que indica los componentes básicos del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

Para comprenderlo se indican algunas temperaturas típicas para el caso del acondicionamiento del aire. El fluido refrigerante circula a través de la tubería y el equipo en la dirección indicada. Hay cuatro procesos (cambios en el estado del fluido) que se efectúan a medida que el fluido pasa a través del sistema:

Figura 2. Sistema de refrigeración por compresión de vapor



Fuente: Acondicionamiento de aire, Pita 1994.

- Proceso 1-2. En el punto 1, el refrigerante se encuentra en estado líquido a una presión y temperatura relativamente alta 120 °F. Pasa al punto 2 a través de una restricción, que se llama dispositivo de control de flujo o también dispositivo de expansión. El refrigerante pierde presión al pasar por la restricción. La presión en el punto 2 es tan baja que se evapora una pequeña parte del refrigerante, pasando al estado gaseoso. Pero para evaporarse debe de ganar calor, que toma de la parte del refrigerante que no se evapora, y así se enfría la mezcla produciendo la baja temperatura.
- Proceso 2-3. El refrigerante pasa a través de un cambiador de calor llamado evaporador. Este cambiador tiene dos circuitos. El refrigerante circula por uno y el otro fluido por enfriar, que generalmente es aire o agua, pasa por el otro. El fluido por enfriar está a una temperatura ligeramente mayor que la del refrigerante, y por lo tanto se transfiere calor desde el mismo hasta el refrigerante, y se produce el efecto de enfriamiento que se

- desea. El refrigerante hierve debido al calor que recibe en el evaporador. Para cuando sale del evaporador (punto 4) está vaporizado por completo.
- Proceso 3-4. Al salir del evaporador, el refrigerante es un gas a baja temperatura y baja presión. Para poder volver a usarlo y obtener continuamente el efecto de evaporación, se debe regresar a las condiciones del punto 1: líquido a alta presión. El primer paso en este proceso es aumentar la presión del refrigerante gaseoso mediante el empleo de un compresor. Al comprimir el gas también se tiene un aumento de su temperatura.
 - Proceso 4-1. El refrigerante sale del compresor en estado gaseoso a alta temperatura y presión. Para cambiar al estado líquido, se le debe eliminar calor. Esto se logra en un cambiador de calor que se llama condensador. El refrigerante fluye a través de uno de los circuitos del condensador. En el otro pasa a un fluido de enfriamiento, aire o agua, a menor temperatura que el refrigerante. Por lo tanto, el calor se transfiere del refrigerante al fluido de enfriamiento y, como resultado de ello, el refrigerante se condensa y pasa a forma líquida (1). El refrigerante ha vuelto a su estado inicial y está listo para repetir el ciclo. Desde luego, estos procesos en realidad son continuos al circular el refrigerante a través del sistema. (p. 356-357)
 - Cuarto de refrigeración: es un recinto aislado térmicamente que utiliza un sistema de refrigeración para la extracción de energía del objeto en su interior. Para esto en el interior de la cámara se ubica uno o más evaporadores, la cámara debe de estar aislada térmicamente a fin de minimizar la transferencia de calor por su estructura propia. Esto se logra gracias a paneles frigoríficos contruidos con polímeros sintéticos de baja coeficiente de transferencia de calor. Las paredes de una cámara frigorífica son de materiales de fácil limpieza, lisos, impermeables, resistentes a la corrosión y de colores claros. Cualquier material aislante

térmico que se utilice deberá ser colocado en forma tal, que permita el cumplimiento de lo especificado para paredes y techos y no tener contacto con el ambiente. (Lijó, 2010, p. 84)

1.10. Equipos de refrigeración

A continuación, se describen los dispositivos que conforman generalmente un equipo de refrigeración.

1.10.1. Compresor

Es el corazón del ciclo de refrigeración debido a que comprime el refrigerante elevando su temperatura y presión, hasta el punto que se pueda realizar la condensación, después se descarga el refrigerante al condensador.

1.10.2. Condensador

Es un intercambiador de calor cuya función es la de transferir el calor del refrigerante hacia un medio enfriante que puede ser aire exterior o agua, el medio enfriante absorbe el calor elevando su temperatura. El fluido refrigerante entra en el condensador en estado de gas y sale en estado líquido a la temperatura que se condensa o incluso a una temperatura menor si se produce subenfriamiento.

1.10.3. Dispositivo de expansión:

Su función es la expandir el refrigerante pasando de líquido subenfriado hasta líquido, mediante una caída de presión y temperatura hasta la necesaria

en el evaporador. También controla la cantidad de fluido refrigerante que debe entrar en el evaporador.

1.10.4. Evaporador:

Se encarga de enfriar o acondicionar la cámara, puede estar dentro o fuera de la misma. Es un intercambiador de calor cuya función es la de transferir el calor del ambiente a enfriar hacia el refrigerante líquido. El objetivo de este elemento es hacer que el fluido refrigerante que entra a baja presión y temperatura empieza a enfriar, ya que absorbe el calor externo del espacio que se requiere enfriar. El ambiente para enfriar cede calor y baja su temperatura.

1.11. Cadena de frío

La cadena de frío es una sucesión de procesos logísticos con temperatura controlada. La conforman varias etapas que constituyen el proceso de refrigeración o congelación, el cual es necesario para que los productos perecederos, refrigerados o congelados, lleguen de forma segura al consumidor.

La cadena del frío inicia desde el momento en el que se obtiene el producto elaborado; posteriormente, pasa por las fases de distribución, almacenamiento y manipulación. Las actividades y recursos necesarios para desarrollar los programas varían sensiblemente en cada una de estas fases, aunque se cuente con tecnología de punta para la cadena de frío, no será efectivo si las personas responsables del programa no conocen y no aplican correctamente los principios de operación y funcionamiento de los equipos frigoríficos y los componentes utilizados para la conservación del producto.

Se le denomina “cadena” porque incluye todo un conjunto de actividades que se requieren para garantizar la calidad y seguridad de un producto, desde su origen hasta su utilización o consumo.

Solamente basta con que una de las etapas del proceso se vea comprometida en algún punto para afectar toda la cadena de frío, perjudicando la calidad y seguridad del producto.

Para lograr conservar dichos productos es necesario evitar romper la cadena de frío. Además, la conservación está directamente vinculada con otros aspectos, tales como el control de entradas y salidas, con el fin de garantizar la rotación del producto y no prolongar su almacenamiento; igualmente con el control de temperatura y humedad de los lugares de almacenamiento, los cuales deben estar libres de contaminación cruzada y contar con una buena ventilación. En cuanto a las condiciones de envasado y empaquetado, los productos tienen que estar herméticamente sellados y sin golpes.

Las temperaturas de refrigeración, de 0 a 8 °C, se utilizan ampliamente para ayudar a conservar los alimentos procesados, cocidos y crudos. Entre los productos que se encuentran en el cuarto frío están carnes frías como salchichas, salchichas de pavo, jamón, chorizos, longanizas, tocino ahumando; también se encuentra bebidas de café, quesos como tipo cheddar, parmesano, pizzero, mozzarella, yogures y diferentes comidas refrigeradas como pizzas, pechugas rellenas y chuletas de cerdo.

1.12. Mantenimiento

Se entiende por mantenimiento a la función a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como

las auxiliares y de servicios. También es importante recordar que cada tarea se realiza en un entorno específico, que pueden tener un impacto significativo en la seguridad, precisión y facilidad de la finalización de la tarea. (Boucly, 1998)

En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo. Conforme con la anterior definición se deducen distintas actividades:

- prevenir o corregir averías.
- cuantificar o evaluar el estado de las instalaciones.
- aspecto económico, costes.
- Son misiones de mantenimiento:
 - La vigilancia permanente y/o periódica.
 - Las acciones preventivas.
 - Las acciones correctivas (reparaciones).
 - El reemplazamiento de maquinaria.
- Los objetivos implícitos son:
 - Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
 - Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
 - Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
 - Asistencia al departamento de ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

1.12.1. Mantenimiento Correctivo

Son las tareas que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades: (Boucly, 1998)

- Detección del fallo.
- Localización del fallo.
- Desmontaje.
- Obtención de repuestos y/o insumos
- Recuperación o sustitución
- Montaje.
- Pruebas.
- Verificación.

1.12.1.1. Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

1.12.1.2. Inconvenientes

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un *stock* de repuestos importante.

- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

1.12.1.3. Aplicaciones

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.

1.12.2. Mantenimiento preventivo

La tarea de mantenimiento preventivo es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento: (Boucly, 1998)

- Desmontaje.
- Recuperación o sustitución.
- Montaje.
- Pruebas.
- Verificación.

Las tareas de mantenimiento de este tipo se realizan antes de que tenga lugar la transición al momento de una falla, con el objetivo principal de reducir:

- El coste de mantenimiento.
- La probabilidad de fallo.

Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos, como, por ejemplo, cada 3.000 horas de operación, cada 10.000 millas, al margen de la condición real de los elementos o sistemas.

1.12.2.1. Ventajas

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.
- Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.
- Inconvenientes.
- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.
- Aplicaciones.
- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro.
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

1.13. Equipos utilizados para corte y envasado de productos

A continuación, se describen los equipos que conforman el corte y envasado de los productos fríos.

1.13.1. Rebanadora de jamón

Esta es una maquina eléctrica utilizada para el corte de rebanadas de jamón en diferentes espesores, debido a que el producto viene en grandes bloques, el jamón es rebanado dentro de la empresa para un mayor aprovechamiento del producto. Debido a esto el equipo es utilizado en toda la jornada laboral.

1.13.2. Envasadora de alto vacío

Posee una boquilla conectada directamente a la bomba de vacío. En esta máquina a medida que se va haciendo el vacío se va sellando la bolsa automáticamente, por lo que el grado de vacío obtenido es menor que con cualquier tipo de maquinaria, debido a la deficiente hermeticidad.

La envasadora es un equipo utilizado para el empaquetado del jamón cortado dentro la empresa. El mantenimiento de este equipo es de vital importancia debido a que se debe de mantener la inocuidad de los productos envasados.

1.14. Equipos auxiliares para el almacenamiento de productos

A continuación, se describen los equipos que se encuentran como apoyo para la conservación de la cadena de frío.

1.14.1. Transpaleta manual

La transpaleta manual o transpaleta hidráulica constituye un equipo básico, por su sencillez y eficacia y que tiene un uso generalizado en la manutención y

traslado horizontal de cargas unitarias., cuando las distancias de desplazamiento no son muy grandes y cuando la carga a transportar no suele ser muy pesada.

La elevación de las horquillas se consigue con un pistón hidráulico que es accionado por el movimiento oscilatorio (vaivén) que el operario realiza sobre el asidero cuando desea subir la carga; el descenso se realiza liberando una palanca que actúa sobre una válvula de descarga que hace regresar el fluido al depósito consiguiendo vaciar el pistón por gravedad. El desplazamiento horizontal se realiza tirando o empujando manualmente del asidero con el que también se le imprimen los movimientos de giro. Aunque en un principio puede parecer excesivo el esfuerzo a realizar por una persona para desplazar el traspale con ese peso, en realidad no es tan costoso gracias al sistema de ruedas y cojinetes que posee, siempre que se haga sobre pavimentos llanos, lisos y pulidos.

En las instalaciones de la empresa existen dos tipos de transpaletas de la marca Yale y la marca Crown, estos equipos son importantes en el almacenamiento de los productos ya que facilitan el movimiento de la carga de los productos haciendo el trabajo de los operarios más sencillos. Si estos equipos sufren algún fallo podría hacer la tarea de los operarios más difícil ya que se necesitaría más tiempo en el traslado de los productos a las diferentes áreas del cuarto frío.

1.14.2. Transpaleta eléctrica

La transpaleta eléctrica es una evolución de la transpaleta manual que está indicada para un uso más intensivo, incorpora baterías y un motor eléctrico que realiza las funciones de desplazamiento y elevación, lo que permite desplazar las cargas con mayor facilidad al no exigir tanto esfuerzo físico del operario. Se

utilizan cuando la carga o la distancia sobrepasa los límites de manipulación manual o en los casos en los que la frecuencia de uso es alta. Las transpaletas eléctricos funcionan con baterías que proporcionan una autonomía de aproximadamente 8 a 10 horas.

En la empresa este tipo de equipo es de suma importancia para toda la operación de la empresa. Se utiliza cuando se necesita reducir el trabajo de los operarios debido a la cantidad de productos es demasiado y el peso es demasiado. Reduciendo el tiempo de descarga de productos.

Si este equipo está defectuoso o detenido, la operación se atrasaría notablemente, pues solo se tendría las transpaletas manuales. Este es el motivo por el cual es de suma importancia su mantenimiento.

1.14.3. Mesa niveladora hidráulica

Es un equipo hidráulico que sustituye una rampa de descarga debido a que este tiene un movimiento vertical hacia arriba y abajo es utilizado para la descarga de productos debido a la altura de los furgones refrigerados que contienen los productos. La capacidad de la mesa niveladora es de 5 000 lbs. Este equipo es muy importante en el proceso de almacenamiento debido a que si no estuviese, la descarga de los productos sería muy lenta y muy riesgosa debido a que podría darse algún accidente debido a la altura del furgón.

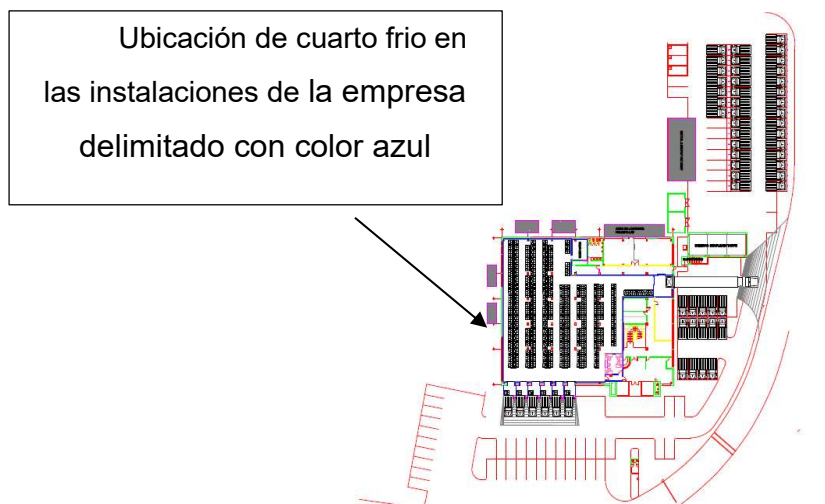
2. FASE DE INVESTIGACIÓN-IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL CUARTO FRÍO, DEBIDO A GANANCIAS DE CALOR POR INFILTRACIÓN

A continuación, se presenta un estudio del cuarto frío para reducir las ganancias de calor por infiltración.

