



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

**DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN
COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.**

Carlos Estuardo Nájera Argueta

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN
COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ESTUARDO NÁJERA ARGUETA

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
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 GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha julio de 2010.



Carlos Estuardo Nájera Argueta



Guatemala, 14 de octubre de 2010.
Ref.EPS.DOC.1041.10.10.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Carlos Estuardo Nájera Argueta**, Carné No. 200212131 procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMERICA, S.A.”**.

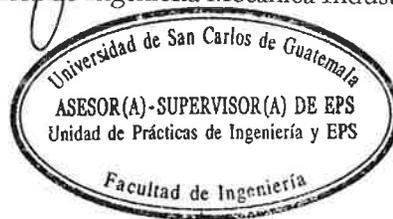
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 14 de octubre de 2010.
REF.EPS.D.658.10.2010

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMERICA, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Carlos Estuardo Nájera Argueta** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

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 Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMERICA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Estuardo Nájera Argueta**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval.

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2010.

/mgp



REF.DIR.EMI.142.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.**, presentado por el estudiante universitario Carlos Estuardo Nájera Argueta, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL Y PLAN DE CONTINGENCIA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.** presentado por el estudiante universitario **CARLOS ESTUARDO NÁJERA ARGUETA**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Ríos
DECANO



Guatemala, febrero 2011.

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme en todos los aspectos de mi vida y por ser mi guía en todos los caminos recorridos.
Mis padres	Brenda y Carlos, por su amor incondicional y por todo su apoyo a lo largo de mi vida.
Mis abuelos	Maria del Rosario, Carlos Horacio Nájera y Angela Recinos, por su cariño, apoyo y ejemplo.
Mis hermanos	Julio y Luis Manuel, por su sincera amistad y apoyo en todo momento.
Mi novia	Michelle Archila, por todo su amor y apoyo en todo momento.
Mis tíos y primos	Con mucho cariño.
Mis amigos	Familias Archila, Huertas, amigos del rancho, con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi asesor

Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel, por su apoyo a lo largo de todo el proceso de EPS y en la finalización de este trabajo de graduación.

**Grupo Fogel de
Centroamérica S.A.**

Por la oportunidad de realizar mi EPS en su prestigiosa empresa.

**Departamento
de Ingeniería de
Manufactura**

Por su apoyo, compañerismo y ayuda en todo momento.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería, por brindarme los conocimientos necesarios para formarme como profesional.

Todas las personas

Que de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1 GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1 Reseña histórica de la empresa.....	1
1.2 Ubicación	3
1.3 Reconocimientos	4
1.4 Visión de la empresa.....	4
1.5 Misión de la empresa	4
1.6 Política de calidad	5
2 FASE TÉCNICO PROFESIONAL (DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL)	7
2.1 Descripción de la situación actual	7
2.1.1 Análisis del sistema actual de volteo.....	7
2.1.1.1 Descripción del proceso	7
2.1.2 Distribución actual del área de ensamble 3.....	8
2.1.3 <i>Layout</i> del área de ensamble 3	11
2.1.4 Bosquejo actual.....	12
2.1.5 Flujo del proceso actual	13
2.1.6 Diagrama de causa y efecto.....	16
2.1.7 Especificaciones de equipos de refrigeración	16

2.1.7.1	Especificaciones del equipo más grande y pesado	18
2.1.7.2	Especificaciones del equipo más angosto	19
2.1.7.3	Especificaciones del equipo de mayor demanda	20
2.2	Descripción de situación propuesta	21
2.2.1	Descripción del proceso propuesto.....	21
2.2.2	Personal involucrado	22
2.2.3	Productividad	23
2.2.4	Diseño del mecanismo de volteo propuesto	24
2.2.5	Diseño del mecanismo de potencia	26
2.2.6	Descripción de sistema hidráulico propuesto.....	26
2.2.6.1	Diseño del sistema hidráulico propuesto.....	27
2.2.7	Especificaciones técnicas	34
2.2.7.1	Sistema hidráulico.....	35
2.2.7.2	Materiales de estructura.....	37
2.2.7.3	Accesorios	38
2.2.8	Planos	40
2.2.8.1	Estructura metálica	40
2.2.8.2	Mecanismo.....	43
2.2.8.3	Área de utilización.....	44
2.2.9	Manejo y funcionamiento del mecanismo	44
2.2.9.1	Instructivos de trabajo	45
2.2.9.1.1	Instructivo de funcionamiento	45
2.2.9.1.2	Instructivo de manejo	49
2.2.10	Indicaciones de seguridad	51
2.2.10.1	Medidas de seguridad al personal operativo.....	51
2.2.10.2	Medidas de seguridad por parte de la organización.....	52

	2.2.10.3	Medidas para la prevención de daños materiales.....	52
	2.2.11	Indicador de seguridad.....	53
2.3		Análisis de costos	55
	2.3.1	Costo de fabricación.....	55
	2.3.1.1	Análisis de costos del sistema hidráulico	55
	2.3.1.2	Análisis de costos de la estructura	57
	2.3.2	Beneficio/costo del proyecto	57
2.4		Mantenimiento	59
	2.4.1	Mantenimiento preventivo	60
	2.4.2	Mantenimiento correctivo	64
	2.4.3	Mantenimiento predictivo	66
	2.4.4	Método de lubricación	68
	2.4.5	Hoja de inspección de maquinaria	70
	2.4.6	Costo Total del servicio de mantenimiento.....	72
	2.4.7	Instructivo de mantenimiento	72
3		FASE DE INVESTIGACIÓN (PLAN DE CONTINGENCIA).....	75
	3.1	Identificación de riesgos en el departamento de producción	75
	3.1.1	Posibles causas de una emergencia.....	75
	3.1.1.1	Incendios	75
	3.1.1.1.1	Principio de incendio	75
	3.1.1.1.2	Incendio generalizado	76
	3.1.1.1.3	Incendio con peligro de explosiones	76
	3.1.2	Derrames de productos químicos.....	76
	3.1.2.1	Identificación del producto.....	77
	3.1.3	Derrumbes	78
3.2		Señalización del departamento de producción	79

3.2.1	Salidas de emergencia	79
3.2.1.1	Definición de salidas de emergencia	79
3.3	Rutas de escape.....	82
3.3.1	Definición del lugar seguro	83
3.3.2	Calculo teórico del tiempo de salida	85
3.3.3	Identificación en <i>layout</i>	87
3.4	Puntos de reunión.....	88
3.4.1	Determinación de puntos de reunión	88
3.4.2	Identificación en <i>layout</i>	88
3.5	Medios de comunicación	89
3.5.1	Guía de emergencia	90
3.6	Equipos de respuesta para el departamento de producción.....	90
3.6.1	Formación de brigadas	91
3.6.1.1	Brigada de primeros auxilios.....	92
3.6.1.2	Brigada contra incendios.....	93
3.6.1.3	Brigada de evacuación.....	95
3.7	Guía de evacuación.....	96
3.7.1	Metodología para realizar simulacros	96
4	FASE DE DOCENCIA (CAPACITACIÓN)	99
4.1	Capacitación.....	99
4.1.1	Detección de necesidades de capacitación	99
4.1.1.1	Detección de necesidades de capacitación para el sistema giratorio de equipos de refrigeración	99
4.1.1.2	Detección de necesidades de capacitación para el plan de contingencia	100
4.1.2	Programa de capacitación	100
4.1.2.1	Diseño del programa de capacitación.....	100

4.1.2.2	Planteamiento de objetivos	101
4.1.2.3	Contenido del programa de capacitación	102
4.1.2.3.1	Presentación del curso	102
4.2	Resultados de capacitación	105
4.2.1	Evaluación de capacitación.....	106
4.2.2	Informe de evaluación de capacitación	108
4.3	Realización de simulacro	117
CONCLUSIONES.....		125
RECOMENDACIONES.....		127
BIBLIOGRAFÍA.....		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de localización de Fogel de Centroamérica S. A.....	3
2.	Secuencia de volteo actual.....	8
3.	Operaciones del área de ensamble 3.....	10
4.	<i>Layout</i> del área de ensamble 3.....	11
5.	Bosquejo actual de la actividad desde diferentes planos.....	12
6.	Flujo del proceso actual.....	13
7.	Diagrama causa y efecto.....	15
8.	Especificaciones del equipo modelo CR-65F.....	17
9.	Especificaciones del equipo modelo JUNIOR-1.....	18
10.	Especificaciones del equipo FROSTER-280.....	19
11.	Diseño propuesto.....	24
12.	Biblioteca de accesorios hidráulicos.....	27
13.	Sistema de activación de cilindros de doble efecto.....	28
14.	Posición de abertura de superficies de agarre.....	29
15.	Posición de cierre de superficies de agarre.....	29
16.	Alimentación de fluido al sistema.....	30
17.	Accionamiento de cilindro vertical.....	31
18.	Accionamiento de actuador giratorio.....	32
19.	Accionamiento de retorno de cilindro vertical.....	33
20.	Bomba hidráulica de motor eléctrico.....	34
21.	Cilindro de doble efecto.....	35
22.	Actuador giratorio.....	35

23.	Válvulas direccionales.....	36
24.	Manómetro.....	37
25.	Válvula limitadora de presión.....	37
26.	Filtro hidráulico.....	38
27.	Estructura metálica.....	39
28.	Estructura metálica de agarre de equipos y pernos guía.....	40
29.	Mecanismo.....	41
30.	Área de utilización.....	42
31.	Instructivo de funcionamiento.....	44
32.	Instructivo de manejo.....	47
33.	Medidas de seguridad al personal operativo.....	49
34.	Medidas de seguridad por parte de la organización.....	50
35.	Medidas para la prevención de daños materiales.....	51
36.	Mantenimiento preventivo.....	57
37.	Cronograma de mantenimiento preventivo.....	58
38.	Orden de trabajo y requisición de materiales.....	59
39.	Solicitud de trabajo.....	61
40.	Mantenimiento predictivo.....	63
41.	Guías horizontales.....	64
42.	Guías verticales.....	65
43.	Hoja de inspección.....	67
44.	Instructivo de mantenimiento.....	69
45.	Etiqueta de identificación de producto.....	73
46.	Salidas de emergencia.....	76
47.	Pasos peatonales.....	77
48.	Salidas de evacuación.....	78
49.	Punto de reunión para el personal operativo.....	80
50.	Punto de reunión para el personal administrativo.....	80
51.	Tiempo teórico de salida.....	82

52.	Rutas de escape.....	83
53.	Puntos de reunión.....	85
54.	Guía de emergencia.....	86
55.	Organigrama de brigadas.....	87
56.	Brigada de primeros auxilios I.....	88
57.	Brigada de primeros auxilios II.....	89
58.	Brigada contra incendios.....	90
59.	Manejo de extintores.....	90
60.	Cronograma de capacitaciones.....	93
61.	Programa de capacitación.....	96
62.	Presentación curso sistema giratorio.....	100
63.	Presentación curso plan de contingencia.....	101
64.	Efectividad de la capacitación.....	103
65.	Informe de evaluación de capacitación.....	105
66.	Plan de evacuación.....	114

TABLAS

I.	Personal involucrado.....	21
II.	Cálculo de días perdidos por accidentes.....	51
III.	Costos sistema hidráulico.....	53
IV.	Costos de instalación.....	54
V.	Costos estructura.....	54
VI.	Valores de inversión.....	55
VII.	Beneficios obtenidos en tiempo empleado.....	55
VIII.	Salario de operario.....	55
IX.	Beneficio anual.....	55
X.	Costos de mantenimiento.....	68

GLOSARIO

Actuadores	Son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica o gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar un elemento final de control como lo son las válvulas.
Bomba	Es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve.
Cilindro	Cuerpo sólido en forma de rollo, limitado por dos planos, que forman las bases. Tubo en que se mueve el émbolo de una máquina.
Conveyor	Faja transportadora utilizada a lo largo de la línea de producción para el flujo de equipos de refrigeración comercial.
Evacuación	Se refiere a la acción o al efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por distintos tipos de desastres, ya sean naturales o accidentales.

Hidráulica	Es una rama de la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos.
Lubricante	Es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.
Mecanismo	Conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticos, cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.
Válvula	Es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue realizado, a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la empresa Fogel de Centroamérica S.A; la cual es una empresa que en la búsqueda de cumplir con la creciente demanda de sus productos, se ha dado a la tarea de buscar mayor productividad y eficiencia en sus líneas de ensamble. Razón por la cual nace la necesidad de la implementación de un sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial.

El sistema giratorio tiene como objetivo el convertir la tarea de volteo de equipo en una tarea ergonómica y segura para las personas encargadas de realizar dicha actividad, además, este diseño proporciona flexibilidad a las líneas de producción eliminando restricciones de tamaño y peso de equipos, dando la libertad al departamento de planificación de programar cualquier equipo en la línea de ensamble donde será implementado el mecanismo.

Otro de los beneficios que ofrece el nuevo sistema giratorio es la eliminación de los riesgos de accidentes y situaciones anti-ergonómicas. También fue posible determinar un beneficio económico obtenido con el ahorro de tiempo invertido en la actividad de volteo y la cantidad de personas que realizan dicha actividad; al ser contrastado con el costo de implementación del proyecto, se obtiene que en dos años se recupera la inversión, lo cuál resulta rentable para la empresa.

También se realizó la creación de un plan de contingencia ante situaciones de riesgo, con el fin de permanecer preparados ante cualquier emergencia y con el principal objetivo de preservar la vida humana. En la

documentación de este plan se determinan, entre otros aspectos, rutas de escape con el respectivo cálculo de tiempo teórico de evacuación, análisis y determinación de puntos de reunión; así como, la organización y capacitación de diferentes equipos de respuesta ante las distintas situaciones que pueden presentarse.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un proyecto de mejora continua enfocado al diseño de un sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial, crear un plan de contingencia ante situaciones de riesgo para preservación de la vida humana e implementar un proceso de capacitación para el personal sobre el funcionamiento, mantenimiento y utilización de un sistema giratorio de equipos de refrigeración comercial.

Específicos

1. Realizar el diseño de un sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial que se adapte a todos los modelos fabricados en la empresa Fogel de Centroamérica S.A.
2. Eliminar las condiciones inseguras de la actividad de volteo de equipos dentro del proceso de producción.
3. Realizar un análisis económico debido a la actividad de volteo de equipos por medio de los operarios, con el fin de obtener la rentabilidad del proyecto.
4. Determinar las salidas y rutas de emergencia ante situaciones de riesgo, tomando a consideración las condiciones mínimas para su implementación.

5. Analizar y determinar los puntos de reunión y medios de comunicación a utilizarse ante cualquier situación de riesgo.
6. Organizar equipos de respuesta ante las distintas situaciones de riesgo.
7. Crear instructivos de funcionamiento, manejo y mantenimiento del sistema giratorio para equipos, con el fin de establecer condiciones ordenadas y controladas sobre estos procesos y capacitar al personal operativo acerca de estos temas.

INTRODUCCIÓN

Fogel de Centroamérica S.A. es una empresa que fabrica y comercializa equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente. Para su proceso utilizan tecnología de punta, materiales de calidad mundial y personal competente. Además, mantienen un proceso de mejora continua. Fogel de Centroamérica se compromete a mantener la satisfacción del cliente, el bienestar de sus colaboradores y la rentabilidad de la empresa.

El presente trabajo de graduación además de ser considerado por la empresa como un proyecto de mejora continua, cumple con el compromiso que mantiene la empresa en lo que respecta al bienestar del colaborador, ofreciéndole el beneficio de la ergonomía en la estación de trabajo.

Entre las actividades a realizarse dentro del proyecto se encuentra un diagnóstico de la situación actual, el cual presentará una perspectiva de cómo se encuentra la organización, las actividades de volteo actuales, y la realización de un diseño giratorio de equipos que permita darle flexibilidad a las líneas de producción para la asignación de equipos, sin importar su tamaño y la eliminación de cansancio y fatiga por parte de los trabajadores.

1 GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN

1.1 Reseña histórica de la empresa

Refrigeración Fogel, nació en Filadelfia, USA en 1899 cuando el padre del Sr. William Fogel empezó a fabricar cajones de madera aislados para preservar alimentos, con un sistema de enfriamiento que funcionaba por medio de hielo colocado en la sección trasera del cajón.

Estos artefactos de refrigeración, tenían la gran ventaja de ser muy económicos en su precio, pero tenían la gran desventaja que enfriaban muy poco, eran de madera y además su aislamiento estaba hecho de papel, aserrín o de corcho.

Posteriormente, con el desarrollo tecnológico de los compresores, los gases refrigerantes y los modernos sistemas de aislamiento, Fogel que, desde sus inicios fue una empresa familiar, en la que trabajaban siete hermanos que directamente se involucraban en la fabricación y ventas, se convirtió rápidamente en uno de los líderes de la refrigeración comercial en los Estados Unidos de Norteamérica, con innovaciones que, hoy en día, son estándares en toda la industria de Refrigeración.

Con la gran visión de Sr. William Fogel y su capacidad para establecer alianzas con empresarios de otros países, Fogel, rápidamente estableció alianzas estratégicas en muchos países, algunos tan distantes como Israel, Francia e Italia, pero con mayor energía y énfasis en Centro América y el Caribe.

En 1967 bajo el liderazgo de don Jacobo Tefel Pasos se fundó Fogel de Nicaragua en sociedad con Sr. William Fogel. En 1981 los problemas políticos forzaron a la familia Tefel a emigrar a Guatemala en donde fundaron Refrigeradores de Guatemala, S. A.

En 2007 la empresa decidió instalar su planta de producción en la zona franca del pacífico. La ubicación en Colombia le permitió a esta empresa reducir sus costos de ventas a este mercado y a otros países como Ecuador, Venezuela y Perú. Allí opera bajo la razón social de Fogel Andina y como primer gran cliente cuenta con pedidos de la multinacional de bebidas SABMiller.

Atiende en la actualidad a los países de Norte América, Centro América, el Caribe, Ecuador Venezuela y Perú siendo sus principales clientes las industrias cerveceras, embotelladoras de bebidas carbonatadas, embotelladora de agua purificada, industrias lácteas y fabricantes de helados.

Fogel de Centroamérica S.A. se encarga de la fabricación, aseguramiento de la calidad y venta de equipos de refrigeración comercial. Cada vez que se necesite fabricar un nuevo modelo o un cambio de los ya existentes, la empresa *Transcold* Ingeniería Guatemala, S.A. realiza el nuevo diseño y proporciona planos, programas para troqueladoras y especificaciones de cada uno de los modelos, de acuerdo a los requisitos solicitados por el cliente.

1.2 Ubicación

La empresa tiene sus instalaciones en el municipio de Mixco, en el departamento de Guatemala, entre las calzadas San Juan y Roosevelt.

Dirección: 3ra Av. 8-92 Zona 3 Lotificación El Rosario, Mixco, Guatemala

Tel.: (502) 2410-5800

Fax: (502) 2431-0133

Figura 1. Mapa de localización de Fogel de Centroamérica S. A.



Fuente: www.maps.google.es

1.3 Reconocimientos

Entre las aprobaciones y recomendaciones recibidas, se cuenta con los de *Underwriters* Laboratorios de los Estados Unidos de Norteamérica (U.L.) quien certifica la calidad eléctrica y estructural de los artefactos eléctricos, de acuerdo a los estándares norteamericanos y canadienses. A través de UL, también se cuenta con la aprobación del estándar de salud, seguridad y protección ambiental N.S.F. (*Nacional Sanitation Foundation*).

1.4 Visión de la empresa

“Ser el mejor proveedor de equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de venta al detalle de productos fríos en América Latina.

Lograr los objetivos propuestos por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de los productos, servicio personalizado, soporte técnico y precios competitivos.”

1.5 Misión de la empresa

“Ser 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.

Utilizar tecnología de punta y materiales de calidad mundial y capacitar al recurso humano para desempeñarse profesional y éticamente, con permanente sentido de urgencia.

Brindar a los clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado. Buscar siempre la satisfacción de los clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de los colaboradores y de la comunidad.”

1.6 Política de calidad

Se fabrica y comercializa equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente.

Se mantiene un proceso permanente de mejora continua.

Compromiso a lograr:

- La satisfacción del cliente
- El bienestar de los colaboradores
- La rentabilidad de la organización
- Protección al medio ambiente en todos los procesos que ejecuta la empresa

La información anterior ha sido proporcionada por la empresa Fogel de Centroamérica.

2 FASE TÉCNICO PROFESIONAL (DISEÑO DE SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL)

2.1 Descripción de la situación actual

A continuación se realiza una descripción de la situación actual referente al sistema utilizado para la actividad de volteo del equipo de refrigeración comercial, entre el cual se considera tanto la descripción del proceso actual como la distribución del área de ensamble 3, el *layout* actual, y el flujo de proceso entre otros.

2.1.1 Análisis del sistema actual de volteo

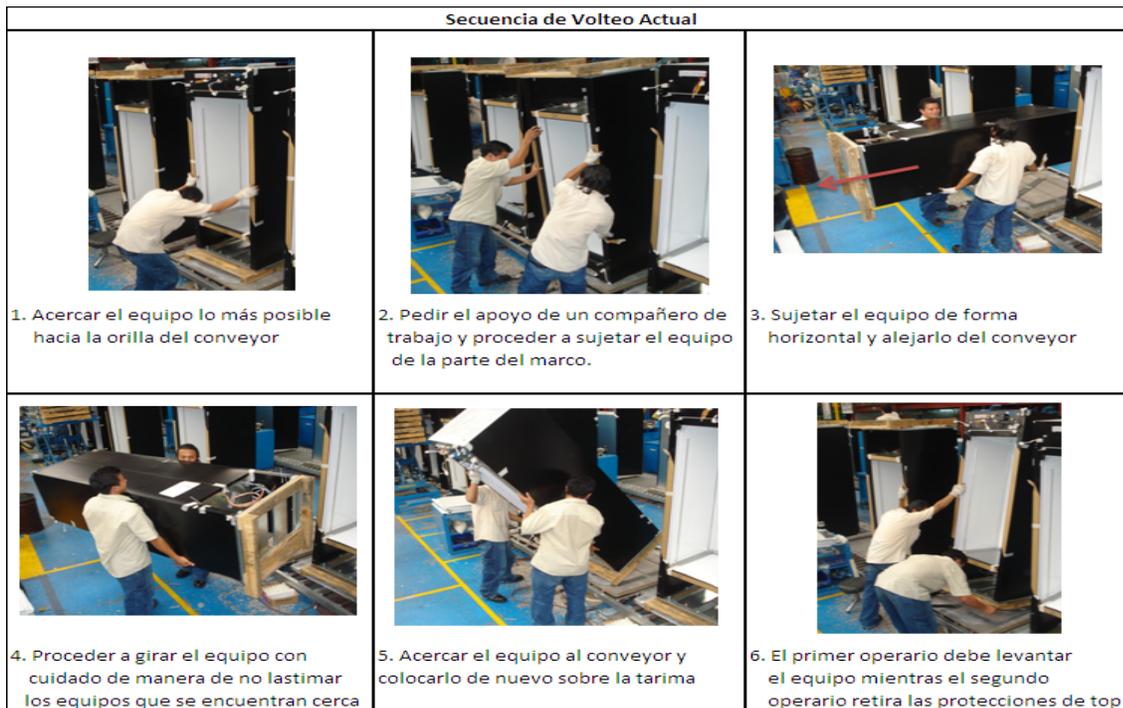
El propósito planteado para el siguiente trabajo de graduación es la recomendación de un sistema giratorio de equipos de refrigeración comercial con el objetivo de convertir la tarea de volteo de equipo en una tarea ergonómica y segura para las personas encargadas de realizar dicha actividad.

2.1.1.1 Descripción del proceso

Como primer paso para realizar el análisis de la situación actual se toma el propósito de la actividad de volteo del equipo de refrigeración. El equipo de refrigeración debe de trabajarse boca abajo durante el transcurso de ensamble 2, que es donde se ensamblan: ventiladores, bafle, base y tarima. Las actividades antes mencionadas deben de realizarse con el equipo boca arriba según la naturaleza del proceso y con el objetivo de aprovechar la fuerza de

gravedad utilizándola a favor de los que realizan la operación. Cuando comienza el ensamble 3 el equipo debe voltearse para seguir su proceso natural en el cual se coloca la unidad condensadora, artefactos eléctricos y las puertas. La principal debilidad de este proceso es la dependencia de un segundo operario para realizar la actividad de volteo del equipo de refrigeración, para lo cual debe de esperarse que este segundo operario termine de realizar sus actividades para poder voltear el equipo. Ver figura 2.

Figura 2. **Secuencia de volteo actual**



Fuente: Departamento de producción, Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.2 Distribución actual del área de ensamble 3

La distribución actual del área de ensamble 3 es uno de los puntos importantes en el análisis de la situación actual ya que comprende las

diferentes operaciones que afectan directamente al proceso. Estas operaciones, antes mencionadas, tienen la ventaja que se encuentran en línea, por lo que se asegura que se trabaja un equipo a la vez. La principal deficiencia de la distribución del área de ensamble 3 es la falta de espacio en la línea de producción, debido a que, tanto el sub-ensamble de unidades condensadoras como el de baffles, se encuentra pegado a la línea, lo cuál provoca que, al momento de realizar la actividad de volteo, estos sub-ensambles estorben en la actividad.

