



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

DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS
REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.

Omar Alejandro Lantán González
Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, junio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS DE
REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OMAR ALEJANDRO LANTÁN GONZÁLEZ
ASESORADO POR EL ING.CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova 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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Moisés Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

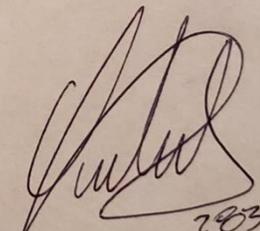
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS
REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 21 de mayo de 2019.


2035612110401
Omar Alejandro Lantán González

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 15 de enero de 2020
REF.EPS.DOC.08.01.2020.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Omar Alejandro Lantán González** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201503409, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMERICA S.A.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

~~Ing. Carlos Anibal Chicojaj Coloma
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica~~



c.c. Archivo
CACC/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 15 de enero de 2020
REF.EPS.D.04.01.2020

Ing. Roberto Guzmán Ortíz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán Ortíz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMERICA S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Omar Alejandro Lantán González** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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/ra



USAC
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.027.2020

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: **DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.** del estudiante **Omar Alejandro Lantán González**, CUI **2835612110401**, **Reg. Académico No. 201503409** 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"

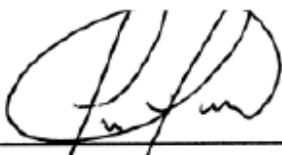
Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2020
/aej

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-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.** del estudiante **Omar Alejandro Lantán González**, DPI **2835612110401**, Reg. Académico **201503409** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Vo.Bo. Ing.

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, junio de 2020

/aej



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 131.2020.

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 Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EN PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Omar Alejandro Lantán González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2020

/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme, protegerme, bendecirme y proveerme de sabiduría durante todo el tiempo que duró mi carrera universitaria.
- Mis padres** Omar Lantán y Gabriela González. Este logro es de ustedes. Mil Gracias por su apoyo incondicional durante más de cuatro años. Los amo.
- Mis abuelos** Itos. Álvaro Lantán, Efraín González, Magda Cáceres y Leticia España, por su apoyo y amor.
- Mi hermana** Alejandra Lantán, por tu amor y ayuda.
- Mis tíos y primos** Gracias por su cariño y contribución.
- Mi novia** Linda Celis, gracias por su apoyo. Por estar siempre que la necesité.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	En especial a la Facultad de Ingeniería por todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y formarme como profesional.
Grupo Fogel de Centroamérica S.A.	Por brindarme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y demás experiencia adquirida.
Familia Velásquez Gómez	Por abrirme las puertas de su casa para poder residir en la ciudad.
Mis amigos	Jorge Delgado, Kevin Carranza, Nicolle Rabre, Gustavo Taylor, Javier Lara y Edgar Morales, por su sincera amistad, ayuda brindada y buenos momentos durante nuestra vida universitaria

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Generalidades de la institución	1
1.2. Historia.....	1
1.3. Ubicación	2
1.4. Misión.....	3
1.5. Visión	4
1.6. Política de calidad.....	4
1.7. Organigrama	5
1.8. Equipos de refrigeración comercial.....	6
1.8.1. Clasificación de equipos	6
1.8.2. Áreas de producción.....	7
1.8.3. Líneas de producción (1 y 2)	8
1.9. Material aislante.....	8
1.9.1. Proceso de inyección de espuma	10
1.9.2. Diagrama actual de flujo del proceso.....	11
1.10. Mantenición	14
1.10.1. Ciclo de mantenimiento del sistema transportador....	15
1.10.2. Estados desfavorables de carga.....	16

1.10.3.	Equilibrio del cuerpo suspendido.....	21
1.10.4.	Movimientos del sistema transportador	23
1.10.4.1.	Ejes de referencia	24
1.10.4.2.	Ejecutores de movimientos	25
1.10.5.	Velocidades de movimientos.....	25
1.10.6.	Tiempo de movimiento	27
1.10.6.1.	Cálculos.....	28
2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	31
2.1.	Situación actual	31
2.1.1.	Layout del área de espuma.....	32
2.1.2.	Movilización de equipos de refrigeración	33
2.1.3.	Inseguridad ocupacional.....	35
2.1.4.	Diagrama Ishikawa.....	36
2.1.5.	Proceso actual de movilización	36
2.2.	Descripción de los equipos de refrigeración	37
2.2.1.	Equipo más pequeño y liviano.....	40
2.2.1.1.	Geometría	40
2.2.1.2.	Peso	41
2.2.2.	Equipo más grande y pesado.....	42
2.2.2.1.	Geometría	42
2.2.2.2.	Peso	43
2.3.	Propuesta	43
2.3.1.	Proceso propuesto de movilización.....	44
2.3.2.	Beneficios.....	44
2.3.2.1.	Productividad.....	45
2.3.2.2.	Seguridad ocupacional.....	46
2.4.	Descripción de sistema transportador	47
2.4.1.	Componentes.....	48

2.4.1.1.	Viga principal	49
2.4.1.2.	Vigas testeras	50
2.4.1.3.	Polipasto	50
2.4.1.4.	Sujetadores para levante	51
2.4.1.5.	Motores eléctricos.....	52
2.4.1.6.	Cajas reductoras de velocidad.....	54
2.4.1.7.	Viga debajo del gancho	56
2.4.1.8.	Estructura	57
	2.4.1.8.1. Columnas	58
	2.4.1.8.2. Vigas	59
2.4.2.	Especificaciones técnicas	59
2.4.2.1.	Diseño del sistema neumático o hidráulico	60
2.4.2.2.	Gancho sujetador	62
2.4.2.3.	Acero	64
	2.4.2.3.1. Tipos de perfiles estructurales.....	65
	2.4.2.3.2. Propiedades del acero ASTM A – 36	66
	2.4.2.3.3. Formas en que se produce acero ASTM A – 36	67
2.4.2.4.	Uniones	67
	2.4.2.4.1. Soldadas	68
	2.4.2.4.2. Atornilladas.....	71
2.4.3.	Requisitos de diseño	72
2.4.3.1.	Geometría.....	73
2.4.3.2.	Cargas	73
2.4.3.3.	Velocidades	74

2.5.	Cálculos.....	74
3.	FASE DE DOCENCIA.....	81
3.1.	Capacitación.....	81
3.1.1.	Funcionamiento de equipos de refrigeración.....	83
3.1.2.	Unidad de refrigeración de un equipo de refrigeración Fogel	84
3.1.2.1.	Componentes.....	86
3.1.2.1.1.	Compresor	86
3.1.2.1.2.	Condensador.....	88
3.1.2.1.3.	Tubo capilar	89
3.1.2.1.4.	Evaporador.....	90
3.1.3.	Refrigerantes utilizados en equipos de refrigeración	91
3.1.4.	Ahorro energético en equipos de refrigeración.....	93
3.1.5.	Manutención e izaje de cargas.....	95
3.2.	Manual de usuario del sistema transportador.....	96
3.2.1.	Instructivo de manejo de cargas suspendidas.....	97
3.2.2.	Instructivo de funcionamiento del sistema.....	98
3.3.	Seguridad del personal.....	99
3.3.1.	Medidas de seguridad para personal operativo.....	99
3.3.2.	Medidas de seguridad para equipos de refrigeración	100
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de planta Fogel de Centroamérica S.A.....	3
2.	Organigrama	5
3.	Proceso de inyección de espuma	13
4.	Ensamble B.....	17
5.	Viga doblemente empotrada	18
6.	Ejercicio 1: diagramas de viga doblemente empotrada.....	19
7.	Ejercicio 2, diagramas de viga doblemente empotrada.....	20
8.	Ejes de sistema transportador.....	24
9.	Datos técnicos conjunto carro - polipasto.....	26
10.	Layout área de espuma.....	32
11.	Diagrama causa – efecto	36
12.	Froster – 280.....	38
13.	X – 28	38
14.	CR – 65.....	39
15.	CR – 23.....	39
16.	VR - 17	40
17.	VR – 11	41
18.	CR – 49 – C	42
19.	Sistema transportador	48
20.	Polipasto marca ABUS.....	51
21.	Interior de motor eléctrico.....	52
22.	Tipos de estatores.....	53

23.	Tipos de rotores	54
24.	Motorreductor unido a motor	55
25.	Viga debajo del gancho	57
26.	Circuito neumático	60
27.	Componentes del circuito neumático	61
28.	Gancho neumático	63
29.	Perfil de gancho neumático	64
30.	Tipos de perfiles estructurales	66
31.	Formación de arco eléctrico	69
32.	Tipos de uniones soldadas	70
33.	Partes de un tornillo	71
34.	Normalización de tornillos	72
35.	Plano de diseño	79
36.	Capacitación 1 ensamble de unidades y evaporadores.....	82
37.	Capacitación 2 ensamble de unidades y evaporadores.....	83
38.	Manual de usuario del sistema	96
39.	Instructivo de manejo de cargas suspendidas	97
40.	Instructivo de funcionamiento general del sistema	98

TABLAS

I.	Valores de deflexión	20
II.	Tiempos propuestos para ejes.....	28
III.	Distancia de ejes.....	34
IV.	Riesgos en el movimiento.....	35
V.	Ergonomía de la movilización	37
VI.	Soluciones a factores de riesgo	47
VII.	Perfil viga principal.....	49

VIII.	Factores de diseño 1	75
IX.	Factores de diseño 2.....	76
X.	Tiempos de movilización	77
XI.	Lesiones.....	77
XII.	Aumento de equipos movilizados.....	78
XIII.	Matriz de capacitación.....	82
XIV.	Características de refrigerantes	92
XV.	Oportunidades de mejora para eficiencia energética	94
XVI.	Manutención e izaje de un equipo de refrigeración	95
XVII.	Medidas de seguridad del sistema	99
XVIII.	Medidas de seguridad para el personal de espuma.....	100
XIX.	Medidas de seguridad para los equipos de refrigeración	101

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
CV	Caballos de vapor
°C	Grados centígrados
kW/h	Kilo – Watt por hora
kgf	Kilogramo fuerza
lb	Libras
MPa	Mega pascales
m	Metros
mm	Milímetros
N	<i>Newtons</i>
%	Porcentaje
s	Segundos

GLOSARIO

Actuador	Es un dispositivo que transforma la energía en fuerza para Movilizar otro dispositivo. La energía puede ser recibida como presión neumática, eléctrica, mecánica, entre otros.
Cilindro	Es una figura geométrica en forma enrollada que en sus caras es limitada por dos planos paralelos. Parte de una máquina dentro de la cual se desplaza un émbolo.
Conveyor	Banda transportadora en líneas de producción, sobre ella se movilizan los equipos de refrigeración.
Deflexión	Es la deformación o desviación que sufre un objeto a partir de una fuerza aplicada sobre él mismo.
Eje	En una máquina, es el elemento que guiará el movimiento de una o más piezas.

Ensamble	Unión o enlace de piezas.
Mecánica	Rama de la física que analiza y estudia movimientos de cuerpos y su reacción hacia fuerzas internas y externas.
Motor	Máquina capaz de transformar algún tipo energía en trabajo mecánico.
Motorreductores	Dispositivos reguladores de velocidad que funcionan sobre determinadas piezas giratorias.
Neumática	Rama de la física que analiza y estudia el movimiento de los gases.
Refrigeración	Proceso termodinámico por el cual se busca reducir la temperatura de un ambiente u objeto a través de la extracción de energía.
Refrigerante	Sustancia con propiedades químicas y físicas que le permiten extraer y ceder energía en forma de calor.

Termoaislantes	Máquina que realiza agujeros (troqueles) en una pieza.
Troqueladora	Material capaz de impedir la pérdida o adición de calor de un sistema.
Válvula	Es un elemento que controla o regula un gas o un fluido dentro de un espacio.
Viscosidad	Capacidad de un líquido de impedir el movimiento entre dos piezas.

RESUMEN

El informe describe el diseño de un sistema transportador que moviliza hasta cuatro equipos de refrigeración comercial a la vez; fabricados en la planta Fogel de Centroamérica S.A. Empresa que busca innovar de forma continua en el mercado de la refrigeración comercial.

Los refrigeradores Fogel almacenan gran variedad de productos tales como lácteos, cervezas, bebidas carbonatadas, refrescos, helados y productos congelados. A través de los años la empresa, de igual forma, ha buscado mejorar la maquinaria y herramienta de las cinco líneas de producción y demás partes de la planta. El objetivo es incrementar la eficiencia y eficacia durante toda la elaboración de cada equipo de refrigeración.

Surge la necesidad de innovar en una de las siete áreas de las líneas de producción 1 y 2. Ambas líneas entregan equipos de una, dos, tres y cuatro puertas, desde equipos muy livianos hasta los más grandes y pesados. Todos estos distintos modelos necesitan ser movilizados cuando están parcialmente ensamblados, surge la necesidad de erradicar la movilización manual e innovar con una máquina capaz de movilizar de forma estandarizada y segura los equipos. Así mismo, cumplir con el tiempo establecido para el movimiento, de ser posible disminuirlo.

A través del Ejercicio Profesional Supervisado se diseña un sistema transportador que beneficia la seguridad ocupacional de los trabajadores, disminuye el tiempo de movilización, se mejora la ergonomía del proceso, los

movimientos son estandarizados y se disminuyen los daños físicos por movilización en los equipos.

Agregando al diseño realizado, se imparten temas básicos sobre el funcionamiento de un equipo de refrigeración Fogel con trabajadores de otras áreas de la planta, debido a que ellos están en contacto directo con los principales componentes del sistema de refrigeración. Es de vital importancia que los trabajadores tengan una idea del funcionamiento, por lo menos general, para que sepan la incidencia que su trabajo genera en cada equipo fabricado.

OBJETIVOS

General

Incrementar la tecnología de la planta por medio del diseño de una máquina capaz de desplazar equipos de refrigeración de forma segura para mejorar la seguridad ocupacional de los trabajadores del área.

Específicos

1. Reducir, como mínimo, 35 segundos el tiempo de movilización de los equipos de refrigeración, desde las máquinas MAWI hasta la banda transportadora de Ensamble B.
2. Diseñar un sistema transportador para equipos de refrigeración.
3. Elaborar un manual de usuario del sistema transportador para equipos de refrigeración de las líneas de producción 1 y 2 de la planta Fogel de Centroamérica S.A.
4. Incrementar la seguridad ocupacional del área de espuma de la planta Fogel de Centroamérica S.A.

INTRODUCCIÓN

Los equipos que se fabrican en la planta Fogel de Centroamérica S.A. son diseñados tal cual los necesita y requiere el cliente para el almacenamiento y venta de sus productos dentro de supermercados, tiendas minoristas, restaurantes, tiendas de conveniencia, entre otros. Los equipos son diseñados termodinámicamente dependiendo del producto al cual van dirigidos.

Fogel utiliza tecnología de vanguardia en las diversas tareas empleadas, para fabricar todos los componentes (frigoríficos, mecánicos y estéticos). Esto se debe a que los equipos son de calidad mundial, siendo exportados hacia Centroamérica, Sudamérica, Estados Unidos y Sudáfrica. Es importante que los procesos y tareas para la elaboración realizados con buenas prácticas de seguridad industrial.

El proyecto desarrollado durante el Ejercicio Profesional Supervisado está enfocado en mejorar la tecnología utilizada en el proceso de movilización. Se agrega el beneficio al recurso más importante de la empresa: el trabajador. Se reduce el esfuerzo físico ejercido durante el tiempo efectivo de trabajo mejorando la ergonomía del proceso. Este es uno de los más arduos y dificultosos en toda la línea de producción debido al tiempo de operación que se debe de cumplir y la cantidad de equipos por movilizar.

Durante la ejecución del proyecto se llevó a cabo el análisis de la situación actual, identificando puntos de mejora, siendo estos los puntos de partida para innovar con el diseño propuesta. La parte más dificultosa del diseño surge en determinar la forma de sujeción de los equipos, debido a la gran variación de

tamaños y geometrías en los equipos. Sin embargo, se encontró la adecuada. El sistema transportador es apto para el 95 % de los modelos fabricados en las respectivas líneas de producción.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Generalidades de la institución

La compañía originalmente fue fundada por William Fogel en Philadelphia, Pensilvania, EE.UU. El hijo de. Fogel tomó la compañía, en 1967, expandiendo operaciones en Nicaragua, donde estableció una alianza estratégica con inversionistas locales.

1.2. Historia

La compañía originalmente fue fundada por William Fogel en Philadelphia, Pensilvania, EE.UU. El hijo de. Fogel tomó la compañía, en 1967, expandiendo operaciones en Nicaragua, donde estableció una alianza estratégica con inversionistas locales.

En 1981, luego de la guerra civil en Nicaragua, las difíciles condiciones económicas y políticas condujeron a Fogel S. A. a mudarse a Guatemala, donde Refrigeradores de Guatemala, S.A. (REFRIGUA) fue fundada. La compañía comenzó bastante pequeña, en Guatemala, con solo 12 colaboradores produciendo refrigeradores en una pequeña bodega de la zona 4, de la ciudad capital. Los propietarios estaban determinados a reconstruir y alcanzar el éxito para ser uno de los líderes regionales nuevamente. Fueron exitosos a pesar de las circunstancias difíciles. En 1985, la fábrica fue trasladada a un edificio más grande de la zona 7 (ahora zona 3, del municipio de Mixco) en donde actualmente continúan las operaciones, las cuales se ha expandido considerablemente.

En 2007, la compañía cambió oficialmente su nombre a Fogel de Centroamérica S.A. como parte de la estrategia comercial de alinear el nombre de la compañía con el de la reconocida marca comercial.

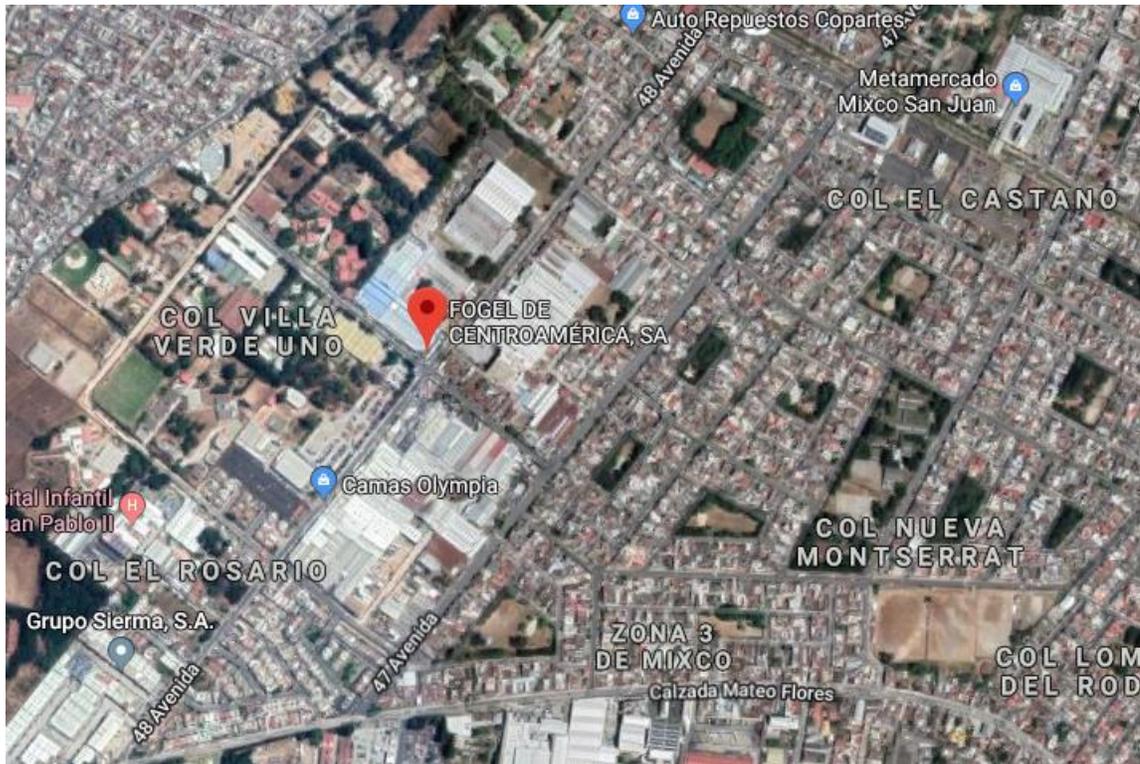
También, en 2007, la empresa atiende la creciente demanda de refrigeradores comerciales en la región andina, en Sudamérica. Decide abrir una segunda fábrica en Cali, Colombia, llamada FOGEL ANDINA, S.A. con una capacidad inicial de producción de 12 mil refrigeradores anuales. Recientemente incrementada a 60 mil refrigeradores anuales.