2.1. Ubicación del cuarto frío

Se presenta un croquis general de la empresa Sigma y la ubicación del cuarto frío.

Figura 3. Ubicación del cuarto frío



Fuente: Sigma; manual de inducción.

2.2. Cálculo del diseño del cuarto frío

Para verificar el diseño se tomarán en cuenta varios aspectos como volumen del cuarto frío, tipos de materiales del piso, techo y paredes, además diferentes tipos de carga de calor como transmisión de calor por paredes, calor del producto, calor por infiltraciones, calor por suplementarios. Así como cantidad y tiempo de personas que permanecerán en el cuarto frío.

2.2.1. Condiciones del cuarto frío

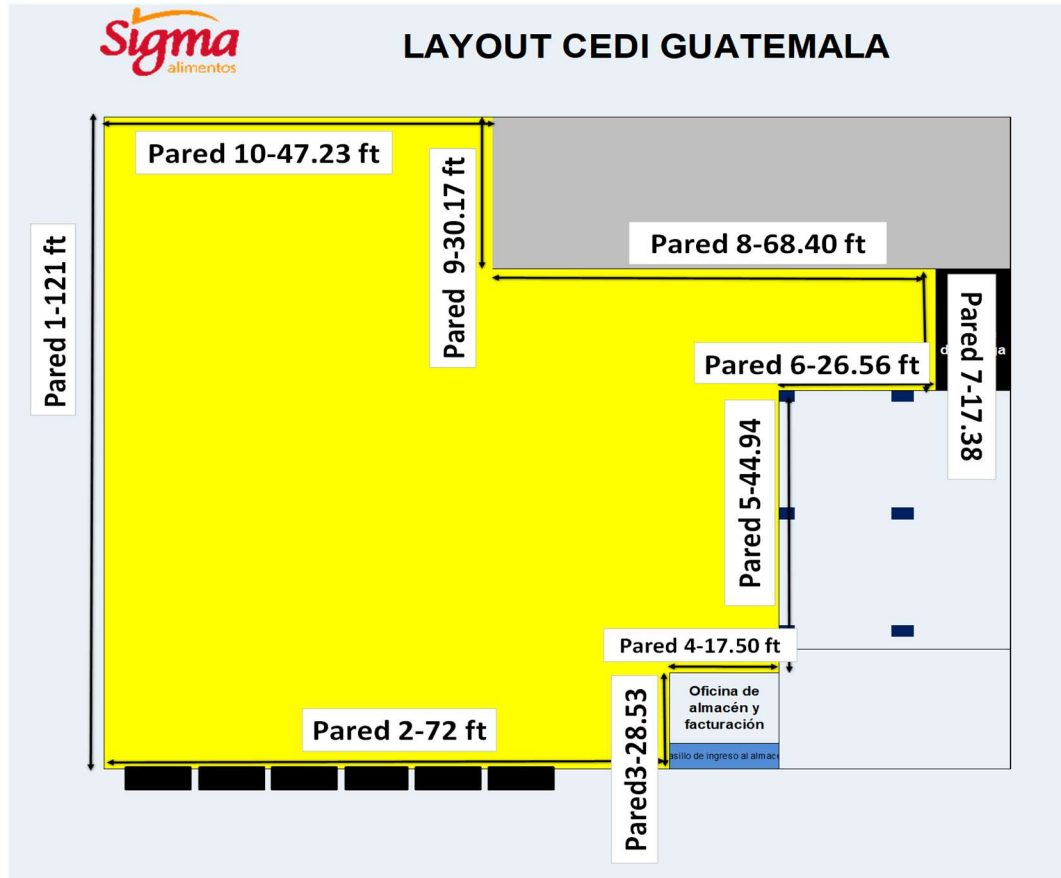
En esta sección se desarrollará el cálculo del volumen del cuarto frío y las especificaciones de los materiales, con los cuales está fabricado el cuarto frío como paredes, techo y piso.

El cuarto frío está fabricado con planchas de poliuretano, debido a que este material posee una gran capacidad de aislamiento térmico, es muy utilizado para la fabricación de cuartos fríos. Las paredes y el techo están fabricados con este mismo material.

2.2.1.1. Volumen del cuarto frío

Para calcular el volumen del cuarto frío se utilizará el siguiente croquis debido a que el cuarto no presenta una figura regular, se dividirá en figuras regulares como cuadrados y rectángulos para poder calcular el área y después se multiplicara por la altura, ya que esta se mantiene constante en todo el cuarto, para poder obtener el volumen interior total. La altura del cuarto frío es de 2,90 m.

Figura 4. Croquis para el cálculo de carga de calor por transmisión



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de todos los procedimientos se realizará en sistema inglés (SI) debido a que para el cálculo del cuarto frío se utilizarán las tablas que se encuentran ubicadas en la sección de anexo.

El volumen interior del cuarto frío es de $94\,943.48 \text{ f}^3$

2.2.1.2. Material piso techo y paredes

Las paredes y el techo del cuarto están hechos de paneles de poliuretano inyectado en láminas, también conocida como sándwich de poliuretano este material posee un bajo coeficiente térmico por eso es muy utilizado en la construcción de cámaras frigoríficas, además de que es muy ligero y fácil de maniobrar. El panel utilizado en el cuarto frío tiene un espesor de 5" de ancho. El material del piso es de concreto con un espesor de 4".

2.2.2. Carga por transmisión de calor.

La carga por transmisión de calor es la cantidad de flujo de calor que pasa a través de las paredes, piso y techo. Esta ganancia de calor está definida por el cambio de temperatura en el exterior e interior del cuarto, también influye mucho el material y espesor utilizado en la construcción del cuarto debido al coeficiente de transmisión de calor que posee el material utilizado.

La ecuación utilizada para el cálculo de transmisión de calor es

$$Q = U * A * DT$$

Donde:

Q= transferencia de calor, $\frac{BTU}{h}$

U=Coeficiente global de transferencia de calor $\frac{BTU}{h} * ^\circ F * ft^2$

DT=Cambio de temperatura del cuarto frío, temperatura exterior temperatura interior, $^\circ F$

Para poder obtener el coeficiente global de transferencia se tiene que:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x}{k} + \frac{1}{f_1}}$$

Donde:

f_0 : 6 es un valor constante

f_1 : 1.65 es un valor constante

x : es valor del espesor del material de construcción, en pulgadas

k : Propiedad térmica del material, en pulgadas

El valor de x para el poliuretano es de 5" y el del concreto es de 4". La propiedad de k para el poliuretano es de $k=0.16$ y el del concreto $k=0.20$.

Para el cambio de temperatura, la temperatura media a la cual se mantiene el cuarto frio es de 41°F y la temperatura exterior es de 72 °F.

2.2.3. Carga de calor por producto

Cuando se tiene algún producto con una temperatura mayor y se coloca dentro del cuarto frio, esta perderá su calor hasta alcanzar la temperatura del cuarto. El cálculo del calor removido de los productos depende de la temperatura inicial y final, debido a que es necesario preservar la cadena de frio en los productos, la diferencia de temperatura en los productos que ingresan al cuarto frio deben de ser mínima, ya que los productos son transportados en camiones refrigerados.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = m * c_p * DT$$

Donde:

Q : Cantidad de calor removido del producto, BTU por 24 h

m : Cantidad de producto enfriado, lb/24h

c_p : Calor específico del producto, por encima del punto de congelación debido a que solo se necesita refrigerar el producto, BTU/lb °F

DT : Diferencia de temperatura, entrada del producto y la temperatura del cuarto frío.

Como no se tiene frutas ni vegetales, no se toma en cuenta el calor por respiración o evolución.

2.2.4. Carga por infiltraciones

Cada vez que se abre la puerta del cuarto frío, cierta cantidad del aire exterior entrará a la cámara, la entalpía de este aire es mayor que la del espacio refrigerado. Este aire debe ser enfriado a la temperatura del cuarto, y esto da como resultado una ganancia de calor. Esta carga incluye calor sensible del aire infiltrado y calor latente de condensación del vapor de agua presente en el aire. Para poder hacer el cálculo se utilizarán las tablas que se encuentran en los anexos, para el cálculo también necesita la temperatura exterior y la humedad relativa del aire exterior.

Se tiene que la temperatura exterior es de 68°F, y se tomará la temperatura de bulbo húmedo para poder obtener la humedad relativa, esto se hará utilizando la carta psicométrica. Además, se aproximará la temperatura para poder hacer uso de las tablas que se encuentran en los anexos.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{infiltracion} = V_{int} * \Delta Aire_{24\ horas}(tabla) * Q_{Remaireenfr}(tabla)$$

Donde:

$Q_{infiltracion}$: calor por infiltración

V_{int} : volumen interno

$\Delta Aire_{24\ horas}$: Cambio de aire en 24 horas (ver tablas en anexos)

$Q_{Remaireenfr}(tabla)$: Calor removido del aire de enfriamiento (ver tabla en anexos)

2.2.5. Carga de calor suplementario:

Son diferentes cargas que afectan al espacio refrigerado, entre ellas están calor por personas, motores, iluminación, tarimas y estanterías, esta dependerá de la cantidad de personas u objetos que se encuentren adentro del recinto.

2.2.5.1. Calor por personas

El cuerpo humano al hacer cualquier actividad desprende calor, aun cuando se mantenga en reposo, el simple hecho de estar vivo es suficiente para que libere calor. Se debe de considera la carga de calor por personas, regularmente en el cuarto frio se mantienen 8 personas en diferentes turnos, desde las 5:00 a.m. hasta las 6 p.m. El cálculo de la carga de calor por personas se hace de la siguiente forma:

$$Q_{persona} = No. de personas * horas de estadia * factor(ver tabla) \frac{BTU}{h}$$

2.2.5.2. Motores

Todas las máquinas son accionadas por motores eléctricos que emplean parte de su energía consumida en vencer rozamientos, que se transforma en calor, se considerarán, todos los equipos eléctricos dentro del cuarto, como los motores de los ventiladores instalados en los evaporadores, se verificará la placa de los evaporadores para poder determinar el número de motores de los que consta cada evaporador, además dentro del cuarto frío se tiene una empacadora de alto vacío, la cual usa una bomba de vacío y un compresor. La forma de calcular el calor generado por estos equipos es:

$$Q_{motores} = Potencia\ en\ HP * factor(tablas) * 24\ horas$$

2.2.5.3. Iluminación

El alumbrado que se encuentra dentro del cuarto frío, sede energía calorífica al medio enfriado, la cantidad de calor que estas lámparas ceden, se obtiene directamente de la energía eléctrica, con lo cual esto genera una carga de calor que debe de ser retirado del espacio refrigerado, por lo tanto se utiliza la siguiente ecuación para calcular el calor generado por el alumbrado.

$$Q_{iluminacion} = (No.\ de\ lamparas) * (watts\ de\ las\ lamparas)(3.415)$$

2.2.5.4. Tarimas y canastas

Para el cálculo de calor generado por tarimas y canastas se considera la misma ecuación para el cálculo de calor por productos.

$$Q = m * c_p * DT$$

Donde:

Q : Cantidad de calor removido del producto, BTU por 24 h

m : Cantidad de producto enfriado, lb/24h

c_p : Calor específico del producto, por encima del punto de congelación debido a que solo se necesita refrigerar el producto, BTU/lb °F

DT : Diferencia de temperatura, entrada del producto y la temperatura del cuarto frío.

Tabla I. Cálculo de cuarto frío

Hoja de calculo de refrigeraicon							
Aplicación	Refrigeracion de productos (carnes frias, quesos, yogures)				Fecha	43752.00	
Condiciones exteriores		Condiciones interiores			Materiales	Tipo	Coefficiente U
Temperatura (°F)	Humedad relativa (%)	Temperatura de cuarto (°F)	Humedad relativa	Temperatura del piso (°F)	Techo y paredes	Piso	U=0.040
68.00	60.00	41.00	90.00	51.00	Poliuretano	Concreto	U=0.28
					Espesor	Espesor	
					5"	4"	
Carga de calor por transmision							
	Longitud (ft)	Ancho (ft)	Area (ft)	DT	Coefficiente	BTU/h	
Pared 1	121.03	9.51	1151.00	27.00	0.04	1243.07	
Pared 2	72.00	9.51	684.72	27.00	0.04	739.50	
Pared 3	28.53	9.51	271.32	27.00	0.04	293.03	
Pared 4	17.05	9.51	162.15	27.00	0.04	175.12	
Pared 5	44.94	9.51	427.38	27.00	0.04	461.57	
Pared 6	26.57	9.51	252.66	27.00	0.04	272.87	
Pared 7	17.38	9.51	165.32	27.00	0.04	178.55	
Pared 8	68.39	9.51	650.37	27.00	0.04	702.40	
Pared 9	30.18	9.51	286.97	27.00	0.04	309.93	
Pared 10	47.23	9.51	449.18	27.00	0.04	485.11	
Piso			3041.56	17.00	0.21	10754.96	
Techo			3041.56	27.00	0.04	3284.88	
Carga total de transmision de calor por hora						18900.99	
Carga de calor por producto							
	Producto	Peso (lbs)	Calor especifico	Dif. Tem. (°F)	Carga en BTU/h		
	Bebidas	1323.00	0.92	2.00	2434.32		
	Jamones	13889.00	0.60	2.00	16666.80		
	Embutidos	16091.00	0.68	2.00	21883.76		
	Pechugas rellenas	869.00	0.79	2.00	1373.02		
	Crema	373.00	0.70	2.00	522.20		
	Postres	557.00	0.74	2.00	824.36		
	yogurt	9458.00	0.93	2.00	17591.88		
	Quesos	5878.00	0.50	2.00	5878.00		
	Carga total del producto en 24 horas				67174.34		
	Carga total de calor del producto por hora				2798.93		
Carga por infiltracion							
		Volumen de la camara ft^3	Cambio de aire en 24 hrs	Calor removido o del aire de enfriamiento	Carga total por infiltracion en 24 horas en		
		94943.48	1.40	1.92	255208.08		
Carga de calor por suplementos o miscelaneos							
	Cantidad	Potencia	Btu/h	Tiempo (hrs)	Carga en BTU/h		
	Iluminacion	136.00	32.00	3.41	16.00	237445.12	
	Motores evaporadores 1/2 hp	5.00	0.50	3750.00	24.00	225000.00	
	Motor de bomba de vacio y compresor de empacadora 1/2 hp	2.00	0.50		8.00		
	Personas	8.00		840.00	16.00	107520.00	
		Peso (lbs)	Calor especifico BTU/h °F	Dif. Temp (°F)			
	Tarimas	300.00	0.18				
	Canastas	100.00	0.48				
	Carga total suplementaria en 24 horas				569965.12		
	Carga total suplementaria de calor por hora				23748.55		
	Total de carga del producto (por transmision, producto, infiltracion)				300656.55		
	Se le aplicara un 20% un factor de seguridad para permitir una operación optima del cuarto frío				45098.48		
	Carga total con el factor de seguridad				345755.03		
Capacidad del evaporador	345.86 Kbtu/h	Capacidad de la V.E.T	28.81	Compresor	43.22		

Fuente: elaboración propia.