El Ensamble 3 lo conforman 5 diferentes operaciones, las cuales se subdividen en actividades más específicas como se describen a continuación:

Operación 1:

- Volteo del equipo
- Perforaciones de cubre motor
- Colocación de remaches de aluminio
- Colocación de manguera y tapa succión

Operación 2:

- Colocación de unidad condensadora

Operación 3:

- Perforación y remachado de espalda
- Colocación de lámpara de rótulo
- Colocación de lámparas internas
- Colocación de termostato
- Conexión de sistema eléctrico

Operación 4:

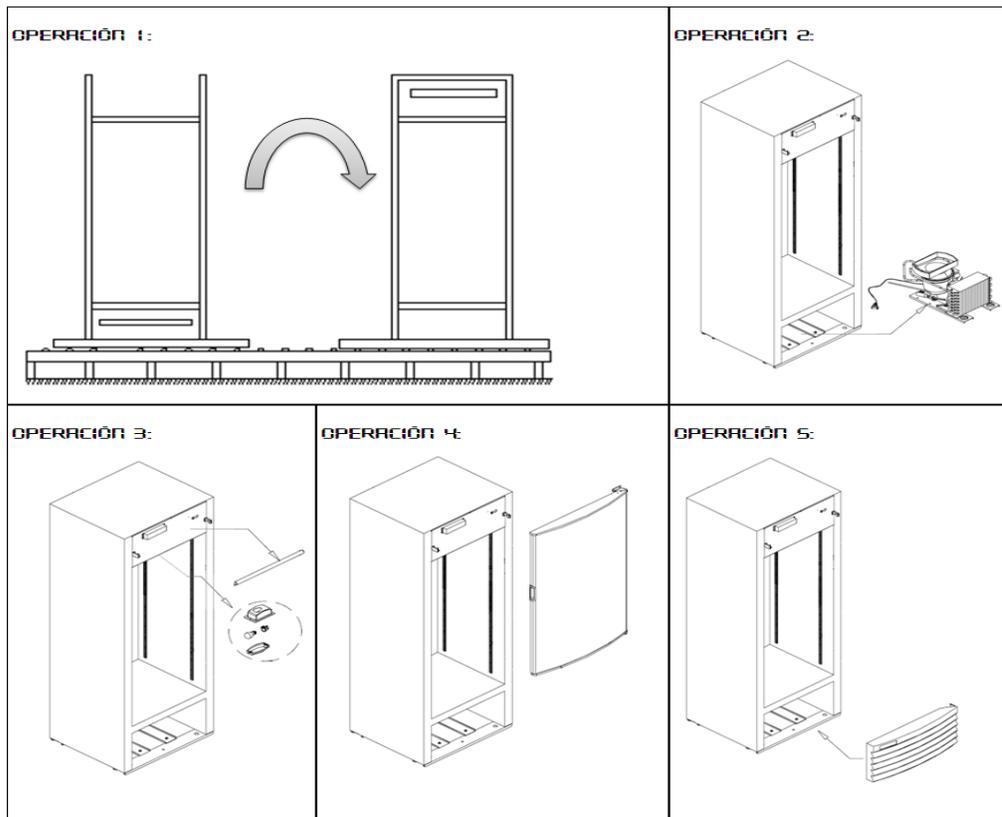
- Colocación de bisagras
- Colocación de puerta
- Colocar descansador de puerta

Operación 5:

- Colocación de cubre motor

La siguiente figura muestra las operaciones que conforman el área de ensamble 3:

Figura 3. Operaciones del área de ensamble 3

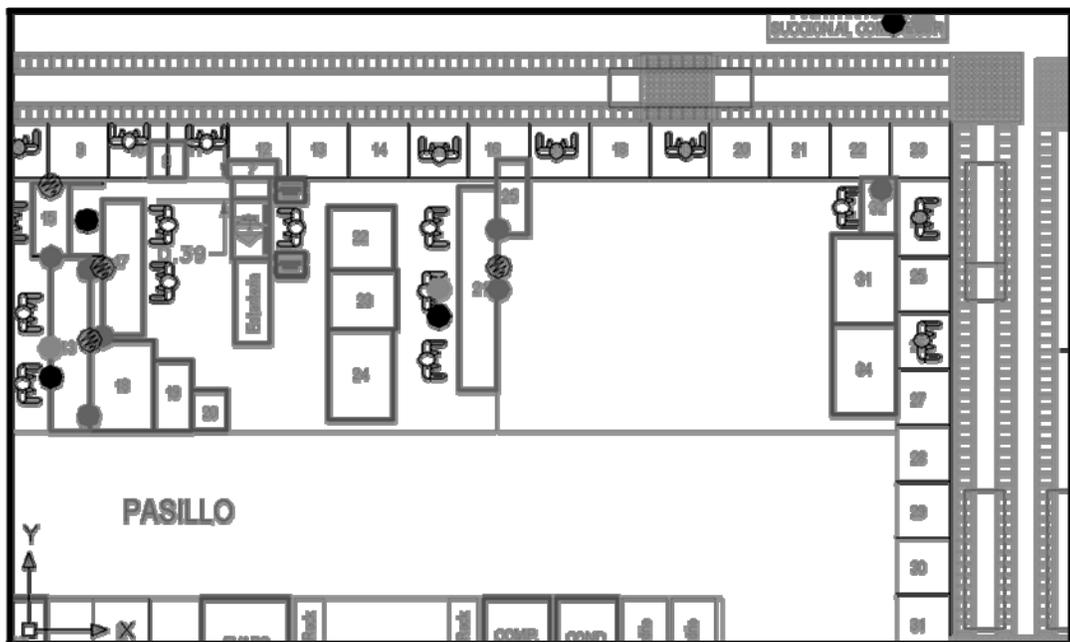


Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.3 *Layout* del área de ensamble 3

Para obtener otro enfoque en el análisis de la situación actual es necesario recurrir a la siguiente herramienta gráfica, la cual permite una mejor visualización de las estaciones de trabajo que integran el área de ensamble 3, razón por la cual se levantó el siguiente *layout*. La distribución actual muestra las áreas de baffles y de unidades condensadoras pegadas a la línea de ensamble, lo cual difiere de un pensamiento esbelto en las líneas de producción, el cual indica que la línea de producción es exclusiva de ensamble y no de actividades y sub-ensambles a realizarse en el proceso de la línea. Ver figura 4.

Figura 4. *Layout* del área de ensamble 3



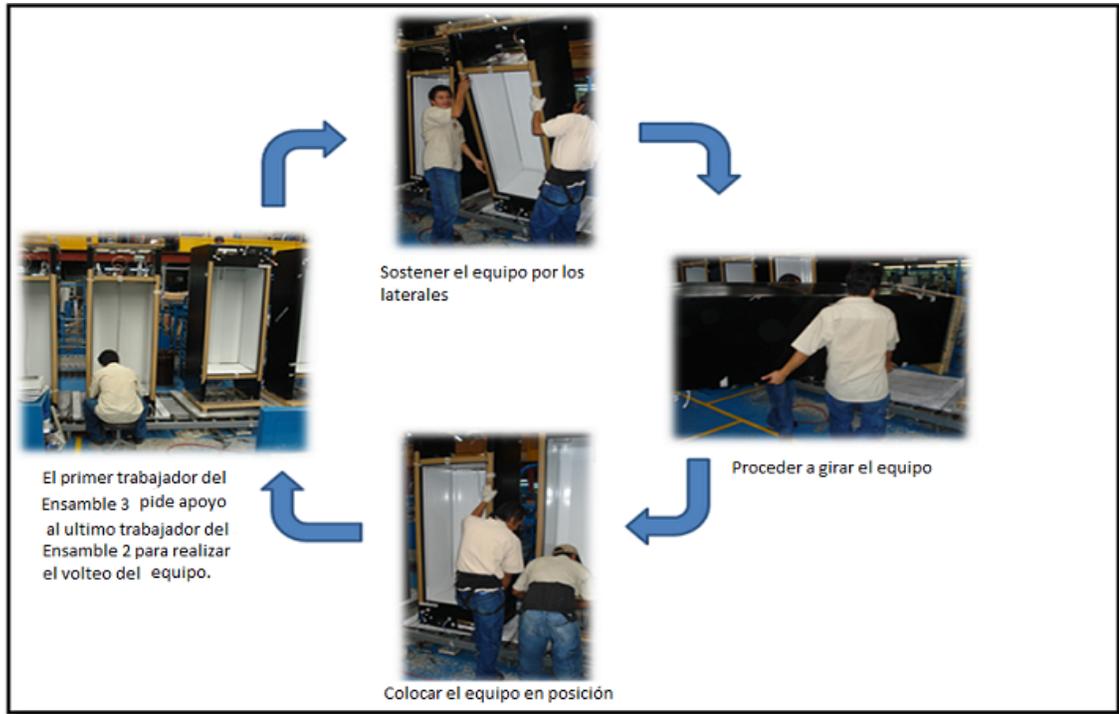
Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

El área de ensamble 3 de la línea A cuenta con un área de dieciocho metros cuadrados para realizar las diferentes actividades de ensamble que la conforman. El área de ensamble 3 se encuentra también conformada por los sub-ensambles de unidades condensadoras y puertas.

2.1.4 Bosquejo actual

Para obtener una mejor perspectiva del actual proceso de volteo de equipos se realiza un bosquejo donde se presenta la actividad desde diferentes planos. El proceso comienza cuando el primer operario del área de ensamble 3 pide apoyo al último operario del área de ensamble 2 para realizar el volteo del equipo. Luego se procede a cerciorarse que no haya personas cerca que estorben la actividad de volteo. Posteriormente ambos operarios sostienen y giran el equipo. Una vez el equipo haya girado se coloca de nuevo el equipo sobre la tarima como se muestra a continuación. Ver figura 5.

Figura 5. **Bosquejo actual de la actividad desde diferentes planos**

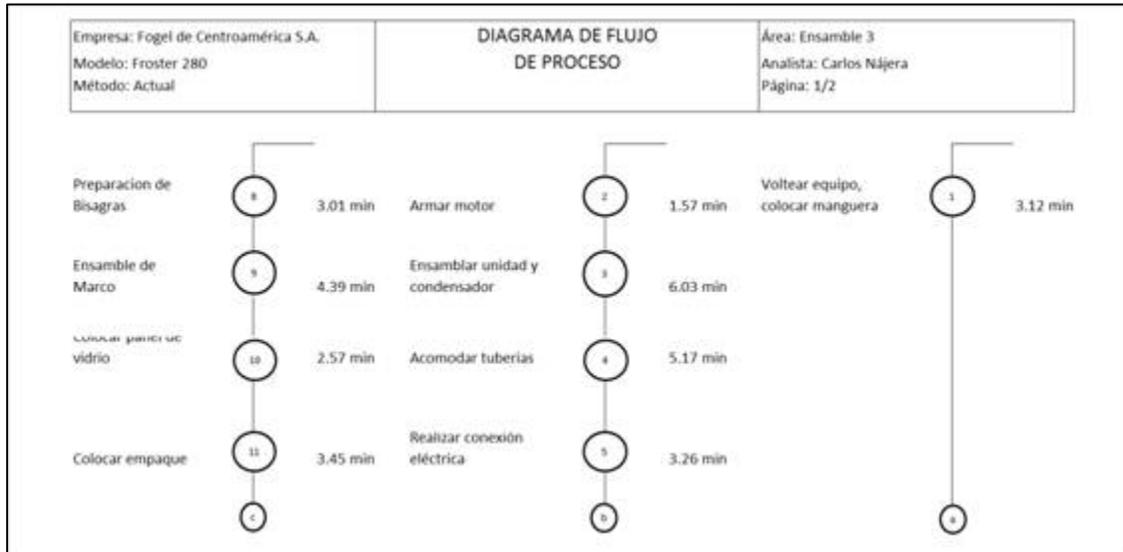


Fuente: proceso de producción, Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.5 Flujo del proceso actual

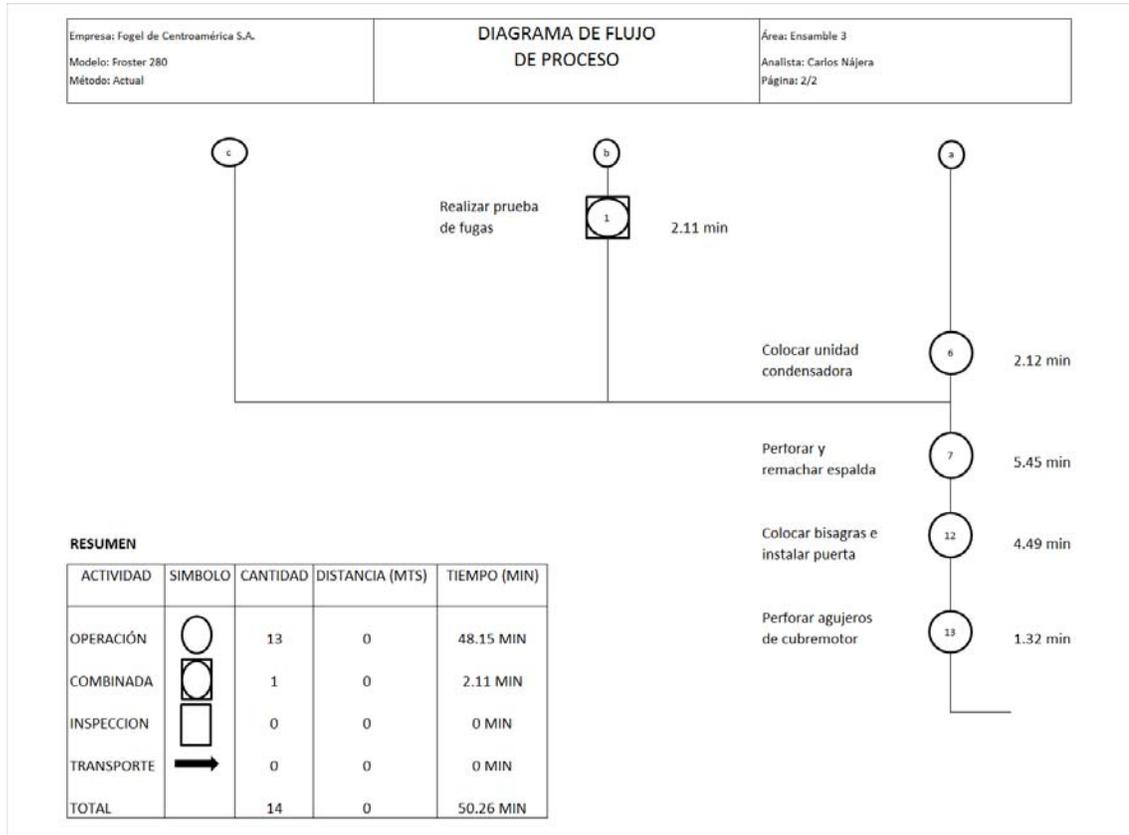
La figura 6, describe el recorrido actual de materiales y productos del proceso de ensamble 3. Con el objetivo de conocer el flujo del área se utiliza un diagrama de operaciones, el cuál es una herramienta útil en la descripción esencial de procesos. Se utiliza el diagrama de operaciones, ya que éste permite describir gráficamente, mediante diversos símbolos, el proceso industrial, con el fin de buscar su comprensión. Esto se realiza ordenando de forma cronológica las distintas etapas que conforman el proceso de ensamble 3. Para la elaboración del diagrama se selecciona el equipo *Froster* vertical como base, siendo éste el equipo de más demanda en el mercado, y por consiguiente del que se tiene mayor producción.

Figura 6. Flujo del proceso actual



Fuente: departamento de Producción, Fogel de Centroamérica S.A.

Continuación figura 6.

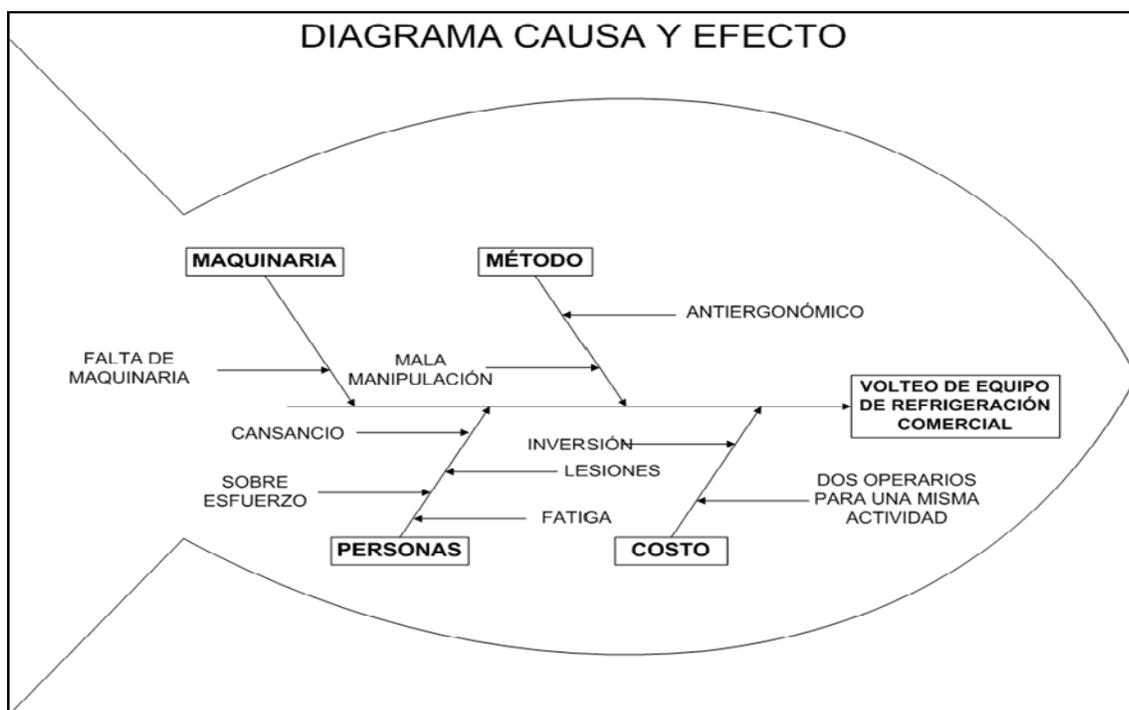


Fuente: departamento de producción, Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.6 Diagrama de causa y efecto

Se utiliza el diagrama de causa y efecto debido a que es una técnica gráfica que permite apreciar las relaciones entre el problema y las posibles causas que contribuyen a que el problema se presente. Ver figura 7.

Figura 7. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

2.1.7 Especificaciones de equipos de refrigeración

Para conseguir el diseño ideal de un sistema giratorio para equipos de refrigeración, se busca darle flexibilidad a las líneas de producción, de modo que el tema de volteo del equipo no sea una restricción en el proceso de

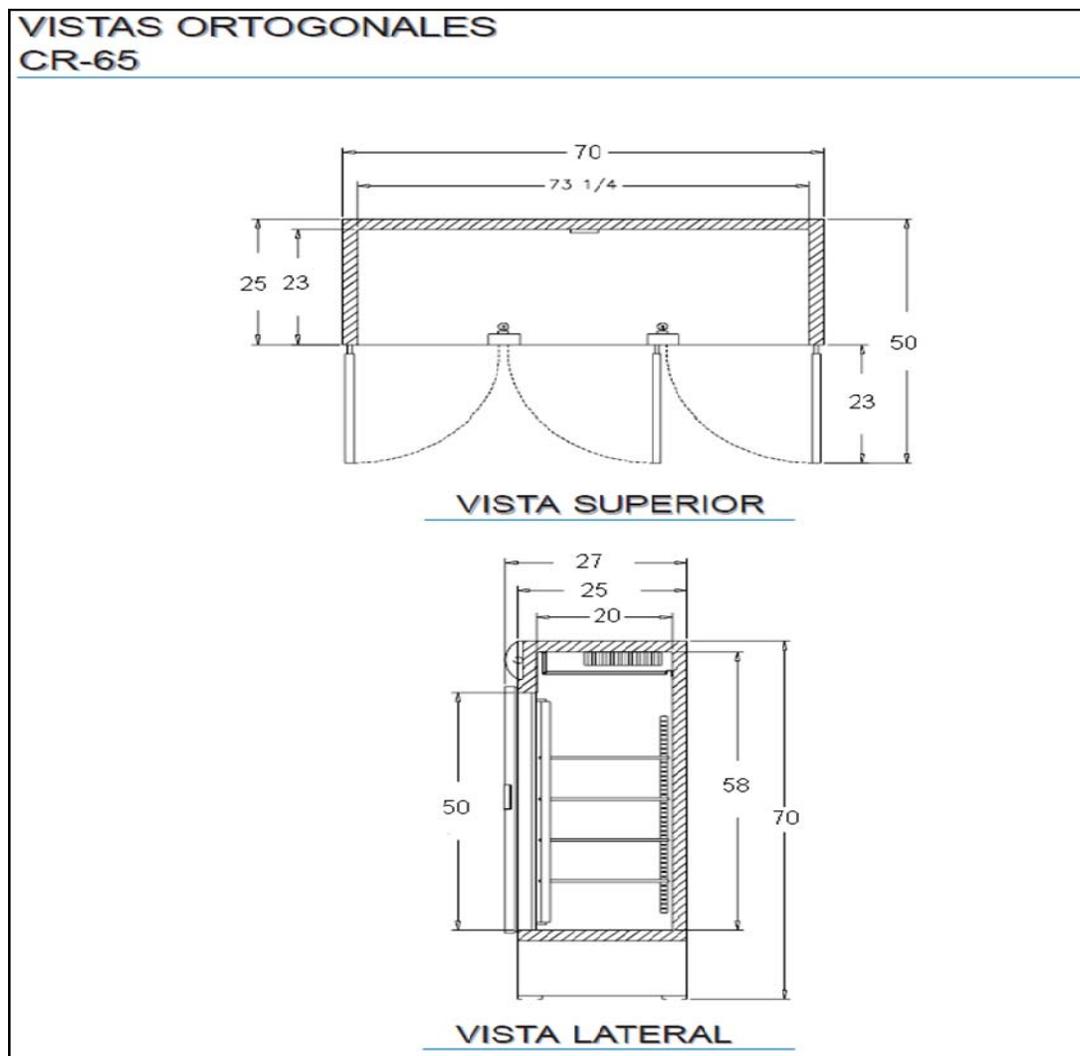
producción. De esta forma el departamento de planificación podrá asignar carga a las líneas de producción sin importar el tamaño del equipo.

Para lograr esto, deben de considerarse las especificaciones de diferentes modelos, los cuales se consideran como críticos, buscando siempre la flexibilidad de ajustar el mecanismo al modelo que se encuentre en la línea de producción. A continuación se presentan las especificaciones tanto de tamaño como de peso de los modelos seleccionados para realizar el diseño.

2.1.7.1 Especificaciones del equipo más grande y pesado

El equipo seleccionado es el modelo CR-65, siendo éste el más pesado (350 Kg) y grande. Además mantiene una demanda regular a lo largo del año. Ver figura 8.

Figura 8. Especificaciones del equipo modelo CR-65

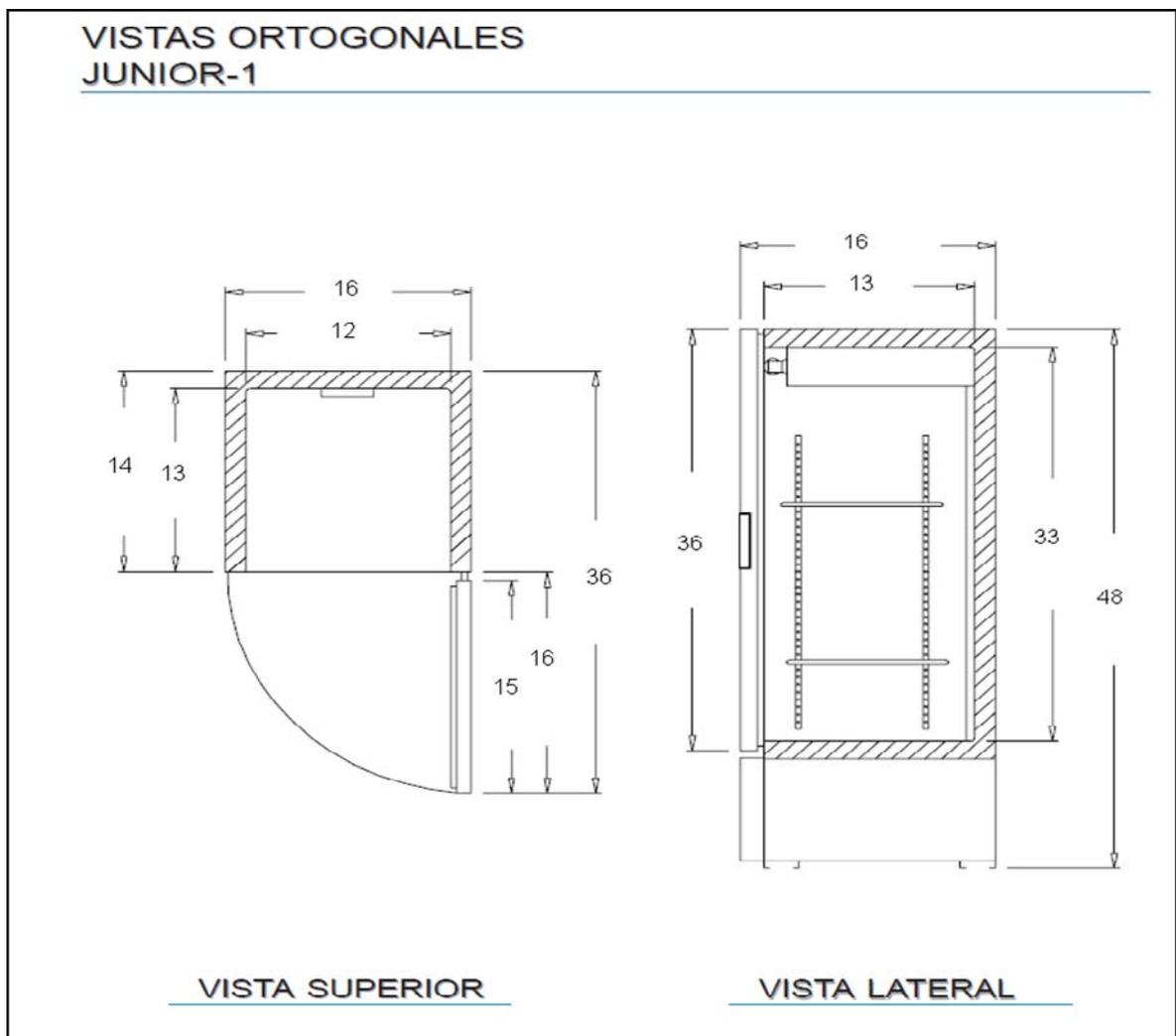


Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.7.2 Especificaciones del equipo más angosto

El equipo seleccionado es el modelo Junior, siendo éste el otro extremo del intervalo a considerar a efectos del diseño, en lo que respecta al ajuste de medidas del sistema de sujeción. Ver figura 9.