FOGEL cuenta con su propia operación de servicios técnicos y repuestos, conocidos como SERVIFOGEL, en El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá y Colombia. Cuenta también con tiendas propias que exhiben y venden sus productos en Nicaragua, Panamá y Colombia.

1.3. Ubicación

La planta de producción Fogel de Centroamérica S.A. está ubicada sobre la 48 avenida, de la zona 7, del municipio de Mixco, en el departamento de Guatemala. Entre la Calzada Mateo Flores y la Calzada San Juan.

Figura 1. Ubicación de planta Fogel de Centroamérica S.A



Fuente: elaboración propia, www.google.com/maps. Consulta; agosto, 2019.

1.4. Misión

“Somos una empresa que provee equipos de refrigeración comercial, confiables, duraderos y adaptados a los requerimientos del cliente, para la exhibición, almacenamiento y venta de productos fríos en el continente americano”.¹

¹ Fogel de Centroamérica, S.A. *Departamento de Recursos Humanos*.

“Utilizamos tecnología de punta y materiales de calidad mundial y capacitamos a nuestro recurso humano para despeñarnos profesional y éticamente con permanente sentido de urgencia”².

“Brindamos a nuestros clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado. Siempre buscamos la satisfacción de nuestros clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de nuestros colaboradores y la comunidad”³.

1.5. Visión

“Seremos el mejor proveedor de productos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de ventas al detalle de productos fríos en América Latina”⁴.

1.6. Política de calidad

“Fabricamos y comercializamos equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos de los clientes, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente. Mantenemos un proceso permanente de mejora continua. Nos comprometemos a lograr:

- La satisfacción del cliente
- El bienestar de nuestros colaboradores
- La rentabilidad de la organización

² Fogel de Centroamérica, S.A. *Departamento de Recursos Humanos.*

³ *Ibíd*

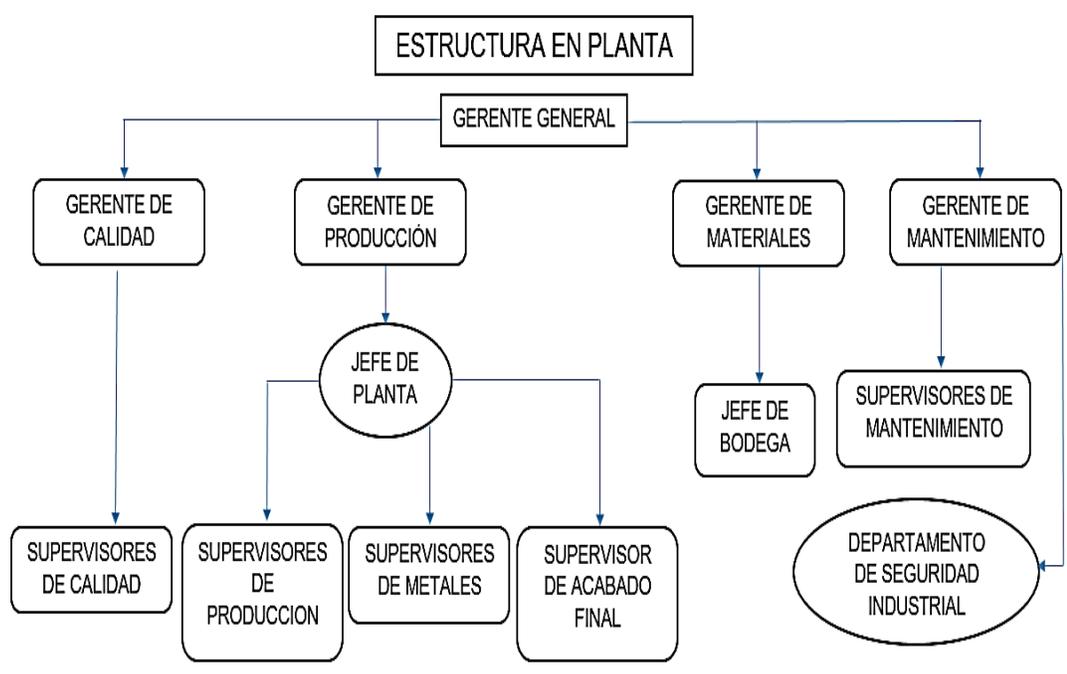
⁴ *Ibíd*

- La protección del medio ambiente en todos los procesos que ejecuta la empresa”⁵.

1.7. Organigrama

La estructura actual de la planta Fogel de Centroamérica S.A. se describe en la figura 2.

Figura 2. Organigrama



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Departamento de Recursos Humanos.*

⁵ Fogel de Centroamérica, S.A. *Departamento de Recursos Humanos.*

1.8. Equipos de refrigeración comercial

Un equipo de refrigeración es una máquina encargada de mantener baja temperatura dentro en un espacio determinado por medio de la extracción de calor y aislamiento térmico de dicho espacio. La refrigeración comercial es esencial en la sociedad actual para preservar y proteger los alimentos de las personas en todo el mundo. Actualmente se utilizan diferentes equipos de refrigeración en los supermercados, sucursales, restaurantes y tiendas minoristas de venta de alimentos.

1.8.1. Clasificación de equipos

En la planta Fogel de Centroamérica se diseñan y fabrican tres diferentes tipos de equipos de refrigeración: *frosters*, enfriadores y congeladores. Estas tres clasificaciones abarcan cerca de 200 diferentes modelos, los cuales tienen como objetivo almacenar y en varios casos exhibir productos alimenticios a temperaturas cerca y bajo 0 °C.

Los distintos modelos pueden ser horizontales, verticales, de puerta sólida o de vidrio, fabricados con lámina galvanizada de distintos calibres (0,6 mm – 1,8 mm) o acero inoxidable. Los modelos se pueden clasificar por la temperatura mínima de operación que puedan alcanzar. Los congeladores llegan hasta a -20 °C, mientras que los enfriadores solamente alcanzan los -8 °C; estos rangos de temperaturas pueden satisfacer las necesidades dependiendo del producto que será almacenado dentro del equipo.

1.8.2. Áreas de producción

Dentro de la planta se encuentran todas las áreas para la fabricación de cada equipo de refrigeración. Cada equipo cuenta con 4 partes generales que provienen de las áreas de troqueles y metales: tina, gabinete, baffles y base. Sin embargo, los equipos también son conformados por puertas (metal o vidrio), material aislante y la unidad de refrigeración.

Todo inicia en el área de corte y troquelado de metales. Ahí es en donde nacen las piezas para la estructura de los equipos, las troqueladoras y cortadoras de metal semiautomáticas facilitan los respectivos procesos para que todas las partes de las distintas estructuras estén listas para ser ensambladas. Existen dos áreas de ensamble en donde los operarios unen cada pieza y forman cada equipo de refrigeración.

Las unidades de refrigeración se ensamblan sobre las bases de cada equipo. Cada unidad está formada por 5 piezas básicas: condensador, compresor, evaporador, tubo capilar y ventilador.

Las puertas junto con la unidad de refrigeración y sus diferentes partes se unen al equipo durante el recorrido del mismo en la línea de producción correspondiente.

El área de espuma de las líneas de producción 1 y 2, es el área de interés, en la cual se mejorará el proceso mediante un sistema transportador para equipos de refrigeración comercial.

1.8.3. Líneas de producción (1 y 2)

Las líneas de producción 1 y 2 se caracterizan por ser las dos líneas de mayor velocidad dentro de la planta. Estas pueden llegar a producir hasta 150 equipos diarios. En ambas líneas se producen los tres diferentes tipos de equipos (*frosters*, congeladores y enfriadores). Son las líneas de producción que tienen los lotes de un mismo modelo más grandes. Sin embargo, ambas se ven limitadas por diferentes procesos durante todo su recorrido, pero, especialmente, por el proceso de inyección de material aislante, el cual se lleva a cabo a la mitad de cada línea en el área de espuma.

Ambas líneas de producción se forman por todas las áreas necesarias para entregar al final un equipo de refrigeración comercial como el cliente lo necesita. Durante todo el recorrido de cada una de ellas se ensambla en cuerpo interior y exterior de cada equipo, la unidad de refrigeración, los componentes eléctricos y los distintos detalles de la empresa para la cual vaya dirigido el equipo.

El área de espuma es en donde los equipos de refrigeración llegan parcialmente ensamblados, pero listos para inyectarles el material aislante. Posteriormente son trasladados al área de ensamble B. El área de espuma está conformada con 5 operarios por cada línea, los cuales son indispensables para realizar las diferentes tareas previas a la inyección de material aislante.

1.9. Material aislante

Los materiales termoaislantes son aquellos que poseen baja conductividad térmica. Evitan la pérdida o ganancia de calor de un equipo determinado (horno, caldera, refrigerador, entre otros). Están compuestos de materiales básicos con

un coeficiente de transmisión de calor bajo, conformado de tal forma que quedan atrapadas celdillas de aire en reposo, rodeadas de paredes sólidas.

El aislamiento térmico de un equipo de refrigeración comercial es sumamente importante para mantener la temperatura deseada durante la operación del mismo. Los equipos de refrigeración de Fogel se aíslan térmicamente con la mezcla homogénea que surge de tres elementos químicos en distintas proporciones. Este material aislante es una clase de espuma que crece y adquiere la forma del volumen del depósito. El crecimiento es una reacción química que genera energía en forma de calor, liberándola hacia el ambiente. En este caso, el calor se transfiere a la estructura interna y externa del equipo de refrigeración.

La mezcla homogénea se elabora con tres elementos: X, Y y Z. Los primeros dos son los encargados de darle solidez y consistencia a la espuma. El tercero es el elemento encargado de darle volumen al material. Este volumen es rellenado mediante los primeros dos elementos a nivel atómico. El crecimiento de la espuma tiene un alcance máximo, por lo que se realizan los cálculos correspondientes para verter la cantidad específica de material dependiendo el volumen a ocupar dentro del equipo. El componente Z es un elemento químico altamente inflamable, este se mezcla previamente en un cuarto con altas medidas de seguridad para evitar accidentes, pérdidas materiales o humanas y disminuir riesgos de inflamabilidad.

Esta mezcla homogénea, aparte de aislar térmicamente a los equipos de refrigeración, les provee solidez y rigidez. Esto se debe a que la espuma que surge de la reacción tiene consistencia, forma definida por las paredes de metal de los equipos, adherencia, firmeza y determinado valor de dureza.

1.9.1. Proceso de inyección de espuma

Existen procesos previos en los que cada equipo de refrigeración se prepara para inyectarle la determinada cantidad de mezcla. Estos procesos involucran trabajo y esfuerzo humano. Los equipos llegan al área de espuma parcialmente ensamblados.

La reacción química de la espuma ejerce una presión aproximada de $4^{lb}/plg^2$ sobre todas las superficies de contacto de cada equipo, es decir, sobre las paredes laterales, trasera, la base y top. Esta presión se puede traducir a un determinado valor de fuerza aplicada sobre cada superficie, dicho valor dependerá del área de contacto en la estructura metálica del equipo. En este caso, el área siempre será el ancho multiplicado por el largo de cada pared. La presión ejercida hacia la estructura metálica de los equipos se debe de retener y lograr el equilibrio para evitar deflexiones y deformaciones.

La presión ejercida por la espuma se retiene a través de la máquina MAWI. Esta máquina encapsula a los equipos de refrigeración y está en contacto directo con las mismas áreas externas en las que la espuma lo está. Al mismo tiempo, la máquina tiene aberturas en los lugares más óptimos para que el cabezal dispensador de espuma pueda ser introducido con la ayuda de un operario e inyectar mezcla entre las paredes de los equipos de refrigeración. Pueden ingresar entre 1 a 5 equipos de refrigeración a la máquina MAWI. El número depende específicamente del volumen ocupado por cada equipo, lo cual varía según el modelo que esté fabricándose.

La presión de la espuma se genera hacia todas las direcciones posibles, por lo que los espacios que cada refrigerador tiene entre sus diferentes lados también deben de ser cubiertos, para evitar deflexiones hacia el interior del

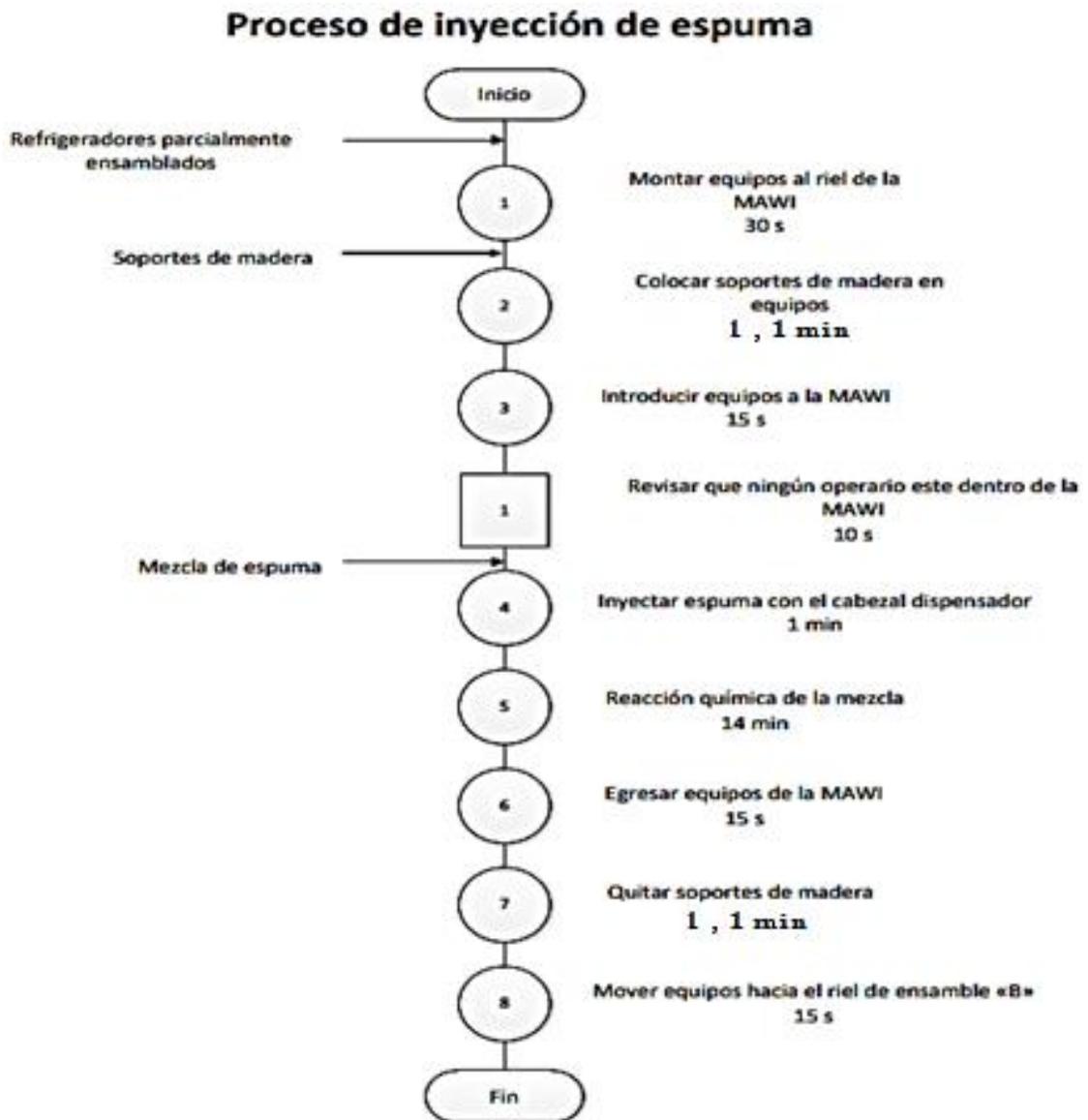
equipo. Se cubren los espacios con soportes de madera fabricados para cada modelo en específico. Estos soportes se colocan en el interior de cada equipo y en el espacio en donde posteriormente se ensamblará la unidad de refrigeración con sus componentes. Estos soportes de madera son colocados y quitados con la ayuda de operarios al momento que los equipos ingresan y egresan de la máquina MAWI, respectivamente.

En este proceso de inyección de espuma el equipo está completamente inmóvil junto con la máquina MAWI. Los soportes de madera que realizan su respectivo trabajo para entregar equipos sólidos y firmes, listos para continuar su camino en la línea de producción.

1.9.2. Diagrama actual de flujo del proceso

El proceso llevado a cabo en el área de espuma de las líneas 1 y 2 de producción se realiza en un tiempo de 18,37 minutos. Ver figura 3.

Figura 3. Proceso de inyección de espuma



Fuente: elaboración propia.

1.10. Manutención

La manutención es la técnica que estudia el desplazamiento de un material sin que sufra modificaciones en su estado físico. Su objetivo es definir el mejor modo de coger, mover y dejar cada material, según sus características. También se puede definir como el conjunto de operaciones de manipulación, movilización y aprovisionamiento de piezas, mercancías, entre otros, en un recinto industrial. Esto se hace posible mediante los medios técnicos, instrumentos, dispositivos de sujeción e izaje de cargas.

Las actividades de manutención son:

- Carga y descarga.
- Traslados en el área de trabajo.
- Preparación del producto.

El tipo de medio de manutención dependerá del área a recorrer, automatizando el proceso que se lleve a cabo con el producto a movilizar. Los medios de manutención se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Aparatos de transporte continuo:
 - Cinta.
 - Rodillos.
- Elevadores de cargas pesadas:
 - Puente grúa.
 - Grúas pórtico.
 - Straddle carrier.

- Transporte neumático:
 - Chuponadoras.
 - Cartucho.

El diseño del sistema transportador de equipos de refrigeración se encuentra en la clasificación de elevadores de cargas pesadas, Se estarían movilizand transversalmente y elevando un mínimo de 250 lb en un ciclo de manutención. El sistema transportador se desplazará en los tres ejes posibles, para ello se necesitarán una gran variedad de accesorios y dispositivos de sujeción.

1.10.1. Ciclo de manutención del sistema transportador

El ciclo de manutención que realizará el sistema transportador para llevar los equipos de refrigeración del área de espuma hacia el área de ensamble B será el siguiente:

- Enganche de los equipos de refrigeración egresados de la máquina MAWI.
- Elevación de los equipos de refrigeración.
- Movimiento de las vigas testeras hacia la izquierda.
- Movimiento de los polipastos con la viga sujetadora hacia adelante.
- Descenso de los equipos de refrigeración en riel de ensamble B.
- Desenganche de los equipos de refrigeración.

Utilizando las facilidades que el sistema transportador proveerá para la movilización de los equipos. Se reducirán 49 segundos por ciclo de manutención. Esto se logrará adecuando las velocidades de cada movimiento, así como mejorando los procesos previos a la utilización del sistema

transportador (montaje y desmontaje de soportes de madera, ubicación de operarios, entre otros)

1.10.2. Estados desfavorables de carga

Los estados más desfavorables de carga para el sistema transportador serán aqueos en donde la viga principal y las testeras sufren mayores esfuerzos de tensión. Se realiza este análisis con el objetivo de considerarlos en el diseño para que las vigas y demás componentes soporten aún más de las mayores solicitaciones requeridas por el trabajo a realizar. Como resultado se pueden evitar accidentes en el área de trabajo y fallas durante la operación.

El estado isostático más desfavorable es aquel en donde todas las cargas sujetadas a la viga principal, la cual se moverá en el eje X. Se consideran como una carga uniformemente distribuida, la cual está localizada en medio de la viga principal y en ella se encuentran aplicadas las mayores solicitaciones del área y el propio peso de los componentes.

Las solicitaciones mayores para el sistema transportador se darán cuando los equipos de mayor peso sean elevados y trasladados hacia el área de ensamble B. Sin embargo, el análisis será isostático, ya que por ser una viga hiperestática habrá más incógnitas que ecuaciones.

Figura 4. **Ensamble B**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

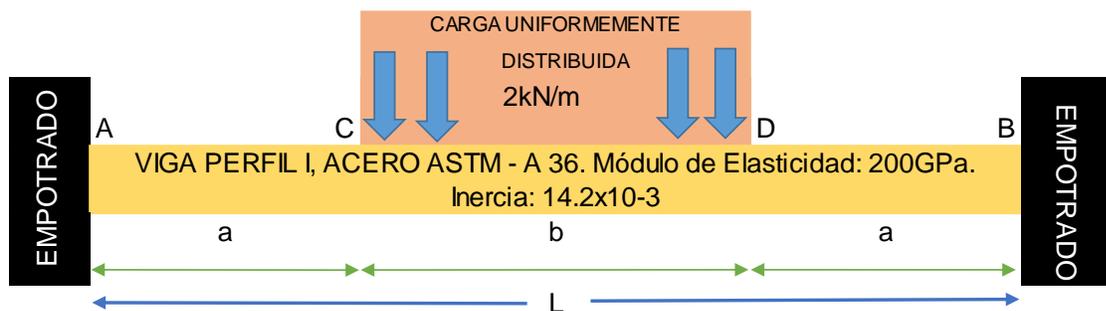
Cuando la carga uniformemente distribuida se encuentra en el centro de la viga principal. Ambos apoyos sufren mayores esfuerzos, aumentando la dificultad de transmitirlos hacia toda la estructura y posteriormente al suelo. Al estar la carga en contacto en cualquiera de los extremos de la viga, se facilita la transmisión hacia los apoyos, ya que la carga está en contacto directo con las uniones de la estructura.