2.3. Comparación diseño con respecto equipos de refrigeración

En el siguiente cuadro se tienen los equipos que se encuentran instalados en la empresa y la capacidad de los equipos que tendría que estar según el cálculo que se obtuvo en el cuadro de “Cálculo de cuarto frío”.

Tabla II. **Comparación de equipos instalados vrs equipos teóricos**

Cuarto frío				
Equipos	Según la hoja de cálculo		Equipos Instalados	
Evaporador	345.86	KBTU/h	369.7	KBTU/h
Compresor	43.23	HP	48	HP
V.E.T.	28.82	T.R.	32.3	T.R.

Fuente: elaboración propia.

Se tiene que los equipos instalados que se encuentran dentro del cuarto frío cuentan con la capacidad necesaria para operar, esto se hizo para poder analizar y determinar si los equipos que constituyen el proceso de refrigeración del cuarto frío se encuentran trabajando de una forma correcta o si se encontraban trabajando con sobrecarga, y así poder determinar si hay algún consumo energético mayor por sobrecarga del cuarto frío. Esto tendría como consecuencias un mayor trabajo en los equipos y un mantenimiento más constante y un desgaste prematuro en los equipos.

2.4. Inspección de ganancias de calor por infiltraciones

Se inspeccionó visualmente, el estado del cuarto frío tomando en cuenta:

- Paredes: como son fabricadas de poliuretano, que estén bien ensambladas y que no presenten espacio en sus uniones, que no se tenga abolladuras o fisuras que pueda provocar una grieta y se pueda infiltrar el agua reduciendo la utilidad del poliuretano.
- Techo: debido a que el techo también cuenta con las mismas propiedades de las paredes, se evaluaron las mismas condiciones que se tomaron al inspeccionar las paredes.
- Puertas: estas se inspeccionaron de tal manera que el empaque del marco de la puerta este en buen estado, así también bisagras y manijas en buen estado sin presentar picaduras u oxido.

A continuación, se presenta un cuadro con el estado del cuarto frío.

Tabla III. **Estado del cuarto frío**

Estado del cuarto frío		
	Estado del área	Observaciones
Paredes	En buen estado	
Techo	En buen estado	
Puerta principal	En buen estado	
Puerta bahía 1	Empaque de abajo roto	Puerta abierta
Puerta bahía 2	Empaque del marco	Puerta abierta
Puerta bahía 3	Empaque del marco	Puerta abierta
Puerta bahía 4	Empaque lado derecho	La puerta no tiene soporte fijo
Puerta bahía 5	Empaque roto	Puerta abierta
Puerta bahía 6	Empaque roto	No tiene soporte fijo
Puerta área de descarga	Empaques rotos	Puerta siempre abierta
Puerta entrada área de descarga	Puerta en mal estado, no tiene empaques, no tiene soporte fijo	

Fuente: elaboración propia.

Se tiene que los empaques de los marcos en las puertas se encuentran deteriorados, esto es perjudicial debido a que se tienen un ingreso de aire del exterior, lo puede ocasionar que los evaporadores tengan un mayor trabajo debido al calor latente que entra al recinto y se requiera un mantenimiento más recurrente debido a que se forma escarcha en los serpentines del evaporador.

2.5. Análisis consumo energético de ganancias por infiltraciones

Efecto de infiltración de aire: La infiltración ocurre cuando el aire exterior entra a través de aberturas en la construcción, debido a la presión del viento.

Método de las Fisuras: Este método supone que se puede medir o establecer una tasa de infiltración del aire con exactitud, por pie de fisura. Los reglamentos energéticos tienen una lista de velocidades máximas permisibles por infiltración para construcciones nuevas o remodelaciones. En la siguiente tabla se muestra una lista de tasas típicas de infiltración en los reglamentos de energía, basados en un viento de 25 MPH.

Tabla IV. **Tabla de tasa de infiltración**

Componente	Tasa de infiltración CFM/ft de fisura
Ventana	0.75
Puerta	1

Fuente: Pita, E. (1994). *Acondicionamiento de aire*.

Las longitudes y áreas de fisura se deben determinar mediante los planos de construcción o mediante mediciones de campo. En este caso se tomaron

medidas de las puertas que presentaban un mayor desgaste. Para poder obtener la tasa de calor por infiltraciones, utilizaremos la siguiente ecuación.

$$Q_s = 1.1 * CFM * DT$$

Donde:

Q_s : Es el calor sensible (BTU/h)

CFM : Para el cálculo de los CFM se debe de medir el perímetro, donde se tenga la infiltración en ft y luego multiplicarlo por la constante de la tabla No. X. Se procedió a inspeccionar y medir en las partes de las puertas donde se encuentran los empaques dañados, se tiene 8 puertas, las cuales 6 son para carga de los vehículos que se encargan de distribuir los productos, otra es de acceso del personal y la otra de descarga de producto de los furgones que viene a dejar producto a las instalaciones de la empresa.

Tabla V. **Medición de pies lineales de infiltración**

Medición de pies por infiltración de cada puerta			
Puerta	Lugar de infiltración en puerta	Pies medidos de infiltración	Tasa de infiltración CFM/ft de fisura
Bahía 1	Parte de debajo, no cuenta con hule de arrastre	4,92	4,92
Bahía 1	Sin empaque, lado izquierdo	7,22	7,22
Bahía 1	Sin empaque, lado izquierdo	7,22	7,22
Bahía 1	Sin empaque, lado izquierdo	7,22	7,22
Bahía 1	Sin empaque, lado izquierdo	7,22	7,22
Bahía 1	Marco completo	19,38	19,38
Puerta de entrada	Empaques en buen estado	0	0
Bahía 1	Empaque dañado, lado izquierdo	7,22	7,22

Fuente: elaboración propia.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la pérdida de calor sensible que se tiene debido a las ganancias de calor por infiltración en las puertas.

Tabla VI. **Cálculo de calor sensible**

Cálculo de calor sensible	Q_s		Temp cuarto frio: 41°F	Q_s
	Constante	CFM	Temperatura exterior: 68°F	
			DT	
Puerta	1.1	4.92	27	146.12
Bahía 1	1.1	7.22	27	214.43
Bahía 2	1.1	7.22	27	214.43
Bahía 3	1.1	7.22	27	214.43
Bahía 4	1.1	7.22	27	214.43
Bahía 5	1.1	19.38	27	575.58
Bahía 6	1.1	0	27	0
Puerta de entrada	1.1	0	27	0
Puerta de descarga	1.1	0	27	0
			Total, en BTU/h	1579.45
			Total, en watts/h	462.89

Fuente: elaboración propia.

En el siguiente cuadro se presenta el consumo energético que se tiene a diario y anualmente; el costo por kW /h se obtuvo de un recibo de energía eléctrica del año 2019.

Tabla VII. **Cálculo de costo por infiltración por día y anualmente**

Costo por infiltración kWatts/h	Costo por kw/h	Costo por infiltración por día	Costo por infiltración por año
0,462	Q 1,30	Q 14,41	Q 5 261,26

Fuente: elaboración propia.

2.6. Propuesta de costo de reparaciones del cuarto frio para

Debido a que las infiltraciones se tienen en puertas, debido a que los empaques se encuentran dañados o desgastados se hará una propuesta para eliminar o reducir las infiltraciones y que sea con el menor costo posible.

Es necesario cuantificar los materiales que se necesitaran para poder reducir o eliminar las infiltraciones que se tiene.

- **Empaques o sellos en puerta:** los empaques en las puertas se utilizan para que el aire exterior no ingrese al interior del cuarto frio y que el sistema de refrigeración no tenga que hacer un trabajo mayor para mantener una temperatura adecuada en el cuarto frio. Para esto se inspeccionaron todos los marcos de las puertas para obtener el total de pies lineales de empaque que se necesitan para colorar en las puertas.
- **Hule de arrastre:** los hules de arrastre se encuentran debajo de la puerta, estos tienen la misma función que los empaques o sellos de puertas. Se inspeccionaron todas las puertas y solamente se encontró que una puerta no cuenta con hule de arrastre.
- **Jaladores de puertas:** se inspeccionaron completamente las puertas tanto interior y exteriormente. Se encontraron algunos jaladores en mal estado

o quebrados, estos se encuentran del lado exterior de las puertas del cuarto frío. No se tiene ningún problema con infiltración con respecto a los jaladores de las puertas, pero debido a que el interior de las puertas está fabricado también poliuretano inyectado, se tiene el problema de que la humedad ingresa y esta va degradando el poliuretano de la puerta y reduciendo la vida útil de esta haciendo que se tenga una mayor transferencia de calor hacia el cuarto frío.

Tabla VIII. **Cuantificación de materiales y mano de obra**

Cuantificación de materiales y mano de obra para reparación de cuarto frío						
	Empaques de sello de puerta		Hule de arrastre		Jaladores de puerta	
	Ft lineales	Costo de ft de sello	Cantidad de hules	Costo de hule	Cantiad	Costo
	56	Q20.00	5	Q25.00	2	Q125.00
Subtotal materiales	Q1,120.00		Q125.00		Q250.00	
Total materiales	Q1,495.00					
Mano de obra	Q800.00					
Costo total	Q2,295.00					

Fuente: elaboración propia.

2.7. **Recomendaciones para ahorro de consumo energético**

- Mantener las puertas cerradas de las bahías cuando no se esté cargando ningún vehículo que distribuya producto. Y verificar que las puertas se encuentren sellando correctamente con el marco.
- Mantener cerrada la puerta de ingreso del área de descarga del cuarto frío.
- Inspeccionar dos veces al año como mínimo el estado de empaques del cuarto frío.
- Mantener las luces apagadas cuando se termine la jornada laboral ya que esto produce un aumento de carga de calor innecesaria.

2.8. Plan de contingencia ante problemas

La empresa cuenta con un plan de contingencia ante cualquier caso de desastre, se debe de tener una pronta respuesta de no mayor de dos horas antes que los productos se descompongan debido a que esto ocasionaría perdidas grandes hacia la empresa.

Como riesgo principal se tiene que falle cualquier componente del sistema de refrigeración del cuarto frio. Los riesgos que pueden ocasionar que falle cualquier componente del cuarto frio pueden ser naturales o técnicos como; sismos, inundaciones, terremotos, incendios, fallos eléctricos o que el generador de emergencia no responda.

Estrategia y análisis de costos para la recuperación del negocio de la empresa Sigma, S. A.

Como el objetivo principal es la conservación del producto en buen estado se consideran varias opciones:

Trasladar el producto en los vehículos que cuentan con unidad de refrigeración a las dos sedes que se encuentran en el país (Quetzaltenango y Teculután), tomando en cuenta la carga que se tiene en el cuarto frio. Ya que se cuentan con 39 vehículos disponibles con diferente capacidad. Y otra opción sería mandarlo por Flete y los costos serían:

Figura 5. **Costo de traslado de productos refrigerados**

UBICACIÓN DEL ENVIÓ	TONELADAS	COSTO
Teculután	18	\$800. ⁰⁰
Xela	18	\$1200. ⁰⁰
Costo total		\$2000. ⁰⁰

Fuente: elaboración propia.

Almacenar el producto en furgones refrigerados, alquilados por una empresa, también se cuenta con los vehículos disponibles de la flota de distribución ya que cuenta con un sistema eléctrico para el funcionamiento de la unidad de refrigeración.

Figura 6. **Alquiler de furgón refrigerado**

FURGÓN REFRIGERADO CAPACIDAD	COSTO POR REFRIGERACIÓN POR MES
54 ft ²	\$ 2000. ⁰⁰

Fuente: elaboración propia.

Alquilar cuarto frío que se encuentren próximos al área, se debe de evaluar el costo que se tiene de estos.

Figura 7. **Alquiler de cuarto frío**

ALMACÉN	COSTO POR PALLET POR DÍA	COSTO POR PALLET POR SEMANA
Bodegas de cuarto frío	\$2. ⁰⁰	\$14.00

Fuente: elaboración propia.

Si las oficinas son las afectadas en un desastre el costo de renta de oficina por metro cuadrado es de:

Figura 8. **Alquiler de oficinas administrativas**

RENTA DE CAPACIDAD DE OFICINAS	COSTO POR METRO CUADRADO
OFICINA POR METRO CUADRADO	\$25

Fuente: elaboración propia.

3. FASE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL-PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE ALMACENAMIENTO

A continuación, se muestra el levantamiento del plan de mantenimiento encargado de mantener la cadena de frío.

3.1. Inventario equipos existentes instalaciones de la empresa

Se realizó un inventario de los equipos que se encuentra en las instalaciones de la empresa, los cuales se presentan en el cuadro siguiente.