Figura 9. Especificaciones del equipo modelo JUNIOR-1

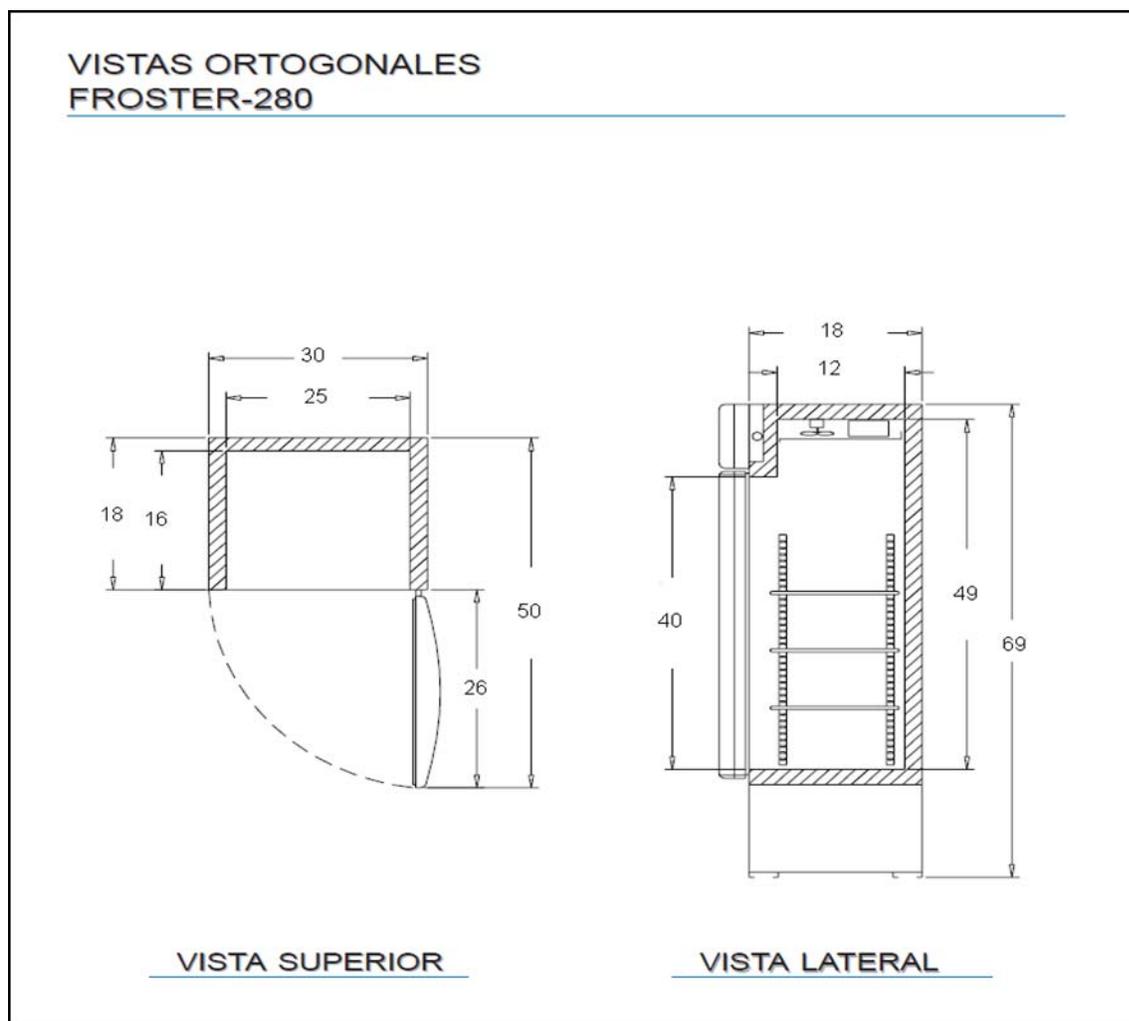


Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.7.3 Especificaciones del equipo de mayor demanda

El equipo seleccionado es el modelo *Froster* vertical, debido a la gran demanda que mantiene, por lo que es considerado uno de los equipos de mayor producción. Ver figura 10.

Figura 10. Especificaciones del equipo FROSTER-280



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

2.2 Descripción de situación propuesta

A continuación se describe la situación propuesta, referente al sistema a ser utilizado para la actividad de volteo del equipo de refrigeración comercial, entre la cual se considera, tanto la descripción del proceso propuesto como el diseño del mecanismo propuesto, diseño del sistema hidráulico propuesto así como, también las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar y los instructivos de trabajo.

2.2.1 Descripción del proceso propuesto

El volteo del equipo es una actividad que no puede ser eliminada debido a la naturaleza del proceso. El diseño del nuevo sistema giratorio para equipos de refrigeración tiene el gran beneficio que la actividad de volteo se convierte en una actividad ergonómica y segura.

Como primer paso, en el *conveyor*, se encontrará marcada el área en la cual debe de colocarse el equipo. Una vez el equipo es colocado en su lugar, el operario del sistema giratorio se cerciorará que no hay más personas cerca para poder activar el mecanismo.

El primer movimiento del sistema giratorio es en forma horizontal, en la cual el equipo es presionado por los laterales. Una vez el equipo se encuentra presionado, el segundo movimiento del sistema es en forma vertical, en el cual los cilindros levantarán tanto la base pivote del sistema como el equipo. Para cada orden de trabajo el sistema giratorio será ajustado, al modelo que corresponde trabajar en línea, de forma de garantizar tanto el agarre del equipo en su centro de masa, como el radio de giro al momento de realizar la actividad.

Una vez el equipo se encuentre en el área a una altura proporcional al radio de giro, el tercer movimiento es realizar el giro del equipo en 180 grados. El último movimiento del sistema giratorio consiste en accionar los cilindros nuevamente (retorno) con el fin de colocar el equipo nuevamente sobre la tarima para que éste pueda seguir con el proceso.

2.2.2 Personal involucrado

En esta sección se hace referencia a todo el personal que participó, ya sea directa ó indirectamente, en el desarrollo del presente trabajo de graduación. El personal involucrado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla I. **Personal involucrado**

Personal:	Involucramiento:
Personal operativo de producción	Brindando información esencial acerca de la problemática y el análisis de la situación actual.
Supervisores de producción	Brindando información esencial acerca de la problemática y el análisis de la situación actual.
Coordinador de seguridad industrial	Mediante asesoría, formación de brigadas y capacitación en la fase de investigación (Plan de contingencia)
Personal de ingeniería de manufactura	Mediante asesoría en la documentación de proyectos de mejora continua
Personal de recursos humanos	Mediante asesoría y brindando los elementos necesarios para realizar las capacitaciones programadas en la fase de docencia (Capacitación)
Personal de Mantenimiento	Mediante la asesoría a lo largo del proyecto, en lo que respecta a la fase técnica (diseño del sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial)

Fuente: elaboración propia.

2.2.3 Productividad

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Con la nueva propuesta del diseño de un sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial se obtiene flexibilidad en la línea de producción permitiendo al departamento de planificación poder asignar modelos de equipos de dos y tres puertas a la línea de producción. Esta condición resultaba ser una limitante debido a que no se cuenta con el mecanismo requerido para realizar la acción de volteo.

De esta forma se obtiene una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios, dando como resultado una mayor rentabilidad para la empresa.

La mejora de la productividad se obtiene innovando en:

Tecnología: mediante la implementación del diseño del sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial.

Recursos humanos: implementando programas de capacitación constante en los siguientes aspectos: Manejo y utilización del sistema giratorio para equipos de refrigeración, plan de contingencia, brigadas y mantenimiento.

Condiciones de trabajo: eliminando las condiciones inseguras en la actividad de volteo de los equipos de refrigeración e implementando un plan de

contingencia para situaciones de emergencia dentro de la planta de producción.

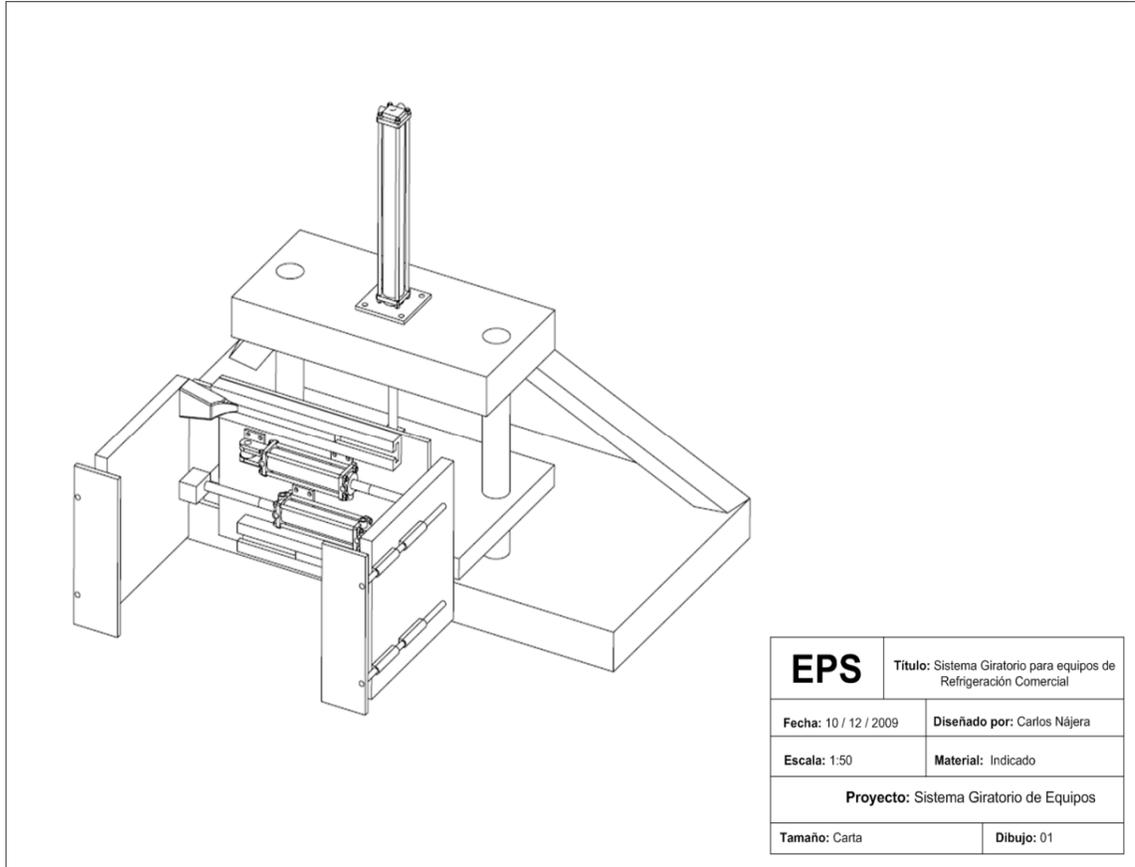
Calidad: eliminando las variables de “no conformidades” referentes a la actividad de volteo.

La eficiencia consiste en el logro de las metas con la menor cantidad de recursos. Considerando como punto de estudio la actividad de volteo de un equipo de refrigeración, se considera un aumento en la eficiencia obteniendo una reducción de recurso al mínimo necesitando ahora solamente un solo operario para realizar el volteo del equipo cuando en el proceso original se requería de dos operarios.

2.2.4 Diseño del mecanismo de volteo propuesto

El mecanismo propuesto es un sistema giratorio, con un sistema de potencia activado por energía hidráulica reforzado por una estructura metálica. Dicho mecanismo será utilizado en el área de Ensamble 3. El diseño propuesto se muestra en la figura 11:

Figura 11. **Diseño propuesto**



Fuente: elaboración propia.

2.2.5 Diseño del mecanismo de potencia

El mecanismo del sistema giratorio será activado por medio de energía hidráulica, la cual brinda transmisión y control de movimiento y de fuerza por medio de fluidos.

Entre las ventajas por las cuales se determinó que la energía hidráulica se utilizará se encuentran las siguientes:

- Tiene la capacidad de transmitir grandes fuerzas y pares
- Proporciona un sistema con un alto grado de seguridad tanto para el operario como para la máquina, lo cual es esencial en esta nueva propuesta
- Proporciona respuesta rápida a la demanda del operario y proporciona medios simples para lo que se refiere al manejo del sistema giratorio

2.2.6 Descripción de sistema hidráulico propuesto

A continuación se presenta el sistema hidráulico propuesto, el cuál es el alma del mecanismo y en él se describen los accesorios hidráulicos a ser utilizados, así como el funcionamiento de cada uno de ellos en el sistema. El aceite a utilizarse para la potencia del mecanismo es el aceite ATF debido a que lo protege del desgaste a altas y bajas temperaturas.

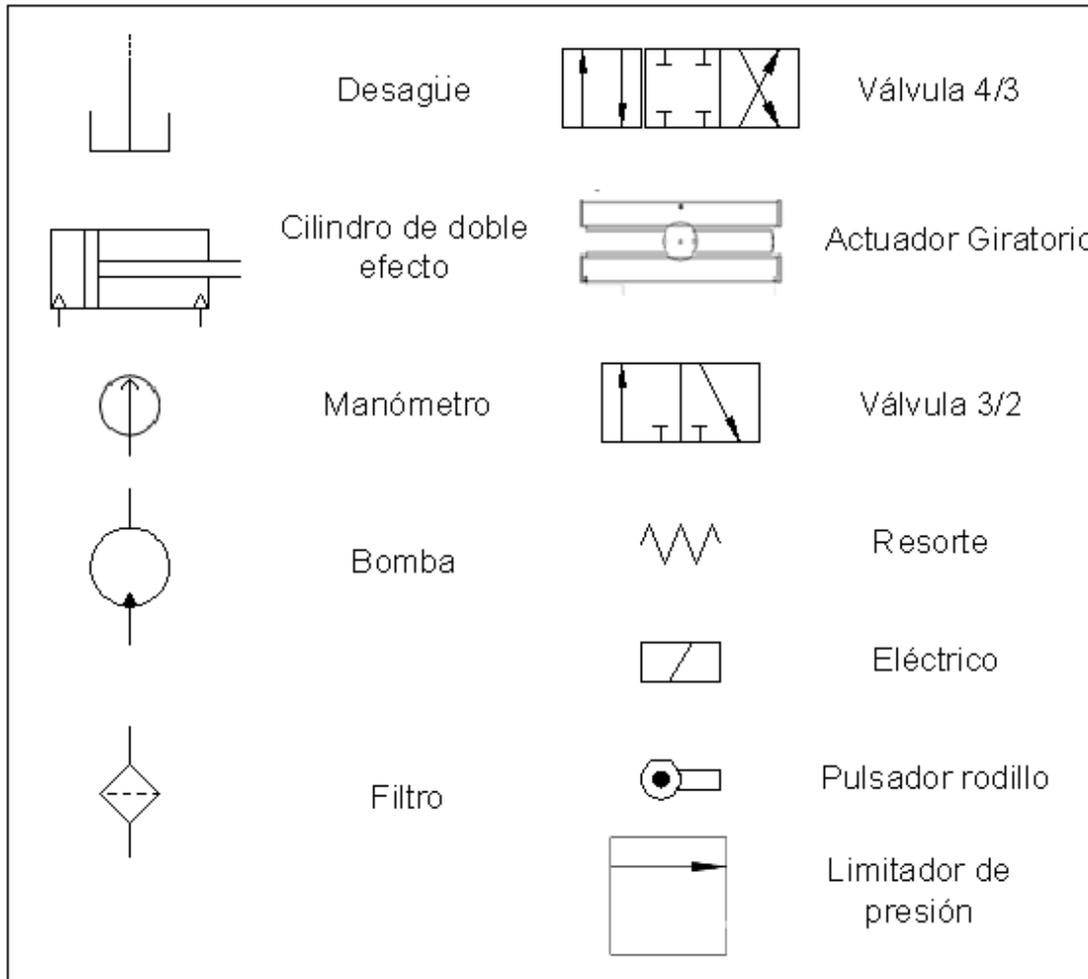
2.2.6.1 Diseño del sistema hidráulico propuesto

El diseño del sistema hidráulico, para este caso, se separa en dos sistemas independientes; los cuales, al unirse, forman el proceso giratorio.

El primer sistema consta de dos cilindros de doble efecto instalados de forma horizontal, los que serán accionados al mismo tiempo; permitiendo al operario abrir las superficies de agarre y cerrar las mismas una vez el equipo se encuentre en la posición requerida. El sistema funciona de forma manual con el objetivo de que las superficies de agarre presionen al equipo sin importar el tamaño del modelo que se encuentre corriendo en la línea de producción.

A continuación se muestra la figura en la cual se muestra la biblioteca utilizada en el programa de simulación.

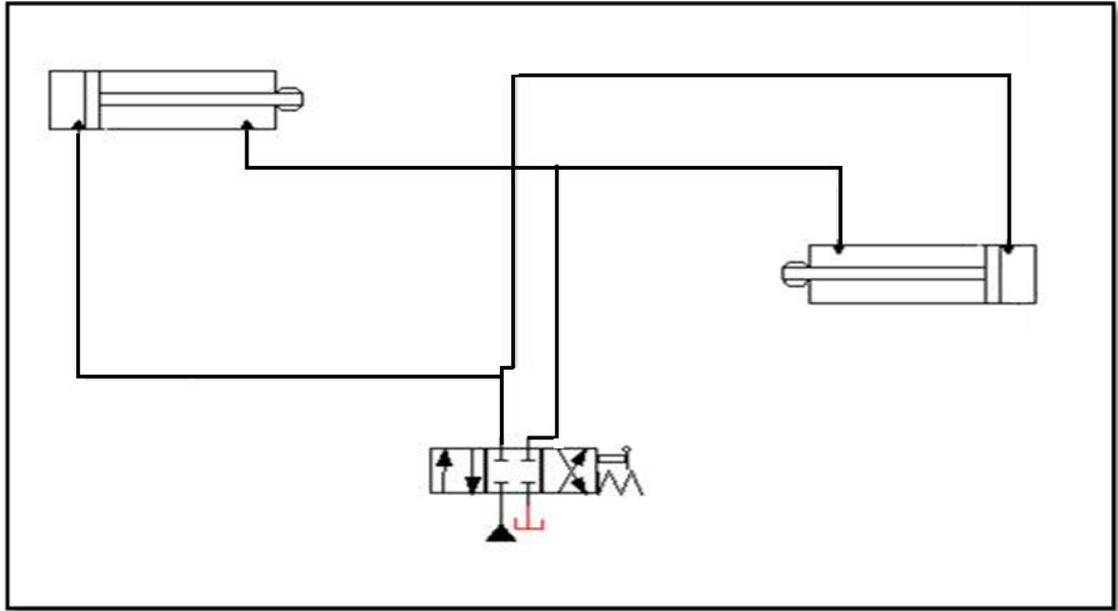
Figura 12. **Biblioteca de accesorios hidráulicos**



Fuente: programa simulador Festo.

La siguiente figura muestra el sistema de activación de cilindros de doble efecto, los cuales son los encargados de realizar el movimiento horizontal con el cuál se realiza la sujeción de los equipos de refrigeración comercial.

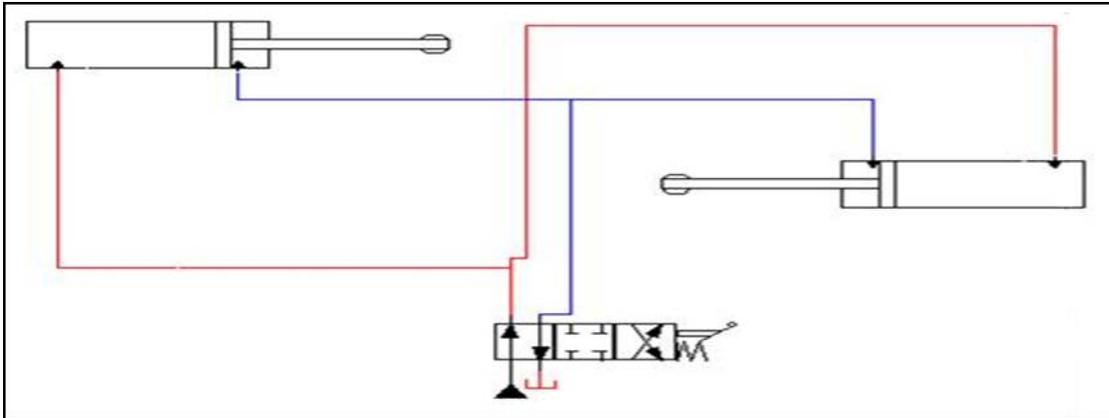
Figura 13. **Sistema de activación de cilindros de doble efecto**



Fuente: programa simulador Festo.

La siguiente figura muestra en color rojo el flujo de fluido cuando el mismo ingresa al cilindro, y en color azul la descarga de fluido por el otro lado del cilindro lo cual provoca el movimiento del mismo. Este movimiento es el que permite que las superficies de agarre se abran permitiendo el espacio necesario para colocar el equipo en posición de volteo.

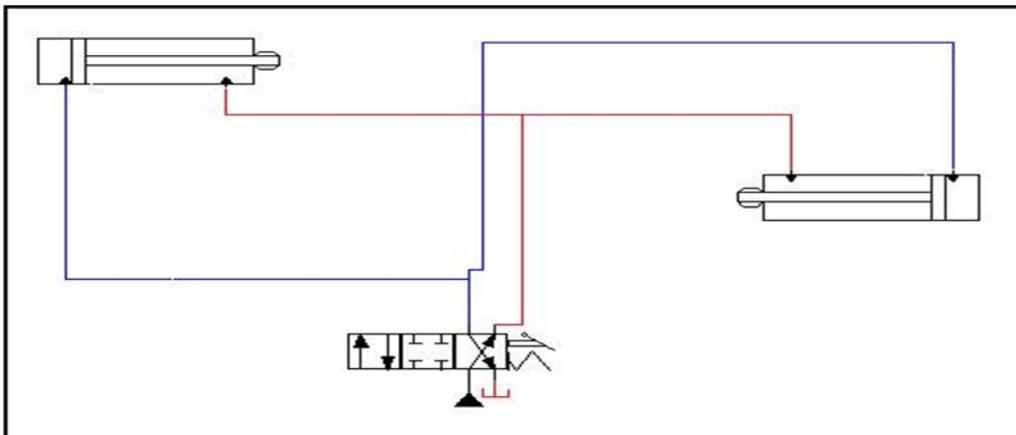
Figura 14. **Posición de abertura de superficies de agarre**



Fuente: programa simulador Festo.

La siguiente figura muestra en color rojo el flujo de fluido cuando el mismo ingresa al cilindro, y en color azul la descarga de fluido por el otro lado del cilindro lo cual provoca el movimiento de regreso. Este movimiento es el que permite que las superficies de agarre se cierren, la distancia pertinente, hasta obtener la presión precisa para sostener el equipo en el aire.

Figura 15. **Posición de cierre de superficies de agarre**

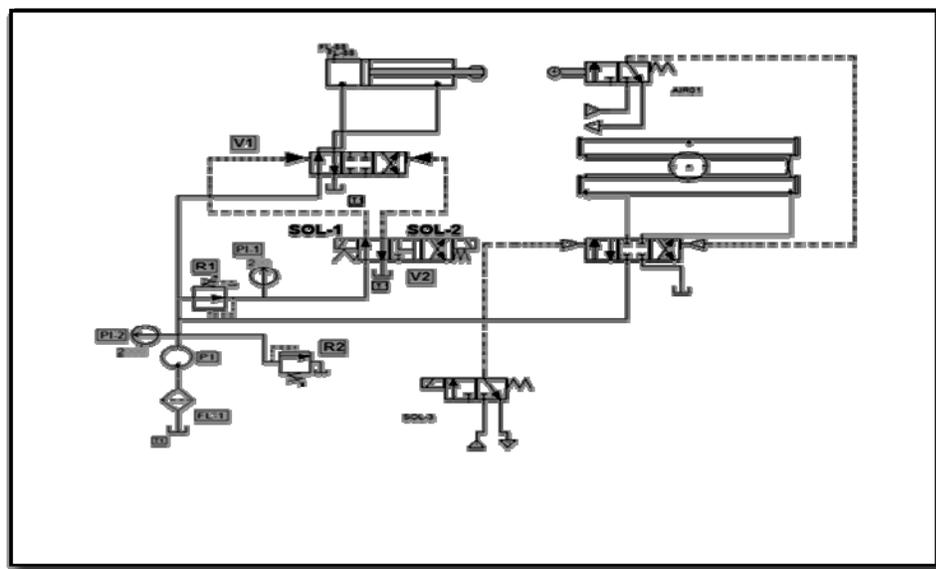


Fuente: programa simulador Festo.