Por medio de la aplicación BeamDesign se determinaron los valores de deflexión para los tramos establecidos a lo largo de la viga, ubicando la mayor deflexión a la mitad de la luz libre. De igual forma la aplicación muestra el

comportamiento gráfico de la viga respecto a la posición de la carga. Para el ejercicio realizado se tomaron los siguientes valores:

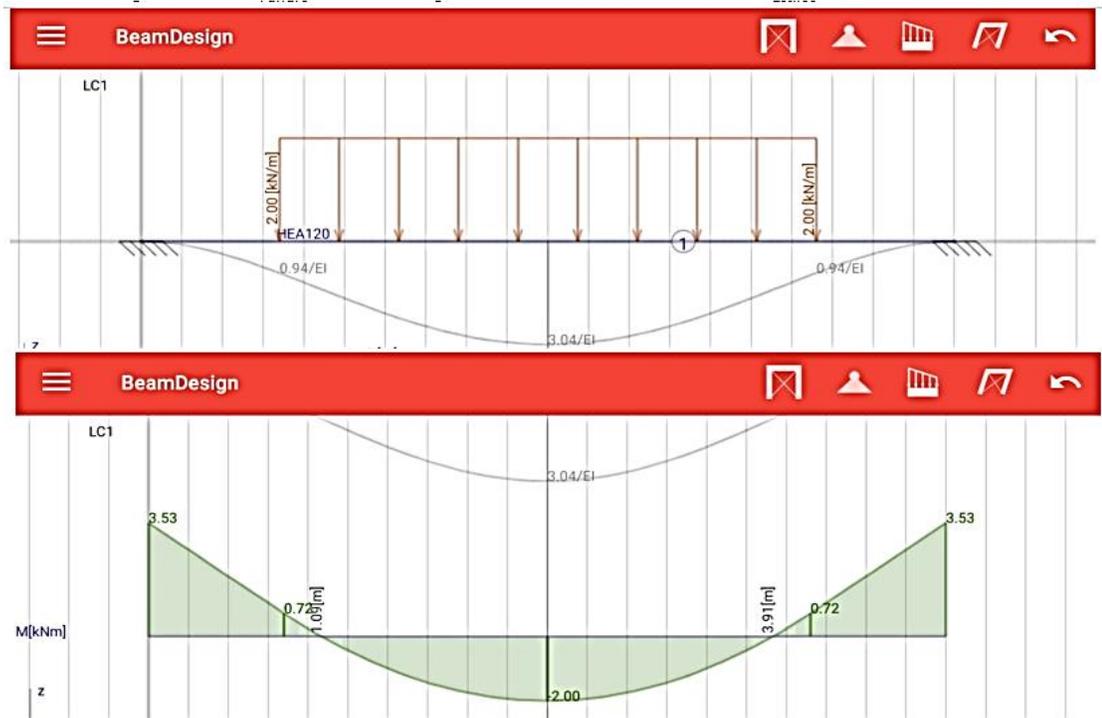
- Carga de servicio: $2 \frac{kN}{m}$
- Luz: $5 m$
- Longitud de carga: $3,3m$
- Módulo de elasticidad: $200 GPa$
- Inercia: $14,2 * 10^3 cm^4$
- Doblemente empotrado

Figura 5. **Viga doblemente empotrada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Ejercicio 1: diagramas de viga doblemente empotrada



Fuente: elaboración propia, empleando Software de ingeniería civil y mecánica *BeamDesign*.

Figura 7. Ejercicio 2, diagramas de viga doblemente empotrada



Fuente: elaboración propia, empleando Software de ingeniería civil y mecánica *BeamDesign*.

Tabla I. Valores de deflexión

Valores de deflexion	
Ubicación de carga	Deflexión en milímetros
Extremos	$92,6 \cdot 10^{-6}$
Medio	$107 \cdot 10^{-6}$

Fuente: elaboración propia empleando, Software *BeamDesign*

1.10.3. Equilibrio del cuerpo suspendido

Un cuerpo está en equilibrio cuando se encuentra en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme. Para este caso el cuerpo estará el equilibrio al permanecer técnicamente en reposo durante el movimiento en cualquier eje de referencia. Previo a realizar el análisis de equilibrio se desarrollan los siguientes conceptos:

- Centro de masa

Es el punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al objeto o sistema.

- Centro de gravedad

El centro de gravedad es el punto imaginario de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre las distintas porciones materiales de un cuerpo. El momento a cualquier punto de esta resultante aplicada en el centro de gravedad es el mismo que el producido por los pesos de todas las masas materiales que constituyen dicho cuerpo.

El centro de gravedad de un cuerpo no corresponde necesariamente a un punto material del cuerpo. Depende de la forma del cuerpo y de cómo está distribuida su masa.

- Punto de suspensión

Es un punto geométrico en donde se da el enganche o la sujeción del objeto que posteriormente estará suspendido. En ese punto surge una fuerza de tensión contraria a la gravedad.

Se busca que la carga suspendida, en este caso cada equipo de refrigeración, esté en equilibrio estable vitando así movimientos bruscos,

accidentes y daños físicos tanto para los equipos como para los operarios. Las tres formas de equilibrio que se pueden dar son:

- Equilibrio inestable

Surge cuando al separar la carga de su posición de equilibrio. Esta se pierde definitivamente y el punto de suspensión está por debajo del centro de gravedad.

- Equilibrio estable

Se da cuando al separar la carga de su posición de equilibrio, esta busca regresar a su posición inicial, y el punto de suspensión está por encima del centro de gravedad.

- Equilibrio indiferente

El cuerpo se comporta de tal manera que, al separarlo de su posición de equilibrio, este continúa en equilibrio. El punto de suspensión coincide con el centro de gravedad. Los factores que afectan el equilibrio son:

- Magnitud de la base de sustentación.
- Ubicación del centro de gravedad.
- Peso del cuerpo.

La sujeción de los refrigeradores se realizará por encima del centro de gravedad del mismo, independientemente, del modelo que se movilizará, logrando así un equilibrio estable. La forma de sujeción de cada equipo de refrigeración se desarrollará posteriormente en la fase técnico profesional.

1.10.4. Movimientos del sistema transportador

El objetivo principal del sistema transportador es movilizar los refrigeradores del área de espuma hacia el ensamble B. Por lo tanto, dicho sistema deberá realizar cualquier movimiento en los tres ejes generales (X, Y, Z). Debe moverse en el eje Y para elevar los equipos. En el X para colocarlos en el riel de la siguiente área de producción y Z para llevarlos lo más cerca permisible del área de ensamble B, realizando así un ciclo de manutención. Los tres tipos de movimientos son:

- Movimiento vertical (eje Y)

Este movimiento será el más corto, ya que no se necesita elevar en gran medida cada equipo para su movilización. Esto se debe a que los equipos al salir de la MAWI se encuentran sobre el riel que está a 9' sobre el nivel del suelo.

- Movimiento horizontal (eje X)

Este movimiento será relativamente el más largo, ya que es mediante los equipos se trasladan al siguiente riel.

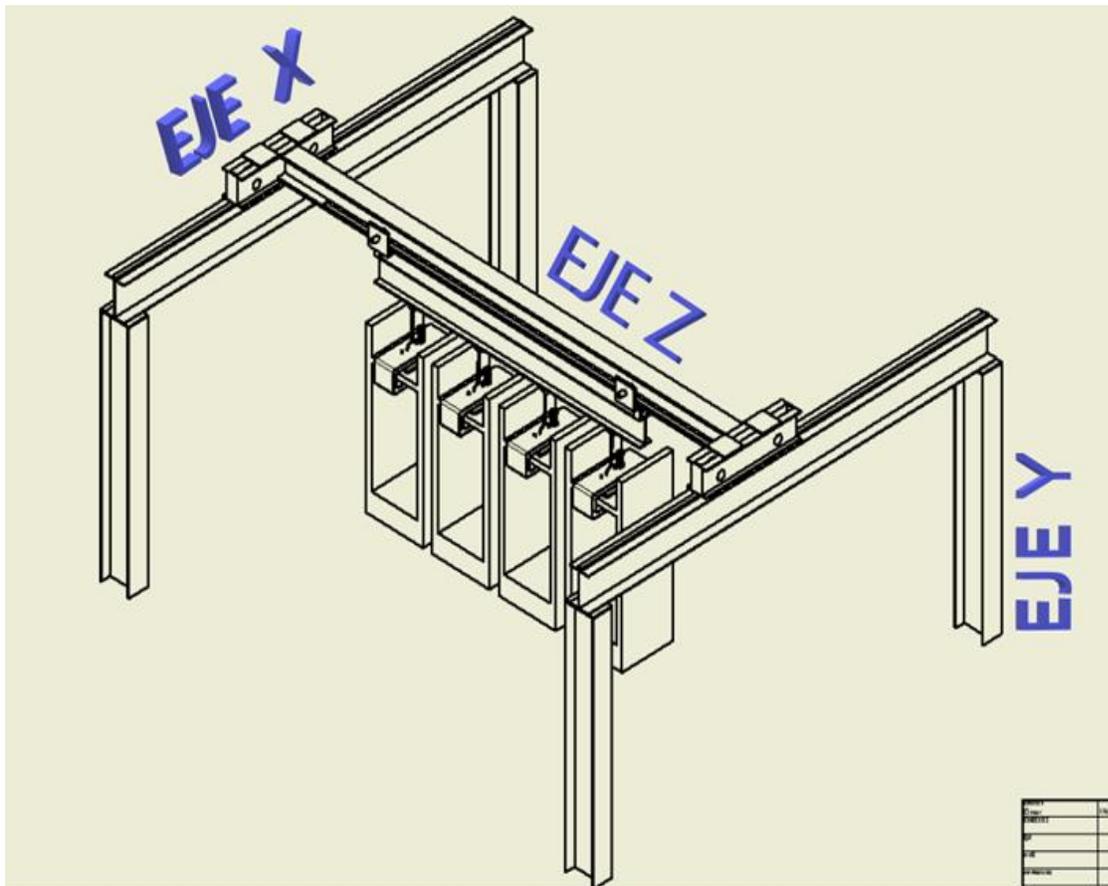
- Movimiento longitudinal (eje Z)

El movimiento longitudinal se realiza a través de toda la viga principal, acercado a los equipos a la siguiente área de producción. Tanto en este movimiento como en el horizontal los equipos se mantendrán suspendidos, pero en equilibrio estable.

1.10.4.1. Ejes de referencia

Los movimientos a realizar deben de ser ordenados según el ciclo de manutención que lo establezca, para así evitar accidentes por movimientos bruscos y optimizar el tiempo disponible para la movilización. Con la ayuda de ejes de referencia se comprenderá mejor la forma de movilizar los equipos de refrigeración, los ejes relativos del sistema se observan en la figura 8.

Figura 8. Ejes de sistema transportador



Fuente: elaboración propia, empleando software de diseño mecánico Autodesk Inventor Professional, 2018.

1.10.4.2. Ejecutores de movimientos

- **Movimiento vertical (eje Y)**

Este movimiento lo ejecutan dos polipastos que se encuentran añadidos a la viga principal sujetos cada equipo con la ayuda de cadenas. Los polipastos tienen una capacidad máxima de media tonelada cada uno, lo cual, por seguridad, sobrepasa las sollicitaciones máximas del trabajo a realizar.

- **Movimiento (eje X)**

El movimiento realizado hacia el lado derecho e izquierdo del sistema transportador es realizado por las vigas testeras. Estas son movidas por medio de motores anti explosión y cajas motorreductoras para controlar la velocidad, de tal forma que no realicen movimientos bruscos.

- **Movimiento (eje Z)**

Este movimiento se realiza a lo largo de la viga principal con la ayuda de dos ruedas añadidas al polipasto y un motorreductor, el cual hace girar dichas ruedas, provocando así un movimiento longitudinal.

1.10.5. Velocidades de movimientos

La velocidad para mover cargas suspendidas y demás especificaciones del conjunto carro – polipasto están reguladas por la norma DIN 15020 (ver figura 9), bajo las cuales los distintos fabricantes de los ejecutores de movimiento están certificados. Existe una variedad de velocidades que ofrecen los proveedores para cada uno de los tres movimientos. Con el fin de mejorar y optimizar el tiempo de traslado de los equipos se busca estandarizar el proceso, estableciendo tiempos óptimos en los cuales se logre realizar un ciclo completo de mantenimiento, con base en la distancia recorrida y la velocidad establecida.

Figura 9. Datos técnicos conjunto carro - polipasto

valid for 440 V - 480 V / 60 Hz			
Capacidad de carga	2000 kg	Ancho de ala de la viga	201 mm - 300 mm
Grupo F.E.M	2m / M5	Velocidad de elevación	1,5 / 6 m/min
Número de ramales	2	Velocidad de traslación	6 / 24 m/min
Recorrido de gancho	5000 mm		
motores			
	Motor de elevación	accionamiento	
Potencia	0,5 / 2 kW	0,07 / 0,3 kW	
Factor de marcha	50 %	50 %	
Conexiones hora	300 c/h	240 c/h	
Revoluciones nominales	780 / 3300 1/min	750 / 3390 1/min	
Corriente nominal	2,2 / 4,8 A	0,44 / 0,93 A	
Corriente de arranque	4,5 / 17,2 A	0,79 / 4,5 A	
cos phi _n	0,84 / 0,93	0,6 / 0,7	
cos phi _a	0,7 / 0,9	0,75 / 0,9	

Fuente: polipastos de cadena ABUS

La posible velocidad normada para el eje Y puede ser de $0,051 \text{ m/s}$.

La posible velocidad regulada y normada para el eje X y Z es de $0,02 \text{ m/s}$.

Las velocidades para el eje X y Z pueden variar ya que existe un rango de posibilidades que varían entre $[0,030 - 0,122] \text{ m/s}$. Se asignó una posible velocidad, tomando en cuenta la experiencia del proveedor elegido en cuanto a manutención de cargas suspendidas, el equilibrio de la carga movilizada, la distancia a recorrer y el menor tiempo posible. Sin embargo, la velocidad podrá ser realmente establecida hasta que el sistema transportador sea instalado en

el área. Durante la ejecución de cada movimiento los equipos no oscilen o pierdan incontrolablemente el equilibrio.

Para lograr una mejor movilización se tomarán en cuenta los factores que afectan el equilibrio según el inciso 2.3.3 debido a que los modelos varían en cuanto a geometría y peso. Algunos equipos se movilizarán más rápidos que otros, el equilibrio se deberá mantener durante todo en todo el ciclo de manutención.

1.10.6. Tiempo de movimiento

El proyecto busca beneficiar al operario del área de trabajo de tal forma que se incremente la seguridad industrial, ergonomía de cada tarea y salud. Para hacer posibles dichos objetivos es necesario obtener un beneficio económico y así comprobar la rentabilidad del proyecto; dicho beneficio es el tiempo.

El tiempo del proceso es una variable que actualmente cambia durante el transcurso del día. La productividad de cada operario al realizar cada tarea disminuye por la fatiga del trabajo pesado. El tiempo establecido para realizar los subprocesos previos a la inyección de espuma se incrementa. La productividad y la capacidad instalada del área de espuma disminuye. Se pretende estandarizar parte del proceso y mantener las metas establecidas durante las 8,33 horas de trabajo efectivo.

El tiempo de movilización se divide en tres tiempos, es decir, en la movilización de los equipos en cada eje de referencia. Disminuyendo el tiempo total de movilización se tendrá una mayor cantidad de equipos movilizados durante las horas de trabajo efectivo, lo cual incrementa la capacidad instalada

de cada línea de producción. Siendo el área a analizar un punto crítico en la elaboración de equipos de refrigeración.

Los tiempos propuestos para cada eje son:

Tabla II. **Tiempos propuestos para ejes**

Eje	Tiempo (s)
X	13
Y	6
Z	12

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos mostrados en la tabla II son variables. Estos tiempos dependen de la velocidad del ejecutor y la distancia recorrida por el mismo.

1.10.6.1. Cálculos

Para encontrar el valor del tiempo propuesto fue necesario realizar mediciones en el área y asignarles un eje de referencia, junto con los datos de velocidades proveídos por el posible fabricante. Se tomó en cuenta que es una velocidad constante realizada por cada ejecutor de movimiento durante cada ciclo de mantenimiento. Se utilizó la ecuación para movimiento rectilíneo uniforme.

Ecuación:

$$t = \frac{d}{v}$$

Donde:

t : Tiempo

d : Distancia

v : Velocidad

Cálculo del tiempo en el eje X:

$$t = \frac{1,321 \text{ m}}{0,102 \text{ m/s}} = 13 \text{ s}$$

Cálculo del tiempo en el eje Y:

$$t = \frac{0,305 \text{ m}}{0,051 \text{ m/s}} = 6 \text{ s}$$

Cálculo del tiempo en el eje Z:

$$t = \frac{1,22 \text{ m}}{0,102 \text{ m/s}} = 12 \text{ s}$$

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Situación actual

Se identificó un proceso inadecuado durante la movilización de equipos de refrigeración del área de espuma hacia ensamble B. Dicho procedimiento incide en tres factores importantes.

- **Salud del operario:**

El estrés térmico, fatiga y la forma de cargar los equipos al ser trasladados afecta, a largo plazo, la salud de los operarios del área. El calor generado por la reacción de la espuma se traslada a las paredes de cada equipo y, posteriormente, al cuerpo del operario. La fatiga se produce por el peso que carga el operario, movilizándolo aproximadamente 27 equipos diarios.

- **Productividad:**

La productividad de cada operario disminuye conforme transcurren las horas diarias de trabajo. Los procesos previos y posteriores a la inyección de espuma son más tardados debido al cansancio acumulado del día.

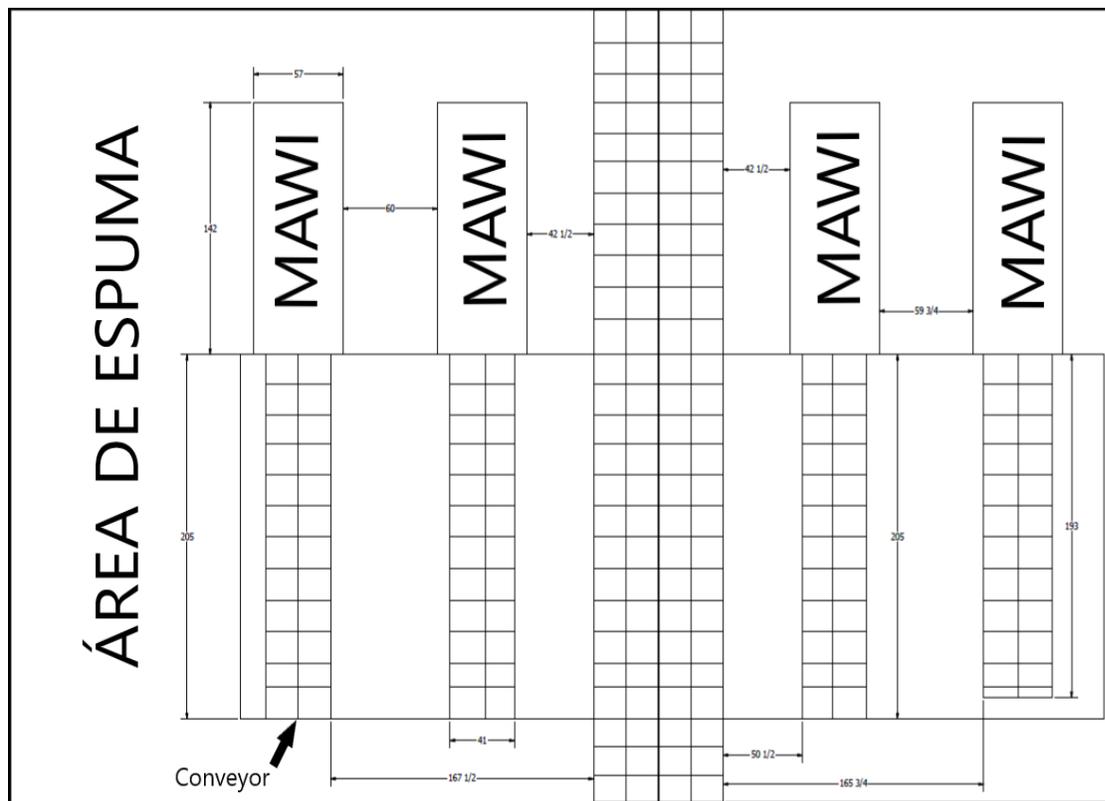
- **Daños físicos:**

La movilización inadecuada en el área de trabajo provoca golpes en las paredes externas de los equipos. Esto se debe a que los operarios no pueden visualizar el área cuando están siendo cargados y trasladados.