Tabla IX. **Inventario de equipos en Sigma Alimentos**

		Inventario de Equipos	
		Elaborado por	Fecha
		Herbert Alexander Ambrosio Itzep	02/10/2019
No	Nombre del equipo	Marca	Modelo y serie
1	Evaporador #1	Headcraft	BMA710BAE
2	Evaporador #2	Headcraft	BMA710BAE
3	Evaporador #3	Krack	SM24E75AKK
4	Evaporador #4	Krack	SM24E75AKK
5	Evaporador #5	Krack	SM24E75AKK
6	Evaporador #6	Headcraft	LET090BJ
7	Evaporador #7	Headcraft	LET090BJ
8	Unidad Condensadora #1	Krack	KOD090H2K
9	Unidad Condensadora #2	Krack	KOD090H2K
10	Unidad Condensadora #3	Krack	DLD0180M4K122CA
11	Unidad Condensadora #4	Krack	DLD0180M4K122CA
12	Unidad Condensadora #5	Borh	BLV1500M6CM14D91756
13	Mesa Niveladora	4Front	DLP61111215
14	Pallet eléctrica Lift Truck	Yale	MPW050EN24T2748
15	Rebanadora de jamón	Torr Rey	A17-1584
16	Rebanadora de jamón	Constructora de Basculas, S.A	827-12446
17	Empacadora de alto vacío	Ultravac	
18	Pallet manual #1	Crown	
19	Pallet manual #2	Crown	
20	Pallet manual #3	Crown	
21	Pallet manual #4		HJ5500
22	Carrito Picking #1		
23	Carrito Picking #2		
24	Carrito Picking #3		
25	Carrito Picking #4		
26	Carrito Picking #5		
27	Carrito Picking #6		
28	Carrito Picking #7		
29	Compresor para empacadora	Trupper	C-25

Fuente: elaboración propia.

3.2. Codificación de los equipos

Después de identificar y hacer un inventario de los equipos existentes en la empresa, se procedió a realizar la codificación de los equipos colocados dentro del inventario; esto es de vital importancia ya que se podrán identificar con un código alfanumérico propio para cada uno de ellos. Esto con el objetivo de poder llevar un mejor control e historial de los equipos, debido a que no se cuenta con ellos.

Para poder realizar la codificación se dividieron todos los equipos en tres áreas diferentes:

- Equipos de refrigeración (EF)
- Equipos de corte y empacado (CE)
- Equipos de almacenamiento (EA)

Luego, se tiene el listado de todos los equipos que pertenecen a dichas área, que se describen a continuación.

- Para el área de refrigeración:
 - Evaporadores (E)
 - Unidad de condensadoras (UC)
- Para el área de corte y empacado:
 - Rebanadora de jamón (RJ)
 - Empacadora de alto vacío (EA)
 - Compresor (C)


- Para el área de almacenamiento:
 - Mesa Niveladora (MN)
 - Pallet eléctrica (TE)
 - Pallet manual (TN)
 - Carrito de picking (CP)

Después se procede a enumerar los equipos, debido a que se cuentan con varios equipos del mismo modelo. La codificación de los equipos quedaría de la siguiente forma, por ejemplo, se tiene un evaporador, con un número 2.

EF-E-2

Por lo tanto, se tiene que, el equipo pertenece al área de refrigeración y es el evaporador número 2. A continuación se presenta el listado general de los equipos y como estos quedan asignados según su código interno.

Tabla X. Codificación de equipos

 Codificación de equipos				
No.	Equipo	Código	Marca	Modelo
1	Evaporador #1	EF-E-1	Headcraft	BMA710BAE
2	Evaporador #2	EF-E-2	Headcraft	BMA710BAE
3	Evaporador #3	EF-E-3	Krack	SM24E75AKK
4	Evaporador #4	EF-E-4	Krack	SM24E75AKK
5	Evaporador #5	EF-E-5	Krack	SM24E75AKK
6	Evaporador #6	EF-E-6	Headcraft	LET090BJ
7	Evaporador #7	EF-E-7	Headcraft	LET090BJ
8	Unidad condensadora #1	EF-UC-1	Krack	DLD0180M4K122C A
9	Unidad condensadora #2	EF-UC-2	Borh	BLV1500M6CM14D 91756
10	Unidad condensadora #3	EF-UC-3	Krack	DLD0180M4K122C A
11	Unidad condensadora #4	EF-UC-4	Krack	KOD-090-H2K
12	Unidad condensadora #5	EF-UC-5	Krack	KOD-090-H2K
13	Mesa Niveladora	EA-MN-01	4Front	DLP61111215
14	Pallet eléctrica Lift Truck	EA-PE-01	Yale	MPW050EN24T274 8
15	Rebanadora de jamón	CE-RJ-01	Torr Rey	A17-1584
16	Rebanadora de jamón	CE-RJ-02	Constructora de Basculas, S.A	827-12446
17	Empacadora de alto vacío	CE-EA-01	Ultravac	
18	Compresor para empacadora	CE-C-01	Trupper	
19	Pallet manual #1	EA-PM-01	Crown	
20	Pallet manual #2	EA-PM-02	Crown	
21	Pallet manual #3	EA-PM-03	Crown	
22	Pallet manual #4	EA-PM-04		HJ5500
23	Carrito Picking #1	EA-CP-01		
24	Carrito Picking #2	EA-CP-02		
25	Carrito Picking #3	EA-CP-03		
26	Carrito Picking #4	EA-CP-04		
27	Carrito Picking #5	EA-CP-05		
28	Carrito Picking #6	EA-CP-06		
29	Carrito Picking #7	EA-CP-07		

Fuente: elaboración propia.

3.3. Recopilación de información de los equipos

A continuación, se presenta la recopilación que se realizó para los equipos que se involucran en la conservación de cadena de frío.

3.3.1. Consulta de órdenes de trabajo

El procedimiento que tiene la empresa para poder darle mantenimiento a sus equipos es por medio de la contratación de empresas especializadas en área de refrigeración esto se debe a que las instalaciones de la empresa son mediante arrendamiento. Para poder obtener información primero se ordenaron todas las órdenes de trabajo que se tenía para poder hacer un historial de mantenimiento de los equipos. Y así poder determinar qué tipo de tareas y con qué regularidad cuando se le da el mantenimiento a estos equipos.

3.3.2. Consulta de manuales técnicos


Se consultó el manual de operación de cada equipo o un manual similar acorde al modelo del equipo utilizado para poder recabar información de las diferentes tareas que hay que realizar en el mantenimiento de cada equipo y así utilizarlo como guía para elaborar el plan de mantenimiento.

3.4. Elaboración de historial

Se elaboró una ficha para poder llevar el historial de cada equipo con las órdenes de trabajo entregadas por los contratistas, la ficha en el encabezado contiene información como el nombre, modelo, código interno del equipo en la parte de abajo se encuentran unas columnas que contienen fecha, orden de

trabajo, descripción de la tarea, empresa encargada del trabajo y el tipo de mantenimiento que se le aplico.

Figura 9. **Ficha de historial de equipo**

Control de mantenimiento					
Historial del equipo					
Marca	Modelo				
Headcraft	BMA710BAE				
Hoja de control	Nombre del equipo		Código del equipo		
1	Evaporador #1		EF-E-01		
Historial de reparaciones					
Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparó	Mantenimiento	
				Correctivo	Preventivo

Fuente: elaboración propia.

3.5. Verificación de estado de los equipos

Para poder verificar el estado de los equipos primero se revisaron las órdenes de trabajo, manuales técnicos de los equipos, esto con el fin de poder obtener una guía a la cual basarse para poder inspeccionar los equipos, esto también ayudará para poder realizar fichas para el mantenimiento de los equipos.

Se revisaron los equipos por tipo tomando en cuenta el código asignado para cada equipo.

3.5.1. Evaporador

En la siguiente tabla se muestra los evaporadores que fueron inspeccionados y el estado en que se encontraron.

Figura 10. Inspección de evaporadores

Evaporadores					
Equipo	Código	Estado			Limpieza
		Inspección de funcionamiento de ventiladores	Verificación que no exista escarcha en los serpentines	Inspección de fugas de refrigerante	
Evaporador #1	EF-E-1	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #2	EF-E-2	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #3	EF-E-3	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #4	EF-E-4	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #5	EF-E-5	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #6	EF-E-6	Si	Si	Si	Necesita limpieza
Evaporador #7	EF-E-7	Si	Si	Si	Necesita limpieza

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Unidad de refrigeración

En la siguiente tabla se muestra las condensadoras que fueron inspeccionados y el estado en que se encontraron.

Figura 11. Inspección de unidades de refrigeración

Unidad condensadora								
Equipo	Código	Estado						
		Compresor			Condensador		Visor	Limpieza general del equipo
		Inspección de fugas, rayones o cables quemados	Inspección de cierre y apertura de válvulas	Inspección de nivel de aceite	Inspección de fugas	Verificación de funcionamiento de motor	Inspección de visor de humedad	
Unidad condensadora #1	EF-UC-1	En buen estado	En buen estado	Si	SI	Si	Azul	Limpiar equipo
Unidad condensadora #2	EF-UC-2	En buen estado	En buen estado	Si	SI	Si	Azul	Limpiar equipo
Unidad condensadora #3	EF-UC-3	En buen estado	En buen estado	Si	SI	Si	Azul	Limpiar equipo
Unidad condensadora #4	EF-UC-4	En buen estado	En buen estado	Si	SI	Si	Azul	Limpiar equipo
Unidad condensadora #5	EF-UC-5	En buen estado	En buen estado	Si	SI	Si	Azul	Limpiar equipo

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Cuarto frío

En la siguiente tabla se muestra el estado del cuarto frío, en esta parte se hizo una revisión completa, se revisaron todas las bahías de carga y descarga, estado de todas las paredes, estado del techo, empaques de la puerta principal y puerta de descarga.

Figura 12. **Inspección de cuarto frio**

Estado del cuarto frio		
	Estado del área	Observaciones
Paredes	En buen estado	
Techo	En buen estado	
Puerta principal	En buen estado	
Puerta bahía 1	Empaque de abajo roto	Puerta abierta
Puerta bahía 2	Empaque del marco	Puerta abierta
Puerta bahía 3	Empaque del marco	Puerta abierta
Puerta bahía 4	Empaque lado derecho	La puerta no tiene soporte fijo
Puerta bahía 5	Empaque roto	Puerta abierta
Puerta bahía 6	Empaque roto	No tiene soporte fijo
Puerta área de descarga	Empaques rotos	Puerta siempre abierta
Puerta entrada área de descarga	Puerta en mal estado, no tiene empaques, no tiene soporte fijo	

Fuente: elaboración propia.

3.5.4. **Mesa niveladora**

En la siguiente tabla se muestra la mesa niveladora y como se encontró durante la inspección.

Figura 13. **Inspección de mesa niveladora**

Equipo	Código	Líquido hidráulico	Caja reductora	Mangueras	Estructura de la mesa
Mesa Niveladora	EA-MN-01	Bueno	Bueno	Buenas	Buena

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Pallets manuales

En la siguiente tabla se muestra los pallets manuales que fueron inspeccionados y el estado en que se encontraron.

Figura 14. Pallets manuales

Equipo	Código	Inspección de estructura	Inspección de rodos y ejes	Nivel de liquido hidráulico	Inspección de mecanismo de elevación
Pallet manual #1	EA-PM-01	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Pallet manual #2	EA-PM-02	Bueno	Bueno	Bueno	Malo
Pallet manual #3	EA-PM-03	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Pallet manual #4	EA-PM-04	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: elaboración propia.

3.5.6. Pallet eléctrica

En la siguiente tabla se muestra el pallet eléctrico que fue inspeccionada y el estado en que se encontró.

Figura 15. Inspección pallet eléctrica

Equipo	Código	Estructura	Piezas mecánicas	Nivel hidráulico	Eléctricas	Nivel de la batería
Pallet eléctrica Lift Truck	EA-PE-01	Buena	Buenas	Bueno	Bueno	Bueno

Fuente: elaboración propia.

3.5.7. Rebanadoras

En la siguiente tabla se muestra las rebanadoras que fue inspeccionadas y el estado en que se encontraron.

Figura 16. Inspección de rebanadoras

Equipo	Código	Limpieza	Funcionamiento	Filo de cuchillas
Rebanadora de jamón	CE-RJ-01	Si	Si	Si
Rebanadora de jamón	CE-RJ-02	Si	Si	Si

Fuente elaboración propia.

3.5.8. Envasadora de alto vacío

En la siguiente tabla se muestra la envasadora de alto vacío que fue inspeccionada y el estado en que se encontró.

Figura 17. Inspección de envasadora de alto vacío

Equipo	Código	Estructura general			Inspección de bomba de vacío	
Empacadora de alto vacío	CE-EA-01	Inspección Placa de r	InspeccionTapa, cámara y base	Inspección Barra de sellado	Nivel de aceite	Inspección de fugas
		En buen estado	En buen estado	En buen estado	Nivelado	Sin fugas

Fuente: elaboración propia.

3.5.9. Compresor para envasadora

En la siguiente tabla se muestra el compresor que fue inspeccionado y el estado en que se encontró.

Figura 18. **Inspección de compresor**

Equipo	Código	Fugas	Nivel de aceite	Purga de tanque
Compresor para empacadora	CE-C-01	No	Bueno	Debe de realizarse

Fuente: elaboración propia.

3.6. **Equipos críticos para la conservación de los productos**

Es necesario tomar en cuenta que algunos equipos tienen una mayor importancia que otros debido a que cualquier falla o problema puede generar pérdidas en productos hacia la empresa. Para esto se utilizará la herramienta de análisis de criticidad, la cual su objetivo es jerarquizar los equipos críticos para la empresa, indicando en donde se debe de dirigir los recursos como humanos y económicos.

Modelo de criticidad de factores ponderados basados en el concepto de riesgo.

Este método es semicuantitativo y se utiliza bajo el concepto de riesgo: frecuencia de fallas x consecuencias.

Se presenta la ecuación que se utilizara para el cálculo de criticidad.