El segundo sistema consta del cilindro principal, el cual dará el movimiento vertical una vez se encuentre sujetado el equipo de refrigeración comercial. Este sistema realiza el movimiento hacia arriba mientras el primer sistema mantiene presionado al equipo de refrigeración. Una vez el cilindro vertical haya regresado por completo (provocando la altura máxima a la que puede ser elevado el equipo de refrigeración) automáticamente se accionará la válvula que permitirá que el actuador giratorio realice el movimiento de giro a 180 grados. A continuación se muestran cuatro figuras que representan el movimiento del segundo sistema hidráulico que conforman el proceso de volteo.

La figura 16 muestra el momento en que la bomba se encuentra accionada, permitiendo la alimentación de fluido al sistema (color rojo). La alimentación de fluido llega al cilindro de doble efecto accionando el mismo y generando el movimiento vertical.

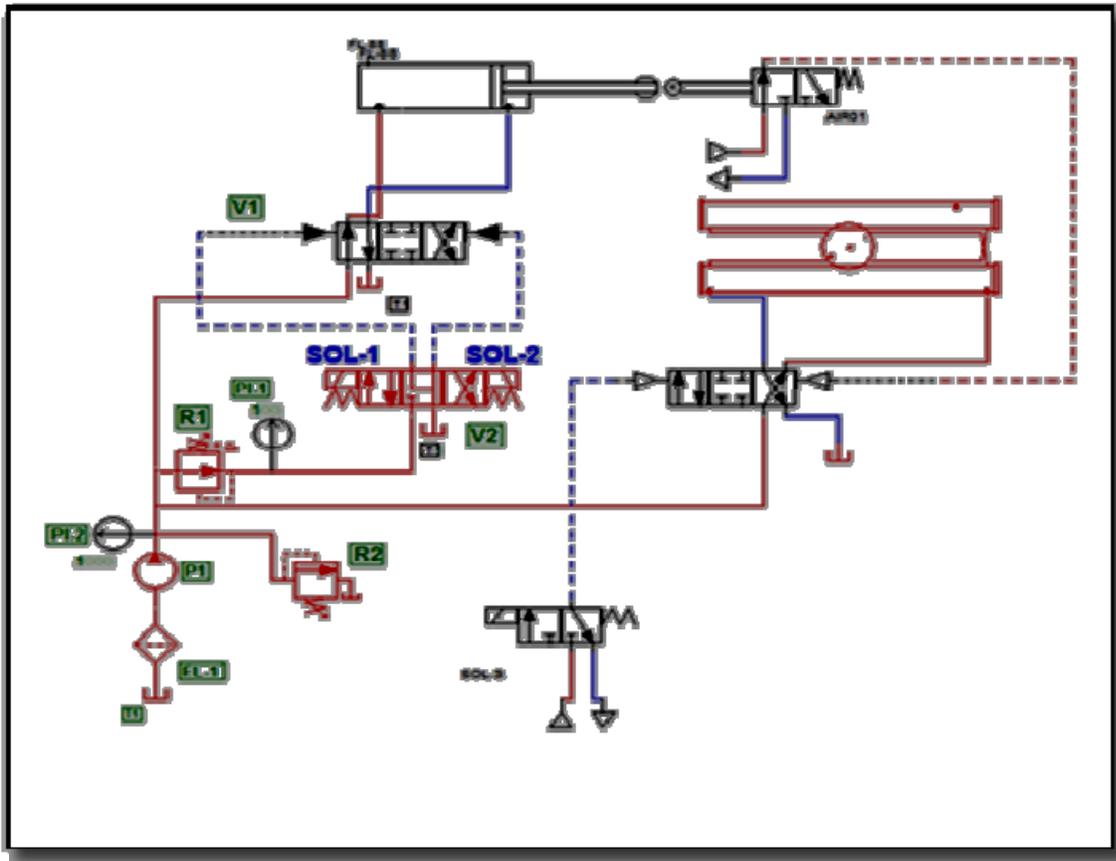
Figura 16. **Alimentación de fluido al sistema**



Fuente: programa simulador Festo

La figura 17 muestra el momento en que el cilindro vertical ha terminado el desplazamiento de la carrera provocando de forma automática la activación del actuador giratorio.

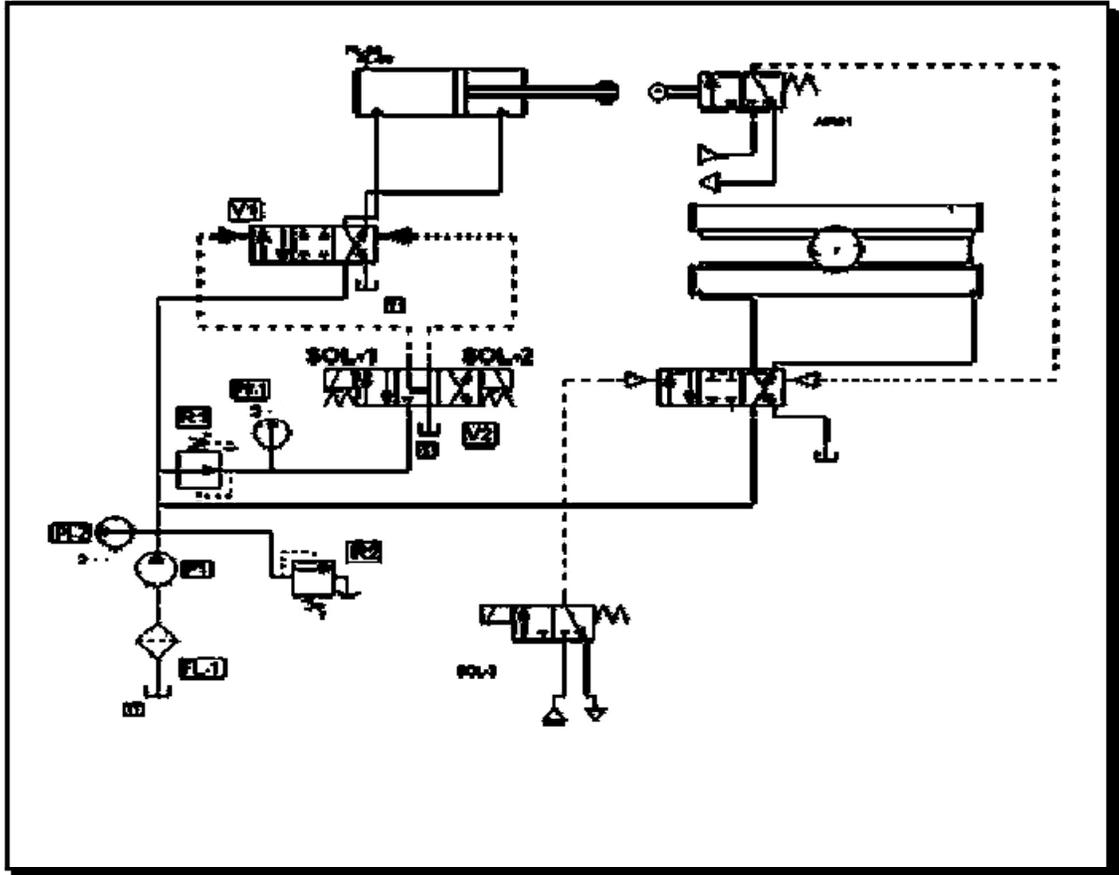
Figura 17. Accionamiento de cilindro vertical



Fuente: programa simulador Festo.

La figura 18 muestra el movimiento del actuador giratorio, el cuál es el encargado de realizar el giro del equipo en un ángulo de 180 grados.

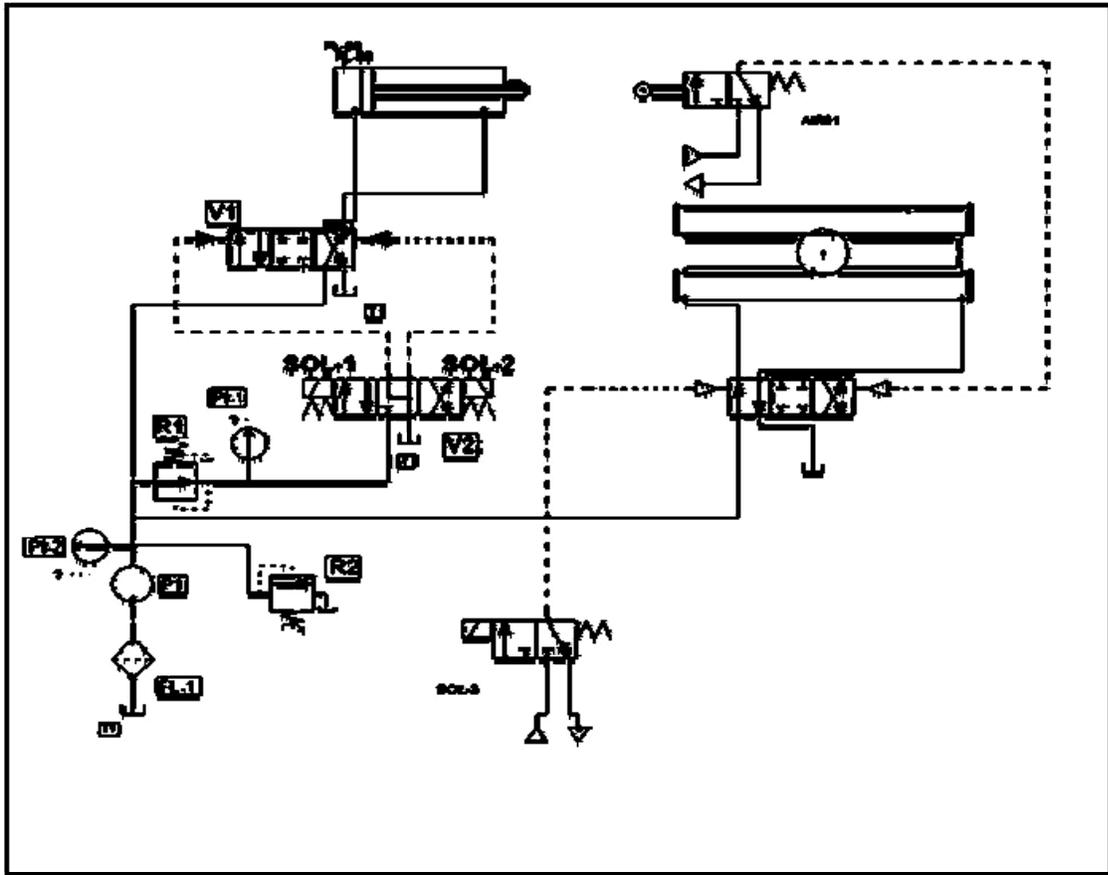
Figura 18. Accionamiento de actuador giratorio



Fuente: programa simulador Festo

La figura 19 muestra el momento en que el actuador giratorio ha terminado el movimiento del giro. Posteriormente se procede a activar de nuevo la válvula que permite el flujo de fluido al cilindro vertical provocando el movimiento vertical inverso.

Figura 19. Accionamiento de retorno de cilindro vertical



Fuente: programa simulador Festo.

2.2.7 Especificaciones técnicas

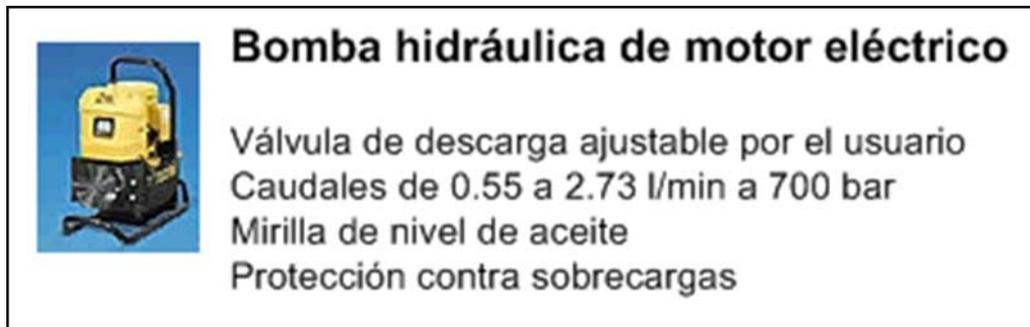
A continuación se presentan las especificaciones técnicas de los accesorios a ser utilizados en el mecanismo giratorio. Las especificaciones técnicas presentan información importante acerca del funcionamiento de cada accesorio.

2.2.7.1 Sistema hidráulico

Bomba

El propósito de la bomba es el proporcionar flujo al sistema hidráulico. La bomba es componente del sistema hidráulico que convierte la energía mecánica transmitida desde un motor eléctrico a energía hidráulica. Se utilizará una bomba de engranajes ya que es compacta, relativamente económica y tiene pocas piezas móviles.

Figura 20. **Bomba hidráulica de motor eléctrico**



Fuente: www.directindustry.es

Cilindros de doble efecto

Los cilindros son actuadores lineales. Su fuerza de salida, o movimiento, se produce en línea recta. Se puede aplicar presión en cualquiera de los puertos, suministrando potencia en ambas direcciones. En el sistema giratorio se utilizan 3 cilindros de doble efecto. Dos cilindros son los que se utilizan de forma horizontal, los cuales son los encargados de abrir y cerrar las superficies de agarre y el otro es el encargado de realizar el movimiento vertical del equipo.

Figura 21. **Cilindro de doble efecto**



Fuente: www.sapiensman.com

Actuador de giro

Se utiliza un actuador de giro, el cual es el encargado de hacer rotar el equipo a 180 grados. Este actuador de giro será accionado automáticamente cuando el actuador lineal vertical ha realizado la carrera completa.

Figura 22. **Actuador giratorio**



Fuente: www.festo.com

Válvulas direccionales

Las válvulas direccionales son las encargadas de determinar la dirección del flujo, son las encargadas de distribuir, interrumpir y permitir pasar o desviar el flujo del fluido. Para el sistema giratorio resultan necesarias tres válvulas 4/3, dos son utilizadas para el movimiento del actuador lineal vertical y la otra para el movimiento del actuador lineal horizontal.

Figura 23. **Válvulas direccionales**



Fuente: www.festo.com

2.2.7.2 Materiales de estructura

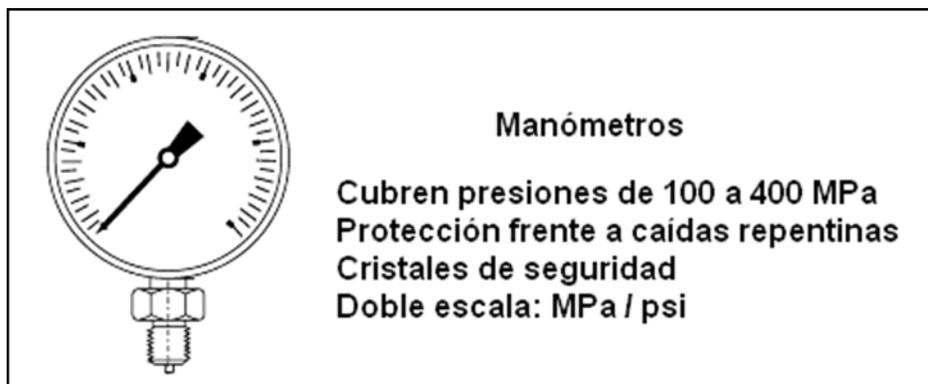
El sistema giratorio se conforma tanto de un sistema hidráulico como una estructura metálica, la cual es la que dará el soporte al sistema. Para la fabricación de la estructura metálica se recomienda apoyarse en el Área de herrería de la empresa con el objetivo de minimizar costos y aprovechar la experiencia del personal.

2.2.7.3 Accesorios

Manómetro

El manómetro es el aparato que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. En el caso del sistema giratorio se utilizan dos manómetros, uno se utiliza para medir el caudal de la bomba y el otro se utiliza después de la limitadora de presión con el fin de mantener el control.

Figura 24. **Manómetro**

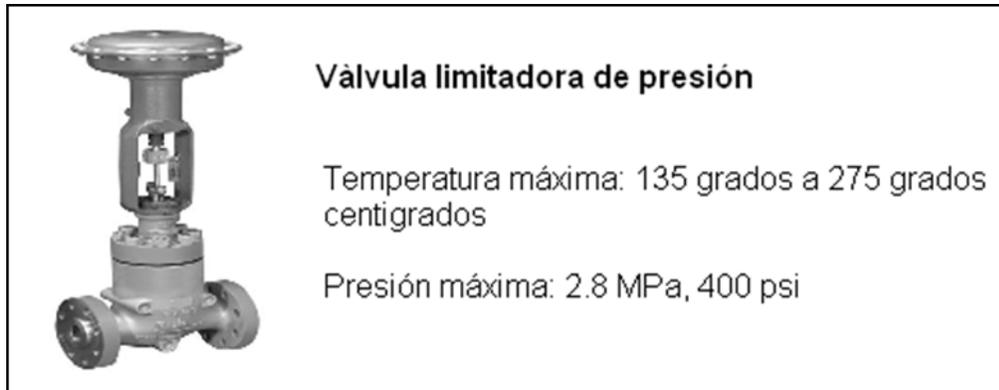


Fuente: www.wikipedia.org

Válvula limitadora de presión

Su función es limitar la presión en el sistema hidráulico a un valor adecuado. Cuando el sistema es sobrecargado la válvula se abre y el flujo de la bomba es descargado.

Figura 25. **Válvula limitadora de presión**



Fuente: www.festo.com

Filtro

Se utiliza un filtro hidráulico empleado para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria. El filtro permite que la vida útil se preserve.

Figura 26. **Filtro hidráulico**



Fuente: www.festo.com

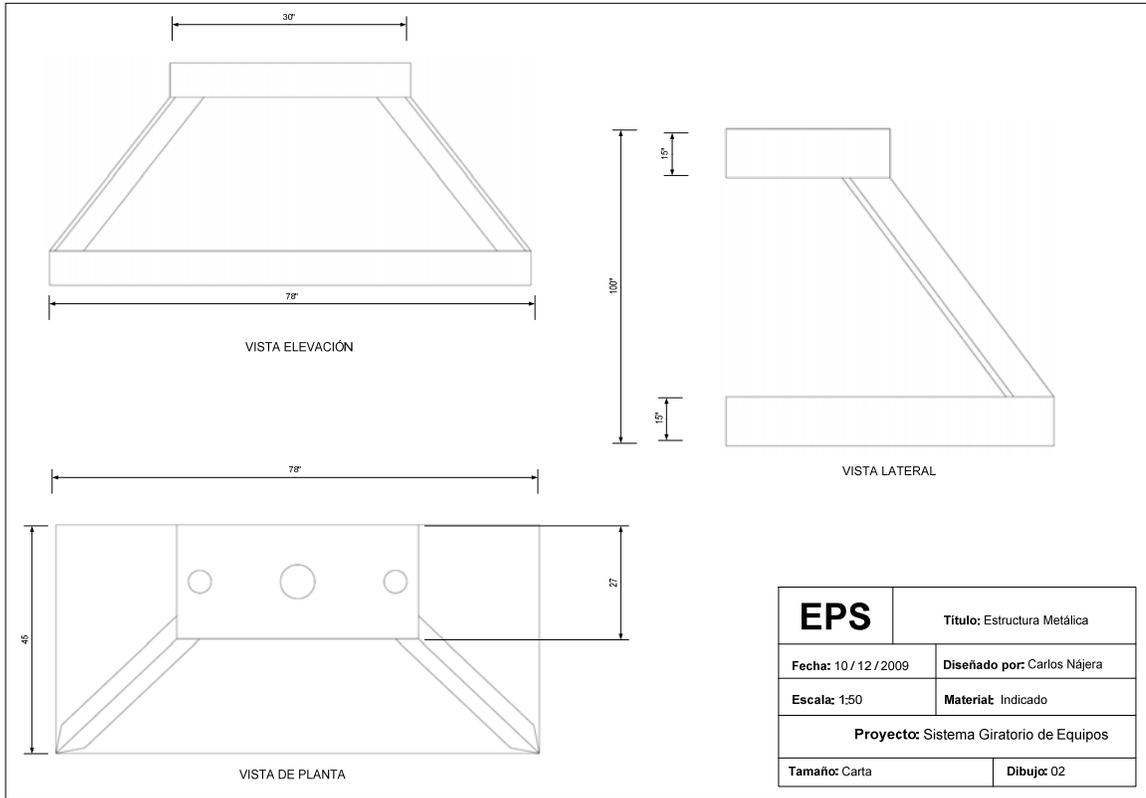
2.2.8 Planos

Todos los elementos y detalles que se utilizarán en el diseño del sistema giratorio para equipos serán plasmados en un plano, en el cual se presentarán las vistas en planta, lateral y elevación.

2.2.8.1 Estructura metálica

El plano de la estructura metálica se refiere al diseño que soportará, tanto los accesorios hidráulicos, como el mecanismo de potencia. La estructura metálica se fabricará de un angular con medidas de 2"x2"x1/4", en lo que se refiere al marco. Los tensores de angular tendrán las medidas de 2"x2"x1/4". Las patas para la altura de los equipos será de tubo cuadrado de 4"x4"x1/4" con base para anclaje de lámina de 1/2". El diseño de la estructura metálica se presenta en la figura 27:

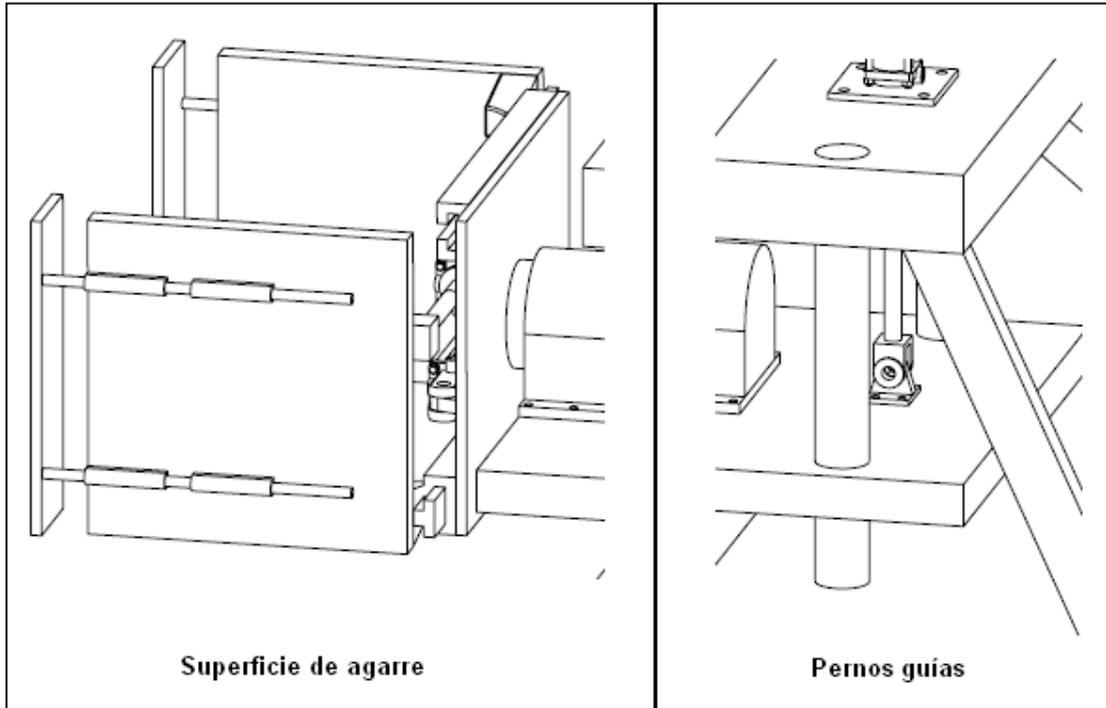
Figura 27. Estructura metálica



Fuente: elaboración propia.

La estructura de la lámina de agarre del equipo será de plancha de Nylamid de 1" de espesor por 24" de ancho por 36" de largo. Y los pernos guías serán de acero 705 con un diámetro de 5/8" de espesor por 24" de largo.