2.1.1. Layout del área de espuma

El diseño geométrico del área de espuma para las líneas de producción en la planta Fogel de Centroamérica se describe en la figura 10. Se abarcan las máquinas MAWI y los rieles transportadores con sus respectivas medidas.

Figura 10. Layout área de espuma



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor.

2.1.2. Movilización de equipos de refrigeración

La manipulación manual de cargas es fundamental para reducir los problemas ergonómicos en una empresa. La manipulación manual de cargas puede causar trastornos acumulativos, consecuencia del progresivo deterioro del sistema músculo esquelético.

El esfuerzo humano, tanto de forma directa (levantamiento y colocación), como de manera indirecta (desplazamiento, empuje o tracción) es la clave de la manipulación manual de cargas. Para entender la importancia del esfuerzo es muy importante apuntar que, por ejemplo, transportar o mantener la carga alzada sí se considera manipulación manual de cargas. La aplicación de fuerzas como el movimiento de una manivela o una palanca de mandos no es considerado manipulación manual de cargas. Teniendo en cuenta estos aspectos, a la hora de manipular manualmente una carga es muy importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El peso de la carga a manipular

En condiciones ideales y perfectas para la manipulación, es decir, con una postura ideal para el manejo, una sujeción firme del objeto con una posición neutral de la muñeca, levantamientos suaves y espaciados. Incluso, condiciones ambientales favorables, el peso de la carga no debería exceder las 55 lb.

- La posición de la carga con respecto al cuerpo

Además del peso, un factor fundamental que aumenta los riesgos ergonómicos por manipulación manual de cargas es el alejamiento de la propia

carga respecto al centro de gravedad del cuerpo. En la posición de la carga con respecto al cuerpo influyen dos aspectos: la distancia horizontal (X) y la distancia vertical (Y).

Los diferentes modelos de equipos de refrigeración llegan al área de espuma. Se les realiza la inyección de espuma como se explicó anteriormente. Deben ser obligatoriamente trasladados a la siguiente área de producción para continuar el ensamble de los mismos.

Los equipos de refrigeración tienen alturas hasta de 80 pulgadas y peso hasta de 260 lb. La movilización se complica, ya que esta es de forma manual y sin la ayuda de alguna herramienta o facilitador para realizar dicho trabajo.

La movilización no es eficiente, incide en el operario, el producto y el proceso. El peso excede a lo que debería ser cargado por una persona. Las distancias a recorrer son:

Estos tres movimientos deben realizarse en un tiempo máximo de 102 segundos. El área no se encuentra libre de obstáculos, por lo que el riesgo de accidentes es constante durante el día laboral. El recorrido total del ciclo se muestra en la tabla III con sus respectivos ejes.

Tabla III. **Distancia de ejes**

Eje	Distancia (m)
x	1,22
y	0,75
z	4,5

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Inseguridad ocupacional

La inseguridad ocupacional representa todas las acciones contrarias a la búsqueda del bienestar máximo posible en el trabajo, tanto en la realización del trabajo como en las consecuencias de este. En todos los planos: físico, mental y social.

Se identifican los siguientes factores de riesgo en la realización del trabajo, tareas previas a la inyección de espuma y movilización de los equipos.

Tabla IV. **Riesgos en el movimiento**

Factor de riesgo	Comentario
A. Riesgo del ambiente	Condiciones físicas del trabajo, que pueden ocasionar accidentes y enfermedades. Por ejemplo, ruido, vibraciones, condiciones de temperatura.
B. Carga de trabajo	Exigencias de las tareas sobre los individuos; esfuerzo físico, posturas de trabajo, manipulación de carga, exigencias de concentración.
C. Organización del trabajo	Organización del trabajo: forma en que se organizan las tareas y se distribuyen tiempo de trabajo, funciones y ritmo

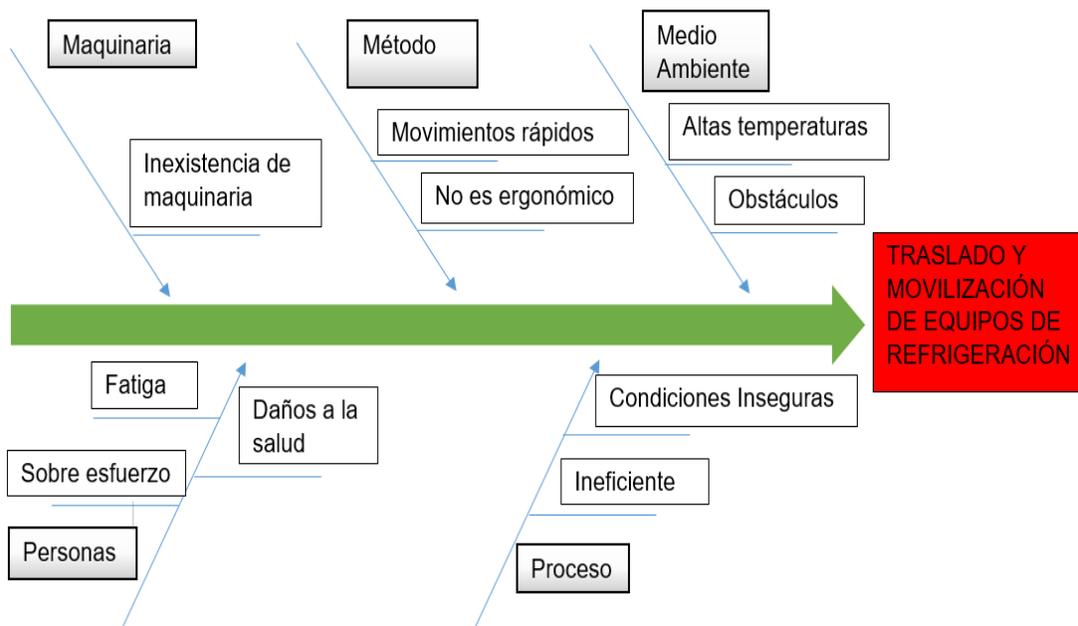
Fuente: elaboración propia.

La tabla IV muestra los riesgos en forma separada. En el lugar de trabajo se interrelacionan estrechamente entre sí. La finalidad de identificar los factores de riesgo es reducirlos parcialmente o eliminarlos, así reducir la inseguridad ocupacional del trabajo realizado.

2.1.4. Diagrama Ishikawa

Este tipo de diagrama grafica todos los componentes que inciden en la movilización de equipos de refrigeración entre dos líneas de producción. Los cuales generan un problema en común.

Figura 11. Diagrama causa – efecto



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Proceso actual de movilización

En este punto la movilización será enfocada hacia la ergonomía, identificando las tareas que carecen de tal condición.

La ergonomía busca la buena adaptación del diseño de las tareas y lugares de trabajo, de tal forma que estos faciliten el trabajo y se realice con comodidad. El proceso actual de movilización carece de ergonomía en tres áreas como se observa en la tabla V:

Tabla V. **Ergonomía de la movilización**

ERGONOMÍA		
Riesgo	Significado	Causa
Choques y golpes contra objetos inmóviles.	Considerar al trabajador como una parte dinámica del proceso	Dificultad para observar al momento de mover los equipos, posturas inadecuadas.
Posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.	Levantamientos repetitivos de cargas.	Levantamiento repetitivo de equipos de refrigeración. Livianos y pesados.
Contactos térmicos.	Contacto directo con superficies calientes.	La reacción química del material aislante dentro del equipo parcialmente ensamblado transmite calor hacia la superficie externa del mismo.

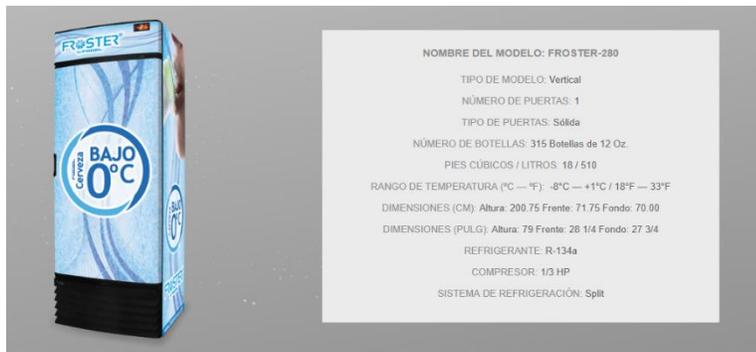
Fuente: elaboración propia.

2.2. Descripción de los equipos de refrigeración

En este inciso las figuras describirán los equipos de refrigeración más recurrentes en las líneas de producción 1 y 2 de la planta Fogel, posteriormente

el equipo más pesado y liviano. Quienes fueron los que definieron el rango de la capacidad máxima y mínima del sistema transportador y sus componentes.

Figura 12. **Froster – 280**



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Froster para cervezas*. www.fogel-group.com/category/froster-para-cervezas/. Consultado: agosto, 2019.

Figura 13. **X – 28**



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Froster para cervezas*. [/www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/x-28/](http://www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/x-28/) /. Consultado: agosto 2019.

Figura 14. **CR – 65**



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Froster para cervezas*. www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/cr-65-2u/. Consultado: agosto 2019.

Figura 15. **CR – 23**



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Froster para cervezas*. www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/cr-23-c/. Consultado: agosto 2019.

Figura 16. VR - 17



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Froster para cervezas*. www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/vr-17-c/. Consultado: agosto 2019.

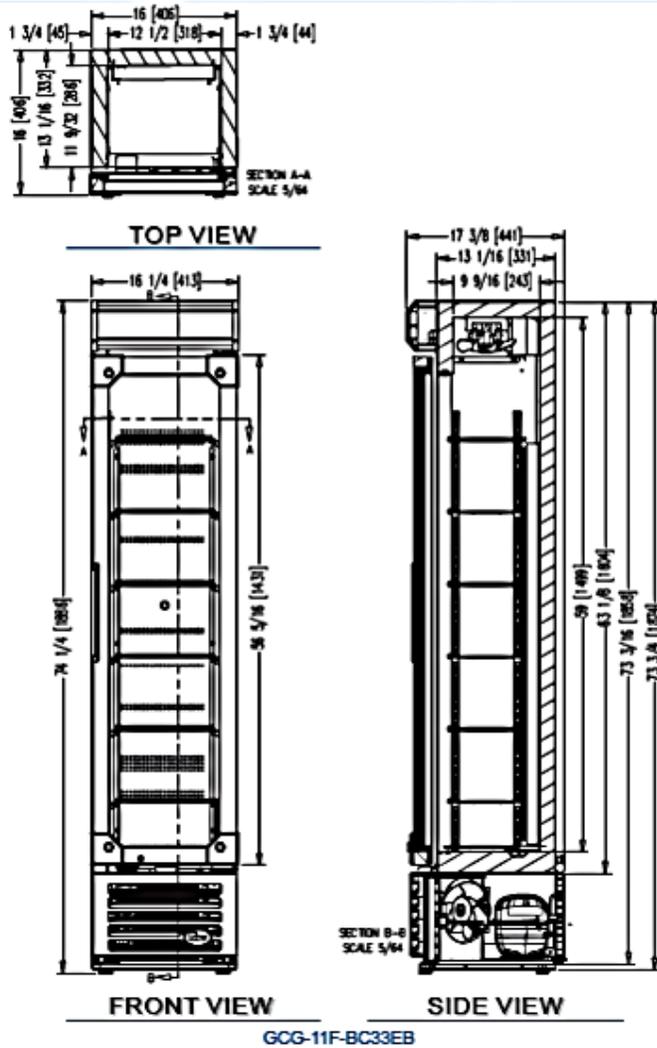
2.2.1. Equipo más pequeño y liviano

Se determinó que el modelo VR – 11 es el equipo que tiene menor peso y el que geoméricamente es más pequeño para la movilización por medio del sistema transportador. Ingresan 5 equipos a la máquina MAWI, los cuales representan las menores solicitudes.

2.2.1.1. Geometría

La geometría del equipo más pequeño y liviano se describe en la figura 17.

Figura 17. VR – 11



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A. Departamento de Ingeniería.

2.2.1.2. Peso

El peso combinado aproximado de este modelo es de 385 lb.

2.2.2. Equipo más grande y pesado

Se determinó el modelo CR – 49 – C como equipo más grande y pesado debido a que ingresan dos equipos a la máquina MAWI. El sistema transportador deberá movilizar ambos a la vez. Sin embargo, individualmente existe otro equipo más pesado y de mayor tamaño, CR – 90, pero solamente ingresa uno a la máquina MAWI. El sistema transportador estaría con menores solicitaciones de trabajo.

2.2.2.1. Geometría

La geometría de los equipos fogel, se utilizó para determinar la mejor forma de sujeción y así poder realizar los cálculos correspondientes para poder transportarlas.

Figura 18. **CR – 49 – C**



Fuente: Fogel de Centroamérica, S.A. *Congeladores de puerta de vidrio* www.fogel-group.com/catalogo-de-producto/cr-49-c/. Consultado: agosto 2019

2.2.2.2. Peso

El peso combinado de los equipos para el sistema transportador es de 520 lb.

2.3. Propuesta

Diseñar un sistema transportador que sea capaz de movilizar, como máximo, cuatro equipos de refrigeración a la vez. Ayudará a reducir el tiempo en que un equipo es trasladado hacia ensamble B, reducirá la carga de trabajo diaria de cada operario, por lo que el rendimiento de ellos se mantendrá constante. Como resultado, al final del día, se habrán movilizado mayor cantidad de equipos hacia ensamble B.

Se busca identificar los componentes principales del sistema. Diseñar la geometría, analizar el movimiento e izaje de cargas pesadas con base en el proceso realizado y distancia en el área de interés. Así mismo, reducir el tiempo de movilización y asegurar que el sistema transportador pueda trasladar cualquier modelo de equipo de refrigeración.

Este diseño representa una gran inversión, sin embargo, los beneficios que traerá serán de mucha ayuda para las líneas de producción 1 y 2, conjuntamente con ello los operarios y el producto. En este caso, los diferentes modelos de equipos de refrigeración comercial. El diseño propuesto en este informe se utilizará para ambas líneas de producción, 1 y 2.

2.3.1. Proceso propuesto de movilización

El proceso propuesto involucra a los trabajadores de tal forma que solamente enganchen y desenganchen los equipos desde el punto de partida hasta la ubicación final, respectivamente.

El proceso como tal se describe el ciclo de mantenimiento del sistema transportador durante el cual se erradican las causas identificadas.

2.3.2. Beneficios

Como se mencionaba anteriormente, el proyecto brinda beneficios hacia la planta, entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

- **Productividad**
Aumento en equipos trasladados a ensamble B y reducción de tiempo de movilización.
- **Seguridad ocupacional**
Eliminación del estrés térmico y fatiga para los operarios.
- **Facilidad de movimiento**
Movimientos automatizados mediante neumática y electricidad.
- **Rendimiento constante de los operarios**
Disminución en el esfuerzo diario para la realización del trabajo.
- **Manutención adecuada**
Movimientos seguros, ordenados y estandarizados

- Ahorro monetario
Ahorro en tiempo de movilización produce ahorro en costo de operarios por hora.

2.3.2.1. Productividad

La productividad es una medida que relaciona los resultados que entrega una actividad específica y los recursos que se emplearon para su ejecución. Podría representarse mediante la siguiente relación: entradas y salidas. Definiendo entradas como: mano de obra, maquinaria, energía y capacidad técnica; las salidas son: productos o servicios.

Se busca obtener mejores salidas e incrementar la proporción de salidas respecto a las entradas. Con el diseño propuesto de un sistema transportador que movilice equipos de refrigeración se incrementará la capacidad instalada del área de espuma. Esta les entregará más equipos a las líneas respectivas de producción. Se reduce la fatiga por mano de obra en los operarios. La maquinaria instalada realizará el trabajo con mayor esfuerzo, se realizarán movimientos ordenados y estandarizados.

Se incrementará la productividad en el área de espuma por medio de la nueva propuesta debido a que esta afectará los siguientes factores:

- Tecnología

La maquinaria que se instalará será un nuevo conjunto de recursos técnicos que brindarán al área más capacidad de producir equipos espumados. Se innovará con el nuevo procedimiento a realizar.

- Recursos humanos

Los operarios del área serán los más beneficiados debido a que la carga de trabajo diaria será reducida, eliminando el proceso más riesgoso y difícil. Con ello el recurso humano incrementará el rendimiento entregado al proceso.

- Condiciones de trabajo

Las características que influyen en los riesgos para la salud y seguridad del trabajador disminuirán considerablemente. El operario no estará en contacto directo ni cargará el peso de los equipos. El calor generado por la reacción de la espuma solamente se trasladará al ambiente.

- Calidad

Todos los equipos diseñados y fabricados en la planta Fogel son espumados. Para ello se realiza el proceso desarrollado en el inciso 2.2.1, durante este proceso (actual) se han provocado daños físicos por golpes durante la movilización de los equipos. Esto se eliminará con la ayuda del sistema transportador. Los movimientos serán estandarizados.

2.3.2.2. Seguridad ocupacional

La seguridad y salud ocupacional tiene por objeto la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

Anteriormente se identificaron los factores de riesgo que inciden en el proceso de inyección de espuma. Se pretenden eliminar los tres factores con el diseño como se observa en la tabla VI.

Tabla VI. **Soluciones a factores de riesgo**

Factor	Solución por medio del sistema transportador
A. Riesgo del ambiente	Inexistencia del contacto directo con el equipo a temperaturas altas [40 - 70] ° C
B. Carga de trabajo	Reducción de la carga de trabajo, eliminación de posiciones inseguras para levantamiento y movilización de cargas pesadas o livianas
C. Organización del trabajo	el ritmo de trabajo no será el mismo, los tiempos del sistema estarán estandarizados

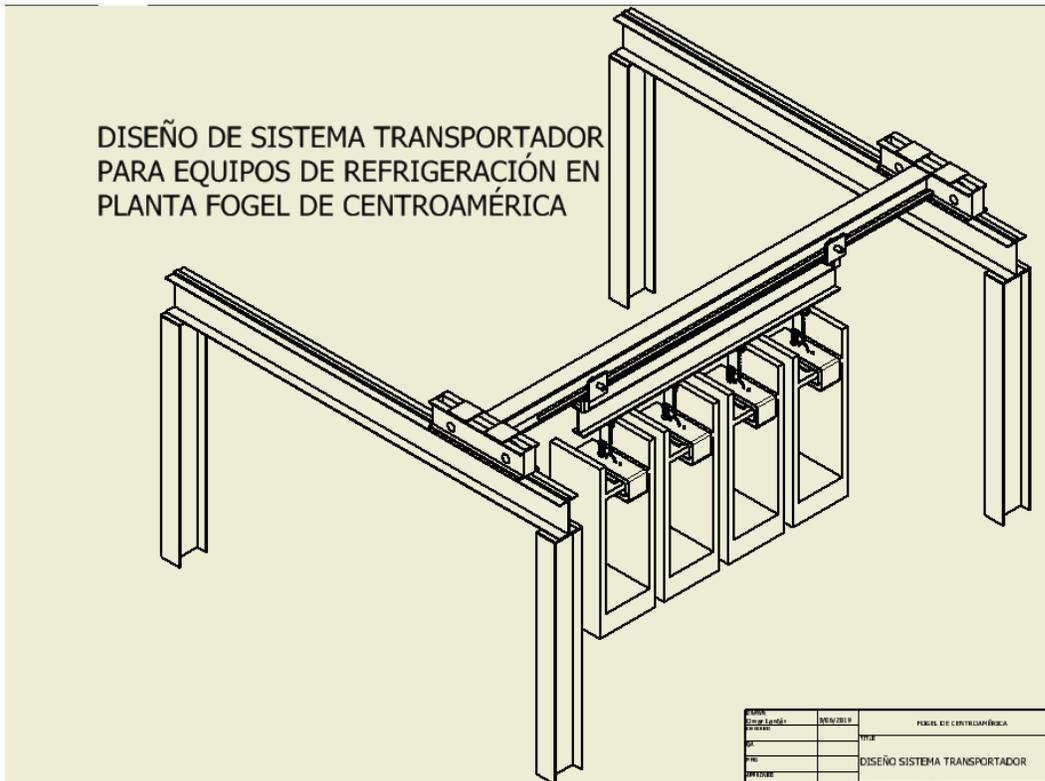
Fuente: elaboración propia.