Criticidad total= Frecuencia x consecuencia de fallas

Frecuencia= Rango de fallas en un tiempo determinado (fallas/año)

Consecuencias= ((impacto operacional x flexibilidad) + Costos de Mantenimiento + impacto de seguridad, ambiente e higiene) (\$US)

A continuación, se presenta una tabla donde se encuentran la ponderación de los valores dados para el cálculo de criticidad total y el cálculo de la consecuencia.

Tabla XI. **Factores ponderados a ser evaluados**

Criticidad Total = Frecuencia de fallas x Consecuencia
Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mito. + Impacto SAH)

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mito.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Flexibilidad Operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: Buzca S.A. (2019). *Implementación Del Mantenimiento Basado En La Confiabilidad, Mantenibilidad Y Disponibilidad*. p. 22.

Debido a que este método es semicuantitativo fue necesario evaluar la ponderación a la cual se le daba a cada equipo ya que como indica la ecuación hay que tomar diferentes factores, en este caso se hizo la ponderación con el jefe de operación ya que como no se cuenta con departamento de mantenimiento y ni con departamento de salud y seguridad ocupacional.

Para poder obtener el nivel de criticidad de cada sistema se toman los valores de frecuencias y consecuencia, para luego ubicarlos en la matriz de criticidad. La matriz ayuda a jerarquizar los sistemas en tres áreas.

- Área de sistemas no críticos (NC)
- Área de sistemas de media criticidad (MC)
- Área de sistemas críticos (C)

A continuación, se presenta la matriz general de criticidad

Figura 19. **Matriz general de criticidad**

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo de criticidad de un equipo. Utilizando las ecuaciones descritas anteriormente se procede a realizar el cálculo con los datos que se obtienen en la siguiente tabla.

Tabla XII. **Valores evaluados para criticidad**

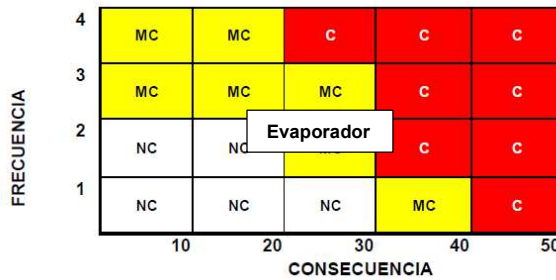
Evaporador	
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	10
Flexibilidad	2
Costo de mantenimiento	2
Impacto de SHA	5

Fuente: elaboración propia.

- Frecuencia=2
- Consecuencia =(10x2) +2+5= 27

Según los resultados obtenidos, indican que el evaporador es un equipo medio crítico, se observa en la siguiente imagen donde se colocaría según la escala.

Figura 20. Clasificación de criticidad del evaporador



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran los valores evaluados de cada equipo, además de frecuencia, consecuencia y clasificación de criticidad.

Tabla XIII. Clasificación general de criticidad

	Evaporador	Unidad condensadora	Mesa niveladora	Palle eléctrica	Rebanadora de jamón	Empacadora de alto vacío	Compresor para empacadora	Pallet manual	Carrito de picking
Frecuencia de falla	2	2	3	3	1	1	1	1	1
Impacto operacional	10	10	4	4	4	10	4	1	1
Flexibilidad	2	2	1	1	2	4	1	2	1
Costo de mantenimiento	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Impacto de SHA	5	7	3	1	3	3	1	1	1
Consecuencia	27	29	8	6	12	44	6	4	3
Criticidad Total	54	58	24	18	12	44	6	4	3
Clasificación	MC	MC	MC	MC	NC	C	NC	NC	NC

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra la clasificación de los equipos en la matriz de criticidad, se puede observar que:

- Compresor para la empacadora, pallet manual y carrito de *picking* se encuentran en la escala más baja de la matriz debido a que estos equipos poseen un gran stock de repuestos, un mantenimiento bastante bajo y no poseen ningún riesgo con la interrupción del almacenamiento y conservación de los productos refrigerados.
- Rebanadora de jamón, este equipo no representa ningún riesgo ya su mantenimiento es bastante bajo y tiene un amplio stock de repuestos al ser un equipo manual.
- Pallet eléctrico, este equipo se clasifica como medio crítico ya que su mantenimiento es un poco elevado en comparación con los anteriores, además de que agiliza el movimiento de productos dentro del cuarto frío y solamente se cuenta con uno.
- Evaporador y unidad condensadora, estos equipos son vitales en la conservación de los alimentos para no perder la cadena de frío, están clasificados como medio críticos debido a que su mantenimiento consiste en limpieza y rectificación de mediciones eléctricas para considerar que todo funcione correctamente, además de que se cuentan con equipos en *stand by* lo cual es importante al momento de falla algún equipo.
- Mesa niveladora, tiene una clasificación media crítica con una frecuencia alta debido a que este equipo es importante al momento de descargar los contenedores ya que agiliza el traslado de los productos refrigerados, debido a la altura que cuentan los furgones sería demasiado lento descargarlos manualmente.
- Empacadora de alto vacío, este equipo se encuentra en una clasificación crítica con frecuencia baja ya que esta es una herramienta de vital importancia para el empaquetado del jamón que se realiza dentro de la

empresa y debido a la demanda que se tiene y que solamente se cuenta con un equipo tendría un impacto negativo si esta llegará a fallar.

Figura 21. **Matriz de criticidad de equipos**

Frecuencia	4					
	3	Pallet electrica		Mesa niveladora		
	2			Evaporador/Unidad condensadora		
	1	Compresor para empacadora/Pallet manual/Carrito de picking	Rebanadora de jamon			Empacadora de alto vacio
		10	20	30	40	50
		Consecuencia				

Fuente: elaboración propia.

3.7. Fichas técnicas de cada equipo



A continuación, se presentan las fichas técnicas creadas por cada uno de los equipos existentes.

3.7.1. Formato

Se procedió a crear un formato para poder realizar una ficha técnica que contenga la información necesaria de los equipos, las fichas incluyen información como criticidad en el mantenimiento del equipo, marca modelo serie del equipo, ubicación en el cuarto frio y función, además de los datos técnicos que le pueden ser útiles a la empresa contratista encargada del mantenimiento y la empresa que regularmente le hace el mantenimiento.

Como se tienen 30 equipos registrados en el inventario, se hicieron una ficha por cada modelo de equipo, debido a que se cuentan con varios equipos del mismo modelo para no repetir todas las fichas de los equipos.

Figura 22. Ficha técnica-Evaporador

		Ficha Tecnica equipo					
		Criticidad	Marca	Modelo	No. De serie		
Alta		KRACK	SM24E-759-AKK 230/3T IP	681671-030-001			
Fecha de fabricacion							
Descrpcion del equipo				Fotografia del equipo			
Existe dos equipos, uno ubicado en el area de rebanado y envasado, y el otro en el area de descarga.							
Datos tecnicos del equipo							
Circuito de motor							
Volts	Ph	Hz	QTY	HP ea	FLA EA	MIN AMP	MAX AMP
230	1	60	2	1.00	4	9	15
Refrigerante				Presion de diseño PSIG	Presion de operación PSI		
R22/R404A/R22/R502/R507/R718/R1150R1270				300	314		
Informacion de contratistas encargados de realizar el mantenimiento							
Empresa	THERMOTEC INGENIERÍA Y SERVICIO, S.A						
Direccion	27 av. 33-80 zona 12 warehouses Santa Elisa Bodega No. 6						
Nombre del contacto	Fernando Taracena	Telefono	23181026/27				
Se cuenta con plan manual del equipo				No			
Documentos de referencia				SMSV.pdf			
Piezas de recambio recurrentes							

Fuente: elaboración propia.


3.7.2. Procedimiento de mantenimiento de cada equipo

Se realizaron fichas de mantenimiento de cada uno de los equipos en los cuales se tiene un encabezado el cual contiene información para poder llevar el control e historial de cada equipo, este encabezado incluye el equipo que se le está dando mantenimiento, fecha, hora de inicio y finalización, código del equipo, esto es importante colocárselo para no perder el historial de mantenimiento del equipo, también la persona que esta encarga del mantenimiento por parte de la empresa y la persona encarga del mantenimiento por parte de la empresa contratista.

Además, contiene un cuadro donde se debe de colocar el material y equipo utilizado para el mantenimiento. Después se incluyen las tareas que se deben de realizar en el equipo separándolas por periodos como tareas semanales, quincenales, mensuales, semestrales o anuales.

Contiene las diferentes tareas que se deben de realizar en el mantenimiento, esta información fue recaba del manual de mantenimiento del equipo y las ordenes de trabajo. A continuación, se muestra una ficha de mantenimiento.

Figura 23. Ficha de mantenimiento mesa niveladora

Plan de mantenimiento preventivo			
Mesa Niveladora			
Fecha de ejecución	Hora de inicio	Hora de finalización	
Código del equipo	Ubicación	No. O.T.	
EA-MN-01			
Personal encargado de la actividad			
	Nombre		
Supervisor Sigma			
Supervisor Contratista			
Nombre de la empresa contratista			
Equipo y material utilizado			
Nota: Describir todos los producto químicos utilizados en el mantenimiento y aplicación			
Mantenimiento semanal			
Comprobar el nivel del fluido hidráulico			
Inspección mangueras por posibles fugas o cables eléctricos cortados o pelados			
Verificar que la presión del fluido hidráulico no sobrepase los 3000psi			
Comprobar la condición general del equipo como desgaste de articulaciones de pivote, cojinetes de rodillo			
Mantenimiento mensual			
Verificar la calidad del aceite, oxidado, turbio o contaminado			
Inspeccione las varillas del cilindro del elevador para ver si están marcadas o tienen fugas; limpie los materiales extraños.			
Inspeccione todos los componentes estructurales y mecánicos para ver si hay soldaduras agrietadas o rotas y cualquier distorsión provocada por una colisión, sobrecarga u otro uso indebido.			
Inspeccione la retención apropiada del pasador del muñón del cilindro			
Mantenimiento anual			
Cambiar el fluido hidráulico y limpiar el deposito			
Quite los pasadores de los cilindros del elevador, los pasadores de pivote o los cojinetes de rodillos. Inspeccione si hay desgaste y reemplácelos según sea necesario.			
Verificar si existe deformación mecánica en algún mecanismo del equipo y reemplazar			

Fuente: elaboración propia.

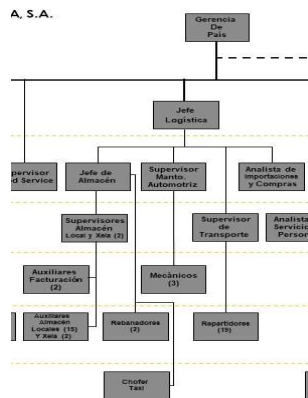
3.8. Plan de gestión del mantenimiento

Para que el plan de mantenimiento sea viable se debe de contar con ciertos criterios para que se tenga control en el mantenimiento de los equipos, como organización, planificación, supervisión, además se debe de poder evaluar y actualizar constantemente el plan de mantenimiento para poder optimizar el presupuesto que se tiene asignado al mantenimiento de estos equipos.

3.8.1. Organización

Debido a que no se cuenta con un departamento de mantenimiento que lleve el control de mantenimiento de los equipos, se dispone que el jefe de logística conjuntamente con el jefe de almacén lleven el control, como se puede observar en la siguiente figura, se muestra el organigrama de la empresa, en la línea café se indica la línea de mando que se tiene dentro de la empresa, esto es bastante viable debido a que los equipos se encuentran dentro del cuarto frio por lo cual sería con mayor facilidad llevar el control del mantenimiento de estos equipos.

Figura 24. Corte del organigrama de la empresa



Fuente: Sigma; manual de inducción.

3.8.2. Planificación

Para poder planificar el mantenimiento de los equipos se revisaron las fichas de mantenimiento de los equipos y se elaboró un cronograma general de las diferentes actividades y el tiempo al cual deben de realizarse, como semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral o anual. El cronograma se realizó con el jefe de almacén debido a que las actividades de mantenimiento de los equipos no interrumpen con las actividades que tiene el personal de *picking*, de corte y embalaje de jamón, debido a esto se tomó en consideración el mantenimiento de los equipos que componen el ciclo de refrigeración, los cuales se deben de realizar a principios de mes debido a que es cuando el cuarto frío tiene una menor carga de producto. Ya que con esto se puede prevenir que los productos estén expuesto a algún químico o proceso que pueda dañarlos durante el mantenimiento de los evaporadores, los cuales se encuentran dentro del cuarto frío.

3.8.3. Supervisión

Debido a que no existe un departamento de mantenimiento en la empresa, es necesario designar a una persona encargada de la supervisión y control del cronograma de mantenimiento de los equipos que tendrá supervisión sobre los contratistas encargados del mantenimiento, además deberá de comunicarse y programar los mantenimientos según el organigrama, el jefe de bodega designara a un encargado de llevar el mantenimiento de los equipos, además también el jefe de control de calidad aportara al mantenimiento debido a que por higiene e inocuidad es de vital importancia el mantenimiento diario y rutinario de algunos equipos como, la rebanadora de jamón, la envasadora al vacío ya que son equipos que se mantiene en contacto con los productos que son envasados,

además de que las personas encargadas de manipular estos equipos están bajo su cargo.

3.8.4. Evaluación

Para poder evaluar si el mantenimiento que se le está dando a los equipos es viable para los gastos de la empresa se utilizarán los siguientes indicadores.

El MTBF o tiempo medio entre fallas, este es uno de los más vitales en mantenimiento debido a que nos permite medir el tiempo en el cual un equipo tiende a fallar mediante la sumatoria de horas de trabajo dividido la cantidad fallas que tuvo el equipo en el intervalo en el cual trabajó.

$$MTBF \text{ O tiempo medio entre fallas} = \frac{\sum \text{horas de trabajo}}{\text{No. de fallas}}$$

Para el ejemplo de este se tiene que un compresor de uno de los equipos encargados del cuarto frío funcionó 2,150 horas, luego volvió a fallar a 2,300 horas y tuvo otro fallo a las 2 250 horas.

$$MTBF \text{ O tiempo medio entre fallas} = \frac{2150 + 2300 + 2250}{3} = 2233 \text{ horas}$$

Esto nos indica que aproximadamente a las 2 233 horas el equipo tienda a fallar por lo cual es necesario anticiparse a esto y realizar un mantenimiento preventivo.