Figura 28. **Estructura metálica de agarre de equipos y pernos guía**

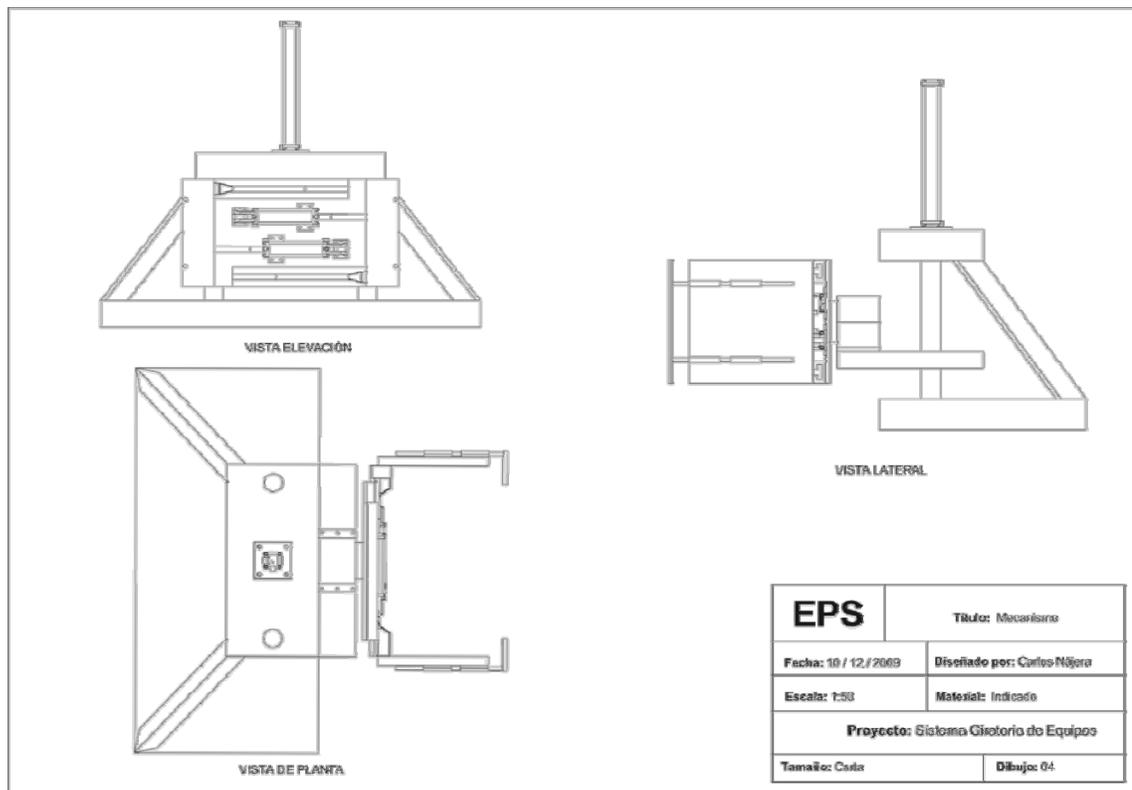


Fuente: elaboración propia.

2.2.8.2 Mecanismo

El plano del mecanismo se refiere al diseño en sí del sistema giratorio. En este se presentan los diferentes movimientos de giro como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Mecanismo

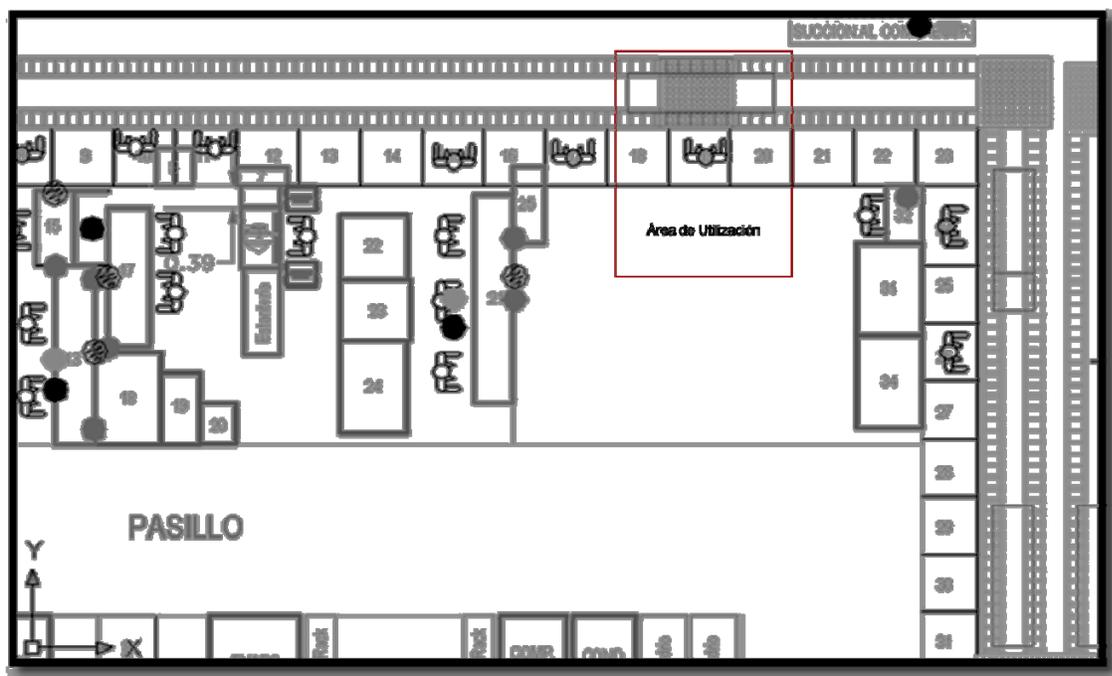


Fuente: elaboración propia.

2.2.8.3 Área de utilización

El área de utilización se refiere al área en la cual será implementado el sistema giratorio, entendiéndose ensamble 3. En este *layout* del área de utilización se muestra el espacio mínimo requerido para la actividad de volteo del equipo. El área se muestra en la figura 30:

Figura 30. Área de utilización



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

2.2.9 Manejo y funcionamiento del mecanismo

El manejo y funcionamiento del mecanismo se describe a continuación mediante la creación de instructivos.

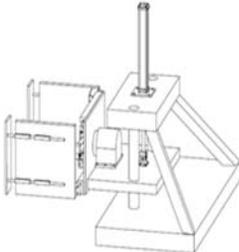
2.2.9.1 Instructivos de trabajo

Los instructivos de trabajo son la guía proporcionada mediante la cuál se le brinda al trabajador el apoyo documental acerca del funcionamiento del nuevo sistema, así como de las instrucciones a seguir para la correcta implementación del proceso.

2.2.9.1.1 Instructivo de funcionamiento

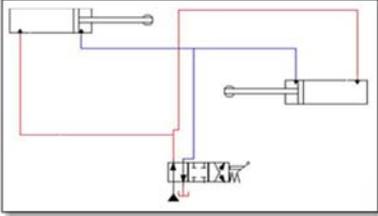
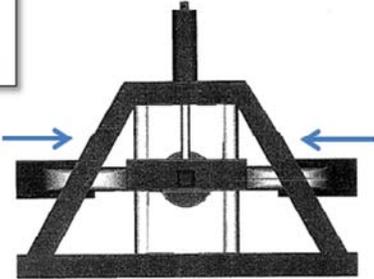
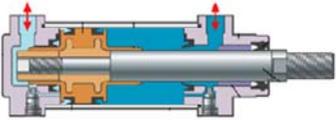
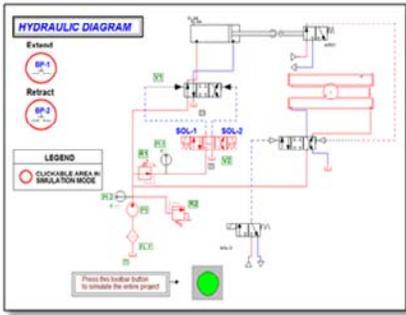
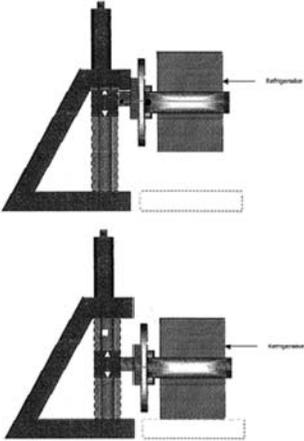
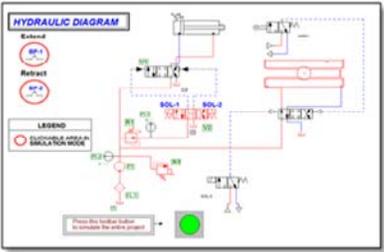
Es el instructivo que presenta por pasos el funcionamiento del nuevo sistema giratorio. El instructivo de funcionamiento se presenta a continuación:

Figura 31. Instructivo de funcionamiento

<h1>INSTRUCTIVO DE FUNCIONAMIENTO</h1> <h2>SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN</h2> 		
Elaborado por: Carlos Nájera		Código:
Versión: 1		Aprobado por:
Revisado por:		
<p>PROPOSITO Proporcionar una guía para el conocimiento del proceso de Funcionamiento referente al Sistema Giratorio para Equipos de Refrigeración.</p> <p>ALCANCE Aplica al área de Producción y Mantenimiento</p> <p>RESPONSABILIDAD Es responsabilidad del usuario: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo realizando a cabalidad las operaciones contenidas en él.</p> <p>Es responsabilidad del Jefe de Área: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo y designar al personal idóneo para realizar las operaciones contenidas en él Realizar los cambios respectivos a este instructivo cuando sea pertinente.</p>		

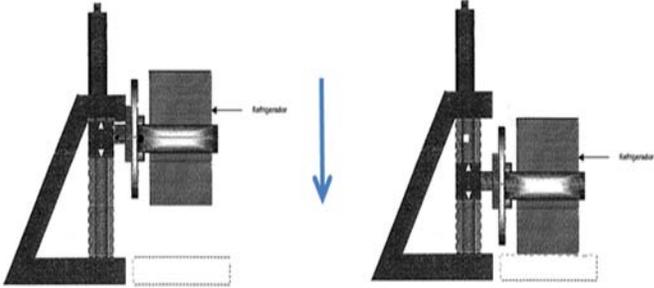
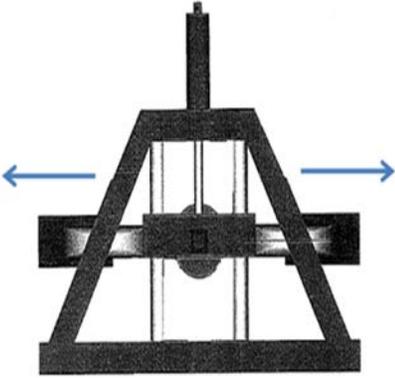
Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 31

Instructivo de funcionamiento		
<p>El mecanismo propuesto es un Sistema Giratorio, con un sistema de potencia activado por energía hidráulica reforzado por una estructura metálica.</p> <p>El sistema hidráulico se divide en dos sub-sistemas.</p>		
		
<p>El primer sub-sistema activa se activa por medio de una palanca. La palanca realiza el movimiento de las válvulas, las cuales permiten el paso de fluido proveniente de la bomba a una presión establecida.</p> <p>El paso de fluido se realiza a ambos cilindros horizontales simultáneamente, los cuales son los encargados de la sujeción del equipo. La imagen muestra en color rojo las líneas de alimentación de fluido hacia los cilindros.</p>		<p>Los cilindros utilizados son de doble efecto razón por la cual al momento de ingresar fluido por uno de los lados del cilindro, por el otro lado del cilindro se realiza la evacuación del fluido que se encontraba del otro lado, provocando de esta forma el movimiento del pistón, el cual es el encargado de dar el movimiento a las superficies de agarre.</p>
		
<p>El segundo sub-sistema controla el actuador vertical y el actuador giratorio de la siguiente manera: Una vez se tiene la presión necesaria para agarrar el equipo se procede a activar el mecanismo accionando el botón localizado en el control de mando. Al presionar este botón se activa la válvula que deja pasar el fluido alimentado por la bomba hacia el actuador lineal vertical prociendo el movimiento vertical al momento que el fluido ingresa por un lado del cilindro mientras que descarga por el otro lado.</p>		<p>Al momento en que el actuador lineal vertical realiza la carrera completa hacia arriba (levantando el equipo) automáticamente se activa el mecanismo que hace funcionar el actuador giratorio provocando que el equipo de refrigeración gire a 180 grados.</p>

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 31

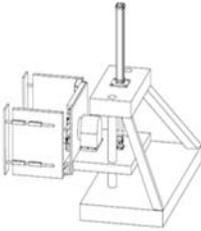
 <p>Al momento de concluir el giro a 180 grados, automáticamente el sistema procederá a activar el actuador lineal vertical provocando que el cilindro actúe de reversa y baje el equipo.</p>	<p>Se debe de percatar que no se encuentren personas cerca del mecanismo mientras el mismo se encuentra en funcionamiento.</p>
 <p>Cuando el equipo se encuentra abajo, se activa de nuevo el primer sub-sistema, únicamente que esta vez activado por una palanca independiente la cual realiza el movimiento contrario de los actuadores lineales horizontales, lo cual provoca que las superficies de agarre se separen y de esta forma liberen el equipo.</p>	

Fuente: elaboración propia.

2.2.9.1.2 Instructivo de manejo

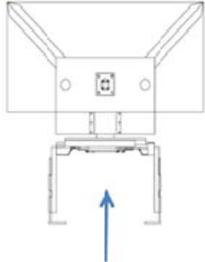
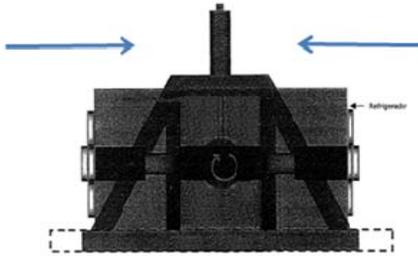
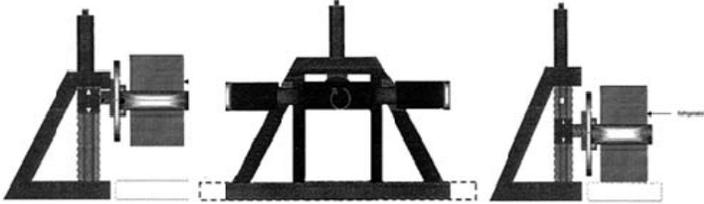
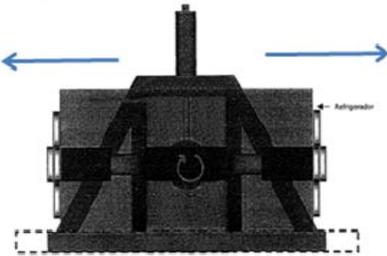
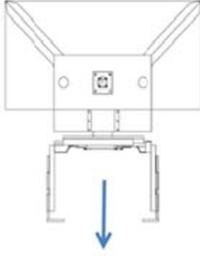
Es el instructivo que presenta por pasos el manejo adecuado del nuevo sistema giratorio. El instructivo de manejo se presenta a continuación:

Figura 32. Instructivo de manejo

INSTRUCTIVO DE MANEJO		
SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN		
		
Elaborado por: Carlos Nájera		Código:
Versión: 1		Aprobado por:
Revisado por:		
PROPOSITO Proporcionar una guía para el proceso de utilización referente al Sistema Giratorio para Equipos de Refrigeración.		
ALCANCE Aplica al área de Producción		
RESPONSABILIDAD Es responsabilidad del usuario: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo realizando a cabalidad las operaciones contenidas en él.		
Es responsabilidad del Jefe de Área: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo y designar al personal idóneo para realizar las operaciones contenidas en él Realizar los cambios respectivos a este instructivo cuando sea pertinente.		

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 32.

Instructivo de Manejo	
<p>A continuación se muestran los pasos a seguir para la correcta utilización del sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial.</p>	
<p>PASO 1</p>  <p>Proceder a colocar el equipo de refrigeración en la posición de volteo, deslizando por medio del conveyer hacia dentro de las superficies de agarre.</p>	<p>PASO 2</p>  <p>Una vez el equipo se encuentra en la posición deseada se procede a accionar el mecanismo por medio de la palanca. Queda a criterio del operador la presión que le proporcionará a las superficies de agarre según la capacitación brindada para el agarre del equipo.</p>
<p>PASO 3</p>  <p>Una vez proporcionada la presión deseada al equipo para que el mismo no se resbale de la superficie, se procede a accionar la segunda parte del mecanismo. Esta segunda parte del sistema hidráulico se encargará de levantar el equipo. Una vez el cilindro haya realizado la carrera completa, automáticamente procederá a rotar el equipo en un ángulo de 180 grados. Al terminar de rotar los 180 grados, automáticamente el diseño hidráulico procederá a bajar el equipo.</p>	<p>PASO 4</p> <p>Debe cerciorarse que nadie se encuentre cerca del mecanismo mientras éste realiza la operación de giro.</p>
<p>PASO 5</p>  <p>Una vez el equipo se encuentra abajo, proceder a accionar el mecanismo por medio de la palanca mostrada en la imagen. Esta palanca accionará los dos cilindros horizontales permitiendo que las superficies de agarre se retiren y procedan a liberar el equipo.</p>	<p>PASO 6</p>  <p>Por último proceder a retirar el equipo del área marcada para realizar el giro del equipo y colocarlo en posición para que siga el trayecto de la línea de producción.</p>

Fuente: elaboración propia.

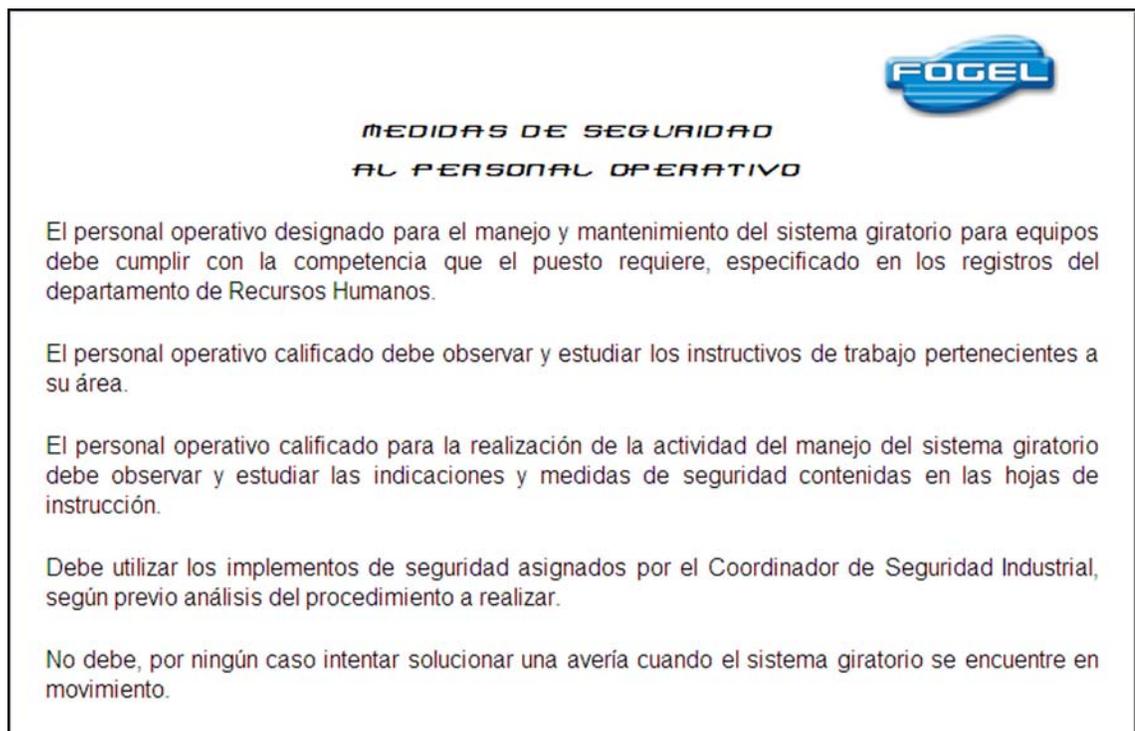
2.2.10 Indicaciones de seguridad

A continuación se presentan las medidas de seguridad consideradas necesarias para la implementación del presente proyecto, las cuales se encuentran enfocadas tanto al personal operativo como a la organización.

2.2.10.1 Medidas de seguridad al personal operativo

En la figura se presentan las medidas de seguridad que deben ser seguidos por el personal operativo.

Figura 33. **Medidas de seguridad al personal operativo**

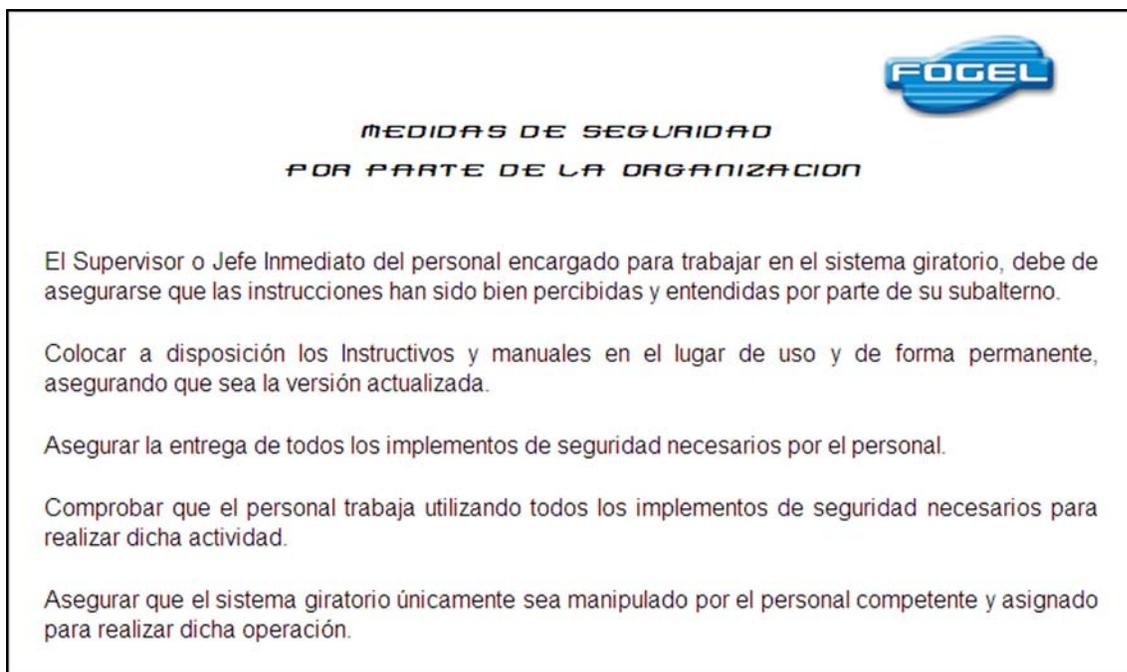


Fuente: elaboración propia.

2.2.10.2 Medidas de seguridad por parte de la organización

En la figura se presentan las medidas de seguridad que deben ser implantadas por parte de la organización.

Figura 34. **Medidas de seguridad por parte de la organización**

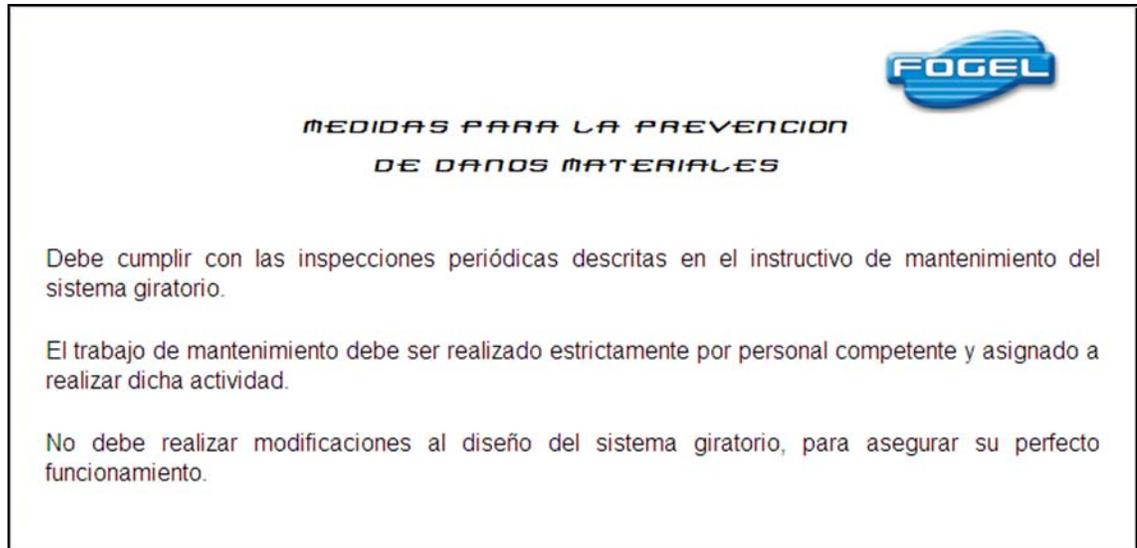


Fuente: elaboración propia.

2.2.10.3 Medidas para la prevención de daños materiales

En la figura se presentan las medidas de seguridad que deben seguirse con el fin de prevenir daños materiales.

Figura 35. **Medidas para la prevención de daños materiales**



Fuente: elaboración propia.

2.2.11 Indicador de seguridad

Un indicador de seguridad es una relación entre variables cuantitativas o cualitativas que permite observar la situación y las tendencias de cambios generadas, en este caso en el manejo del sistema giratorio para equipos de refrigeración. Se propone el cálculo del índice de gravedad de accidentes relacionados al sistema giratorio mediante la siguiente tabla:

Tabla II. **Cálculo de días perdidos por accidentes**

No. Accidentes	Incapacidad	Días perdidos
	Temporal	
	Permanente parcial	
	Permanente total	
	Total	Total de días perdidos

Fuente: elaboración propia.

El cálculo del índice de gravedad se realiza utilizando las siguientes ecuaciones matemáticas:

Cálculo de las horas – hombre por día:

El número de horas – hombre por día será igual a:

Número de trabajadores * Número de horas de trabajo = Horas-hombre por día.

Cálculo de las horas – hombre por mes:

El número de horas – hombre mes será igual a:

Número de horas-hombre por día * Número de días de trabajo = Horas hombre al mes.