La tabla VI relaciona el diseño propuesto de un sistema transportador de equipos de refrigeración con la incrementación de la seguridad ocupacional del proceso de inyección de espuma por medio de la eliminación de tres principales factores de riesgo en el área de trabajo.

2.4. Descripción de sistema transportador

La descripción gráfica del sistema transportador junto con cuatro equipos de refrigeración suspendidos de la viga principal se muestra en la figura 19, junto con sus componentes principales.

Figura 19. Sistema transportador



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor Professional 2018.

2.4.1. Componentes

En los siguientes incisos se describirán brevemente los componentes principales que forman el sistema transportador. De igual forma, se determinará la función que ejecuta cada uno de ellos.

2.4.1.1. Viga principal

La viga o vigas horizontales principales de la grúa que sujetan el carro y polipasto, que están sujetas por las carretillas del extremo. Son perpendiculares a la rodadura.

Su misión es servir de plataforma para el movimiento de los polipastos, así como soportar los esfuerzos que recibe de él, trasladados previamente de la carga útil.

Para soportar el peso de los elementos necesarios para la elevación y traslación de cuatro equipos de refrigeración con un peso en conjunto máximo de 284 kg. Se sugiere utilizar una viga perfil I, S310*52 con las siguientes dimensiones como se observa en la tabla VII:

Tabla VII. Perfil viga principal

Perfil I S310*52	
Masa	52,2 kg/m
Área transversal	6 650 mm ²
Altura	305 mm
Ancho	129 mm
Espesor de ala	13,8 mm
Espesor de alma	10,9 mm

Fuente: PYTEL, Andrew, SINGER, Ferdinand. *Resistencia de Materiales*. p.542.

2.4.1.2. Vigas testeras

Las vigas testeras, o simplemente testeros, son las vigas laterales sobre las que descansa la viga principal. Deslizan sobre una superficie o ruedan sobre un carril. Su función es la de derivar los esfuerzos provenientes de la viga principal a los apoyos. Dentro de ellas se alojan las ruedas que sirve de apoyo a la estructura.

Las vigas testeras son a las que los motores y la caja de engranajes del puente se encuentran sujetos para realizar el movimiento de traslación.

2.4.1.3. Polipasto

Un polipasto es una máquina ligera diseñada para elevación de cargas. Los polipastos van dotados de un motor eléctrico que se acciona por medio de la corriente eléctrica.

Este elemento tiene la función de hacer elevar o descender la carga principal. Es capaz de moverla a través de la viga o riel principal junto con el carro. Dispone de una botonera con un interruptor que al pulsarlo pone en funcionamiento la máquina pudiendo subir o bajar la carga. Por medio de su cable o cadena de elevación se pueden elevar las cargas hasta la altura para la cual haya sido considerado.

El polipasto eléctrico de cadena está formado por un motor eléctrico. La cadena a la cual le aplicamos la fuerza, acoplada a un engranaje dentado, acoplado, a su vez, al otro engranaje que hace girar la cadena encargada de levantar el peso.

Cuando el motor mueve la cadena hace girar el engranaje que, a su vez, hace girar el otro, haciendo levantar la cadena con el peso, aplicando una fuerza 30 veces mayor que la que el motor le aplicó a la cadena. Gracias a la relación entre los engranajes la fuerza ha aumentado hasta 30 veces la aplicada La descripción gráfica se muestra en la figura 20.

Figura 20. **Polipasto marca ABUS**



Fuente: ABUS Gruas, S.L.U. *Polipastos Eléctricos de Cadena.*

www.abusgruas.es/polipastos/polipastos-electricos-de-cadena. Consultado: agosto 2019.

2.4.1.4. Sujetadores para levante

Los sujetadores son elementos que estarán en contacto directo con cada equipo de refrigeración. Son accionados por un cilindro neumático para provocar un enganche en cada equipo y así sujetarlos sin dañar la superficie metálica. Estos sujetadores tienen medidas promedio para poder utilizarlos en todos los modelos que abarque el sistema transportador, evitando la deflexión al momento de elevarlos.

Se accionan por medio de un interruptor que libera la presión neumática y moviliza una plancha metálica recubierta de neopreno para evitar ralladuras a

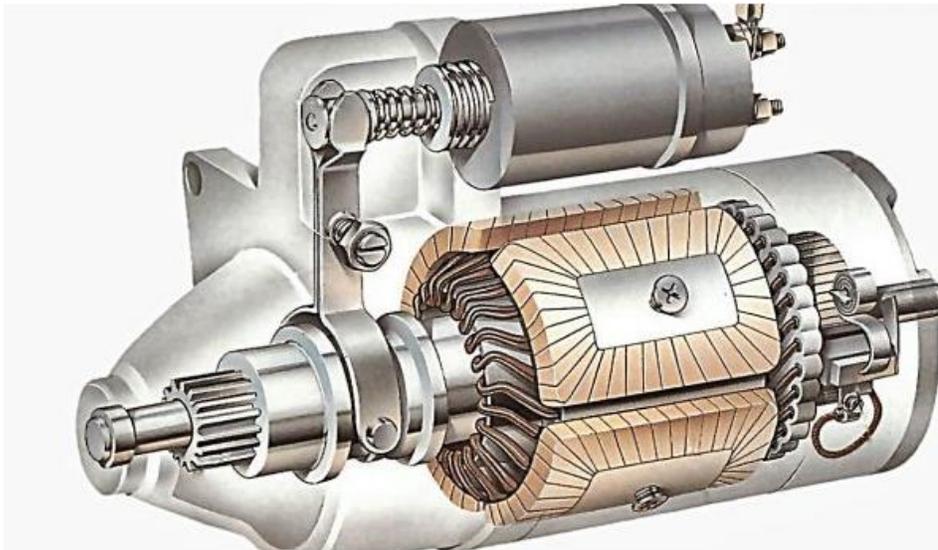
los equipos y aumentar la fricción. El equipo es sujetado específicamente por la plancha metálica y la baja del gancho sujetador.

2.4.1.5. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman energía eléctrica en mecánica mediante los campos magnéticos que se generan en las bobinas del motor. Están compuestos, básicamente, por un rotor y un estator. Para mayor entendimiento del interior de un motor eléctrico ver figura 21.

El objetivo es generar fuerza dentro del motor para, luego, ser entregada como movimiento rotatorio. Esto se da gracias a la interacción de corrientes sinusoidales y un campo magnético.

Figura 21. **Interior de motor eléctrico**

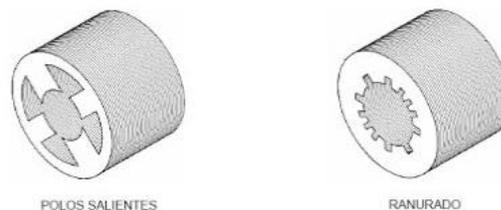


Fuente: Okdiario. *Cómo funciona el motor eléctrico*. www.okdiario.com/curiosidades/motor-electrico-como-funciona-491386. Consultado: agosto 2019

El principio de funcionamiento establece que, si una corriente eléctrica circula a través de un conductor, este se desplazará perpendicularmente en las líneas de acción del campo. La electricidad crea campos magnéticos opuestos entre sí, lo cual provoca movimiento giratorio.

El estator es el elemento que opera como base permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. El estator no se mueve mecánicamente, pero sí magnéticamente. Integra la parte fija del motor.

Figura 22. **Tipos de estatores**



Fuente: EET N° 279 "Tte. Benjamín Matienzo". Motores Eléctricos.
<https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator>. Consultado: agosto 2019.

El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete. Comprende la parte móvil del motor.

Figura 23. Tipos de rotores



Fuente: EET N° 279 "Tte. Benjamín Matienzo". Motores Eléctricos.

<https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator>. Consultado: agosto 2019.

2.4.1.6. Cajas reductoras de velocidad

Las cajas reductoras de velocidad o motorreductores forman una serie de engranajes conectados usualmente a un motor para hacer que este funcione a determinada velocidad.

Los engranajes ayudan a que la velocidad de entrada que proviene del motor sea transformada a una menor velocidad de salida, la cual puede ser entregada para el movimiento final requerido.

Figura 24. **Motorreductor unido a motor**



Fuente: Energía Controlada de México S.A. de C.V. ¿Qué es un Motorreductor?
www.energiacontrolada.com/faq/Que-es-un-motorreductor. Consultado: agosto 2019.

Las ventajas de utilizar una caja reductora de velocidad son las siguientes:

- La potencia se mantiene constante y es independiente de la carga. Los engranajes pueden permitir que, una vez reducida la velocidad, pueda volver a aumentar hasta llegar a su velocidad anterior.
- La reducción de velocidad se produce sin brusquedad, lo que permite que se regularice la marcha en cuanto a velocidad y potencia transmitida.
- En la transmisión de movimiento se produce una mayor seguridad. Es poco probable que debido al esfuerzo se rompa un engranaje, mientras que si se tratara de un sistema de freno este podría romperse.

- Las grandes relaciones de transmisión requieren de dimensiones reducidas. Por ejemplo, un tren a máxima velocidad requeriría de un sistema de freno enorme, mientras que una relativamente pequeña caja reductora cumpliría cabalmente su función.
- Se requiere menos espacio debido a que es más pequeña una caja reductora que los otros sistemas de reducción de velocidad.

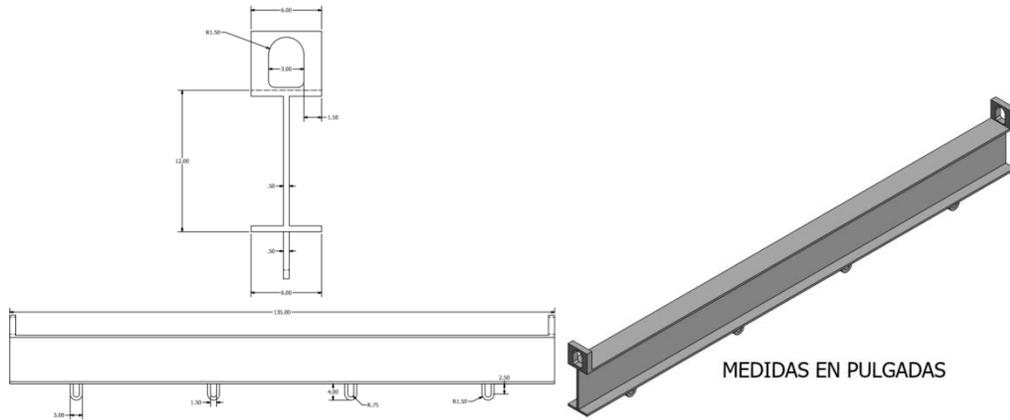
2.4.1.7. Viga debajo del gancho

El nombre indica el lugar en donde dicha viga será utilizada, debajo del gancho del polipasto.

Esta viga permite movilizar cuatro equipos de refrigeración a la vez. Cuenta con cuatro puntos de sujeción para colocar cuatro sujetadores de levante y así reducir el tiempo de movilización. Las cadenas descienden de los puntos de sujeción hacia los sujetadores de levante, los cuales enganchan los refrigeradores. Las medidas de la viga están diseñadas para que esta se encuentre equilibrada no importando el modelo de equipo que esté fabricándose.

La viga tiene una longitud de 11,25 pies y cuenta con cuatro puntos de sujeción. Será sostenida por sus extremos. Comercialmente, también se le conoce como balancín.

Figura 25. **Viga debajo del gancho**



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor Professional, 2018.

2.4.1.8. **Estructura**

Se entiende por estructura, en ingeniería, como un conjunto estable de elementos unidos con la finalidad de soportar y resistir cargas internas y externas, transmitirlas a sus apoyos y finalmente llevarlas al suelo. Para lograr esto se necesita que la estructura tenga forma definida por medio de dimensiones. Los elementos estarán formados por materiales aptos para resistir así como las uniones entre ellos.

Algunos de los factores a considerar para el diseño de la estructura que llevará sostendrá el sistema transportador para equipos de refrigeración son:

- Durabilidad

Se entiende por durabilidad a la capacidad que tiene una estructura de mantener sus propiedades físicas y químicas durante el tiempo de vida útil.

- Economía

Factor fundamental para la implementación de cualquier estructura. Se deben de utilizar materiales adecuados y dimensiones justas para no incrementar el presupuesto. Una estructura sobredimensionada genera costos innecesarios.

- Resistencia

Se genera a través del uso de materiales con las propiedades químicas y físicas capaces de cubrir las solicitaciones requeridas, dimensiones calculadas correctamente y uniones seguras.

Habiendo considerado dichos factores, la estructura deberá de cumplir las siguientes condiciones:

- Rigidez: para que no se deforme al aplicar cargas sobre ella.
- Estabilidad: para que no vuelque o afecte los movimientos a realizar.
- Resistencia: para aplicarle las cargas a los elementos que la conforman, para que sean capaces de resistir y no deformarse o llegar a romperse.

2.4.1.8.1. Columnas

Son elementos de acero sólido. Su sección depende del diseño estructural. Son hechas en fábrica y soldadas a una placa de acero fijada a un pedestal de concreto.

Las columnas de acero son fabricadas previamente en un taller o en una fábrica especializada en estructuras de acero. Simultáneamente se pueden realizar obras en el terreno, como fundaciones u otras.

2.4.1.8.2. Vigas

Las vigas son elementos estructurales. Pueden ser de diferentes materiales. Diseñados para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes en una sola dirección. Una viga puede actuar como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas. La viga soporta cargas de compresión que son absorbidas por el material del cual está hecha. Las vigas también soportan esfuerzos cortantes hacia los extremos por tanto es conveniente reforzar los tercios de extremos de la viga.

Las vigas son las piezas extensas que, unidas a las columnas, soportan las estructuras y las cargas en las obras, permitiendo flexibilidad.

El acero tiene la característica de ser isotrópico (mismas propiedades físicas en todas las direcciones). Las vigas de acero son más resistentes que las de madera o de hormigón. Además, están preparadas para la compresión y la tracción y son más livianas.

2.4.2. Especificaciones técnicas

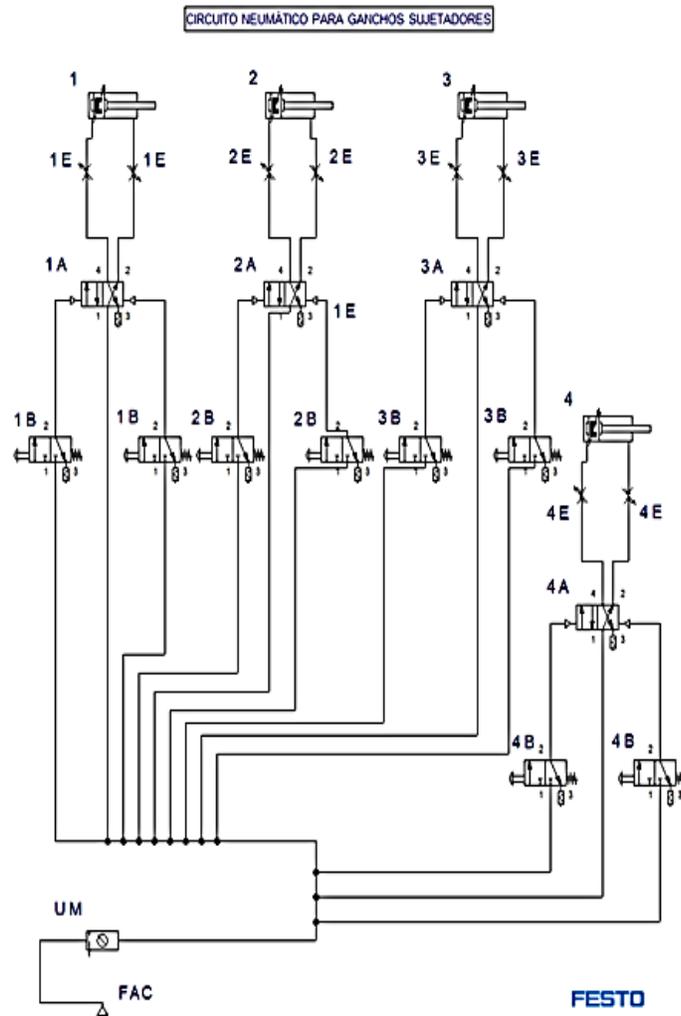
Las especificaciones técnicas del sistema transportador explican la ingeniería del diseño que conlleva para realizar las distintas tareas.

A continuación, se describen las consideraciones del diseño tales como: la forma en que se realizan los movimientos, mecanismo para la sujeción de los equipos de refrigeración, cargas a considerar, uniones de la estructura y características del material de construcción.

2.4.2.1. Diseño del sistema neumático o hidráulico

Las siguientes figuras representan el diseño neumático para hacer funcionar los cuatro ganchos sujetadores que se encuentran en la viga debajo del gancho y sus respectivos componentes.

Figura 26. Circuito neumático



Fuente: elaboración propia, empleando software Fluisim.

Figura 27. **Componentes del circuito neumático**

Marca	Denominación de componentes
1	Cilindro doble efecto
1B	Válvula de 3/n vías
1B	Válvula de 3/n vías
1A	Válvula de 4/n vías
1E	Válvula estranguladora
1E	Válvula estranguladora
2	Cilindro doble efecto
2B	Válvula de 3/n vías
2B	Válvula de 3/n vías
2A	Válvula de 4/n vías
2E	Válvula estranguladora
2E	Válvula estranguladora
3	Cilindro doble efecto
3B	Válvula de 3/n vías
3B	Válvula de 3/n vías
3A	Válvula de 4/n vías
3E	Válvula estranguladora
3E	Válvula estranguladora
4	Cilindro doble efecto
4B	Válvula de 3/n vías
4B	Válvula de 3/n vías
4A	Válvula de 4/n vías
4E	Válvula estranguladora
4E	Válvula estranguladora
FAC	Fuente de aire comprimido
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada

Fuente: elaboración propia, empleando software FluisSim.

El circuito anterior representa el funcionamiento neumático de los cuatro ganchos sujetadores del sistema transportador. Cada gancho funciona de forma independiente. Los trabajadores del área de espuma de cada línea de producción serán los encargados de accionar manualmente a los ganchos, De igual forma, se liberará la presión para el desenganche de los equipos.

Para accionar los cilindros se necesitan 5 válvulas. Siendo dos de ellas las que reciben el esfuerzo muscular de parte de los trabajadores (1B). La válvula 4/2 (1A) es la encargada de permitir el paso del aire en dos direcciones, la primera cuando se da el enganche o sujeción del equipo y la segunda cuando este se desengancha. La forma de accionamiento de esta válvula es de forma neumática. Es utilizada para el control de un cilindro de doble efecto. Se le conoce como cilindro de doble efecto porque el vástago en su interior puede desplazarse hacia dos posiciones finales, dependiendo del lugar en que reciba la presión.

Para que este vástago no choque, o no genere un movimiento brusco, se utilizan las válvulas estranguladoras de caudal (1E). Estas regulan la velocidad por lo que los equipos de refrigeración no recibirán un impacto fuerte cuando sean sujetados. Otra función de estas válvulas (1E) es el antirretorno, permite que el aire solamente circule en una dirección, asegurando aún más la forma de sujeción.

Los cuatro dispositivos son alimentados de la misma fuente de aire comprimido y funcionan de la misma manera.

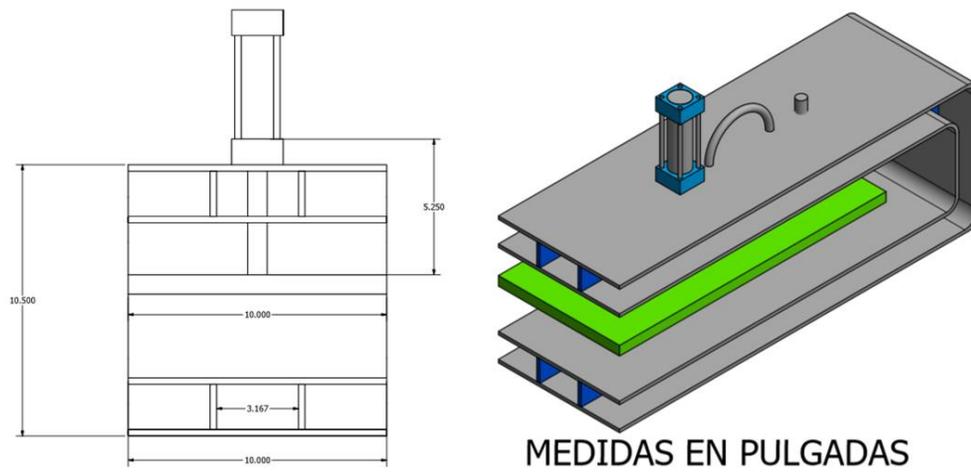
2.4.2.2. Gancho sujetador

El gancho sujetador está formado por dos planchas de metal angulares separadas por dos guías igualmente de metal. Le dan soporte y firmeza para no flexionarse al momento de ser accionados y sujetar el equipo de refrigeración.