MTTR o tiempo medio para la reparación: Este indicador nos dice cuanto tiempo medio se hace para la reparación de un equipo hasta tenerlo en funcionamiento nuevamente. Este resultado se obtiene con la sumatoria de horas

de trabajo para poner en funcionamiento el equipo dividido el número de veces en el cual fue intervenido el equipo.

$$MTTR \text{ o tiempo medio para la reparación} = \frac{\sum \text{horas de trabajo}}{\text{No. de fallas}}$$

Se tiene como ejemplo el caso anterior, en el cual el número de horas en el que se tardaron en tener disponible el equipo en el primer fallo fue de 10 horas, luego en el segundo fallo se tuvo un tiempo de 9 horas y en el último fallo se realizaron 15 horas para tener nuevamente el equipo en funcionamiento.

$$MTTR \text{ o tiempo medio para la reparación} = \frac{10 + 15 + 9}{3} = 11 \text{ horas}$$

Este resultado nos indica que se tardan 11 horas aproximadamente en poder tener el equipo en funcionamiento nuevamente. Algo importante en este indicador es que entre más bajo se encuentre mejor será.

Otros indicadores fundamentales en el mantenimiento que van de la mano son la disponibilidad y confiabilidad.

El indicador de disponibilidad es la capacidad de un equipo de ejecutar una tarea bajo condiciones óptimas en un tiempo o intervalo determinado. Un valor arriba del 90 % indica que el equipo es confiable.

El indicado de confiabilidad nos dice la probabilidad de que un equipo desempeñe su trabajo sin presentar problemas bajo condiciones normales de trabajo en un tiempo o intervalo determinado.

La ecuación para el cálculo de la disponibilidad viene dada por:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo medio entre fallas}}{\text{Tiempo medio entre fallas} + \text{tiemp med para la reparacion}} \times 100$$

La ecuación para el cálculo de la disponibilidad viene dada por:

$$\text{Confiabilidad} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

Donde:

$$\lambda = \frac{1}{\text{tiempo medio entre fallas}}$$

t= tiempo

$$e = 2.71$$

Se realizará el cálculo de la disponibilidad y confiabilidad del equipo considerando que este funcione durante 6 días seguidos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{2\,233}{2\,233 + 11} * 100 = 99 \%$$

Para el cálculo de la confiabilidad primero se calculará lamda y luego se procede a realizar el cálculo de la confiabilidad.

$$\lambda = \frac{1}{2233} = 0,00045$$

$$\text{Confiabilidad} = R(144) = 2,71^{-0,00045 \cdot 144} = 0,93$$

3.8.5. Retroalimentación

Para poder tener un buen plan de mantenimiento es necesario evaluar y hacer las correcciones necesarias para actualizarlo y que se tenga una mejor

eficiencia y vida en los equipos. Para esto se debe de evaluar como mínimo una vez al año el plan de mantenimiento en base a los indicadores de mantenimiento.

3.9. Costo de mantenimiento de cada equipo

A continuación, en el siguiente cuadro se presenta el presupuesto anual de mantenimiento preventivo total para cada equipo y también el monto total que se tendría al ejecutar el mantenimiento como se indica en el cronograma realizado, tomando en cuenta la cantidad de mantenimiento que se indican.

Figura 25. Presupuesto de mantenimiento

Sigma					Costo de mantenimiento		
Codificación de equipos					Mantenimiento preventivo		
No.	Equipo	Codigo	Marca	Modelo	Mensual	Semestral	Presupuesto mensual por equipo
1	Evaporador #1	EF-E-01	Headcraft	BMA710BAE	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
2	Evaporador #2	EF-E-02	Headcraft	BMA710BAE	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
3	Evaporador #3	EF-E-03	Krack	SM24E7SAKK	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
4	Evaporador #4	EF-E-04	Krack	SM24E7SAKK	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
5	Evaporador #5	EF-E-05	Krack	SM24E7SAKK	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
6	Evaporador #6	EF-E-06	Headcraft	LET090BJ	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
7	Evaporador #7	EF-E-07	Headcraft	LET090BJ	Q200.00	Q400.00	Q2,800.00
8	Unidad condensadora #1	EF-UC-1	Krack	KOD090H2K	Q250.00	Q650.00	Q3,650.00
9	Unidad condensadora #2	EF-UC-2	Krack	KOD090H2K	Q250.00	Q650.00	Q3,650.00
10	Unidad condensadora #3	EF-UC-3	Krack	DLD0180M4K122CA	Q250.00	Q650.00	Q3,650.00
11	Unidad condensadora #4	EF-UC-4	Krack	DLD0180M4K122CA	Q250.00	Q650.00	Q3,650.00
12	Unidad condensadora #5	EF-UC-5	Borh	BLV1500M6CM14D91756	Q250.00	Q650.00	Q3,650.00
13	Mesa Niveladora	EA-MN-01	4Front	DLP61111215	Q250.00	Q250.00	Q3,250.00
14	Pallet electrica Lift Truck	EA-PE-01	Yale	MPW050EN24T2748	Q950.00	Q250.00	Q11,650.00
15	Revanadora de jamon	CE-RJ-01	Torr Rey	A17-1584	Q150.00	Q0.00	Q1,800.00
16	Revanadora de jamon	CE-RJ-02	Constructora de Basculas, S.A	827-12446	Q150.00	Q0.00	Q1,800.00
17	Empacadora de alto vacio	CE-EA-01	Ultravac		Q300.00	Q200.00	Q3,800.00
18	Compresor Trupper para empacadora	CF-C-01			Q100.00	Q100.00	Q1,300.00
19	Pallet manual #1	EA-TN-01	Crown		Q150.00	Q50.00	Q1,850.00
20	Pallet manual #2	EA-TN-02	Crown		Q150.00	Q50.00	Q1,850.00
21	Pallet manual #3	EA-TN-03	Crown		Q150.00	Q50.00	Q1,850.00
22	Pallet manual #4	EA-TN-04		HJ5500	Q150.00	Q50.00	Q1,850.00
23	Carrito Picking #1	EA-CP-01			Q50.00	Q0.00	Q600.00
24	Carrito Picking #2	EA-CP-02			Q50.00	Q0.00	Q600.00
25	Carrito Picking #3	EA-CP-03			Q50.00	Q0.00	Q600.00
26	Carrito Picking #4	EA-CP-04			Q50.00	Q0.00	Q600.00
27	Carrito Picking #5	EA-CP-05			Q50.00	Q0.00	Q600.00
28	Carrito Picking #6	EA-CP-06			Q50.00	Q0.00	Q600.00
29	Carrito Picking #7	EA-CP-07			Q50.00	Q0.00	Q600.00
						Total	Q73,050.00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA

A continuación, se muestra la fase de docencia en al cual se abordaron temas de seguridad industrial para el personal de Sigma, S.A.

4.1. Diagnóstico de las necesidades de capacitaciones

Se analizaron diferentes aspectos para poder determinar el enfoque que tendrán las capacitaciones tomando en cuenta las opiniones del departamento de R.R.H.H. y el jefe de logística esto con el fin de poder capacitar al personal tanto administrativo como logístico evaluando las diferentes situaciones que requieren apoyo para disminuir las deficiencias del personal.

Se realizarán evaluaciones al final de las capacitaciones, esto con el fin de recabar información y poder determinar si la información transmitida ha sido captada, esto también ayudara a reestructurar la información en las nuevas capacitaciones como retroalimentación a nuevas capacitaciones.

4.2. Descripción de capacitaciones

A continuación, se presentan los diferentes puntos en los cuales se enfocaron las capacitaciones, esto se hizo con el apoyo del departamento de R.R.H.H. para poder identificar las diferentes capacitaciones necesarias con el objeto de reducir los diferentes riesgos que se presentan en las instalaciones de la empresa, se utilizará como apoyo para poder realizar las capacitaciones. (Acuerdo Gubernativo 33-2016).

4.2.1. Riesgos laborales

Esta capacitación es enfocada a la parte administrativa como a la parte de apoyo logístico, ya que se presenta los riesgos más frecuentes que se pueden encontrar, dentro de las instalaciones de la empresa, para la realización de esta capacitación se basó con el apoyo del acuerdo gubernativo 29-2014, Título II, capítulo II, en el cual se explicó diferentes riesgos y peligros que se pueden tener dentro de las instalaciones.

- Caídas y golpes contra objetos: en esta parte se identificaron los riesgos que se pueden tener frecuentemente, se basó en los artículos 17 al 32; y las medidas necesarias para reducir estos:
 - Tropezones y caídas por cables de teléfono o cables de equipos que se encuentren en el paso.
 - Golpes con cajas que se encuentran en el camino, o pasillo con una anchura insuficiente para el paso.
 - Resbalones por piso mojado.
 - Entre las medidas preventivas que se deben de tomar para reducir estos riesgos son:
 - Canalización de todo el cableado eléctrico y de servidores.
 - Indicar con señalización cuando el piso se encuentre mojado.
 - Despejar e indicar con señales el orden y limpieza de las señales.

- Entorno de trabajo: en esta parte se centra en la ergonomía del personal que regularmente trabaja en oficina, debido a que la mayor parte del tiempo el área administrativa pasa la mayor parte sentados, y tener una postura incorrecta puede provocar riesgos para la salud en cuello, hombros, piernas o tronco. También el espacio y la altura de trabajo para

reducir la fatiga e incomodidad a la hora de trabajar. Se tomará como apoyo el Título II Capítulo III del artículo 73 al 86.

- Entre las medidas preventivas a tomar están:
 - La superficie de trabajo debe de ser amplia para que en ella puedan ponerse las herramientas necesarias de trabajo como equipos de comunicación como teléfono, fax, lámpara de escritorio.
 - Silla de trabajo: El trabajador debe de mantener la espalda recta y relaja, el cuello sin tensiones y debe de permitir una buena circulación de las extremidades inferiores. La silla debe de tener ser giratoria para permitir cualquier movimiento. Además, debe de permitir colocar los brazos a 90° y poder tener las muñecas rectas con respecto a los antebrazos.
 - La pantalla debe de estar aproximadamente a unos 40 cm respecto de los ojos. Los demás equipos como teclado, mouse, teléfono deben de estar lo más cercano posible sin interferir en el movimiento de las manos.
- Fatiga visual: como la mayoría de las tareas a realizarse en la oficina involucran el uso de la vista; esto puede causar fatiga visual si se tiene riesgos como exceso o poca iluminación en el puesto de trabajo, contraste y brillo de la pantalla inadecuada.
 - Las medidas preventivas a tomar son: el nivel de luminosidad necesario para poder desarrollar cualquier tarea debe de ser aproximadamente de 500 lux.
 - La ubicación de las fuentes de iluminación tanto naturales como artificiales debe de colocarse paralelas al lugar de trabajo esto para evitar reflejos de las fuentes de iluminación en las pantallas o deslumbramiento.

- Temperatura del aire: para realizar un buen trabajo es necesario tener una temperatura adecuada de confort para poder desarrollar el trabajo sin ningún inconveniente, la temperatura de confort humana esta aproximadamente entre 22 °C a 25 °C y una humedad relativa del 50 %, para poder mantener estable esta temperatura se puede contar con aire acondicionado en los recintos.
- Manipulación manual de cargas: se debe de informar la manera correcta de la manipulación de carga para no tener problemas de espalda. Se tomará como apoyo el Título III Capítulo I del artículo 87 al 92. Las medidas preventivas que se deben de tomar están: Se debe de realizar de forma correcta el levantamiento de estas, primero se debe de separar las piernas y doblar las rodillas, luego colocarse lo más cerca de la carga a levantarse, manteniendo la espalda recta y ejerciendo fuerza con las piernas para levantar la carga.

4.2.2. Como reaccionar ante un desastre.

Debido a que en la empresa no se cuenta con un departamento de seguridad industrial, se capacitó al personal tanto administrativo como logístico, de cómo deben de actuar ante cualquier desastre tanto natural como algún incidente que se dé dentro de la empresa.

Debido a la zona en la que se encuentra Guatemala, entre los desastres naturales más recurrentes que se tiene están sismos, erupciones volcánicas las cuales pueden arrojar sedimentos a la atmosfera como ceniza y arena volcánica.

Entre los incidentes que pueden darse en la empresa están conatos de incendio.

Se capacitó al personal de la empresa de cómo deben de responder ante un sismo o terremoto, en caso de una evacuación, dándole las indicaciones necesarias que deben de seguir, además se les hizo saber de los puntos de reunión que se encuentran dentro de las instalaciones de la empresa las cuales se encuentran señalizadas. Así mismo en la capacitación se les indico el significado de la rotulación con la cual contaba la empresa, asiéndoles saber los puntos de reunión seguros con los que se contaban mismo que se encontraban señalizados.

Debido a que en nuestro país se encuentran volcanes activos y que regularmente se han dado caso en que estos hacen erupciones y arrojan sedimentos a la atmosfera, se les dio indicaciones al personal de las medidas que debe de tomar para no tener problemas respiratorios o irritaciones en los ojos o garganta.

Se puede dar el caso de un incendio se capacito al personal de la empresa con el uso de extintores cuando se presente un conato de incendio y que deben de realizar si se da el caso de un incendio.

4.2.3. Inducción nuevo personal ingreso del cuarto frio

Al personal de nuevo ingreso que trabajara en el área de logística en el cuarto frío, se le dio una inducción enfocándose en la seguridad industrial tomando en consideración el articulo 180 y 181 del Acuerdo Gubernativo 229-2014. Además de indicaciones que deben de tomar debido a que están en contacto directo con los productos refrigerados, como la forma correcta de ponerse la redecilla, cofia, uso de calzado, guantes para las personas encargadas de rebanar carnes frías debido a que esto se rebanan y envasan dentro del cuarto frío. Además de los procedimientos de desinfección que se

deben de realizar antes de ingresar al cuarto frío, como por ejemplo lavarse las manos con jabón y después aplicarse gel.