Cálculo del índice de gravedad:

El índice de gravedad se calculará de la siguiente manera:

$IG = (\text{Total de días perdidos} * 103) / \text{Número de horas-hombre al mes}$

El dato calculado dará la información de los días de trabajo perdidos por cada 1 000 000 de horas trabajadas.

2.3 Análisis de costos

Se considera el análisis de costos para conocer el beneficio obtenido con la implementación del sistema giratorio y con el fin de conocer el tiempo de retorno de la inversión. Para este análisis se consideran los costos del sistema hidráulico, los costos de instalación y los costos de la estructura.

2.3.1 Costo de fabricación

A continuación se presentan los costos que conlleva el realizar el proyecto del sistema giratorio, considerando el análisis del sistema hidráulico y el análisis de la estructura de forma independiente.

2.3.1.1 Análisis de costos del sistema hidráulico

Los costos implicados en el sistema hidráulico se presentan en la tabla III, la cual se muestra a continuación:

Tabla III. **Costos sistema hidráulico**

ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Válvula 4/3	2	Q550.00	Q1,100.00
2	Bomba hidráulica	1	Q1,650.00	Q1,650.00
3	Filtro Hidráulico	1	Q1,100.00	Q1,100.00
4	Limitadora de presión	2	Q425.00	Q850.00
5	Manómetro	2	Q250.00	Q500.00
6	Actuador mesa giratoria	1	Q5,300.00	Q5,300.00
7	Válvula 3/2	3	Q450.00	Q1,350.00
8	Manguera	25	Q25.00	Q625.00
9	Cilindro doble efecto vertical	1	Q9,200.00	Q9,200.00
10	Cilindro doble efecto horizontal	2	Q2,300.00	Q4,600.00
TOTAL				Q26,275.00

Fuente: elaboración propia.

Para el costo de instalación se considera a tres trabajadores del área de mantenimiento e instalaciones considerando entonces tres días hábiles de sueldo dedicados a la actividad de instalación, cálculo que se muestra en la tabla IV:

Tabla IV. **Costos de instalación**

ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO / HORA	PRECIO TOTAL
1	Mano de Obra Sistema Hidráulico	3 Personas	Q7.70	Q555.00
TOTAL				Q555.00

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2 Análisis de costos de la estructura

Los costos involucrados en la estructura metálica, considerando la mano de obra, se detallan a continuación en la tabla V:

Tabla V. **Costos estructura**

ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Estructura Base	1	Q11,500.00	Q11,500.00
TOTAL				Q11,500.00

Fuente: elaboración propia.

2.3.2 Beneficio/costo del proyecto

Se realiza el análisis económico con el objetivo de conocer si la rentabilidad aumenta en la implementación del sistema giratorio para determinar que efectivamente se obtiene un beneficio económico, el cual se suma al beneficio ergonómico.

Los costos de instalación son considerados dentro de la inversión inicial del proyecto.

Los valores de inversión se presentan a continuación en la tabla VI:

Tabla VI. Valores de inversión

Descripción	Costo
Sistema Hidráulico	Q26,275.00
Estructura	Q11,500.00
Instalación	Q555.00
Total	Q38,330.00

Fuente: elaboración propia.

Los valores de los beneficios obtenidos se presentan en las siguientes tablas:

Tabla VII. Beneficios obtenidos en tiempo empleado

Minutos que tarda el volteo por equipo	Equipos que son volteados por día	Minutos empleados en volteo de equipos al día	Horas empleadas en volteo de equipos al día	Horas empleadas al año
2.5	115	287.5	4.79	1202.29

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Salario de operario

Salario Mensual del Operario	Costo por hora del Operario
Q1,850.00	Q7.70

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Beneficio anual**

Horas empleadas al año	Costo por hora del Operario	Quetzales al año empleados en el volteo de equipos	Cantidad de Operarios que realizan el volteo de equipos	Cantidad total de Quetzales al año empleados en el volteo de equipos
1202.29	Q7.70	Q9,257.63	2	Q18,515.27

Fuente: elaboración propia.

La inversión es recuperada en 2 años, quedando únicamente el costo del mantenimiento anual al sistema giratorio.

Se considera que la implementación del proyecto resulta rentable debido a que es un proyecto que recupera su inversión en un tiempo de dos años, además de los beneficios ergonómicos que este presenta.

Junto con esto se tiene el beneficio del ahorro que la empresa obtiene al tener que pagar el salario a personal temporal que cubra en el momento dado a un suspendido debido a la falta de garantía en lo que respecta a seguridad, en la realización de la actividad de volteo del equipo de refrigeración.

2.4 **Mantenimiento**

A continuación se describen los tipos de mantenimiento a utilizarse con el fin de preservar el sistema giratorio en las condiciones óptimas buscando mantener la eficiencia de la línea evitando paros debido a fallas del mecanismo.

2.4.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realizará como una actividad programada que se llevará a cabo de una forma periódica. El propósito de dicho mantenimiento es realizar inspecciones de funcionamiento, ajustes, calibración, limpieza y lubricación entre otros, con el fin de prever desperfectos o fallos repetitivos. Al momento de prever estos fallos se disminuyen costos de producción perdidos debido a puntos muertos o paradas del equipo, se disminuyen los costos de reparaciones y se aumenta la vida útil del equipo. La finalidad del mantenimiento preventivo es evitar los fallos en el equipo antes que estos ocurran.

A continuación se muestra la hoja de inspección propuesta para realizar el mantenimiento preventivo.

Figura 36. Mantenimiento preventivo

Fogel de Centroamérica S.A.
Departamento de mantenimiento



MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Nombre de la máquina _____ Turno: _____ Mes: _____ Año: _____

Operador de la máquina _____

ROUTINAS DIARIAS

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Limpieza completa de la máquina							
Chequeo de fugas de aceite							
Chequeo de movimiento mecánico							

ROUTINA SEMANAL

Se realiza: Cada día lunes

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Chequeo del sistema eléctrico				
Chequeo del sistema hidráulico				

ROUTINA MENSUAL

Se realiza: Cada primer día hábil del mes

Pintura de la máquina	
Daños físicos de la máquina	

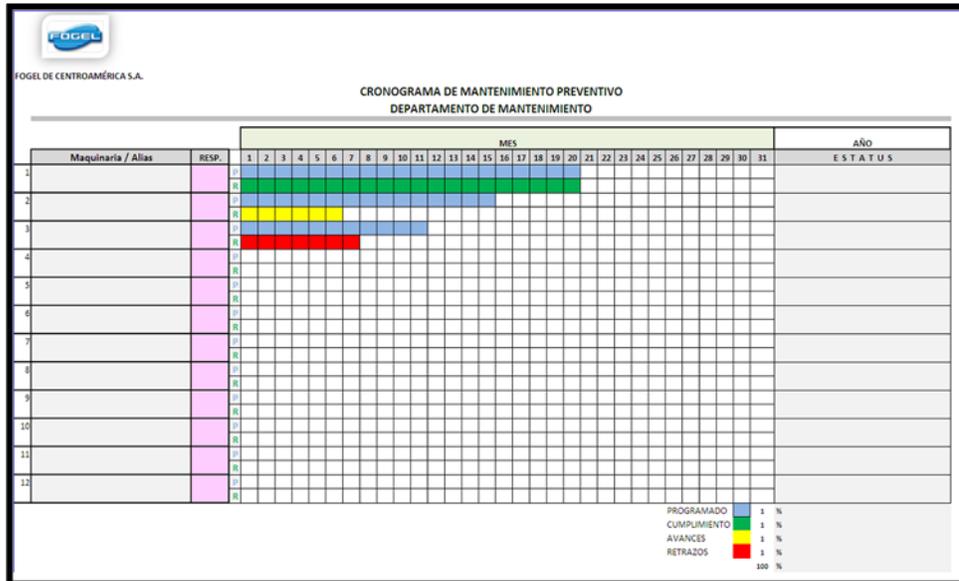
OBSERVACIONES

Firma del supervisor del departamento: _____

Fuente: elaboración propia.

El mantenimiento preventivo principia con la elaboración de un cronograma (anual), el cuál se basa en la hoja de inspección de mantenimiento preventivo del año anterior. El cronograma de mantenimiento preventivo se muestra en la siguiente figura.

Figura 37. Cronograma de mantenimiento preventivo



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se asignan semanalmente los trabajos por medio de una orden de trabajo y una requisición de los materiales a utilizar en el mismo. La bodega de repuestos recibe una copia de la orden de trabajo para la preparación anticipada de los materiales. La orden de trabajo se muestra a continuación:

Figura 38. Orden de trabajo y requisición de materiales

Fogel de Centroamérica S.A. Departamento de Mantenimiento														
ORDEN DE TRABAJO Y REQUISICION DE MATERIALES		No.												
Equipo														
Planta:		No. Inventario/Equipo:												
Equipo:		Centro de Costo/Area:												
Marca:		Cuenta No.:												
Ubicación:		Sub-Cuenta No.:												
Trabajo														
Tipo de Trabajo:		← 1: Inversión de Capital. 2P: Preventivo. 2C: Correctivo 3: Asistencia												
Descripción:														
Solicitado por:		Solicitado en:												
Aprobado por:		Para iniciarse en:												
Fuera de servicio en:		Se inició en:												
Imp. Equipo:	X Imp. Trabajo:	=Prioridad:	0 Retraso/Adelanto (días) 0.000											
Aceptado por:		Fecha de Finalización:												
Materiales														
No. de Inventario	Descripción	Costo Unitario, Q.	Cantidad		Sub-Total, Q.									
			Estimada	Real	Estimado	Real								
					Q	0.00	Q	0.00						
					Q	0.00	Q	0.00						
					Total Materiales:		Q	0.00	Q	0.00				
Mano de Obra														
Firma del Ejecutor	Ejecutor		Costo Por Hora, Q.		Horas Normales		Horas Extras		Sub-Total, Q.					
	Número	Nombre	Normal	Extra	Estimadas	Reales	Estimadas	Reales	Estimado	Real				
									Q	0.00	Q	0.00		
									Q	0.00	Q	0.00		
									Q	0.00	Q	0.00		
									Q	0.00	Q	0.00		
									Q	0.00	Q	0.00		
									Total Mano de Obra:		Q	0.00	Q	0.00
Total, Q.										Q	-	Q	-	
Observaciones														
Firma Responsable:														

Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Al finalizar el trabajo, se documenta la realización del mismo con tiempos trabajados, tiempo de paro de máquina y cantidad real de materiales utilizados en la orden de trabajo y requisición de materiales.

Por último el supervisor del área debe firmar el reporte para dar por terminado y aceptado el servicio.

2.4.2 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el mantenimiento que se ejecuta después de ocurrida la falla de la máquina, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

El mantenimiento correctivo principia con la solicitud de trabajo, la cual es generada por el departamento afectado. Una vez generada la solicitud de trabajo se procede a calendarizar el trabajo y a generar la orden de trabajo. La solicitud de trabajo se presenta en la figura No. 39

Figura 39. **Solicitud de trabajo**

	Departamento De Mantenimiento Mecánico Fogel De Centroamérica, S.A.		
	Solicitud De Trabajo		No.
	Departamento Solicitante		
	Solicitante		
	Fecha		Hora
Máquina			
Descripción Del Problema			

Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Una vez generada la orden de trabajo se asigna un técnico para realizar el trabajo según calendarización o de forma inmediata si se trata de una emergencia.

Para el caso en que el problema no pueda solucionarse de forma inmediata debido a la falta de un repuesto se debe dar a aviso al supervisor del área informando un tiempo estimado para la reparación del mecanismo.

Una vez diagnosticada la falla se debe documentar en la orden de trabajo y en la requisición de materiales el total de materiales o repuestos requeridos para la solicitud de los mismos.

Al finalizar el trabajo, se documenta la realización del mismo con tiempos trabajados, tiempo de paro de máquina y cantidad real de materiales utilizados en la orden de trabajo y requisición de materiales.

2.4.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca, es decir se busca la manera de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

Para el mantenimiento predictivo se debe comenzar con establecer la base de datos y la elaboración del primer reporte. Para esto se debe realizar una reunión con el personal de la planta para revisar y comentar detalles de la metodología de trabajo a utilizar. Luego se debe realizar un recorrido de reconocimiento de la maquinaria y equipos a monitorear. Posteriormente se procede al levantamiento de datos en campo proporcionados por el usuario, para ser usados en la base de datos con nombres y códigos de las máquinas, ubicación, velocidades de operación, carga de trabajo entre otros.

Luego se procede a la creación de la base de datos. Para realizar el primer recorrido debe de considerarse la toma de datos de vibraciones, termografía y ultrasonido, procediendo simultáneamente a la creación de estándares, referencias de vibraciones, imágenes termográficas y detección con ultrasonido en donde se crea conveniente. Por último se trabajará utilizando el formato de mantenimiento predictivo, el cuál fue diseñado de acuerdo a la información recolectada en el primer recorrido.

El mantenimiento predictivo ofrece la principal ventaja de la intervención en el equipo o cambio de un elemento antes que ocurra la falla ofreciendo menor tiempo corrección y por lo mismo mayor productividad.

Figura 40. **Mantenimiento predictivo**

Fogel de Centroamérica S.A.
Departamento de mantenimiento



MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Nombre de la máquina
Turno:
Mes:
Año:

Operador de la máquina

Trabajos recomendados en reunión anterior:

Reunión para revisión del programa de trabajo anterior y cumplimiento del mismo.

Mediciones de vibraciones y termografía.

PARTE DE MÁQUINA	MEDICIÓN IDEAL	MEDICIÓN REAL	SUGERENCIA

PROXIMA REUNIÓN

OBSERVACIONES

Firma del supervisor del departamento:

Fuente: elaboración propia.

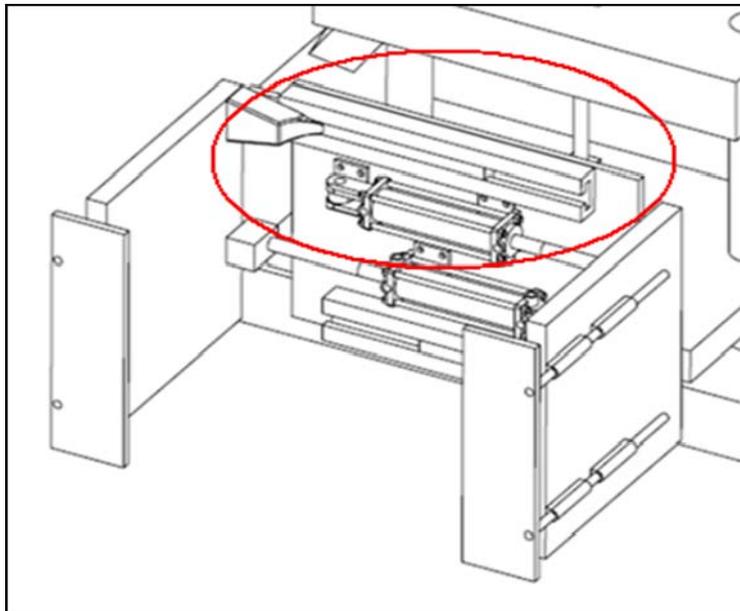
2.4.4 Método de lubricación

El lubricante es una sustancia que forma una película entre dos piezas la cual impide el contacto entre ellas, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

Para el caso del mecanismo se requiere de aplicación de grasa, para la cual su aplicación será de forma manual por medio de brocha.

La siguiente figura muestra las dos guías horizontales a las cuales se aplicará grasa Shell Alvania Grease EP (LF)2, la cuál es ideal para un alto desempeño a presiones extremas.

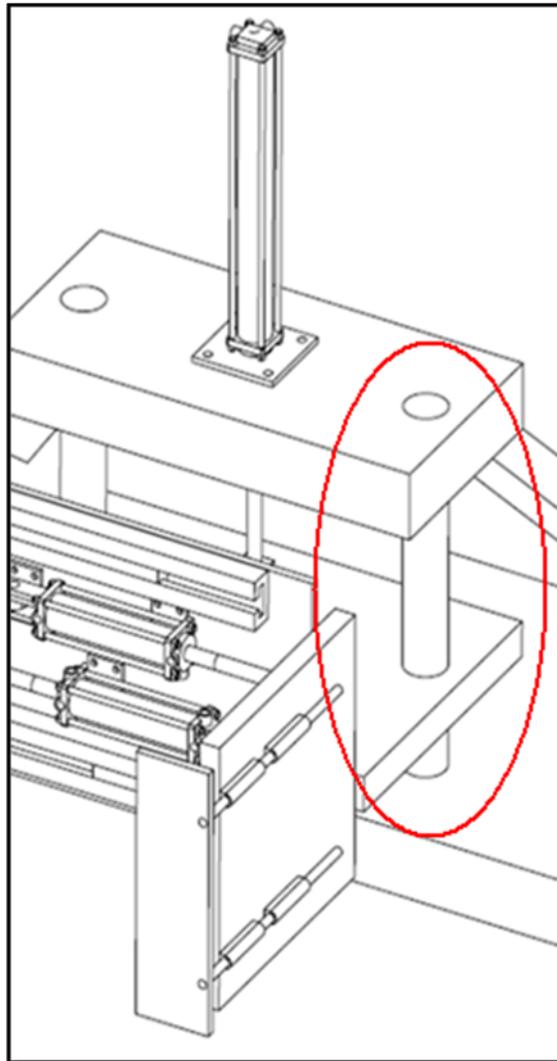
Figura 41. **Guías horizontales**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura muestra las dos guías verticales a las cuales se aplicará grasa Shell Alvania Grease EP (LF)2, utilizada para el mismo fin anteriormente mencionado.

Figura 42. **Guías verticales**



Fuente: elaboración propia.

No existe la necesidad de lubricar los cilindros, debido a que se lubrican solos mediante el mismo líquido utilizado para darle potencia al mecanismo.

2.4.5 Hoja de inspección de maquinaria

Una hoja de inspección es el documento que sirve como soporte para el mantenimiento de la maquinaria debido a que proporciona información importante en base a las frecuencias de tiempo recomendadas por los fabricantes para el servicio y a la experiencia de los técnicos siguiendo las rutinas establecidas.

Una hoja de inspección principia con la recepción de la maquinaria, la cual debe ser revisada, instalada y a la cual se debe hacer pruebas de operación. Se debe verificar aspectos de mantenimiento, rutinas y guías, así como los tipos de lubricantes.

Una vez obtenida la información debe de agruparse u ordenarse de tal forma que cumpla su objetivo como soporte en lo que respecta a información. Esta información debe de difundirse al personal. La hoja de inspección se muestra a continuación.

Figura 43. Hoja de inspección

Fogel de Centroamérica S.A.
Departamento de mantenimiento



Hoja de Inspección

Nombre de la máquina
Turno:
Mes:
Año:

Operador de la máquina

Rutinas Diarias

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Limpieza completa de la máquina							
Chequeo de fugas de aceite							
Chequeo de movimiento mecánico							

Rutina Semanal

Se realiza: Cada día lunes

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
Chequeo del sistema eléctrico				
Chequeo del sistema hidráulico				

Rutina Mensual

Se realiza: Cada primer día hábil del mes

Pintura de la máquina	
Daños físicos de la máquina	

OBSERVACIONES

Firma del supervisor del departamento:

Fuente: elaboración propia.

2.4.6 Costo Total del servicio de mantenimiento

En lo que se refiere al cálculo del costo de mantenimiento se consideran las piezas que presentan mayor desgaste por funcionamiento. Este costo no se puede dejar de considerar debido a que de este costo depende la conservación del estado óptimo del sistema giratorio. El costo de mantenimiento se muestra en la tabla X:

Tabla X. **Costos de mantenimiento**

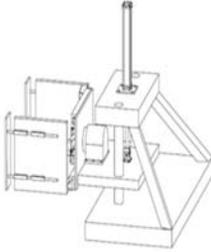
ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Válvula 4/3	1	Q550.00	Q550.00
3	Filtro Hidráulico	1	Q1,100.00	Q1,100.00
4	Limitadora de presión	1	Q425.00	Q425.00
7	Válvula 3/2	1	Q450.00	Q450.00
8	Manguera	10	Q25.00	Q250.00
10	Mano de obra	1	Q61.50	Q61.50
TOTAL				Q2,836.50

Fuente: elaboración propia.

2.4.7 Instructivo de mantenimiento

A continuación se muestra el instructivo de mantenimiento, el cual muestra los pasos a seguir para realizar el mantenimiento del mecanismo con el objetivo de mantener en el estado óptimo todos los accesorios y funcionamiento del mismo.

Figura 44. Instructivo de mantenimiento

<h1>INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO</h1> <h2>SISTEMA GIRATORIO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN</h2> 		
Elaborado por: Carlos Nájera		Código:
Versión: 1		
Revisado por:		Aprobado por:
<p>PROPOSITO Proporcionar una guía para el proceso de mantenimiento referente al Sistema Giratorio para Equipos de Refrigeración.</p> <p>ALCANCE Aplica al área de Mantenimiento</p> <p>RESPONSABILIDAD Es responsabilidad del usuario: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo realizando a cabalidad las operaciones contenidas en él.</p> <p>Es responsabilidad del Jefe de Área: Hacer efectivo el cumplimiento de este instructivo y designar al personal idóneo para realizar las operaciones contenidas en él Realizar los cambios respectivos a este instructivo cuando sea pertinente.</p>		

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 44.

Instructivo de Mantenimiento	
<p>A continuación se muestran los pasos a seguir para realizar el correcto mantenimiento al sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial.</p>	
<p>MANTENIMIENTO DE LOS CILINDROS HIDRAULICOS</p> <p>Lubricar con aceite hidráulico limpio las juntas, conectores y racores antes de usarlos.</p> <p>Comprobar la presión de funcionamiento del Circuito Hidráulico para evitar sobrepresiones.</p> <p>Comprobar el apriete de los conectores hidráulicos del Cilindro para evitar fugas.</p> <p>Comprobar los soportes de los cilindros en alineación.</p> <p>Limpiar la suciedad del vástago, usando fuelles en instalaciones en zonas de polvo o suciedad alta.</p> <p>Mantener el Aceite Hidráulico en perfectas condiciones ayuda en gran medida a la conservación de todos los elementos de una instalación hidráulica.</p>	
<p>MANTENIMIENTO DE LINEAS PRINCIPALES</p> <p>Detectar y suprimir las fugas de fluido</p> <p>Inspeccionar todo el sistema de líneas</p> <p>Determinar la presión en los puntos previamente establecidos</p>	
<p>MANTENIMIENTO DE LA BOMBA</p> <p>No debe desmontarse totalmente la bomba para su reparación.</p> <p>Tener mucho cuidado en el desmontaje.</p> <p>Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes.</p> <p>Limpiar completamente los conductos de agua de la carcasa y repintarlos.</p> <p>Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.</p> <p>Estudiar la erosión la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.</p> <p>Verificar la concentricidad de los nuevos anillos de desgaste antes de montarlos en los impulsores.</p> <p>Revisar todas las partes montadas en el rotor.</p> <p>Llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.</p>	
<p>MANTENIMIENTO DE FILTROS</p> <p>Cambie los filtros regularmente y con cuidado - Los filtros hidráulicos deben cambiarse al menos cada 500 horas. Como los filtros usados contienen contaminantes, es importante quitarlos con cuidado para que los contaminantes no vuelva a entrar en el sistema hidráulico. También es importante conservar los filtros nuevos en su envase original hasta el mismo momento de su utilización. El envase evitará que se contaminen.</p> <p>Utilice el filtro adecuado - Si se utiliza un filtro inadecuado se puede poner en peligro el rendimiento del sistema. La utilización de filtros que no cumplen las especificaciones requeridas puede causar la contaminación del sistema o crear problemas de resistencia al paso de los fluidos que puede llegar a obligar a cambiar los filtros con mayor frecuencia que la recomendada. Para evitar estos problemas, se recomienda utilizar los filtros que cumplen todas las especificaciones del fabricante de su máquina.</p>	
<p>MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS</p> <p>Lubricar a intervalos periódicos.</p> <p>Corregir de inmediato las fugas por la empaquetadura.</p> <p>Enfriar siempre el sistema al cerrar una tubería para líquidos calientes y al comprobar que las válvulas estén cerradas.</p> <p>No cerrar nunca las llaves a la fuerza con la llave o una palanca.</p> <p>Abri las válvulas con lentitud para evitar el choque hidráulico en la tubería.</p> <p>Cerrar las válvulas con lentitud para ayudar a descargar los sedimentos y mugre atrapados.</p>	

Fuente: elaboración propia.

3 FASE DE INVESTIGACIÓN (PLAN DE CONTINGENCIA)

3.1 Identificación de riesgos en el departamento de producción

Con la identificación de riesgos se abordará la detección, la causa y las consecuencias que los mismos acarrearán con el objetivo de llegar a eliminarlos o llegar a reducirlos en el caso de no poder eliminarlos.

3.1.1 Posibles causas de una emergencia

Se realiza la identificación de las posibles causas de una emergencia con el objetivo de establecer y llevar a cabo medidas para evitar o disminuir el impacto destructivo de una emergencia, siniestro o desastre.

3.1.1.1 Incendios

Un incendio es una ocurrencia de fuego no controlada que puede ser extremadamente peligrosa para los seres vivos y las estructuras. La exposición a un incendio puede producir la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por ella y posteriormente quemaduras graves.

3.1.1.1.1 Principio de incendio

También se le conoce como conato y no es más que el inicio de una acción que no llega a consumarse. Un conato de emergencia es una situación

que puede ser controlada y solucionada de forma sencilla y rápida por el personal y medios de protección de Fogel de Centroamérica S.A.