Se acciona mediante un pistón neumático que transmite movimiento hacia una siguiente plancha de metal que ejerce presión sobre la superficie del equipo, sosteniéndolo en conjunto con la parte baja del gancho. Con

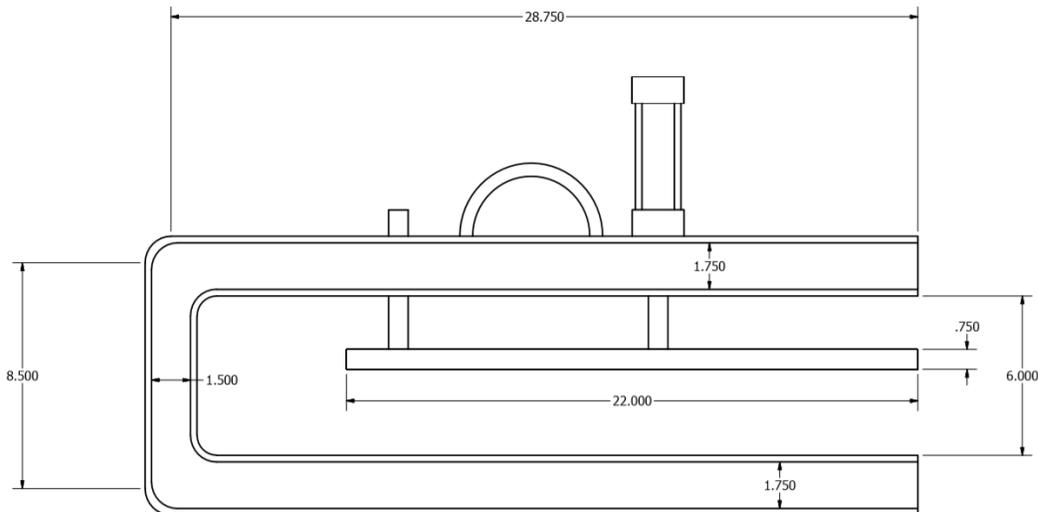
recubrimiento de goma o caucho en ambas planchas angulares se evitarán ralladuras o golpes a los equipos de refrigeración.

Figura 28. **Gancho neumático**



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor Professional 2018.

Figura 29. Perfil de gancho neumático



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor Professional 2018.

2.4.2.3. Acero

El acero considerado y sugerido para la estructura es ASTM A – 36, siendo el acero estructural más comercial de la región. Esto se debe a su variedad de aplicaciones en la industria y edificaciones.

El acero es uno de los materiales estructurales más usados a pesar de su alto costo volumétrico. Los elementos de acero se prestan a la prefabricación, lo que disminuye los tiempos de construcción. Las estructuras de acero pueden fácilmente ampliarse o modificarse y cuando es necesario demolerlas. Se recupera una parte de su valor inicial vendiendo las piezas como chatarra o para ser utilizadas en nuevas estructuras.

Los aceros utilizados para la fabricación de placas y perfiles estructurales suelen obtenerse por procesos de laminación en caliente y por lo tanto tienen

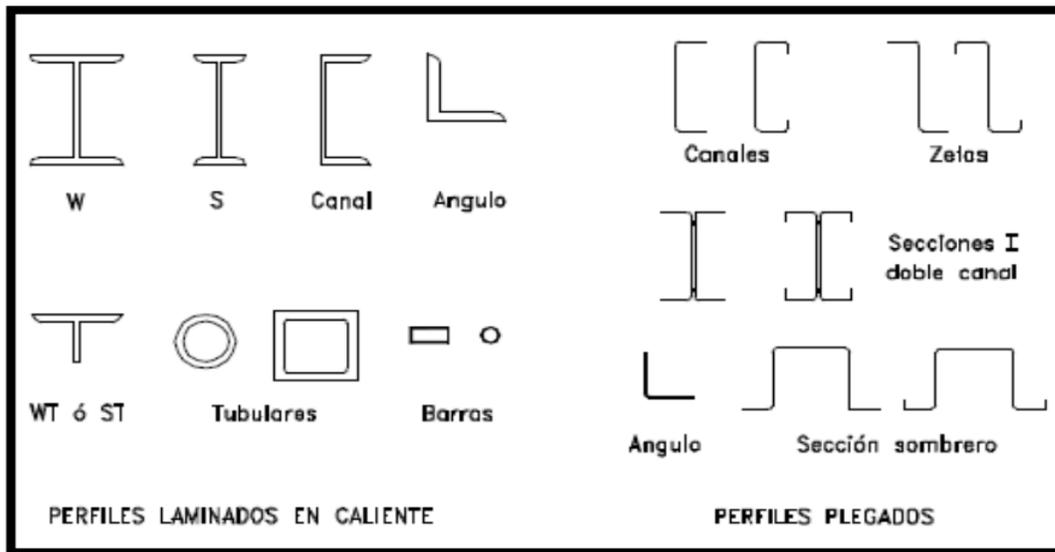
un límite de fluencia definido. Los valores usuales del límite de fluencia varían entre 2 300 y 3 500 kg/cm². Sin embargo, hay algunos aceros con aleaciones o tratamientos especiales que alcanzan resistencias mayores.

La dirección en que se laminan los perfiles y placas es la de mayor interés en el diseño de las estructuras, por lo que el esfuerzo de fluencia en esa dirección determinado por medio de ensayos estándar de tensión. Es la propiedad mecánica que decide, en la mayoría de los casos, el tipo de acero que ha de emplearse. Sin embargo, otras propiedades mecánicas, tales como anisotropía, ductilidad, tenacidad, facilidad de formado en frío, resistencia a la corrosión, pueden ser también importantes para el comportamiento correcto de algunas estructuras.

2.4.2.3.1. Tipos de perfiles estructurales

Los elementos de acero que se utilizan para estructuras metálicas pueden ser laminados en caliente, los cuales son productos de diferentes formas es decir no planos y productos planos que son planchas laminadas en caliente o en frío, de la que surgen los perfiles plegados. Ambos tipos de perfiles estructurales se muestran la figura 30.

Figura 30. Tipos de perfiles estructurales



Fuente: VALLEJO, Karen. *Modelación, análisis y diseño estructural de una edificación metálica bajo las disposiciones de las normas nec-15 y aisc.* p.6.

2.4.2.3.2. Propiedades del acero ASTM A – 36

El acero A36 tiene una densidad de $7\,860\text{ kg/m}^3$ ($0,28\text{ lb/in}^3$). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 plg (203,2 mm). Tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPa (36 ksi) y un límite de rotura mínimo de 400 MPa. Las planchas con espesores mayores de 8 plg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPa y el mismo límite de rotura.

2.4.2.3.3. Formas en que se produce acero ASTM A – 36

- Planchas
- Perfiles estructurales
- Tubos
- Barras
- Láminas
- Platinas

2.4.2.4. Uniones

Las partes de una estructura de acero, tal como el diseño del sistema transportador, se deben de considerar prefabricadas, lo que significa que los distintos elementos que conforman el diseño deberán ensamblarse o unirse al momento del montaje en el área. Esto para lograr que el comportamiento y funcionalidades de la estructura sean los diseñados.

Para seleccionar el tipo de uniones que tendrá la estructura se deberán de tomar en cuenta factores como: la facilidad de fabricación y aspectos de montaje.

Las uniones juegan un papel importante en una estructura metálica, ya que serán las encargadas de transmitir las cargas aplicadas desde los elementos en contacto directo con los equipos de refrigeración hasta los demás soportes de la estructura.

Los efectos producidos por las cargas máximas pueden ser fuerzas axiales, cortantes, momentos tórcos y flectores, los cuales serán

correctamente transmitidos entre los elementos en la medida que las uniones sean capaces de resistirlos.

Existen uniones que pueden transmitir únicamente fuerzas cortantes, otras que prioritariamente axiales y otras que pueden transmitir ambos tipos de fuerza y momentos.

2.4.2.4.1. Soldadas

La soldadura es un proceso de unión sólida que involucra el calentamiento de la superficie de dos metales haciéndolos fluir hasta encontrarse con el material de aporte. Este se funde y termina uniendo ambas piezas. Al enfriarse, las piezas quedan fijas.

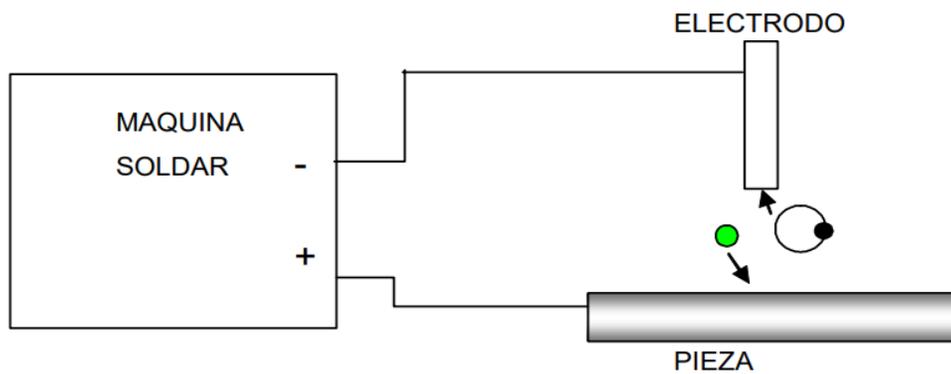
Cuando se trata de estructuras metálicas, la soldadura se aplica mediante el arco eléctrico. Utilizando como fuente la electricidad. Es posible generar un arco eléctrico entre las piezas metálicas (material base) y un electrodo que al fundirse proporciona metal de aporte uniendo ambas piezas.

Datos de la soldadura por arco eléctrico:

- La descarga de corriente eléctrica se debe de producir entre dos superficies sin que se toquen.
- La cantidad de corriente que fluye a través de un arco es proporcional al calor aplicado a la junta que se va a soldar.
- La soldadura se debe hacer con corriente directa.
- Un arco es una descarga de corriente eléctrica que fluye a través de una columna de gas ionizado.

- El arco es el que proporciona los medios suficientes para transportar el material de aporte desde la punta del electrodo hasta el material base.

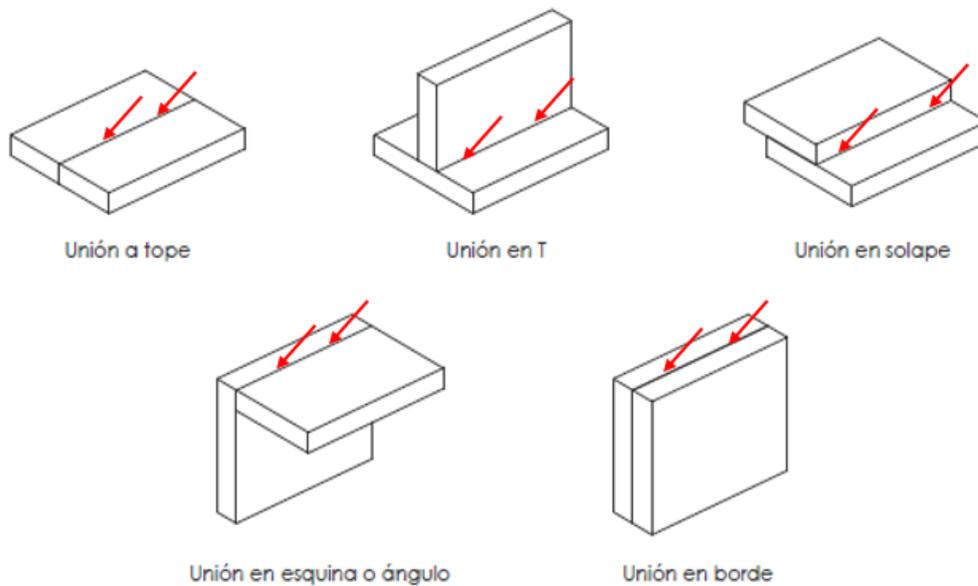
Figura 31. **Formación de arco eléctrico**



Fuente: OSPINO, Antonio. *Soldadura por arco eléctrico*. p.2.

Tal como se observa en la figura 31, el circuito de soldadura se forma conectando el electrodo al polo negativo de la fuente y la pieza al lado positivo de la fuente. Al formarse el arco, los electrones se dirigen hacia la pieza y los iones hacia el electrodo. Por consiguiente, la pieza se calentará mucho más que el electrodo.

Figura 32. Tipos de uniones soldadas



Fuente: Grupmav. *Tipos de uniones soldadas* www.grupmav.es/las-uniones-soldadura.

Consultado: agosto, 2019.

La figura 32 muestra los tipos de uniones que se pueden dar mediante la soldadura. Las flechas rojas indican el lugar en donde se aplica el material de aporte, es decir, en donde, específicamente, se realiza la soldadura.

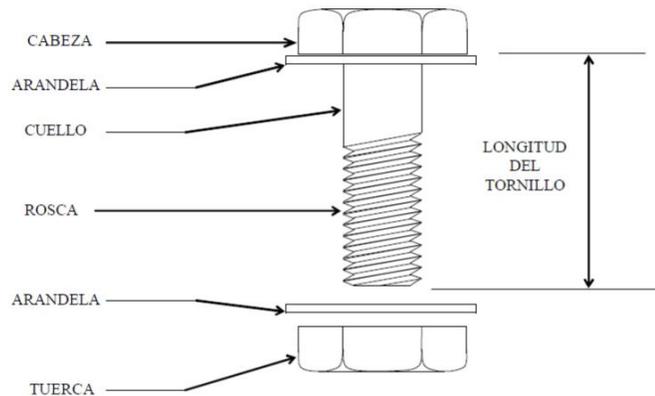
Los siguientes factores son para obtener una soldadura de calidad:

- Amperaje correcto.
- Ángulo apropiado para la inclinación del electrodo.
- Velocidad de avance apropiada.
- Electrodo correcto para el tipo de material.

2.4.2.4.2. Atornilladas

Los tornillos son elementos mecánicos que pueden utilizarse en dos situaciones: para unir de forma no permanentes dos o más piezas y transformar movimiento de giro en movimiento lineal. Las partes que lo conforman se muestran en la figura 33.

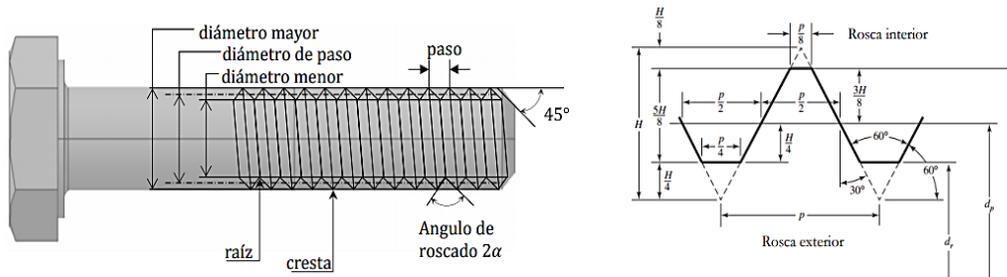
Figura 33. Partes de un tornillo



Fuente: elaboración propia.

Existen diferentes tipos de tornillos para realizar uniones en estructuras de acero. Sin embargo, están normalizados como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Normalización de tornillos



Fuente: BILBAO, Mikel. Diseño de máquinas. p.2.

El paso es la distancia axial que avanza la hélice de la rosca al dar una vuelta a través del tornillo. El diámetro menor pertenece al tornillo y el mayor al de la rosca. Las medidas de estos diámetros y los ángulos están normalizadas para diferentes tipos de roscas. La norma ISO define tres tipos de pasos: paso grueso que se usa en aplicaciones ordinarias, paso fino que se utiliza en casos expuestos a vibraciones porque se aflojan menos y, por último, el paso extra fino que se utiliza para situaciones con vibraciones extremas o impactos.

Son comúnmente utilizados para uniones por su fácil velocidad de ejecución de las uniones para estructuras metálicas.

2.4.3. Requisitos de diseño

Dichos requisitos fueron establecidos con base en las características del proceso de movilización de los equipos de refrigeración. El entorno en donde el sistema transportador estaría instalado.

2.4.3.1. Geometría

- Luz

El largo total del sistema transportador está delimitado por la viga principal, la cual tiene un largo total de 5 metros.

- Altura de elevación

La altura tiene una limitante, ya que existe tubería a 4,85 metros sobre el nivel del suelo, sin embargo, tomando en consideración el equipo más alto, se determinó que la altura necesaria es de 4,3 metros.

2.4.3.2. Cargas

- Carga útil

Esta carga es la razón del diseñado del sistema transportador. Siendo un máximo de 284 kilogramos.

- Conjunto carro – polipasto

Esta carga es la suma del carro movilizador, polipastos, gancho sujetador, viga debajo del gancho, elementos de elevación y accionamiento. Se determinó que es de 400 kilogramos.

- Carga de servicio

Esta carga es el resultado de la suma de las dos cargas anteriores, la cual es de 684 kilogramos. Está totalmente cubierta con dos polipastos ABU – Compact GM2 de capacidad de 63 0kg cada uno.

2.4.3.3. Velocidades

El conjunto carro – polipasto ofrece rangos de velocidades estandarizadas por normas europeas DIN para la elevación y movimiento longitudinal. Para eliminar oscilaciones y movimientos inesperados del sistema. Los equipos de refrigeración se proponen las siguientes velocidades:

- Traslación de polipasto X

La traslación en lo largo de la estructura por medio de las vigas testeras será de $0,102 \text{ m/s}$. Sin embargo, esta podría variar por cuestiones de productividad o seguridad industrial.

- Traslación de viga principal Y

La velocidad de este movimiento longitudinal será realizada por el conjunto carro – polipasto. A lo largo de la viga principal será de $0,102 \text{ m/s}$. Se espera que no cambie, ya que la forma de sujetar los equipos de refrigeración lo favorece.

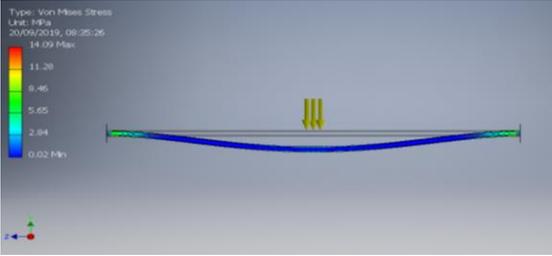
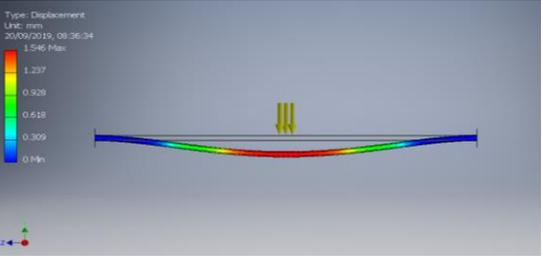
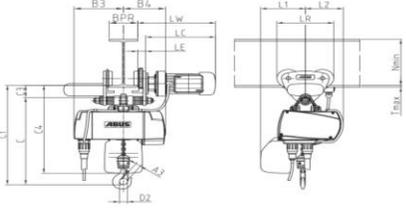
- Elevación de carga

Este movimiento, en realidad, tendrá dos velocidades, la primera, es la que se da al partir del reposo, siendo $0,025 \text{ m/s}$, la mínima que el polipasto ofrece. La segunda, será de $0,051 \text{ m/s}$ para así alcanzar el tiempo establecido de movimiento.

2.5. Cálculos

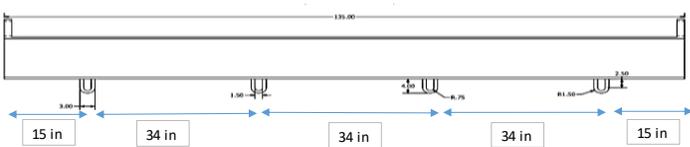
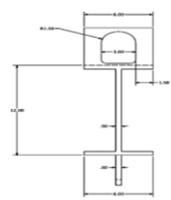
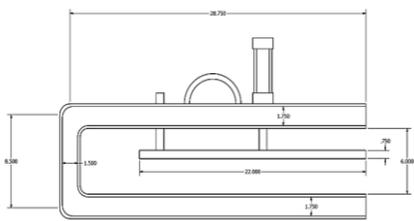
Los factores teóricos de ingeniería que inciden en el diseño de la estructura del sistema transportador se muestran en las siguientes tablas.