4.3. Recursos necesarios

Para poder realizar las capacitaciones, se trabajó conjuntamente con el departamento de R.R.H.H., el cual proporcionó los recursos necesarios como el salón, cañonera, trifoliales.

Las presentaciones de las capacitaciones fueron realizadas mediante la recopilación de material de internet y realizadas median el programa power point, la estructuración de las presentaciones fue con apoyo del jefe de logística y la jefa de R.R.H.H., debido a que se necesitaba capacitar tanto al personal que se encuentra laborando en logística en el cuarto frío como el personal administrativo.

4.4. Recopilación de capacitaciones recibidas

Para poder verificar que la información por parte de las capacitaciones fue recibida, se realizó una evaluación después de la capacitación para poder constatar que la información fue transmitida eficazmente, también para utilizarla como retroalimentación para que pueda ser utilizada en futuras capacitaciones.

4.5. Cronograma de capacitaciones

En la siguiente imagen se presenta el cronograma de capacitaciones impartidas, la programación de estas fue realizadas con respecto a la cantidad de personal que se encontraba en la empresa, siendo la capacitación de inducción del personal al ingreso del cuarto frío las que más se realizaron debido

a la cantidad personas que se encuentran en esta área y lo importante que debe de la inocuidad que se debe de tener al manejar productos cárnicos.

Figura 26. **Cronograma de capacitaciones**

Cronograma de capacitaciones								
Capacitaciones	Mes 1				Mes 2			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Riesgos laborales								
Como reaccionar ante un desastre								
Induccion de nuevo personal al ingreso del cuarto frio								

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo para los equipos que intervienen en la cadena de frío de los diferentes productos distribuidos por Sigma Q. Realizando un levantamiento de inventario y realizando fichas de información de los equipos para poder determinar la frecuencia con la cual se les debía de realizar el mantenimiento preventivo.
2. Para determinar la criticidad de los equipos se realizó una matriz de criticidad, para saber según diferentes aspectos que equipo son más importante y que deben de tener una buena disponibilidad y confiabilidad aceptable ya que al fallar puede ocasionar pérdida con el producto a la empresa debido a que se perdería la cadena de frío.
3. Se realizó una inspección visual en el cuarto frío para poder determinar las pérdidas de calor que se tienen debido a diferentes aspectos, como infraestructura, estado de las puertas, iluminación, después de esto se procedió a realizar un cálculo del costo energético debido a las ganancias de calor por infiltraciones, demostrándose que las reparaciones necesarias por infiltraciones son de bajo costo y de gran beneficio al ahorro energético.
4. Se realizaron diferentes capacitaciones tomando en cuenta el personal que se encuentra en la empresa, ya que existe personal administrativo y operativo. Para poder hacer las capacitaciones se buscó información acerca de los temas que pudieran ser relevantes como seguridad industrial e inocuidad en el manejo de los alimentos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el mantenimiento preventivo acorde al cronograma y fichas realizadas de cada uno de los equipos según su periodicidad, para mantenerlos en óptimas condiciones.
2. Revisar anualmente las fichas de cada equipo, cronograma y presupuesto, ya que si se introduce un nuevo equipo se deberá de actualizar inventario, codificación, realizar una ficha de información del equipo y una ficha de inspecciones de mantenimiento.
3. Inspeccionar el cuarto frío semestralmente, para verificar el estado, tantas paredes, techo, piso, puertas, empaques, cortinas, que los equipos de aire acondicionado cuenten con los aislamientos en buen estado, con el objeto de reducir en lo más mínimo las cargas por infiltraciones y el consumo energético dentro del cuarto frío.
4. Revisar anualmente las capacitaciones y actualizarlas, debido a que estas están basadas en seguridad industrial y regularmente se modifican o actualizan los decretos en los cuales están basados estos, así mismo evaluar el cronograma de capacitaciones debido a que estas capacitaciones están realizadas para poder realizar una inducción al personal de nuevo ingreso.

REFERENCIAS

1. Cegel Y. (2009). *Termodinámica*. 4a ed. Distrito Federal, Mexico: McGraw-Hill
2. Eletonica Veneta (2019). *Manual General de Refrigeración*. Recuperado de <https://refrielectriclasose.files.wordpress.com/2019/08/manual-g-ref-o.pdf>.
3. Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.
4. García, J (2016). *Elaboración y estandarización de procedimientos de mantenimiento preventivo basados en recopilación, análisis y consolidación de información para productos Avon de Guatemala, S. A.* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Lijó, J (2010). *Manual de refrigeración*. Barcelona España. REVERTE S.A.
6. Pita, E. (1994). *Acondicionamiento de aire. Principios y Sistemas*. 2a ed. Distrito Federal, México: CECSA.

APÉNDICES

A continuación, se muestra el cronograma para el mantenimiento, de los equipos relacionados a la conservación de la cadena de frío.

Apéndice 1. Cronograma de mantenimiento de equipos

Codificación de equipos					Cronograma de actividades					
No.	Equipo	Codigo	Marca	Modelo	Actividades					
					Diaria	Semanal	Quincena	Mensual	Semestra	Anual
1	Evaporador #1	EF-E-01	Headercraft	BMA710BAE						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
2	Evaporador #2	EF-E-02	Headercraft	BMA710BAE						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
3	Evaporador #3	EF-E-03	Krack	SM24E75AKK						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
4	Evaporador #4	EF-E-04	Krack	SM24E75AKK						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
5	Evaporador #5	EF-E-05	Krack	SM24E75AKK						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
6	Evaporador #6	EF-E-06	Headercraft	LET090BJ						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
7	Evaporador #7	EF-E-07	Headercraft	LET090BJ						
	Medicion de voltaje e intensidad según datos de la placa							X		
	Limpieza general del equipo								X	
8	Unidad condensadora #1	EF-UC-1	Krack	KOD090H2K						
	Compresor									
				Revision general					X	
				Medir de voltaje y amperaje				X		
				Medir presion del sistema				X		
				Limpieza General					X	
	Condensador									
				Inspeccion de fugas				X		
				Medir voltaje y amperaje del motor				X		
				Limpieza General					X	
	Visor de humedad									
				Inspeccion visual de visor		X				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cronograma de mantenimiento de equipos

Codificación de equipos 					Cronograma de actividades					
No.	Equipo	Codigo	Marca	Modelo	Actividades					
					Diaria	Semanal	Quincena	Mensual	Semestra	Anual
9	Unidad condensadora #2	EF-UC-2	Krack	KOD090H2K						
	Compresor									
		Revisión general							X	
		Medir de voltaje y amperaje						X		
		Medir presión del sistema						X		
		Limpieza General							X	
	Condensador									
		Inspección de fugas						X		
		Medir voltaje y amperaje del motor						X		
		Limpieza General							X	
	Visor de humedad									
				Inspección visual de visor		X				
10	Unidad condensadora #3	EF-UC-3	Krack	DLD0180M4K122CA						
	Compresor									
		Revisión general							X	
		Medir de voltaje y amperaje						X		
		Medir presión del sistema						X		
		Limpieza General							X	
	Condensador									
		Inspección de fugas						X		
		Medir voltaje y amperaje del motor						X		
		Limpieza General							X	
	Visor de humedad									
				Inspección visual de visor		X				
11	Unidad condensadora #4	EF-UC-4	Krack	DLD0180M4K122CA						
	Compresor									
		Revisión general							X	
		Medir de voltaje y amperaje						X		
		Medir presión del sistema						X		
		Limpieza General							X	
	Condensador									
		Inspección de fugas						X		
		Medir voltaje y amperaje del motor						X		
		Limpieza General							X	
	Visor de humedad									
				Inspección visual de visor		X				
12	Unidad condensadora #5	EF-UC-5	Borh	BLV1500M6CMM4D91756						
	Compresor									
		Revisión general							X	
		Medir de voltaje y amperaje						X		
		Medir presión del sistema						X		
		Limpieza General							X	
	Condensador									
		Inspección de fugas						X		
		Medir voltaje y amperaje del motor						X		
		Limpieza General							X	
	Visor de humedad									
				Inspección visual de visor		X				
13	Mesa Niveladora	EA-MN-01	4Front	DLP6111215						
	Comprobar el nivel del fluido hidráulico							X		
	Inspección mangueras por posibles fugas o cables eléctricos cortados o pelado							X		
	Comprobar la condición general del equipo como desgaste de articulaciones de pivote, cojinetes de rodillo							X		
	Verificar la calidad del aceite, oxidado, turbio o contaminado							X		
	Inspeccione las varillas del cilindro del elevador para ver si están marcadas o tienen fugas; limpie los materiales extraños.								X	
	Inspeccionar todos los componentes estructurales y mecánicos para verificar grietas en soldaduras o desgaste mecánico en piezas móviles								X	
	Inspeccione la retención apropiada del pasador del muñón del cilindro								X	
	Cambiar el fluido hidráulico y limpiar el depósito								X	
	Quitar los pasadores de los cilindros del elevador, los pasadores de pivote o los cojinetes de rodillos e inspeccionar si hay desgaste y reemplazarlos si es necesario									X
Verificar si existe deformación mecánica en algún mecanismo del equipo y reemplazar									X	


Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cronograma de mantenimiento de equipos

Codificación de equipos					Cronograma de actividades					
No.	Equipo	Código	Marca	Modelo	Diaria	Semanal	Quincena	Mensual	Semestra	Anual
14	Pallet electrica Lift Truck	EA-PE-01	Yale	MPW050EN24T2748						
	Sistema hidraulico									
		Inspeccion general del sistema hidraulico, verificar que no se tengan fugas, mangueras rotas o conexiones en mal estado						X		
		Inspeccion de nivel de aceite hidraulico						X		
		Verificar estado del aceite hidraulico, cambiar si esta sucio							X	
	Sistema electrico									
		Inspeccion general de conexiones electricas y terminales						X		
		Apriete de conexiones y terminales						X		
		Motor de encendido, verificacion y limpieza de carbones, si estos presentan desgaste cambiarlos							X	
		Verificacion de nivel de la bateria, si esta esta por debajo del nivel minimo, echarle agua desmineralizada hasta 2" por debajo del tapon							X	
	Sistema mecanico									
		Revisar las funciones de los botones de funcionen los botones de bocina, inclinación de paletas, avance, retroceso, paro de emergencia.						X		
		Inspeccion de ejes, verificar que no esten doblados o que presenten signo de desgaste						X		
		Inspeccion de bujes								
		Inspeccion de rodamientos, verificar que no se encuentren desgastados, presenten ruido o agrietados						X		
		Inspeccion de rueda de direccion y eje, verificar que no presenten marcas planas o que tengan algun metal incrustado						X		
		Prueba de fugas exteriores de la bomba, hacer una prueba con una carga por aproximadamente de 15-20 min y verificar si la carga baja.							X	
15	Revanadora de jamon	CE-RJ-01	Torr Rey	A17-1584						
	Limpieza de plancha, carro, cuchilla y la charola recolectora utilizando jabon y un paño humedo				X					
	Rodamientos: Limpiar diariamente el área de rodamientos para prevenir la acumulacion de líquidos y desechos.				X					
	Soporte del carro: Mantener libre de residuos				X					
	Barras de deslizamiento: Mantener limpias y lubricadas las barras de deslizamiento usando grasa mineral				X					
	Barra para bujes							X		
	Afilado de cuchilla							X		
	Revison y cambio de cojinetes							X		
16	Revanadora de jamon	CE-RJ-02	Constructora de Basculas,	827-12446						
	Limpieza de plancha, carro, cuchilla y la charola recolectora utilizando jabon y un paño humedo				X					
	Rodamientos: Limpiar diariamente el área de rodamientos para prevenir la acumulacion de líquidos y desechos.				X					
	Soporte del carro: Mantener libre de residuos				X					
	Barras de deslizamiento: Mantener limpias y lubricadas las barras de deslizamiento usando grasa mineral				X					
	Barra para bujes							X		
	Afilado de cuchilla							X		
	Revison y cambio de cojinetes							X		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Cronograma de mantenimiento de equipos

Codificación de equipos 					Cronograma de actividades					
No.	Equipo	Codigo	Marca	Modelo	Actividades					
					Diaria	Semanal	Quincena	Mensual	Semestra	Anual
17	Empacadora de alto vacio	CE-EA-01	Ultravac							
	Equipo General									
				Placa de relleno: Elimine la placa de relleno, la placa esta echa de polietileno, limpie desinfecte y seque		X				
				Tapa, camara y base: Estos componentes están hechos de aluminio. Limpie la tapa, cámara, base y cinta de soporte de sello de silicona con una solución de limpieza no iónica		X				
				sellado. Las barras de sellado están hechas de fenólico. Limpie, desinfecte y seque. Limpie también bajo la cuchilla de barra de sellado en la tapa, que no es extraíble.		X				
	Bomba de vacio									
				Verificar el nivel de aceite				X		
				Verificar que no haya fugas de aceite en la				X		
				Limpia el filtro de aspiracion				X		
				Cambio de aceite					X	
18	Compresor Trupper para empacado	CE-C-01								
	Limpieza o cambio de filtro de aire				X					
	Purga el tanque, debido a condensado				X					
	Cambio de aceite, usac aceite SAE5W40									
	Limpie el nivel de aceite									
19	Pallet manual #1	EA-TN-01	Crown							
	Inspeccion de ejes, verificar que no esten doblados o que presenten signo de							X		
	Inspeccion de bujes							X		
	Inspeccion de rodamientos, verificar que no se encuentren desgastados, presenten ruido o agrietados							X		
	Inspeccion de rueda de direccion y eje, verificar que no presenten marcas planas o que tengan algun metal incrustado							X		
	Verificacion del nivel de aceite hidraulico							X		
	Prueba de fugas exteriores de la bomba, hacer una prueba con una carga por aproximadamente de 15-20 min y verificar si la carga baja.								X	
20	Pallet manual #2	EA-TN-02	Crown							
	Inspeccion de ejes, verificar que no esten doblados o que presenten signo de							X		
	Inspeccion de bujes							X		
	Inspeccion de rodamientos, verificar que no se encuentren desgastados, presenten ruido o agrietados							X		
	Inspeccion de rueda de direccion y eje, verificar que no presenten marcas planas o que tengan algun metal incrustado							X		
	Verificacion del nivel de aceite hidraulico							X		
	Prueba de fugas exteriores de la bomba, hacer una prueba con una carga por aproximadamente de 15-20 min y verificar si la carga baja.								X	
21	Pallet manual #3	EA-TN-03	Crown							
	Inspeccion de ejes, verificar que no esten doblados o que presenten signo de							X		
	desgaste							X		
	Inspeccion de bujes							X		
	Inspeccion de rodamientos, verificar que no se encuentren desgastados, presenten ruido o agrietados							X		
	Inspeccion de rueda de direccion y eje, verificar que no presenten marcas planas o que tengan algun metal incrustado							X		
	Verificacion del nivel de aceite hidraulico							X		
	Prueba de fugas exteriores de la bomba, hacer una prueba con una carga por aproximadamente de 15-20 min y verificar si la carga baja.								X	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Cronograma de mantenimiento de equipos