Para este tipo de situación solamente se lleva a cabo una evacuación parcial del área que sufre el altercado.

3.1.1.1.2 Incendio generalizado

Se refiere a una situación de emergencia que no puede ser neutralizada de inmediato como un conato. Para este tipo de situación se precisa de todos los equipos y medios de protección propios y la ayuda de medios de socorro y salvamento externos para su control. Este tipo de incendio obliga a desalojar, total o parcialmente, el área de trabajo de manera ordenada y controlada.

3.1.1.1.3 Incendio con peligro de explosiones

El riesgo de incendio y explosión se presenta con un gran potencial de pérdidas humanas y económicas importante, así como también representan un riesgo para la población en general. Para este tipo de situación se requiere de una evacuación total.

3.1.2 Derrames de productos químicos

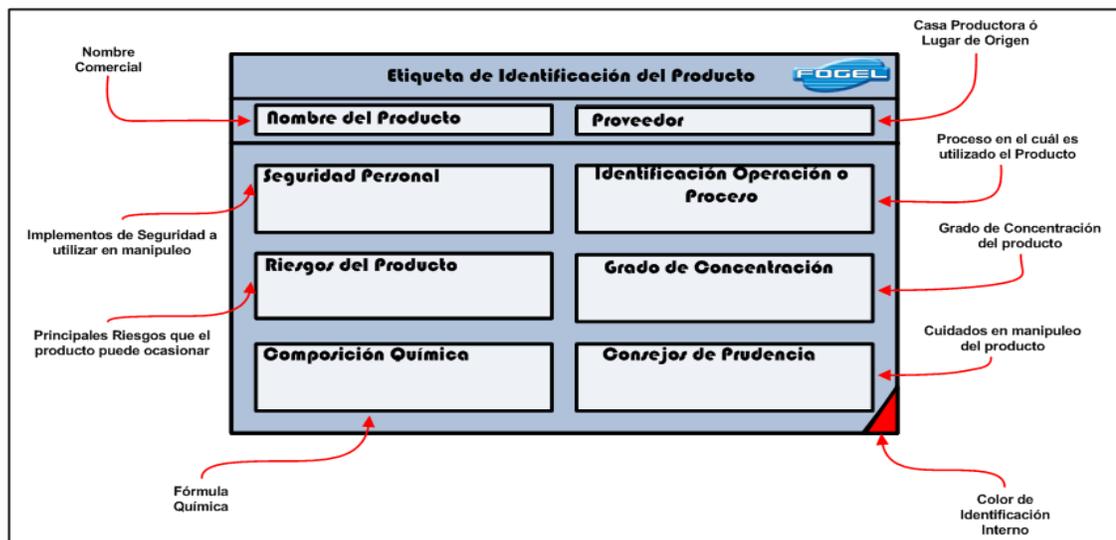
A continuación se presenta la importancia de mantener controlados los productos químicos que se manejan en la planta de producción, así como también se presenta la identificación propuesta para los mismos.

3.1.2.1 Identificación del producto

La información sobre la peligrosidad de los productos químicos es imprescindible para conocer el riesgo que su manipulación presenta y en consecuencia adoptar los métodos de trabajo adecuados para la protección de la salud y el medio ambiente. La identificación de los productos químicos constituye una herramienta fundamental que aporta información no solamente sobre la peligrosidad de los productos sino sobre aspectos tales como seguridad personal, riesgos del producto y consejos de prudencia entre otros.

Para conocer los peligros de un producto químico se requiere conocer tanto la identificación del nombre de la sustancia, como las características de los riesgos que ésta pueda tener. Esta identificación se hace mediante la “Etiqueta de Identificación del Producto” que se presenta en la figura 45:

Figura 45. Etiqueta de identificación de producto



Fuente: elaboración propia.

3.1.3 Derrumbes

Los derrumbes pueden ser causados por:

- **Terremotos**

Un terremoto es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. Los más importantes y frecuentes se producen cuando se libera energía potencial elástica acumulada en la deformación gradual de las rocas contiguas al plano de una falla activa, pero también pueden ocurrir por otras causas, por ejemplo en torno a procesos volcánicos, por hundimiento de cavidades cársticas o por movimientos de ladera.

- **Explosiones**

Una explosión es la liberación de energía en un intervalo temporal ínfimo. De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido. Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases, Físicos y Químicos.

El efecto destructivo de una explosión es precisamente por la potencia de la detonación que produce ondas de choque o diferencias de presión subyacentes de duración muy corta, extremadamente bruscas.

- **Demoliciones**

Demolición es lo contrario de construcción, es el derribe de edificios y otras estructuras.

- **Precariedad del edificio**

Se refiere a la debilidad de la estructura causada por el tiempo de vida de la obra.

3.2 Señalización del departamento de producción

Las rutas de escape serán señalizadas por medio de indicadores e iluminación de emergencia. Así mismo se colocarán en cada sector conveniente un esquema en el cual se señalarán las salidas de emergencia, rutas de escape, elementos de lucha contra el fuego, botiquines y la guía de evacuación al alcance de todas las personas.

3.2.1 Salidas de emergencia

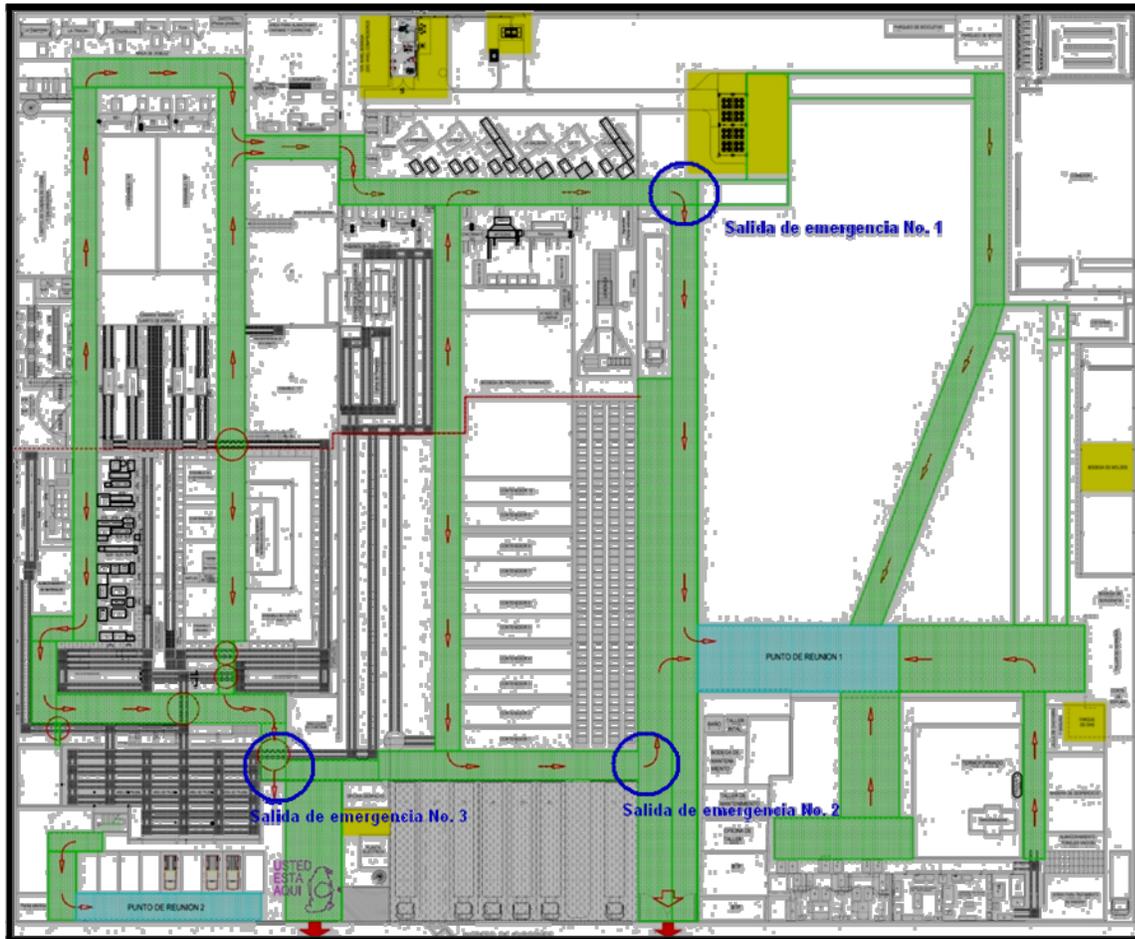
La salida de emergencia es la vía que se debe seguir desde el interior de la planta de producción hacia afuera a nivel de tierra. Dentro de las salidas de emergencia pueden considerarse las vías de acceso como puertas, escaleras, rampas, pasillos, corredores y vías de escape.

3.2.1.1 Definición de salidas de emergencia

Las salidas y puertas de emergencia no deben ser giratorias o corredizas. Es importante que éstas se abran hacia el exterior. Las puertas de emergencia

no deberán mantenerse con llave durante la jornada laboral. Existen tres salidas de emergencia las cuales identificaremos como muestra la figura:

Figura 46. **Salidas de emergencia**



Fuente: Fogel de Centroamérica

Se asegurará por medio de inspecciones diarias que todos los pasos peatonales se encuentren libres en todo momento tal como lo muestra la figura 47.

Figura 47. Pasos peatonales



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

En cuanto a las vías y salidas de evacuación es importante que permanezcan despejadas y libres de elementos que puedan estropear el desplazamiento ligero hacia una zona exterior.

Figura 48. **Salidas de evacuación**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

3.3 Rutas de escape

La ruta de escape es el medio de salida exigido, que garantiza una evacuación rápida y segura. Para el caso del Departamento de Producción se consideraron tres rutas de escape debido a las diferentes distancias que existen de las áreas de trabajo hacia las 3 diferentes salidas de Emergencia.

Para el personal de planta se consideran 2 rutas horizontales desde cualquier punto (dependiendo de cada área de trabajo) de un nivel hasta la salida de emergencia. Para el personal administrativo del edificio de planta se

considera una ruta de escape vertical escaleras abajo con una sección de ruta horizontal hasta el exterior del edificio.

Las rutas que deben ser utilizadas para la evacuación deben ser marcadas con materiales visibles y duraderos, para que personas tanto internas (personal de la empresa) como externas (visitantes) a la planta tengan una visión clara de los lugares accesibles o no para la evacuación.

3.3.1 Definición del lugar seguro

El lugar seguro se define como aquel que ofrece mayores posibilidades de sobrevivir ante un desastre. Este lugar considerado como el más seguro debe ser identificado y marcado en el *layout*, además deben de ser retirados todos los objetos que pueden llegar a ser obstáculos en las rutas de escape.

Estos sectores deberán brindar la garantía de seguridad necesaria para que todas las personas puedan ser evacuadas rápidamente y en forma ordenada. Estos sectores se refieren a los puntos que deberán brindar la garantía de seguridad necesaria para que todo el personal pueda ser concentrado para su respectivo recuento.

Figura 49. **Punto de Reunión para el personal Operativo**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A

Figura 50. **Punto de reunión para el personal administrativo**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

3.3.2 Cálculo teórico del tiempo de salida

Para conocer el tiempo de evacuación por áreas en el departamento de Producción se realiza el cálculo del tiempo teórico como se indica a continuación:

Para calcular el tiempo teórico de salida en una evacuación se utilizará la siguiente ecuación:

$$TS = (N / A \times K) + D / V$$

Donde:

TS : tiempo de salida

N: # de personas

A: ancho de la salida en metros

K: Cte. Experimental = 1.3 personas metro / segundo

D: distancia total del recorrido en metros

V: velocidad de desplazamiento = 0.6 metro / segundo

A continuación se presenta una tabla que presenta los tiempos teóricos calculados por cada área perteneciente al departamento de Producción.

Figura 51. Tiempo teórico de salida

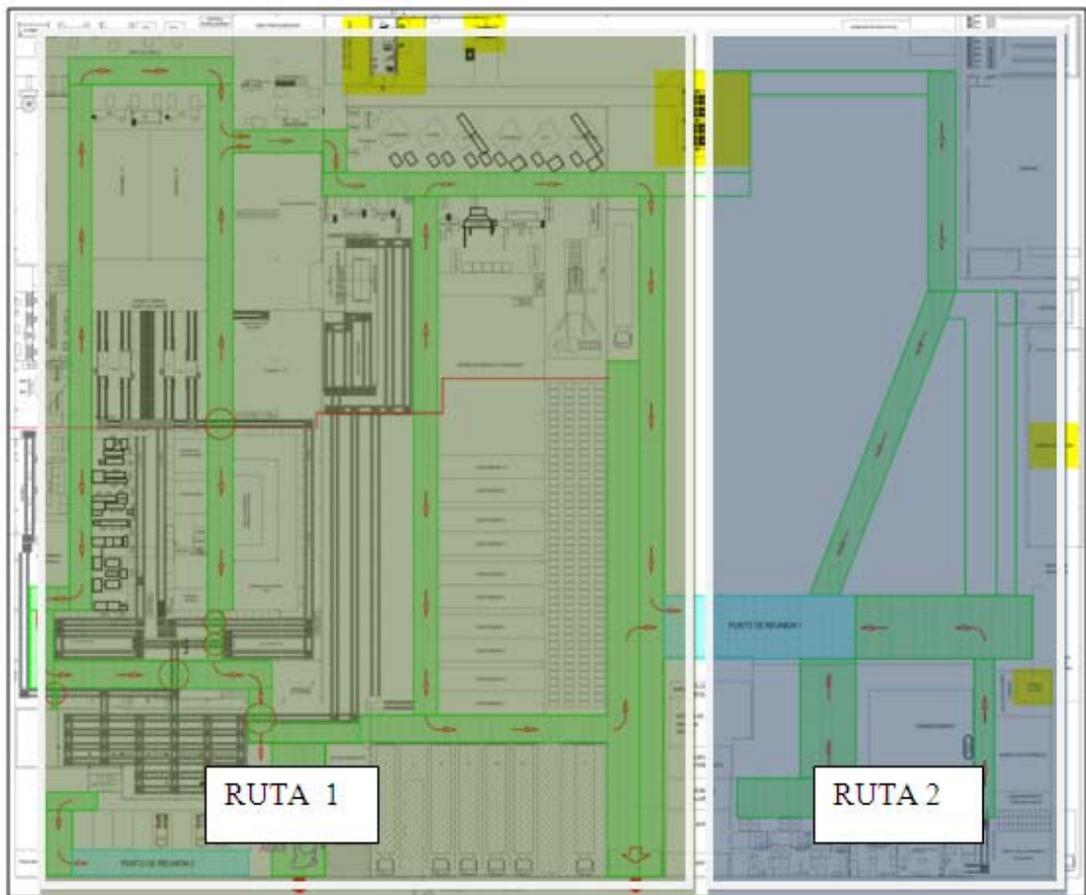
ÁREAS	N	A	K	D	V	TS (S)	TS (MIN)
CORTE	21.00	3.00	1.30	25.00	0.60	51	1
TROQUEL DOBLEZ	46.00	3.00	1.30	35.40	0.60	79	1
ENSAMBLE 1 A	16.00	3.00	1.30	111.00	0.60	192	3
ENSAMBLE 1 B	15.00	3.00	1.30	111.00	0.60	192	3
ENSAMBLE 1 C	6.00	3.00	1.30	111.00	0.60	188	3
ENSAMBLE 1 D	8.00	3.00	1.30	111.00	0.60	188	3
COBRE	8.00	3.00	1.30	111.00	0.60	188	3
ESPUMA A	5.00	9.00	1.30	70.00	0.60	117	2
ESPUMA B	5.00	9.00	1.30	48.00	0.60	81	1
ESPUMA C	2.00	9.00	1.30	48.00	0.60	80	1
ESPUMA D	11.00	9.00	1.30	70.00	0.60	118	2
ENSAMBLE 2 A	12.00	9.00	1.30	70.00	0.60	118	2
ENSAMBLE 2 B	11.00	9.00	1.30	48.00	0.60	82	1
ENSAMBLE 2 C	5.00	9.00	1.30	48.00	0.60	81	1
ENSAMBLE 2 D	3.00	9.00	1.30	70.00	0.60	117	2
ENSAMBLE 3 A	7.00	9.00	1.30	70.00	0.60	118	2
ENSAMBLE 3 B	11.00	9.00	1.30	48.00	0.60	82	1
ENSAMBLE 3 C	4.00	9.00	1.30	48.00	0.60	81	1
SUB-ENSAMBLES A	13.00	9.00	1.30	70.00	0.60	119	2
SUB-ENSAMBLES B	12.00	9.00	1.30	48.00	0.60	82	1
SUB-ENSAMBLES C	2.00	9.00	1.30	48.00	0.60	80	1
SUB-ENSAMBLES D	3.00	9.00	1.30	70.00	0.60	117	2
REFRIGERACIÓN A	9.00	9.00	1.30	20.00	0.60	35	1
REFRIGERACIÓN B	2.00	9.00	1.30	20.00	0.60	34	1
REFRIGERACIÓN C	2.00	9.00	1.30	20.00	0.60	34	1
REFRIGERACIÓN D	3.00	9.00	1.30	25.00	0.60	42	1
PRUEBA	12.00	9.00	1.30	20.00	0.60	35	1
ACABADO FINAL	20.00	5.00	1.30	43.00	0.60	77	1
EMPAQUE	21.00	5.00	1.30	43.00	0.60	77	1
DESPACHOS	10.00	5.00	1.30	43.00	0.60	74	1
ARNESES	15.00	9.00	1.30	48.00	0.60	82	1
ACRILICOS	12.00	9.00	1.30	48.00	0.60	82	1
CARPINTERIA	20.00	1.00	1.30	35.00	0.60	84	1
TERMOFORMADO	11.00	1.00	1.30	5.00	0.60	23	1
CABINA DE PINTURA	16.00	9.00	1.30	60.00	0.60	102	2

Fuente: elaboración propia.

3.3.3 Identificación en *layout*

Se identificaron dos rutas de escape generales partiendo del *layout* del área de Producción. Las rutas de escape se encuentran identificadas en el *layout* mostrado en la figura 52.

Figura 52. Rutas de escape



Fuente: elaboración propia.

3.4 Puntos de reunión

Se considera como punto de reunión aquel lugar que brinda la garantía de seguridad al momento de cualquier emergencia. Es el lugar en el cual se reunirá el total del personal evacuado para realizar su respectivo conteo con el fin de cerciorarse que no haya quedado nadie dentro de las instalaciones de planta.

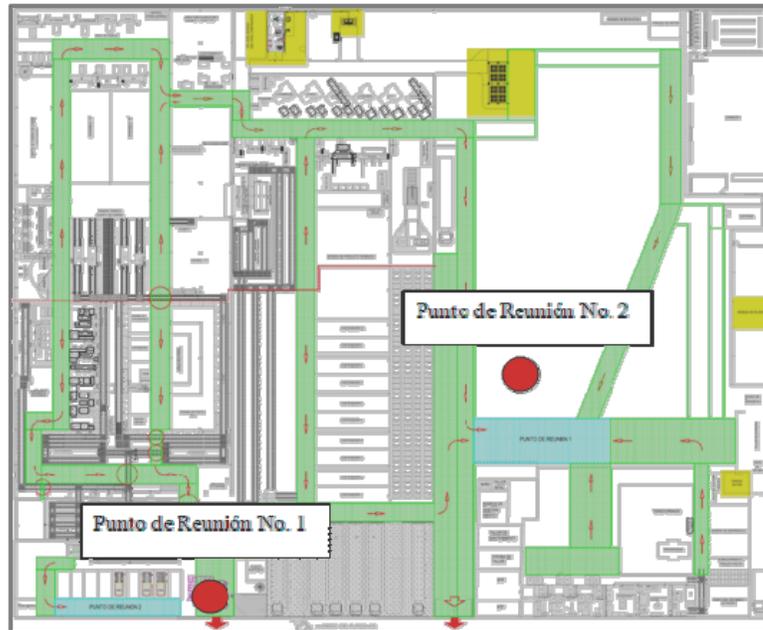
3.4.1 Determinación de puntos de reunión

Los puntos de reunión estarán designados en el plan de evacuación y deben figurar en el esquema de evacuación, los puntos de reunión donde se concentrará el personal para su recuento. Estos sectores deberán brindar la garantía de seguridad necesaria para que todas las personas puedan ser evacuadas rápidamente y en forma ordenada.

3.4.2 Identificación en *layout*

Los puntos de reunión se encuentran identificados en el *layout* como lo muestra la figura 53.

Figura 53. **Puntos de reunión**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

3.5 Medios de comunicación

Se utilizarán todos los medios de comunicación disponibles, en la medida que favorezcan a una mayor velocidad en la transmisión de datos.

Medios de comunicación disponibles para el personal:

El personal de planta podrá contar con la disposición de celulares y radios asignados.

En lo que se refiere al nivel de edificio, se contará con señales luminosas y el altoparlante que brinda información a toda la planta. El altoparlante deberá

de tener una fuente de alimentación externa independiente de la red de energía convencional, ya que por lo regular estas se dañan durante un siniestro.

3.5.1 Guía de emergencia

En lo que se refiere a la comunicación con los medios de emergencia externos, se dispondrá de códigos asignados a los diferentes números de emergencia, además de tener a la mano la guía de emergencias.

Figura 54. **Guía de emergencia**

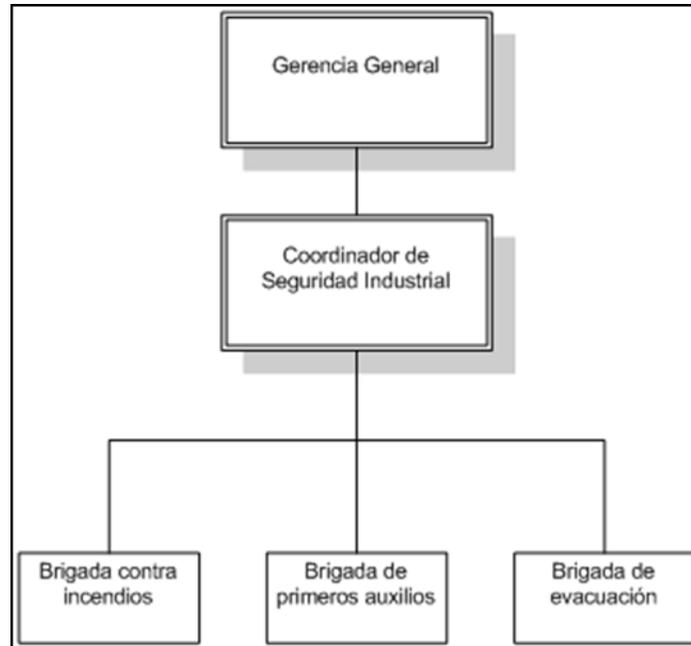


Fuente: elaboración propia.

3.6 Equipos de respuesta para el departamento de producción

Un equipo de respuesta inmediata es un grupo de personas dedicado y entrenado para actuar en caso de una emergencia. Un equipo de respuesta se activa según el riesgo, ya sea el caso de algún incendio, el caso de alguna emergencia que requiera de primeros auxilios o de alguna evacuación. A continuación se muestra el organigrama de brigadas.

Figura 55. **Organigrama de brigadas**



Fuente: elaboración propia.

3.6.1 Formación de brigadas

Las brigadas son grupos de personas organizadas y capacitadas para emergencias, mismos que serán responsables de combatirlas de manera preventiva o ante eventualidades de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, dentro de una empresa, industria o establecimiento y cuya función está orientada a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos.

3.6.1.1 Brigada de primeros auxilios

La brigada de primeros auxilios es el grupo de personas que se unen, organizan y capacitan para trabajar el área de los primeros auxilios en el marco del plan de emergencias de Fogel.

Los primeros auxilios consisten en la aplicación de algunos conocimientos para tratar cualquier evento o lesión que se produzca, hasta que la víctima sea atendida por un médico o personal calificado.

Con el apoyo de recursos humanos, se realizó a cabo la primera capacitación teórica y práctica de brigada de primeros auxilios, con duración de 1:30 horas, cuyo fin es capacitar a un grupo de colaboradores, para poder atender y brindar atenciones pre-hospitalaria a persona que sufra un accidente.

Figura 56. **Brigada de primeros auxilios I**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Figura 57. Brigada de primeros auxilios II



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

3.6.1.2 Brigada contra incendios

Se realizó la primera capacitación teórica y práctica de Brigada de Incendios, con duración de 1:30 horas, cuyo fin es formar brigadistas para poder reaccionar ante cualquier emergencia de fuego, además de tener la seguridad que en Fogel existen personas con la capacidad de actuar ante una emergencia.

El principal elemento de la capacitación fue el manejo del extintor. Si se tiene en cuenta que el extinguidor es el primer elemento que se usa en los primeros minutos de iniciación de un fuego, se puede afirmar que de él depende que la propagación del fuego se extinga o no. Es por eso que en el curso, se trataron diferentes puntos, así como práctica con los mismos.

Figura 58. **Brigada contra incendios**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

Figura 59. **Manejo de extintores**



Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

3.6.1.3 Brigada de evacuación

La formación de la brigada de evacuación tiene por objetivo el establecer y llevar a cabo medidas para evitar o disminuir el impacto destructivo de una emergencia, siniestro o desastre, a que está expuesta la empresa.