Tabla VIII. Factores de diseño 1

Cálculos de diseño sistema transportador	
1) Viga principal	
<p>Se estableció una carga de servicio de 684kg, siendo la suma de los equipos de refrigeración más pesados y los accesorios de izaje. Como se muestra en el siguiente análisis, la viga no sufre esfuerzos máximos.</p> 	<p>La elongación máxima se da, de igual forma en el centro de la viga siendo de 1,546 mm como se muestra en el análisis, se utilizó como factor de seguridad el límite elástico, este asegura que la viga no se partirá.</p> 
<p>Es esfuerzo máxmo se encuentra en las uniones de la viga hacia las columnas, los datos del perfil que se analizó se encuentran en la tabla VII. El análisis se realizó en el software autodesk inventor professional 2018.</p>	
2) Conjunto motor - polipasto	
<p>Para determinar la cantidad de kW necesarios del motor eléctrico que acciona el polipasto se parte desde el peso máximo a elevar, la distancia y el tiempo de elevación de la tabla II.</p>	<p>La elección del polipasto resulta más simple, ya que solamente es necesario saber el peso máximo a elevar, y se tomó en cuenta la disponibilidad de repuestos en almacén del fabricante. En la ilustración se muestra el polipasto ABUS GM2, capaz de levantar hasta 630kg.</p>
<p>Peso máximo</p> <p>Distancia</p> <p>Potencia en kilovatios necesaria</p> $684_{kgf} * \frac{0.305m}{6s} * \frac{1CV}{75_{kgf * \frac{m}{s}}} * \frac{0.986HP}{1CV} * \frac{0.7457kW}{1HP} = 0.35kW$ <p>Tiempo de elevación</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Factores de diseño 2

3) Viga debajo del gancho	
<p>Se determina la viga por medio del ancho de los equipos, los puntos de sujeción están diseñados para equipos de 1, 2, 3 y 4 puertas, es decir para el 90% de todos los modelos de las líneas 1 y 2.</p> 	<p>El diseño del perfil es para que dos polipastos puedan movilizar la viga.</p> 
4) Sujeción de Equipos	
<p>Se diseñó un gancho que se acciona neumáticamente a una presión de 5 bar, el diámetro del cilindro neumático es de 4,5cm, con lo que obtendremos una fuerza de 795N, la cual es capaz de soportar el equipo más pesado a movilizar.</p> $F = \frac{5\text{bar}}{10} * \frac{\pi(45\text{mm})^2}{4} = 795\text{N}$	<p>Las medidas del gancho fueron diseñadas para abarcar todos los modelos de equipos que pueden moverse.</p> 
5) Características adicionales	
<p>5.1) Uniones de la estructura</p> <p>Para las uniones se utilizarán tornillos hexagonales estructurales, acabado galvanizado de rosca UNC. Con diámetro 1 1/2 " dicho tornillo puede soportar una carga de hasta 450MPa</p>	<p>5.2) Cadenas</p> <p>Se utilizaran cadenas de alta resistencia de acero de aleación grado 30, son diseñadas para izaje. El diámetro del eslabon será de 5,5mm, el cual es capaz de soportar hasta 365kg.</p>

Fuente: elaboración propia.

Los beneficios del sistema transportador se describen en las siguientes tablas.

Tabla X. **Tiempos de movilización**

Tiempo actual por equipo		Tiempo propuesto por 4 equipos	
24 s		Colocación de gancho	5
		Elevación	6
		Movimiento longitudinal	13
		Traslación	12
		Descenso	6
		Extracción de gancho	5
Total	96	Total	47
Ahorro en segundos		49	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Lesiones**

Riesgo	Lesiones
Choques y golpes contra objetos inmóviles.	Dislocación Fractura Fisura
Posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.	Desgarre
Contactos térmicos.	Quemadura

Fuente: elaboración propia.

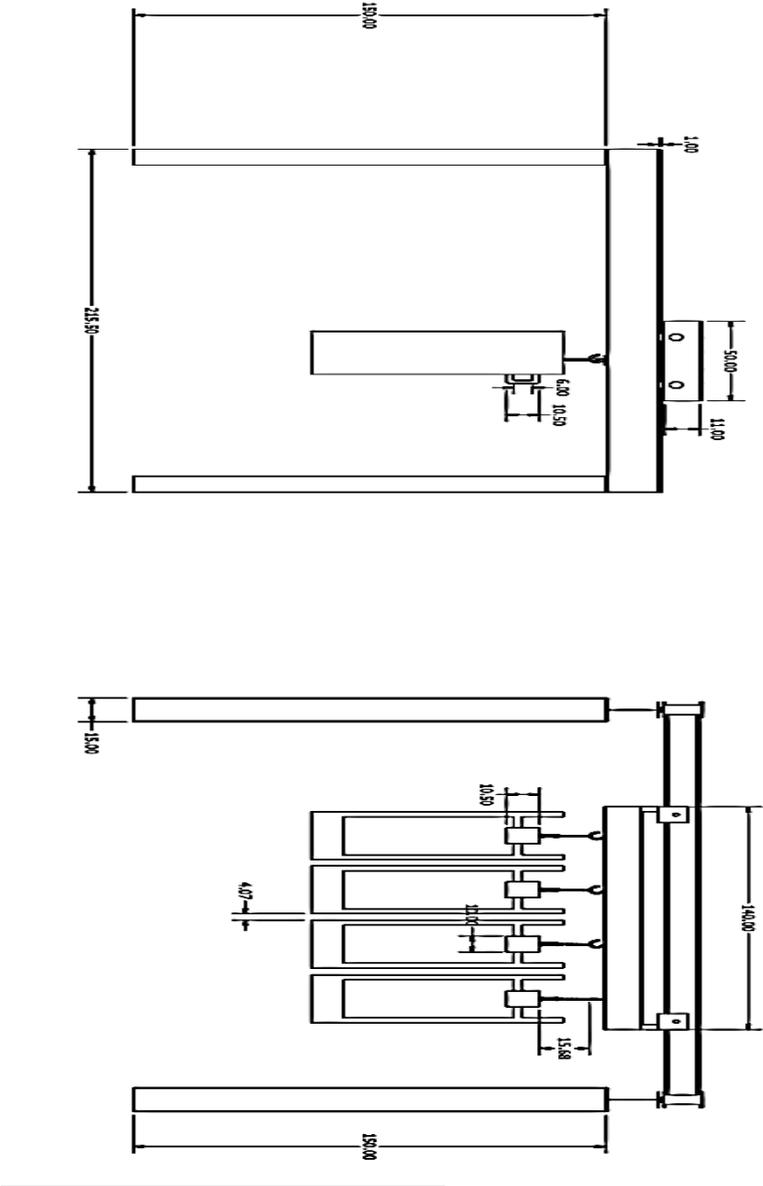
Tabla XII. **Aumento de equipos movilizados**

Situacion actual				
Modelo de equipo	Tiempo por tiro(min)	Tiros por día	Número de equipos trasladados diarios	Número de equipos trasladados mensuales
Froster 280	18,370	26,95	107,78	2586,83
Propuesta				
Modelo de equipo	Tiempo por tiro(min)	Tiros por día	Número de equipos trasladados diarios	Número de equipos trasladados mensuales
Froster 280	17,530	28,24	112,95	2710,78
Aumento de equipos movilizados		124		

Fuente: elaboración propia.

El plano de diseño se presenta en la figura 35. Se recomienda ver de forma horizontal.

Figura 35. Plano de diseño



Fuente: elaboración propia, empleando software Autodesk Inventor Professional 2018.

3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Capacitación

La capacitación en una empresa busca el crecimiento del conocimiento de los colaboradores que la reciben. Es una herramienta de vital importancia, ya que impacta en el recurso más importante de una empresa que es el personal a cargo de las tareas diarias. En este caso, los trabajadores que realizan la manufactura para el ensamble de piezas y formar así un equipo de refrigeración comercial.

La propuesta del sistema transportador para equipos de refrigeración se realizó en el área de espuma de dos líneas de producción en la planta Fogel de Centroamérica. Sin embargo, para la capacitación se identificó mayor impacto en el área de Unidades y Evaporadores. Ver tabla XIII, es ahí en donde se ensamblan todas las unidades de refrigeración (sistema de refrigeración) y los evaporadores para todos los equipos fabricados en planta.

La capacitación para las dos áreas mencionadas anteriormente busca enseñar y demostrar lo valioso que es el trabajo realizado por cada uno de los colaboradores de cada área correspondiente. Al conocer el funcionamiento de todo un sistema de refrigeración, es decir, la vida del equipo, sabrán el impacto que genera hacer o no bien las tareas diarias.

Tabla XIII. **Matriz de capacitación**

Área de Producción	Temas a desarrollar					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
Ensamble de Unidades de refrigeración	Funcionamiento de un equipo de refrigeración	Compresor	Evaporador			
	Unidad de refrigeración	Condensador	Ahorro energético			
Evaporadores	Componentes	Tubo Capilar	Refrigerantes utilizados en equipos Fogel			
Espuma		Manutención e izaje de cargas suspendidas		Manual de usuario de Sistema Transportador	Instructivos varios.	Medidas de seguridad del sistema, para el personal operativo y para los equipos de refrigeración

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Capacitación 1 ensamble de unidades y evaporadores**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Figura 37. **Capacitación 2 ensamble de unidades y evaporadores**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Las unidades están conformadas por ventilador, compresor, condensador, bandeja de condensado y arneses eléctricos. Los evaporadores por evaporador, resistencia eléctrica, filtros, tubería de cobre y tubo capilar. Las áreas de Unidades y Evaporadores abastecen las líneas de producción. Cada una entrega sus respectivos productos, para que estos sean ensamblados en la estructura y demás partes de cada uno de los equipos de refrigeración, logrando así el objetivo primordial de los equipos, extraer el calor del volumen interior de los mismos para alcanzar la temperatura deseada por el cliente.

3.1.1. Funcionamiento de equipos de refrigeración

El funcionamiento de un equipo de refrigeración se podría decir que es dirigido primordialmente mediante un termostato. Previo a ensamble es programado con los parámetros según sea el modelo en fabricación.

El termostato es el dispositivo que recibe la indicación del cliente, el cual manualmente gradúa la temperatura. El termostato percibe la temperatura interna del equipo y si este no se encuentra a dicha temperatura hace iniciar el ciclo de refrigeración. El gas refrigerante comienza a circular a través de todos los componentes hasta extraer la cantidad de calor determinada y así llegar a la temperatura que el cliente desea. Cuando la temperatura en el interior de la cámara de refrigeración es la deseada y el termostato la percibe, el refrigerante deja de circular.

Los termostatos están programados con un rango de temperaturas, de tal forma que el equipo tenga un valor mínimo y máximo. Todo el sistema de refrigeración fue diseñado para dicho rango de temperaturas.

3.1.2. Unidad de refrigeración de un equipo de refrigeración Fogel

Se mencionarán ambos ensambles como un todo para formar así un sistema de refrigeración.

Los equipos se pueden clasificar por rango de temperaturas, ya que los productos que se almacenaran son ampliamente variados y algunos requieren menos calor que otros.

Los rangos de temperatura son:

- [4 / - 8] °C
- [-8 / -20] °C
- [-20 / - 40] °C

Las unidades de refrigeración de los enfriadores, *Frosters* y congeladores, respectivamente, están diseñadas para cumplir con los rangos de temperatura. Los componentes de las unidades varían debido a las necesidades que surgen cuando se trabaja con temperaturas por debajo de los 0 °C.

Las unidades (condensador, compresor, ventilador y conexiones) se ensamblan en la parte baja de los equipos de refrigeración. Dicho espacio está cubierto por una pieza de metal llamado cubremotor, con el objetivo de mostrar un equipo agradable a la vista de las personas. La unidad está conectada hacia el evaporador por medio de la tubería de cobre y el tubo capilar, succión y descarga, respectivamente.

Las partículas del aire caliente están más separadas que las del aire frío, por lo tanto, se afirma que el aire caliente es menos denso que el aire frío. Esto provoca que el comportamiento del aire dentro de una cámara de refrigeración sea menos denso (caliente). También que tienda a subir dentro de la cámara, donde el evaporador está colocado con el objetivo de realizar el intercambio de calor entre el aire caliente que cruza la separación entre las rejillas de metal y el líquido refrigerante que circula por la tubería del evaporador. Posteriormente, transformado en gas refrigerante por el calor cedido del aire que fluye nuevamente hacia todo el volumen interno de la cámara de refrigeración.

La masa de aire frío se dirige parcialmente controlada gracias a unas piezas de metal llamadas deflectores de aire, los cuales separan la masa de aire con el fin de que todos los productos almacenados estén en contacto con el aire frío. La temperatura en cualquier ubicación dentro de la cámara de refrigeración sea la misma.

3.1.2.1. Componentes

El ciclo de refrigeración como tal en un refrigerador Fogel se lleva a cabo gracias a los componentes que se describirán posteriormente. Cada uno es de vital importancia, ya que afectan las propiedades o características físicas del refrigerante en uso.

3.1.2.1.1. Compresor

Se puede decir que el compresor es el corazón del refrigerador. Es el único componente de todo el sistema que realiza un trabajo para que el ciclo de refrigeración realice la extracción de calor. A este trabajo se le llama trabajo de compresión.

Controla la circulación del gas refrigerante. Lo calienta para añadirle presión. Succiona el gas que proviene del evaporador. Lo entrega con alta presión al condensador para que este continúe su camino en la tubería de alta presión y, de nuevo, regresar al evaporador para que el ciclo continúe.

Existen diferentes tipos de compresores, en este inciso se describirá el funcionamiento de los que se utilizan en los refrigeradores Fogel. Estos se llaman compresores alternativos.

El funcionamiento de un compresor alternativo se da por la transmisión de potencia de un motor conectado directamente con el compresor, haciendo mover un pistón mediante un cigüeñal que convierte movimiento rotatorio en rectilíneo mediante una biela. El pistón, al estar en su punto muerto inferior, succiona gas refrigerante a través de la válvula de succión. Cuando el pistón se

mueve, la válvula se cierra. Se realiza la compresión y la válvula de compresión se abre, liberando el gas caliente y con alta presión hacia el condensador.

El compresor es completamente hermético. Está unido directamente al motor dentro de una carcasa. Es necesario eliminar la fricción en todo el mecanismo, para ello se lubrica con un aceite especial y apropiado, ya que está en contacto con el motor y el refrigerante.

Un aceite para compresor de refrigerante debe de tener las siguientes características:

- Estabilidad térmica

Para que mantenga sus propiedades a causa del calor dentro del compresor.

- Estabilidad química

Asegura que no reaccionará químicamente con el gas refrigerante.

- Bajo punto de fluidez

Buena fluidez en la temperatura más baja.

- Bajo índice de viscosidad

Buena lubricidad a altas temperaturas.

- Higroscópico

Capacidad para atraer moléculas de agua en forma de vapor. Esto asegura que se comprima refrigerante en estado completamente gaseoso y no existan daños en el compresor.

Los motores herméticos cuentan con dos embobinados. Uno de ellos funciona solamente durante el arranque del motor, este se actúa por medio de un relé y capacitor de arranque que se sitúan fuera de la carcasa. El segundo, sirve para la operación normal del compresor.

3.1.2.1.2. Condensador

El condensador es el componente donde se realiza un cambio de calor latente. El refrigerante al salir del compresor en estado gaseoso con alta presión y temperatura, recorre este intercambiador de calor con el objetivo de cambiar a su fase líquida.

El proceso de condensación empleado en los equipos Fogel sucede por un ventilador que impulsa aire del ambiente haciendo que este choque con la tubería del condensador. A esto se le llama ventilación forzada. Para que este absorba el calor del gas refrigerante que circula en todo el circuito del condensador. Esto se da gracias a que la tubería del condensador está hecha de un material que permite la transferencia de calor. Los dos cuerpos en contacto mediante la superficie de la tubería tratan de alcanzar el equilibrio térmico, gracias a la ley cero de la termodinámica y con ello se logra la condensación.

El circuito del condensador está añadido a una serie de láminas de metal con el objetivo de que el aire impulsado por el ventilador le sea más dificultoso

atravesar. De esta manera aumentar el tiempo en que este está en contacto con la tubería del serpentín.

En este proceso se busca obtener la mayor cantidad de líquido refrigerante posible para que el trabajo del evaporador sea óptimo.

3.1.2.1.3. Tubo capilar

Todos los sistemas de refrigeración necesitan de un dispositivo de expansión para funcionar. Los equipos de refrigeración Fogel utilizan un de los más simples, un tubo capilar.

Este componente se encuentra como la unión entre el lado de alta presión y baja presión, condensador y evaporador, respectivamente. Es un tubo de cobre que puede llegar a medir hasta 6 metros de longitud mientras que su diámetro solamente hasta 1,17 milímetros.

El diámetro se reduce con el fin de equilibrar las presiones de ambos lados del tubo capilar. La caída de presión del refrigerante es proporcional al largo del tubo e inversamente proporcional al diámetro del mismo. De igual forma, funciona como una restricción al paso de refrigerante, manteniendo así un caudal constante y controlado hacia el evaporador. Prácticamente es una resistencia al flujo que proviene del condensador.

Como medida de seguridad se puede utilizar un diámetro mayor al requerido por el sistema, ya que cualquier partícula ajena al refrigerante. Por muy diminuta que sea puede parar por completo todo el sistema. El incremento del diámetro se contrarresta con un incremento en la longitud del mismo.

También se adhiere un filtro deshidratador que retiene cualquier partícula de humedad y así mantener en completo estado gaseoso el refrigerante.

Cuando el sistema de refrigeración no está trabajando, el compresor está apagado. Las presiones en ambos lados del sistema (alta y baja) buscan el equilibrio. Esto sucede en el tubo capilar, de tal forma que la presión de todo el sistema es la misma. Esto evita que el compresor no tenga que superar una presión mayor en contra al momento de poner a trabajar de nuevo el sistema.

3.1.2.1.4. Evaporador

Un evaporador, de igual forma que el condensador, es un intercambiador de calor latente, debido a que el refrigerante inicia en estado líquido y termina en fase gaseosa.

También es llamado congelador, ya que es este intercambiador de calor el que realiza el trabajo de absorber el calor del aire que se encuentra en el volumen interno del equipo de refrigeración. Está situado en la parte más alta dentro del refrigerador.

El frío se genera por el flujo de aire que un ventilador forzosamente hace pasar a través del panel de laminillas unidas al serpentín evaporador, provocando que el aire a mayor temperatura esté en contacto con la superficie que almacena líquido refrigerante. Generando la evaporación del mismo por la cesión de calor de parte de la masa de aire que posteriormente se encuentra a baja temperatura. Esto sucede nuevamente por la ley de equilibrio térmico. El aire con menor temperatura tiene mayor densidad, sus partículas se encuentran más unidas, por lo que este tiende a descender por todo el fondo del

refrigerador y termina por dirigirse hacia todas las direcciones dentro de la cámara de refrigeración.

El refrigerante entra al evaporador con la presión al final del tubo capilar. El cambio de sección circular entre tubo capilar – evaporador provoca la expansión del líquido y al final del recorrido por el serpentín. Este se gasifica a baja presión, es decir, que el evaporador es el comienzo del lado de baja presión y el inicio de la tubería de succión del compresor.

3.1.3. Refrigerantes utilizados en equipos de refrigeración

Un refrigerante es una sustancia química que cuenta con propiedades y características que le facilitan la absorción y cesión de calor. Esto dependerá de variables como presión y temperatura. La función de esta sustancia, en un equipo de refrigeración, es transportar energía térmica (calor) desde el interior del equipo hacia el exterior o ambiente, de tal manera que la temperatura dentro del equipo descienda y se almacenen satisfactoriamente los productos para los cuales está dirigida la cámara de refrigeración.

Fogel tiene gran variedad de refrigeradores. Estos se pueden clasificar por temperaturas, sin embargo, también están clasificados por el tipo de refrigerante que utilizan.

En la tabla XIV se describen los refrigerantes que se utilizan en equipos producidos por Fogel de Centroamérica S.A.

Tabla XIV. **Características de refrigerantes**

Refrigerantes utilizados por Fogel de Centroamerica S.A.			
Refrigerante	R-134a	R-290	R-404
Nombre	1,1,1,2-Tetrafluoretano	Propano	Mezcla R 125 R 143a R 134a
Peso molecular (kg/kmol)	102	44,1	97,6
Punto de ebullición (°C)	-26,2	-42,1	-45,8
Presion critica (bar)	40,67	42,51	37,31
Temperatura critica (°C)	101,1	96,74	72,07
Densidad critica (kg/m ³)	510	220	484

Fuente: elaboración propia.

La presión crítica es la mínima presión que se debe de emplear al refrigerante para llevar a cabo el proceso de transformación gas y líquido a la temperatura crítica.

La temperatura crítica de un refrigerante es por sobre la cual el refrigerante no podrá ser condensado aumentando su presión.

La densidad crítica se alcanza solamente a la temperatura crítica. La densidad de las dos fases (gas y líquido) tiene el mismo valor.

Los tres tipos de refrigerantes pueden emplearse para los tres rangos de temperatura que Fogel ofrece a sus clientes. Sin embargo, por cuestiones de costos, uso, inflamabilidad y políticas ambientales del país hacia donde se exportan los equipos, difiere la aplicación de los mismos en los diferentes equipos.