Codificación de equipos					Cronograma de actividades						
No.	Equipo	Codigo	Marca	Modelo	Actividades						
					Diaria	Semanal	Quincena	Mensual	Semestra	Anual	
22	Pallet manual #4	EA-TN-04		HJ5500							
	desgaste							X			
	Inspeccion de bujes							X			
	Inspeccion de rodamientos, verificar que no se encuentren desgastados, presenten ruido o agrietados							X			
	Inspeccion de rueda de direccion y eje, verificar que no presenten marcas planas o que tengan algun metal incrustado							X			
	Verificacion del nivel de aceite hidraulico							X			
	Prueba de fugas exteriores de la bomba, hacer una prueba con una carga por aproximadamente de 15-20 min y verificar si la carga baja.								X		
23	Carrito Picking #1	EA-CP-01									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
24	Carrito Picking #2	EA-CP-02									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
25	Carrito Picking #3	EA-CP-03									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
26	Carrito Picking #4	EA-CP-04									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
27	Carrito Picking #5	EA-CP-05									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
28	Carrito Picking #6	EA-CP-06									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X
29	Carrito Picking #7	EA-CP-07									
	Inspeccion general de estructura, bordes, pintura								X		
	Inspeccio de cojinetes en las ruedas, si presentan ruidos cambio de cojinetes										X

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de cambio de aire por 24 horas

Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración

Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies ³	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Nota: Para uso pesado multiplicar los valores de arriba por 2.0
Para largos periodos de almacenamiento multiplicar los valores por 0.6.

Fuente: Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Consultado en marzo 2020. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.

Anexo 2. Tabla calor removido aire de enfriamiento cuarto almacenamiento (BTU por pie³)

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.05
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.56	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.36	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.96	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Fuente: Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Consultado en marzo 2020. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.

Anexo 3. Tabla requerimiento y propiedades de almacenamiento para productos perecederos

Mercancia	Condiciones de Almacenamiento			Punto de Congelación más alto °F	Calor Específico Arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Específico Abajo del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del Producto Lb/ pie ³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Manzanas	30-40	90	3-8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32-36	95	2-3 semanas	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45-55	85-	2-4 semanas	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55-65	85-95	-	30.6	0.80	0.42	108	-
Habas	-	-	-	30.1	0.73	0.40	40	-
Sécas	-	-	-	-	0.30	0.24	-	-
Frijol verde(ejote)	40-45	90-95	7-10 días	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	-
Cerveza barril	35-40	-	3-8 semanas	28.0	0.92	-	129	-
Botellas, latas	35-40	65 o abajo	3-6 meses	28.0	0.92	-	129	-
Hemolacha, residuos	32	95-100	4-6 meses	30.1	0.90	0.46	125	23
Zarzamora	31-32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	-	-	1-3 meses	16 a 20	0.70	0.34	46-53	-
Masa	35-40	85-90	3-72 horas	-	0.75	-	-	-
Brocoli brotado	32	95	10-14 días	29.0	0.92	0.47	130	13
Coles brotado	32	95	3-5 semanas	30.5	0.88	0.46	122	-
Col(Col mariposa)	32	95-100	3-4 meses	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	95-100	5-9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2-4 semanas	29.0	0.93	0.47	125	16
Apio	32	95	1-2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31-32	90-95	3-7 días	29.0	0.87	-	120	18
Dulce	30-31	90-95	2-3 semanas	28.8	0.84	-	-	-
Chocolate	50-65	40-50	2-3 meses	95-85	0.30	0.55	40	-
Cocoa	32-40	50-70	1 año, más	-	-	-	-	-
Coco	32-35	80-85	1-2 meses	30.4	0.58	0.34	67	-
Café verde	35-37	80-95	2-4 meses	30.0	0.30	0.24	14-21	-
Maíz dulce(fresco)	32	95	4-8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Ejotes	-	-	-	28.9	0.79	0.42	106	-
Pepino	50-55	90-95	10-14 días	31.1	0.97	0.49	137	20
Pasas, grosella	31-32	91-95	10-14 días	30.2	0.88	0.45	120	-
Productos lácteos	-	-	-	-	-	-	-	-
Queso cheddar	40	65-70	6 meses	8.0	0.50	0.31	53	40
Queso procesado	40	65-70	12 meses	19.0	0.50	0.31	56	40
Mantequilla	40	75-85	1 mes	-4a31	0.50	0.25	23	-
Crema	35-40	-	2-3 semanas	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107	-
Helado	-20 a -15	-	3-12 meses	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86	25
Leche entera líquida	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasteurizada grado A	32-34	-	2-4 meses	31.0	0.3	0.46	125	-
Condensada, endulzada	40	-	1-5 meses	5.0	0.42	0.28	40	-
Evaporada	40	-	2-4 meses	29.5	0.79	0.42	106	-
Dátil secado	0 ó 32	75 o menos	6-12 meses	3.7	0.36	0.26	29	24
Zarzamora	31-32	90-95	3 días	27.0	0.88	-	-	45
Frutas secas	32	50-60	9-12 meses	-	0.31-0.41	0.26	20-37	-
Berenjena	45-50	90-95	7-10 días	30.6	0.94	0.48	132	-
Huevo	29-31	80-85	5-6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
Refrigerado en cultivo	50-55	70-75	2-3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	19
Congelado entero	0 ó abajo	-	un año, más	28.0	0.73	0.42	106	41
Higo seco	32-40	50-60	9-12 meses	-	0.39	0.27	34	45
Fresco	31-32	85-90	7-10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco	30-35	90-95	5-15 días	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	89-122	-
Pescado congelado	-20 a -4	90-95	6-12 meses	28	0.76	0.41	101	-
En hielo	-	-	-	-	0.76	0.41	101	-
Abadejo, bacalao	30-35	90-95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmon	30-35	90-95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado	40-50	50-60	6-8 meses	-	0.70	0.39	92	-
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28	0.86	0.45	119	-
Cangrejos, langostas, mariscos frescos	30-33	86-95	3-7 días	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	-
Atún	30-35	90-95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y tejidos	34-40	45-55	varios años	-	-	-	-	-
Ajo seco	32	65-70	6-7 meses	30.5	0.69	0.40	89	-
Grosella espinosa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja	50-60	85-90	4-6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uva tipo americana	31-32	85-90	2-8 semanas	29.7	0.86	0.44	116	28
Tipo europea	30-31	90-95	3-6 meses	28.1	0.86	0.44	116	28
Verdes frondosas	32	95	10-14 días	30.0	0.91	0.48	136	32
Guayaba	45-50	90	2-3 semanas	-	0.86	-	-	-
Miel	38-50	50-60	un año, más	-	0.35	0.26	26	-
Rábano	30-32	95-100	10-12 meses	28.7	0.78	0.42	104	-
Col rizada	32	95	3-4 meses	31.1	0.89	0.46	124	-
Colinabo	32	95	2-4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	-
Puerro verde	32	95	1-3 meses	30.7	0.88	0.46	126	-
Limones	32 ó 50-58	85-90	1-6 meses	29.4	0.91	0.46	127	33
Lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	33
Limas	48-50	85-90	6-8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32

Continuación de anexo 3.

Mercancia	Condiciones de Almacenamiento			Punto de congelación Más alto °F	Calor Especifico Anillo del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Especifico Abajado punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del producto Lb/ pie ³
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Jarabe de Maple	75-80	60-65	1 año, más	-	0.24	0.21	7	-
Mangos	55	85-90	2-3 semanas	30.3	0.85	0.44	117	-
Carne								
Toño curado estilo granja	60-65	65	4-6 meses	-	0.30-0.43	0.24-0.29	19-41	57
Carne de res	32-34	82-92	1-6 semanas	28-29	0.70-0.84	0.38-0.43	89-110	-
Lamones de pierna y espaldilla	32-34	85-90	7-12 días	28-29	0.58-0.63	0.34-0.36	67-77	37
Curado	60-65	50-60	0-3 años	-	0.52-0.56	0.32-0.33	57-64	-
Cordeiro fresco	32-34	85-90	5-12 días	28-29	0.68-0.76	0.38-0.51	86-100	-
Higado congelado	-10-0	90-95	3-4 meses	-	-	0.41	100	-
Cerdo fresco	32-34	85-90	3-7 días	28-29	0.46-0.55	0.30-0.33	46-63	-
Embutido ahumado	40-45	85-90	6 meses	-	0.68	0.38	86	-
Fresco	32	85-90	1-2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	-
Chuleta de ternera fresca	32-34	90-95	5-10 días	28-29	0.71-0.76	0.39-0.41	92-100	-
Melón cantalupo	36-40	90-95	5-15 días	29.9	0.93	0.48	132	25
Melón dulce	45-50	90-95	3-4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandía	40-50	80-90	2-3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos, champiñón	32	90	3-4 días	30.4	0.93	0.47	130	-
Leche	34-40	-	7 días	31	0.93	0.49	124	64
Nectarinas	31-32	90	2-4 semanas	30.4	0.90	0.49	119	-
Nueces secas	32-50	65-75	8-12 meses	-	0.22-0.25	0.21-0.22	4-8	25
Margarina	35	60-70	1 año, más	-	0.38	.25	22	-
Acetuna fresca	45-50	85-90	4-6 semanas	29.4	0.80	0.42	108	-
Cebolla, Cebolla estibada	32	65-70	1-8 meses	30.6	0.90	0.46	124	-
Verde	32	95	3-4 semanas	30.4	0.91	-	-	22
Naranjas	32-48	85-90	3-12 semanas	30.6	0.90	0.46	724	34
Jugo de naranja	30-35	-	3-6 semanas	-	0.91	0.47	128	-
Papayas	45	85-90	1-3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	-
Persej	32	95	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	-
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	91-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32-50	60-70	6 meses	-	0.30	0.24	17	-
Piñas maduras	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Cruetas, incluye crueta pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	-
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	-	0.29	0.23	16	-
Miiz palomero	32-40	85	4-6 meses	30.9	0.31	0.24	19	-
Papás cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-
Aves pollo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-
Pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Cababaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-
Petej	32	95	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	-
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	91-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32-50	60-70	6 meses	-	0.30	0.24	17	-
Piñas maduras	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Cruetas, incluye crueta pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	-
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	-	0.29	0.23	16	-
Miiz palomero	32-40	85	4-6 meses	30.9	0.31	0.24	19	-
Papás cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-
Aves pollo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-
Pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Cababaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-
Membrillo	31-32	90	2-3 meses	28.4	0.88	0.45	122	-
Rábano preempacado	32	95	3-4 semanas	30.7	0.95	0.48	134	-
Papas secas	40	60-70	9-12 meses	-	0.47	0.32	43	45
Conop fresco	32-34	90-95	1-5 días	-	0.74	0.40	98	22
Frambuesa negra	31-32	90-95	2-3 días	30.0	0.84	0.44	122	-
Frambuesa roja	31-32	90-95	2-3 días	30.9	0.87	0.45	121	-
Colinabo, nato sueco	32	98-100	4-6 meses	30.1	0.91	0.47	127	-
Salsif	32	98-100	2-4 meses	30.0	0.83	0.44	113	-
Espinacas	32	95	10-14 días	31.5	0.94	0.48	132	31
Cababaza de verano	32-50	85-95	5-14 días	31.1	0.95	0.48	135	-
Cababaza de invierno	50-55	70-75	4-6 meses	30.3	0.91	0.48	127	-
Fresas frescas	31-32	90-95	5-7 días	30.6	0.92	0.42	129	40
Azúcar, Maple	75-80	60-65	1 año, más	-	0.34	0.21	7	-
Papás dulces	55-60	85-90	4-7 meses	29.7	0.75	0.40	97	25
Almibar, Maple	31	60-70	1 año, más	-	0.48	0.31	51	-
Mandarinas	32-38	85-90	2-4 semanas	30.1	0.90	0.46	125	-
Tabaco, Cigarrillos	35-46	50-55	6 meses	25.0	-	-	-	-
Cigarros	35-50	60-65	2 meses	25.0	-	-	-	-
Tomates, verde maduro	55-70	85-90	1-3 semanas	31.0	0.95	0.48	134	25
Tomate firme maduro	45-50	85-90	4-7 días	31.1	0.94	0.48	134	21
Nabos raíces	32	95	4-5 meses	30.1	0.93	0.47	130	-
Verduras mixtas	32-40	90-95	1-4 semanas	30.0	0.90	0.45	130	25
Camotes	60	85-90	3-6 meses	28.5	0.79	0.40	105	-
Levadura comprimida de panadería	31-32	-	-	-	0.77	0.41	102	-

Fuente: Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Consultado en marzo 2020. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.

Anexo 4. **Tabla-Calor equivalente en motores eléctricos**

Motor Hp	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la Carga dentro del Espacio Refrigerado ¹	Pérdida del Motor Fuera del Espacio Refrigerado ²	Relacionado con la Carga exterior del Espacio Refrigerado ³
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

Fuente: Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Consultado en marzo 2020. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.

Anexo 5. **Tabla de calor equivalente de ocupación**

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

Fuente: Frigus Bohn (2005). *Manual de ingeniería*. Consultado en marzo 2020. Recuperado de <http://www.bohn.com.mx/ArchivosPDF/BCT-025-H-ENG-1APM-Manual-Ingenieria.pdf>.