3.1.4. Ahorro energético en equipos de refrigeración

Los equipos de refrigeración Fogel buscan cada vez más el ahorro energético por dos principales motivos: ser amigables con el ambiente y satisfacer cada vez mejor las necesidades del cliente. Para ello ha tomado consideraciones en el diseño del sistema de refrigeración, innovando con soluciones en las que el cliente también debe de estar involucrado para alcanzar el consumo óptimo de energía.

Las soluciones que se han dado en los diseños del sistema de refrigeración no pueden ser presentadas en este informe debido a que son propiedad y exclusivas de Fogel.

Por otro lado, se pueden mencionar alguna de las acciones y oportunidades que se han llevado a cabo para obtener eficiencia energética se muestran en la tabla XV.

Tabla XV. **Oportunidades de mejora para eficiencia energética**

Oportunidades para eficiencia energética
· Ubicar los equipos en donde no estén expuestos a rayos del sol.
· Considerar que al dejar la puerta del refrigerador abierta por mucho tiempo, el consumo de energía incrementa.
· Los equipos Fogel tales como Frosters y Congeladores, utilizan una resistencia eléctrica de deshielo, evitando así que el evaporador se congele en su exterior, con esto no se consumirá en doble de energía durante su funcionamiento.
· La limpieza frecuente del condensador evitará que la suciedad se forme sobre él y así el intercambio latente de calor siempre se dará en condiciones óptimas.
· Revisión frecuente de empaques en la puerta, para que exista buen aislamiento térmico.
· El material aislante utilizado para los equipos Fogel, mencionado en el inciso 2.2, tiene alta eficiencia de aislamiento y conserva sus propiedades físicas y químicas estando a temperaturas bajo cero. Además está libre de átomos de cloro, no daña la capa de ozono y tampoco produce calentamiento global.
· Se debe de evitar la obstrucción al paso de aire en el entorno donde esté colocada la cámara de refrigeración.
· Los equipos de una sola puerta permiten utilizar relación de compresión baja y de alta eficiencia volumétrica; y cuando se utiliza refrigerante R – 290, se disminuye aún más la relación de compresión, con ello menos consumo de potencia.
· El refrigerante R – 290 es amigable con el medio ambiente, ya que tiene inocuo potencial de sobrecalentamiento global y no daña la capa de ozono, Fogel actualmente ya cuenta con más de 100 modelos que utilizan este refrigerante.
El refrigerante R – 404 es considerado por la Unión Europea como uno de los más altos en potencial de calentamiento global, cada vez se reduce más el número de modelos producidos con este refrigerante, actualmente sólo 3.

Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Manutención e izaje de cargas

La manutención e izaje se refieren a todos los temas relacionados con la elevación, traslado, movilización y entrega de cargas. Una carga se refiere al producto que será movilizado de un punto inicial a un punto final.

En la tabla XVI se describen los instrumentos y operaciones que se utilizarán para el traslado de un equipo de refrigeración. Dicha tabla será trasladada hacia los trabajadores del área de espuma.

Tabla XVI. **Manutención e izaje de un equipo de refrigeración**

Manutención e izaje de un equipo de refrigeración					
Pasos					
1) Enganche	2) Elevación	3) Movimientos longitudinales	4) Descenso	5) Desenganche	6) Giro de 180°
Instrumentos utilizados por operación					
Gancho sujetador accionado de forma neumática.	2 Polipastos de capacidad de 630kg cada uno, cadenas, eslingas y ganchos.	Viga principal, vigas testeras, conjunto carro - polipasto y carro accionado por motor eléctrico.	2 Polipastos de capacidad de 630kg cada uno, cadenas, eslingas y ganchos.	Gancho sujetador accionado de forma neumática.	Plataforma giratoria instalada en conveyor.
Descripción gráfica					

Fuente: elaboración propia.

3.2. Manual de usuario del sistema transportador

El manual de usuario se hizo de manera simple con el objetivo que los trabajadores comprendan la forma de utilizarlo.

Figura 38. Manual de usuario del sistema

MANUAL DE USUARIO DE SISTEMA TRANSPORTADOR PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

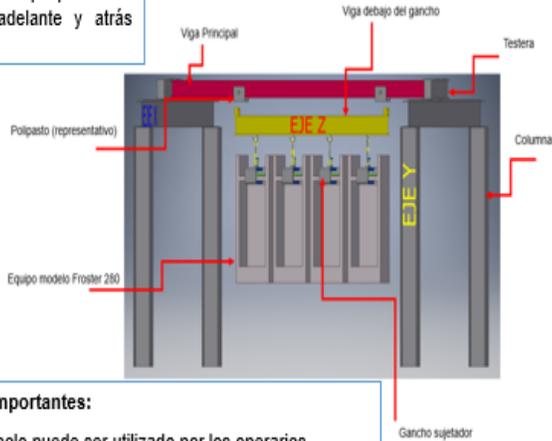
PLANTA FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A. LÍNEAS DE PRODUCCIÓN 1 Y 2. ÁREA DE ESPUMA.



Gancho sujetador: accione el gancho única y exclusivamente cuando los equipos estén sobre el suelo. La liberación de presión del gancho se realizará de igual forma.

Tiene una viga principal unida hacia dos vigas testeras que ruedan sobre rieles realizando el movimiento hacia la izquierda y derecha respecto de la máquina MAWI. Los polipastos se movilizan sobre la viga principal hacia adelante y atrás respecto de la máquina MAWI.

1 COMPONENTES DEL SISTEMA



OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para ejecutar los tres movimientos se utilizará una botonera de mando como se describe en la siguiente figura:



- A. Viga debajo del gancho hacia ARRIBA
- B. Viga debajo del gancho hacia ABAJO
- C. Carro del polipasto hacia IZQUIERDA
- A. Carro del polipasto hacia DERECHA
- A. Viga principal hacia ADELANTE
- A. Viga debajo del gancho hacia atrás

Observaciones Importantes:

- El sistema solo puede ser utilizado por los operarios autorizados.
- Antes de iniciar un ciclo de mantenimiento revisar que el sistema se mueva de forma correcta en sus tres ejes.
- Si se mueve el sistema sin equipos, la viga debajo del gancho deberá de estar en su punto más alto respecto del suelo.

POR FAVOR CORRIJA ACCIONES INADECUADAS USANDO EL SISTEMA

POR FAVOR SEGUIR INSTRUCCIONES DE LOS INSTRUCTIVOS DE SEGURIDAD

INSPECCIONES DEL SISTEMA

Es recomendable realizar inspecciones periódicas (diarias y/o mensuales) que incluyan:

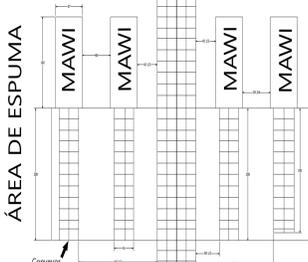
1. Inspección visual de las cadenas por posibles roturas, grietas o daños.
2. Inspección visual del gancho por posibles deformaciones, roturas o desgaste excesivo
3. Operación de los límites de izaje (superior e inferior) y de desplazamiento
4. Cualquier ruido o vibración anormal debe ser informada

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Instructivo de manejo de cargas suspendidas

El instructivo para los trabajadores del área de espuma se muestra en la figura 39.

Figura 39. Instructivo de manejo de cargas suspendidas

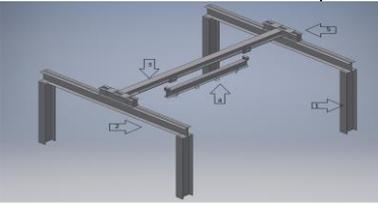
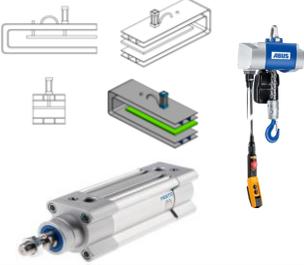
		FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.			
		INSTRUCTIVO DE MANEJO DE CARGAS SUSPENDIDAS			
		1. Propósito: Este instructivo establece la metodología que se debe seguir para el manejo de equipos de refrigeración en suspenso.			
		2. Objetivos: Establecer las instrucciones para movilizar equipos de refrigeración suspendidos en líneas de producción 1 y 2.			
		3. Responsables: trabajadores de líneas de producción 1 y 2.			
4. Definiciones		7. Desarrollo			
1. Viga Principal 2. Gancho Sujetador	3. Viga debajo del Gancho 4. Polipasto	Descripción	Riesgos Asociados	Medidas de Seguridad	
5. Requisitos de Aplicación		Movilización de Equipos			
Equipo de Protección Personal (EPP)		1	Coordinar con los trabajadores de la línea de producción la movilización de los equipos.	Verificar que el área este libre de obstáculos. Verificar que la máquina se encuentre detenida cuando no esté utilizándose. Utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) y las herramientas adecuadas.	
Zapatos de Seguridad	Guantes térmicos	2	Revisar que las tarimas estén listas, el área de espuma despejada para posteriormente se coloquen los equipos.		
Lentes de seguridad	Cinturón de Seguridad	3	Colocarse el EPP antes de iniciar el movimiento.		
Herramientas	Máquinas que Operan	4	Realizar el ciclo de manutención e izaje para equipos de refrigeración.		
Botonera de Mando	Máquina MAWI Sistema Transportador	Ciclo de Manutención			
8. Layout del Área		1	Asignar un equipo de refrigeración a uno, dos o más trabajadores.	Atrapamiento, lesiones, resbalones, contactos térmicos, caída de objetos y personas. Verificar que la presión de aire para los pistones esté regulada y no utilizar velocidades máximas en los tres tipos de movimiento.	
		2	Ajustar cuidadosamente el gancho sujetador a cada equipo para que esté bien sujetado. Accionar el pistón neumático para enganchar el equipo.		
		3	Partir del reposo con la velocidad mínima que ofrece el polipasto para la elevación. 0.025 m/s.		
		4	Aumentar a la velocidad establecida de elevación. 0.051 m/s		
		5	Movilizar los equipos a hacia la izquierda o derecha, dependiendo de la línea de producción, hasta el conveyer.		
		6	Descender la viga debajo del gancho para que los equipos sean colocados en sus tarimas.		
		7	Desactivar la presión del pistón neumático para desengachar el equipo ya colocado en la tarima sobre el conveyer y retirar cuidadosamente el gancho sujetador.		
		8	Regresar el sistema transportador a la posición inicial para comenzar con un nuevo ciclo de manutención.		
				Nota: las velocidades pueden variar dependiendo del modelo que esté fabricándose o por seguridad del personal.	
		Instructivo aún no validado por Fogel de Centroamérica			

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Instructivo de funcionamiento del sistema

El instructivo funcionamiento general para los trabajadores del área de espuma se muestra en la figura 40.

Figura 40. Instructivo de funcionamiento general del sistema

		FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.		
		INSTRUCTIVO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA TRANSPORTADOR		
		1. Propósito: Este instructivo establece la función de los componentes del sistema transportador y características del mismo. 2. Objetivos: Dar a conocer a los trabajadores los componentes principales del sistema transportador. 3. Responsables: supervisores de líneas de producción 1 y 2 y jefe de mantenimiento.		
4. Definiciones		7. Desarrollo		
1. Viga Principal 2. Gancho Sujetador 3. Pistón Neumático	4. Viga debajo del Gancho 5. Vigas Testeras 6. Polipasto de cadena	Descripción de los componentes y sus funciones.	Riesgos Asociados	Medidas de Seguridad
5. Requisitos de Aplicación		1 Viga Principal La viga principal de la grúa que sujetan el carro y polipasto. Su misión es servir de plataforma para el movimiento de los polipastos así como soportar los esfuerzos que recibe de él, trasladados previamente de la carga útil.	Golpes de objetos suspendidos, resbalones, contactos térmicos, caída de objetos y personas.	Verificar que el área este libre de obstáculos. Verificar que la máquina se encuentre detenida cuando no esté utilizándose. Utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP). No caminar sobre los rodillos del conveyor.
Equipo de Protección Personal (EPP)				
Zapatos de Seguridad	Guantes térmicos Casco de Seguridad			
Lentes de seguridad	Cinturón de Seguridad			
Herramientas	Máquinas que Operan			
Botonera de Mando	Sistema Transportador para Equipos de Sistema de Refrigeración	2 Vigas Testeras Son las vigas laterales sobre las que descansa la viga principal. Deslizan sobre una superficie o ruedan sobre un carril y su función es la de derivar los esfuerzos provenientes de la viga principal a los apoyos.		
8. Descripción gráfica del área de trabajo y componentes del sistema.		3 Pistón Neumático Son actuadores que funcionan con una presión regulada de aire, su función es hacer descender una plancha de metal para que esta engancha un equipo de refrigeración.		
		4 Viga debajo del Gancho Esta viga permite movilizar cuatro equipos de refrigeración a la vez, cuenta con cuatro puntos de sujeción para poder colocar cuatro ganchos sujetadores. Se ubica debajo de los ganchos del polipasto.		
		5 Polipasto Un polipasto es una máquina ligera diseñada para elevación de cargas. Los polipastos van dotados de un motor eléctrico.		
				
		Las vigas y polipastos están por encima de la capacidad requerida por los equipos de refrigeración. Instructivo aún no validado por Fogel de Centroamérica		

Fuente: elaboración propia.

3.3. Seguridad del personal

Las medidas de seguridad del sistema transportador se enlistan en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Medidas de seguridad del sistema**

Medidas de seguridad del sistema
Solamente se necesita un 48 % de la capacidad total de los polipastos para realizar los movimientos cuando los cuerpos están suspendidos.
Todas las uniones de las vigas del sistema transportador deberán de ser realizadas por medio de pernos y tuercas, para que las cargas se transmitan de la mejor manera hasta llegar al suelo y sea más rígido.
Las columnas tendrán sus propias cimentaciones para asegurar que se soporten todos los momentos y fuerzas durante la operación del sistema transportador.
Los motorreductores aseguran un buen equilibrio entre velocidad y potencia transmitida en parte del motor eléctrico e incrementa seguridad de transmisión.
El acero establecido permite facilidad de conexiones, por lo que durante la instalación evitará accidentes.
Utilizar dos polipastos evitará la oscilación descontrolada de la viga debajo del gancho junto con los equipos de refrigeración

Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Medidas de seguridad para personal operativo

Las medidas de seguridad del sistema transportador se enlistan en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Medidas de seguridad para el personal de espuma**

Medidas de seguridad para el personal
· Utilizar el equipo de protección personal establecido en el instructivo de cargas suspendidas.
· Realizar una inspección a los accesorios de sujeción, ganchos, cadenas, eslingas, entre otros; antes del primer ciclo de operación del día.
· No transitar por el área de cargas suspendidas.
· Evitar pararse o caminar en los rodillos del conveyor.
· Sí se necesitara ajustar el gancho sujetador, esto deberá realizarse con los equipos de refrigeración a nivel del suelo.
· Solamente se movilizaran equipos del mismo modelo, para evitar desequilibrios por peso.
· Corroborar que la presión de aire sea la necesaria para los pistones neumáticos.
· Solamente una persona será responsable de la botonera de mando al realizar los movimientos.
· Ubicar la botonera de mando en un lugar adecuado.
· Realizar inspecciones periódicas de todo el sistema transportador.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Medidas de seguridad para equipos de refrigeración

Las medidas de seguridad para evitar daños físicos en los equipos de refrigeración se describen en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Medidas de seguridad para los equipos de refrigeración**

Medidas de seguridad para los equipos de refrigeración
· Coordinar con los operadores cada ciclo de izaje.
· Asignar un equipo de refrigeración a uno, dos o más trabajadores.
· Evitar movimientos bruscos cuando los equipos estén suspendidos.
· Recubrimiento de foami a las planchas de metal del gancho sujetador que estén en contacto directo con los equipos para evitar ralladuras.
· Los puntos de sujeción de la viga debajo del gancho fueron establecidos para cualquier modelo que se desee movilizar con el sistema transportador.
· Existe una altura máxima a la cual los equipos pueden ser elevados, con el fin de evitar oscilaciones perpendiculares a las máquinas MAWI.
· Los equipos necesitan ser girados 180° como último paso del ciclo de manutención e izaje, para evitar inconvenientes, estos serán girados a nivel del suelo a través de una plataforma giratoria.
· Como máximo se pueden movilizar cuatro o dos equipos a la vez, dependiendo del modelo.
· Existe una distancia corta que separa cada uno de los cuatro equipos. Es corta debido a que el área de trabajo es pequeña, sin embargo, esto es de beneficio, ya que en dado caso se topen unos con otros, los golpes no serán fuertes y no habrán abolladuras o hendiduras en la superficie de los refrigeradores.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Utilizando las velocidades propuestas de elevación y traslación para el movimiento de los equipos de refrigeración más recurrentes en las líneas de producción 1 y 2 se logra disminuir 49 segundos en cada ciclo de mantenimiento e izaje. Las velocidades, por seguridad, son las medias que cada ejecutor de movimiento ofrece. El sistema transportador tiene la capacidad de movilizar cuatro equipos en cada ciclo, mientras que los operarios acumulan mayor tiempo, ya que ellos movilizan un equipo a la vez ver tabla X.
2. El diseño del sistema transportador abarca los principales componentes mecánicos, neumáticos, y eléctricos. En la tabla VIII se describe la elección, análisis y diseño de los mismos. Las figuras 18 y 35 describen gráficamente el diseño.
3. La implementación del sistema transportador en el área de espuma de la planta Fogel de Centroamérica erradica los riesgos y lesiones a los que el trabajador está expuesto durante la movilización manual de equipos. Ver tabla XI.
4. La simplicidad del manual de usuario del sistema transportador se debe hacia quienes va dirigido, los operadores del área. Cualquiera de los cinco operarios en cada línea puede estar a cargo de la botonera de mando. Por consiguiente, todos, en determinado momento, tendrán la responsabilidad de los movimientos del sistema. El manual se presenta

en la figura 38. Dicho manual se complementa con los instructivos presentados en las figuras 39 y 40.

RECOMENDACIONES

1. Se debe de utilizar un recubrimiento de material foamy o similiar no menor a 2,5 centímetros de espesor. De tal forma no habrá contacto directo entre metales.
2. Coordinar en cada línea de producción, al inicio del día laboral, el puesto de trabajo responsable de la botonera de mando, para que todos los ciclos de manutención a lo largo del día se realicen de manera ordenada.
3. El área de trabajo debe estar limpia y ordenada para evitar accidentes por obstrucciones durante el ciclo de manutención.
4. La elevación de uno, dos o cuatro equipos de refrigeración se deberá de iniciar con la mínima velocidad que ofrece el polipasto. Partir del reposo con la menor velocidad posible evita riesgos de daños físicos a los equipos.
5. Es importante reducir el tiempo de movilización. Sin embargo, es aún más importante la seguridad del personal, por consiguiente, no deberán de aumentar las velocidades establecidas para cada movimiento que el sistema ejecute.
6. Las personas que están encargadas del ensamble de las piezas principales de un sistema de refrigeración Fogel serán los capacitados con la información del capítulo 4 del informe.

7. El personal de las líneas de producción, hacia quienes va dirigido el diseño de sistema transportador, deberá de tener los instructivos, normas de seguridad y manual de usuario del sistema en formato físico, dentro de la carpeta de documentos varios.

8. Utilizar el equipo de protección personal siempre que el personal esté en horario de trabajo para disminuir riesgo de lesiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABASOLO, Mikel., CORRAL, Javier. & IRIONDO, Edurne. *Diseño de Maquinas*. [en línea]. <<https://ocw.ehu.eus/course/view.php?id=441>>. [Consulta: 3 de julio de 2019].
2. Refrigeración NER. *Manual - Reparación de refrigerador | Refrigeración NER*. [en línea]. <<https://refrigeracionner.com/manual/>>. [Consulta: 15 de julio de 2019].
3. MUÑOZ YUNDA, David *Diseño-y-selección-de-una-viga-para-un-puente-grúa*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/SERGIO0784/disenoyselecciondeunavigaparaunpuentegrúa>>. [Consulta: 5 agosto de 2019].
4. SINGER, Ferdinand. *Resistencia de materiales. 4a ed.* [en línea]. <<https://es.slideshare.net/eden1jonathan/resistencia-de-materiales-singer-13212497>>. [Consulta: 14 de agosto de 2019].
5. Fogel-group.com. *Congeladores, refrigeradores y vitrinas refrigeradas para negocios | Fogel*. [en línea]. <<https://www.fogel-group.com/>>. [Consulta: 25 de agosto de 2019].
6. OSPINO MARTÍNEZ, Antonio Favio. *Soldadura por arco eléctrico*. [en línea]. <<https://studylib.es/doc/4855061/soldadura-por-arco-electrico>>. Consulta 29 agosto 2019>.