Las funciones y actividades de la brigada son:

- Implementar, colocar y mantener en buen estado la señalización de la empresa.
- Contar con un censo actualizado y permanente del personal.
- Dar la señal de evacuación de las instalaciones, conforme a las instrucciones del coordinador.
- Participar tanto en los ejercicios de desalojo, como en situaciones reales.
- Conducir a las personas durante un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre hasta un lugar seguro a través de rutas libres de peligro.
- Verificar de manera constante y permanente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.
- Realizar un censo de las personas al llegar a los puntos de reunión.
- Coordinar el regreso del personal a las instalaciones de planta en caso de simulacro o en caso de una situación diferente a la normal, cuando ya no exista peligro.

3.7 Guía de evacuación

La guía de evacuación es documentación de apoyo para la realización de la actividad de evacuación. La guía comienza con la realización del plan de emergencia, el cual debe formularse por escrito, tener la aprobación de la máxima autoridad de la empresa, debe ser difundido ampliamente para su conocimiento general y por último debe ser practicado regularmente a través de Simulacros.

3.7.1 Metodología para realizar simulacros

La metodología para realizar simulacros consiste en los pasos a seguir para la realización de la actividad, la cual debe comenzar con la asignación del personal encargado de llevar a cabo la evacuación.

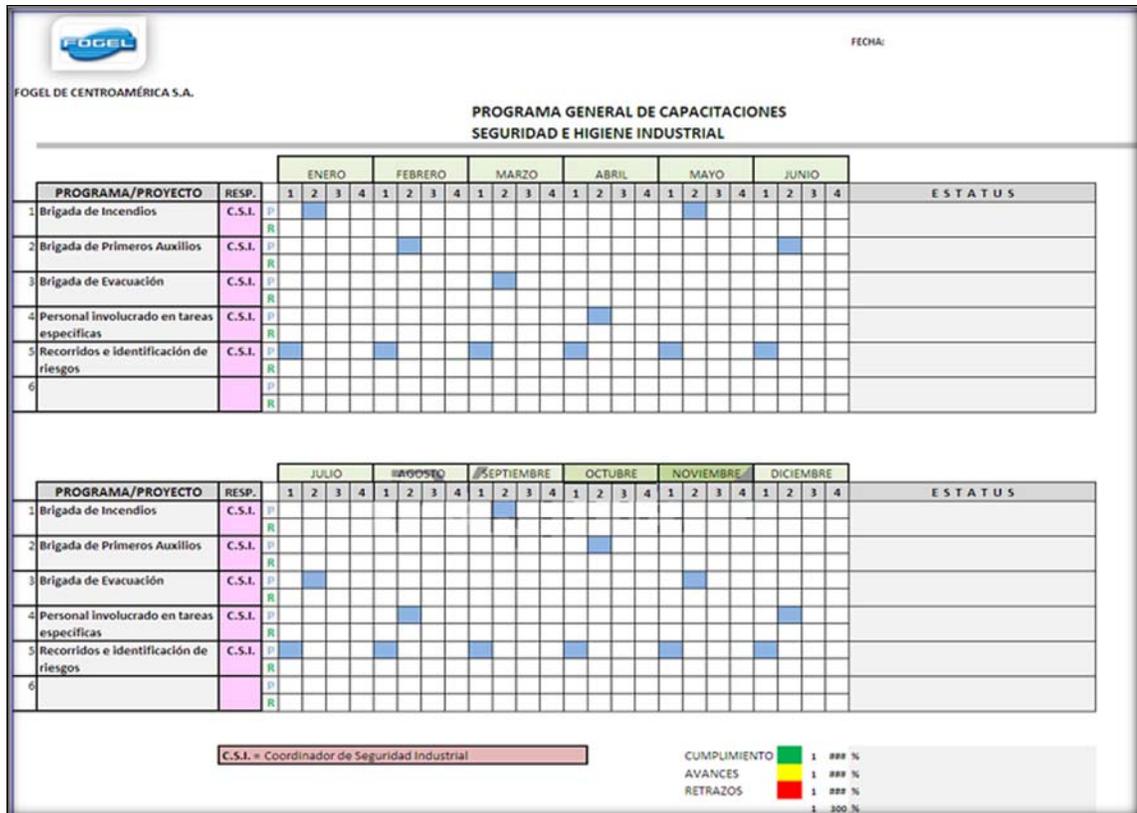
Personal asignado al plan de emergencias:

- Dirección de la empresa
- Responsable del área de planta
- Coordinador de seguridad industrial
- Jefes de brigada (incendio, primeros auxilios y evacuación)
- Miembros de brigadas
- Responsable de dar aviso de emergencia
- Responsables de evacuación del personal

Por último se realiza la capacitación, ya que es considerada como uno de los aspectos más importantes, debido a que resulta necesario mantenerse actualizado y en ritmo para poder actuar de forma eficiente ante una emergencia.

A continuación se muestra un cronograma propuesto para la realización de capacitaciones en el transcurso del año laboral.

Figura 60. **Cronograma de capacitaciones**



Fuente: elaboración propia.

4 FASE DE DOCENCIA (CAPACITACIÓN)

4.1 Capacitación

Es un proceso a corto plazo, dentro del cual utilizaremos un procedimiento sistemático y organizado con el fin de adecuar las habilidades del trabajador hacia el nuevo procedimiento, que en este caso es, la manipulación del nuevo mecanismo de volteo y plan de contingencia. Esta capacitación nace como consecuencia del natural proceso de cambio, crecimiento y adaptación a nuevas circunstancias. El principal objetivo es perfeccionar al trabajador en las actividades que realiza.

Mediante la capacitación las personas aprenden conocimientos, actitudes y habilidades, en función de objetivos definidos.

4.1.1 Detección de necesidades de capacitación

La detección de necesidades se realiza mediante el análisis de las tareas y las limitantes o carencias que impiden que el operario realice un buen desempeño de las labores de las cuales está encargado de realizar.

4.1.1.1 Detección de necesidades de capacitación para el sistema giratorio de equipos de refrigeración

Debido a que se trata de un sistema mecánico nuevo, el proceso natural es la adecuación de las personas a los nuevos requerimientos del cargo. La capacitación consiste en una actividad planeada y basada en las necesidades

reales, las cuales en este caso es la implementación de un nuevo mecanismo de volteo de equipos.

4.1.1.2 Detección de necesidades de capacitación para el plan de contingencia

El plan de contingencia a difundir por medio de la capacitación es prácticamente un programa nuevo, razón por la cual el proceso natural es la adecuación de las personas al mismo. Por medio de la capacitación, la empresa satisface sus necesidades presentes y futuras respecto de la preparación y habilidad de los colaboradores para reaccionar ante una emergencia.

4.1.2 Programa de capacitación

El programa de capacitación tiene como propósito el establecer los lineamientos básicos que deben aplicarse en Fogel de Centroamérica S.A. consistentes en la aplicación suministro y desarrollo de la capacitación para la gestión del recurso humano.

4.1.2.1 Diseño del programa de capacitación

El diseño del programa de capacitación se basa en la información recolectada en la detección de necesidades. Para el diseño de dicho programa se tomaron en consideración a los supervisores de producción y al coordinador de seguridad industrial, ya que son las personas que tienen los conocimientos apropiados para lograr obtener un programa con la información necesaria y que a la vez se encuentre bien estructurado.

Figura 61. Programa de capacitación

Fogel de Centroamérica S.A.					
Programa de capacitación					
Tema	Tiempo	Cantidad de Turnos	Personal invitado	Cantidad de Personas	Capacitador
Brigada contra incendios	2 horas	2	Departamento de Producción, Materiales, Calidad	30	Carlos Nájera
Brigada de primeros auxilios	2 horas	2	Departamento de Producción, Materiales, Calidad	30	Carlos Nájera
Brigada de evacuación	2 horas	2	Departamento de Producción, Materiales, Calidad	30	Carlos Nájera
Sistema giratorio para equipos	4 horas	1	Departamento de Producción	10	Carlos Nájera

Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2 Planteamiento de objetivos

Para el planteamiento del objetivo general se debe determinar lo que se desea que los empleados puedan realizar al término de la capacitación. En cambio para el planteamiento de los objetivos particulares se debe determinar lo que se espera de parte del empleado en forma específica.

El objetivo general es

Implementar un proceso de capacitación para el personal que abarque la difusión de un plan de contingencia y el funcionamiento, mantenimiento y utilización de un Sistema Giratorio.

Los objetivos específicos son

- Aplicar los conocimientos adquiridos referentes al funcionamiento y utilización del mecanismo del sistema giratorio.
- Difundir la información y capacitar al personal encargado de realizar el mantenimiento al mecanismo.
- Difundir las posibles causas de una emergencia.
- Difundir las diferentes rutas de escape identificadas.
- Difundir la información referente a las salidas de emergencia y puntos de reunión ante una emergencia.

4.1.2.3 Contenido del programa de capacitación

Mediante el contenido del programa de capacitación se busca brindar la información que se considera necesaria para la presentación de los cursos a impartir.

4.1.2.3.1 Presentación del curso

El objetivo de la presentación del curso es el difundir entre el personal involucrado información relevante que presente un resumen del curso en sí. A continuación se menciona la información de presentación del curso de capacitación:

- Nombre de curso: se refiere a la identificación del curso.
- Objetivo general: es el propósito en términos generales que expresa la situación que se desea alcanzar.
- Objetivos específicos: es el propósito particular que se diferencia del objetivo general por su nivel de detalle.
- A quien está dirigido el curso: se refiere a la persona que será beneficiada con la información que se brindará durante la capacitación.
- Duración: es el tiempo determinado en el cual debe llevarse a cabo la actividad de Capacitación.
- Lugar: es el área o espacio físico en el cual se llevará a cabo la actividad de capacitación.
- Nombre del Instructor: se refiere a la persona encargada de realizar la actividad de capacitación.

A continuación se muestra la presentación del curso:

Figura 62. **Presentación curso sistema giratorio**



The slide features a dark blue background with rounded corners. At the top right is the FOGEL logo, which consists of the word 'FOGEL' in a bold, blue, sans-serif font next to a stylized blue wave graphic. The main title 'PRESENTACIÓN CURSO DE CAPACITACIÓN' is centered in a large, bold, light blue font. Below the title, the text is organized into sections with green labels: 'Nombre de curso', 'Objetivo General', 'Objetivos Específicos', 'Curso dirigido a', 'Duración del curso', 'Día', 'Hora', 'Lugar', and 'Nombre del Instructor'. The text is white or light blue, providing high contrast against the dark background.

PRESENTACIÓN CURSO DE CAPACITACIÓN 

Nombre de curso: Sistema Giratorio para Equipos de Refrigeración Comercial

Objetivo General:
Difundir información referente a la implementación, funcionamiento, mantenimiento y utilización de un Sistema Giratorio para volteo de equipos de refrigeración en el área de Ensamble 3 del Departamento de Producción”.

Objetivos Específicos:
“Aplicar los conocimientos adquiridos referentes al funcionamiento y utilización del Mecanismo del Sistema Giratorio”
“Difundir la información y capacitar al personal encargado de realizar el mantenimiento al mecanismo”

Curso dirigido a:

Gerente de Producción	Gerente de Mantenimiento
Supervisores de Producción	Personal del área de Mantenimiento
Personal operativo de Producción	

Duración del curso: 1:30 horas

Día: Viernes 5 de Febrero **Hora:** 2:30 p.m.

Lugar: Sala de Capacitaciones Edificio de Planta

Nombre del Instructor: Carlos Nájera

Fuente: elaboración propia.

Figura 63. **Presentación curso plan de contingencia**

PRESENTACIÓN CURSO DE CAPACITACIÓN 

Nombre de curso: Plan de Contingencia

Objetivo General: Difusión de un plan de evacuación de emergencias para la preservación de la vida ante situaciones de riesgo.

Objetivos Específicos:
Conocer las posibles causas de una emergencia
Conocer las diferentes rutas de escape identificadas
Conocer salidas de emergencia y puntos de reunión ante una emergencia

Curso dirigido a:

Gerentes	Coordinadores
Supervisores	Operarios

Duración del curso: 1:30 horas

Día: Viernes 12 de Febrero **Hora:** 2:30 p.m.

Lugar: Sala de Capacitaciones Edificio de Planta

Nombre del Instructor: Carlos Nájera

Fuente: elaboración propia.

4.2 Resultados de capacitación

Los resultados de la capacitación se obtienen mediante la evaluación de la capacitación y un informe que indica la eficacia de la misma, los cuales se muestran a continuación.

4.2.1 Evaluación de capacitación

La evaluación de la efectividad de la capacitación se realiza por medio de medición y comparación, con el fin de determinar el logro de los objetivos trazados por medio de la capacitación.

En lo que respecta a la competencia laboral se medirá la efectividad a nivel individual donde se obtendrá el grado de cumplimiento en el personal como resultado de la capacitación por medio del formato que lleva por nombre: “Efectividad de la capacitación”

Figura 64. Efectividad de la capacitación


R_RH_02_21

EFECTIVIDAD DE LA CAPACITACIÓN

Nombre: _____ Código: _____

Fecha: _____

1. ¿La persona evaluada ha participado en cursos de capacitación? SI NO

3. En caso negativo, ¿Porqué?

2. ¿En cuantos cursos ha participado en los últimos seis meses?

1 - 2 3 - 4 5 ó más

3. ¿Cree que la persona ha mejorado en su trabajo a raíz de la capacitación? SI NO

4. En caso negativo ¿Porqué?

5. ¿En caso afirmativo, en que áreas ha mejorado?

<u>Humana</u>		<u>Técnica</u>	
Trabajo en equipo	<input type="checkbox"/>	Manejo de Equipo	<input type="checkbox"/>
Toma de decisiones	<input type="checkbox"/>	Buenas Practicas de Manufactura	<input type="checkbox"/>
Resolución de problemas	<input type="checkbox"/>	Aplicación de Procedimientos	<input type="checkbox"/>
Relaciones interpersonales	<input type="checkbox"/>	Aplicación de Programa 5's	<input type="checkbox"/>
Motivación	<input type="checkbox"/>	otros: _____	
Actitud positiva	<input type="checkbox"/>		
otros: _____			

6. ¿En que área considera debe capacitarse a esta persona?

7. Comentarios adicionales

FIRMA DE EVALUADOR

Fuente: Fogel de Centroamérica S.A.

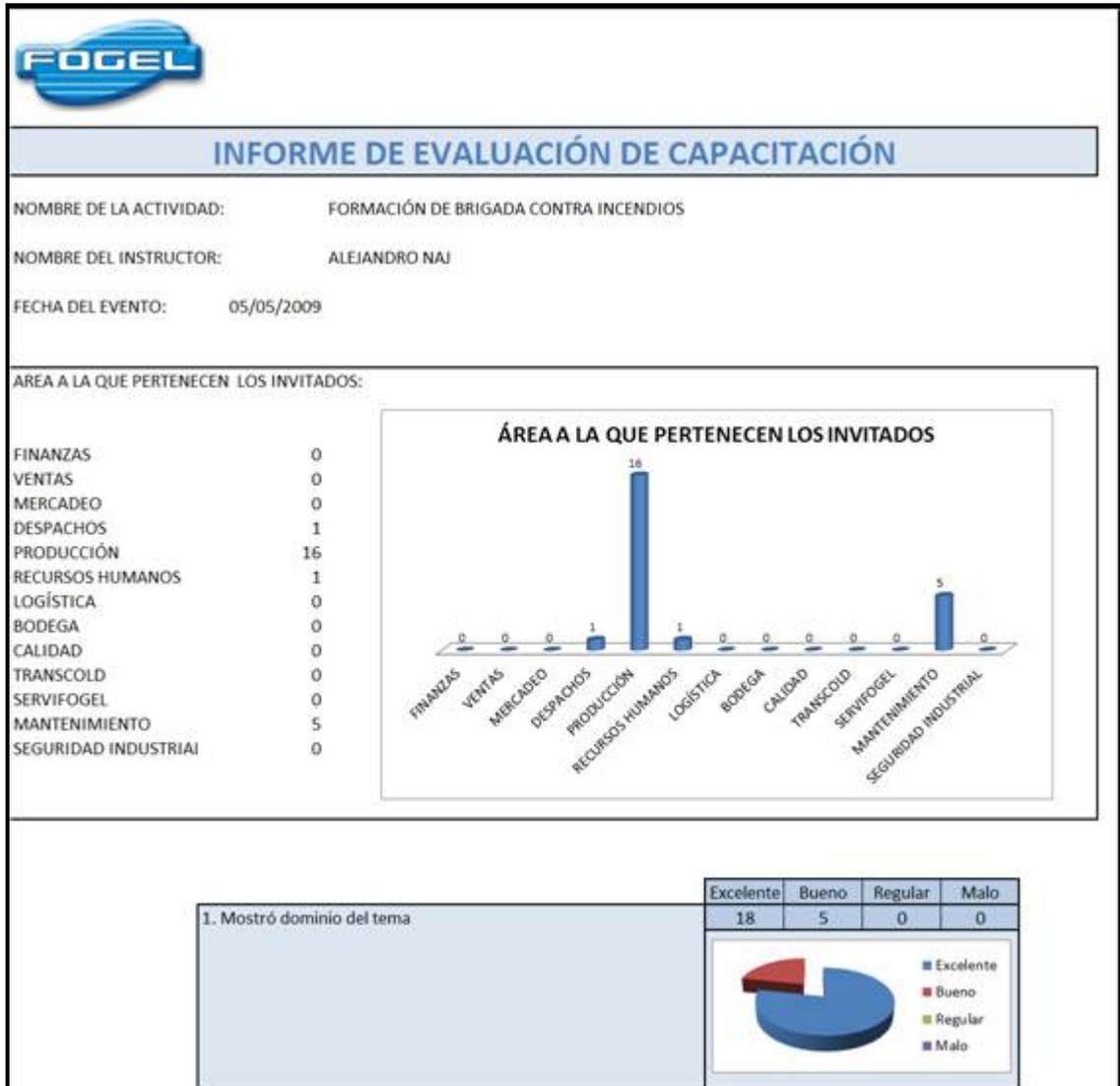
La evaluación es el principio y a la vez el fin del evento de capacitación ya que se considera que es un instrumento que debe guiar el aprendizaje del trabajador hacia obtener las evidencias de desempeño y conocimiento esperadas.

4.2.2 Informe de evaluación de capacitación

El Informe de evaluación de capacitación es la herramienta que utilizaremos para determinar, recopilar y analizar los datos obtenidos de la capacitación, los cuales demostrarán la eficacia de dicha capacitación. Además proporciona información acerca de las áreas a reforzarse por medio de la mejora continua, en lo que respecta al área de capacitación.

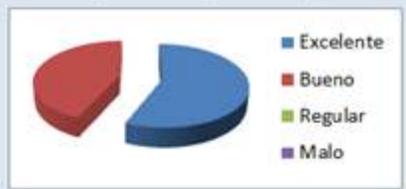
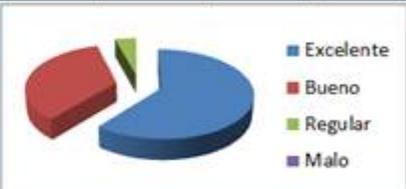
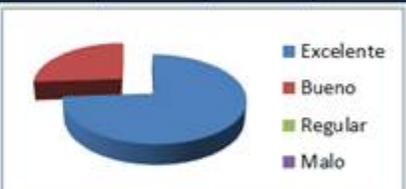
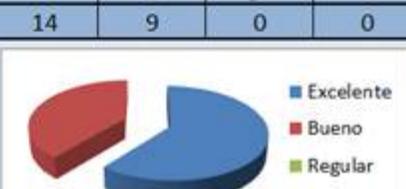
Dentro del informe de evaluación de capacitación se encontrarán plasmadas las tendencias de los datos obtenidos referentes a la capacitación, incluyendo las oportunidades de mejora obtenidas a través de las conclusiones del mismo.

Figura 65. Informe de evaluación de capacitación



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
2. Mostró organización en el desarrollo de su tema	13	10	0	0
				
3. Promovió la participación del grupo	14	8	1	0
				
4. Resolvió las dudas e inquietudes de los participantes	17	6	0	0
				
5. Se condujo de manera profesional	14	9	0	0
				

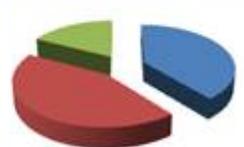
Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
6. Presentó y cumplió los objetivos de la actividad	18	5	0	0
	<p>A 3D pie chart representing the distribution of responses for item 6. The largest slice is blue (Excelente) at 18, followed by a red slice (Bueno) at 5. There are no slices for Regular (green) or Malo (purple).</p>			
7. El contenido se presentó de una forma organizada y lógica	13	9	1	0
	<p>A 3D pie chart representing the distribution of responses for item 7. The largest slice is blue (Excelente) at 13, followed by a red slice (Bueno) at 9, and a small green slice (Regular) at 1. There is no slice for Malo (purple).</p>			
8. La distribución y administración del tiempo se cumplió según lo establecido	6	12	5	0
	<p>A 3D pie chart representing the distribution of responses for item 8. The largest slice is red (Bueno) at 12, followed by a blue slice (Excelente) at 6, and a green slice (Regular) at 5. There is no slice for Malo (purple).</p>			
9. El contenido me motivó para aprender más sobre el tema	18	5	0	0
	<p>A 3D pie chart representing the distribution of responses for item 9. The largest slice is blue (Excelente) at 18, followed by a red slice (Bueno) at 5. There are no slices for Regular (green) or Malo (purple).</p>			

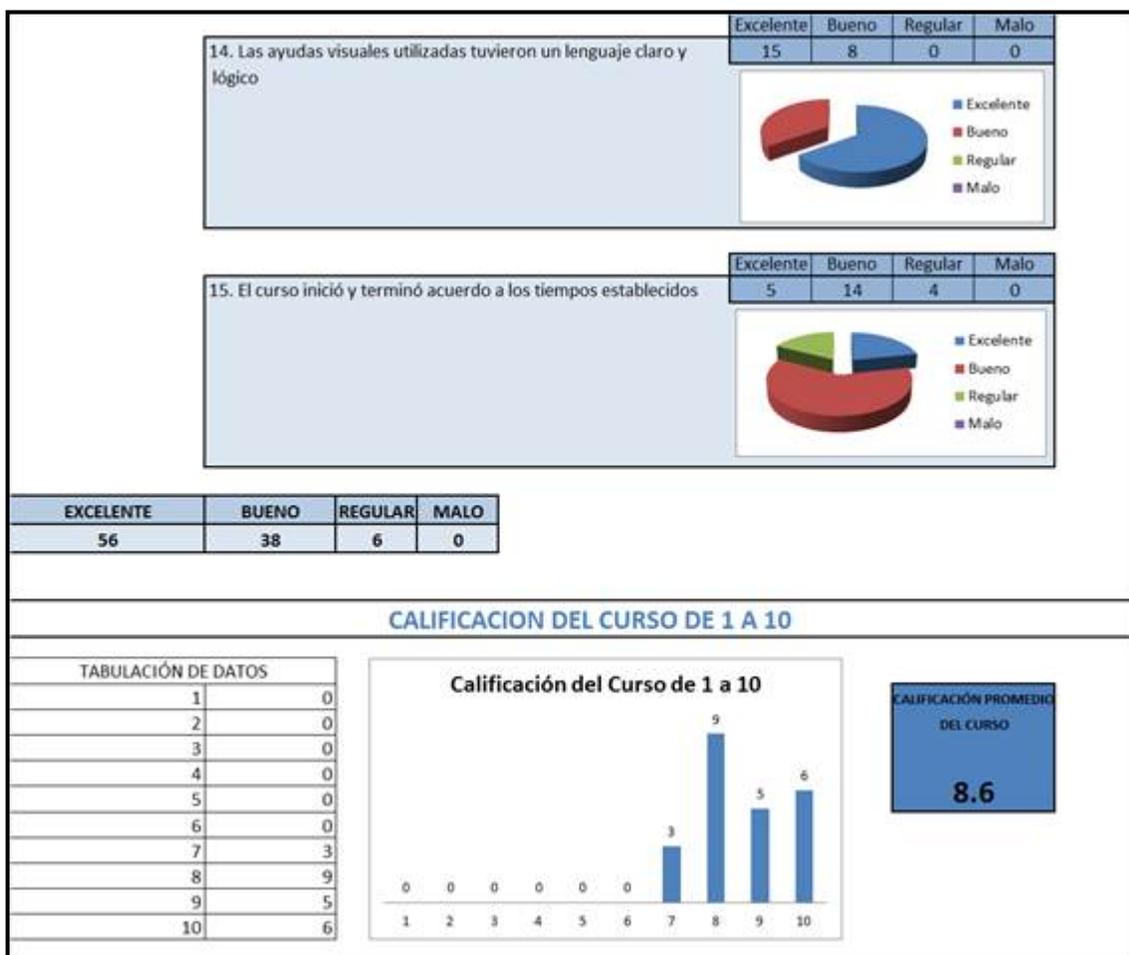
Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.

10. Fue apropiado para cubrir las necesidades que tengo en mi trabajo	Excelente 14	Bueno 8	Regular 1	Malo 0	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Excelente ■ Bueno ■ Regular ■ Malo
11. Los ejemplos y ejercicios me ayudaron a entender el contenido	Excelente 10	Bueno 11	Regular 2	Malo 0	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Excelente ■ Bueno ■ Regular ■ Malo
12. El manual del participante fue útil durante el curso	Excelente 9	Bueno 10	Regular 4	Malo 0	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Excelente ■ Bueno ■ Regular ■ Malo
13. El manual del participante me servirá como base de consulta el futuro	Excelente 9	Bueno 11	Regular 3	Malo 0	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Excelente ■ Bueno ■ Regular ■ Malo

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.



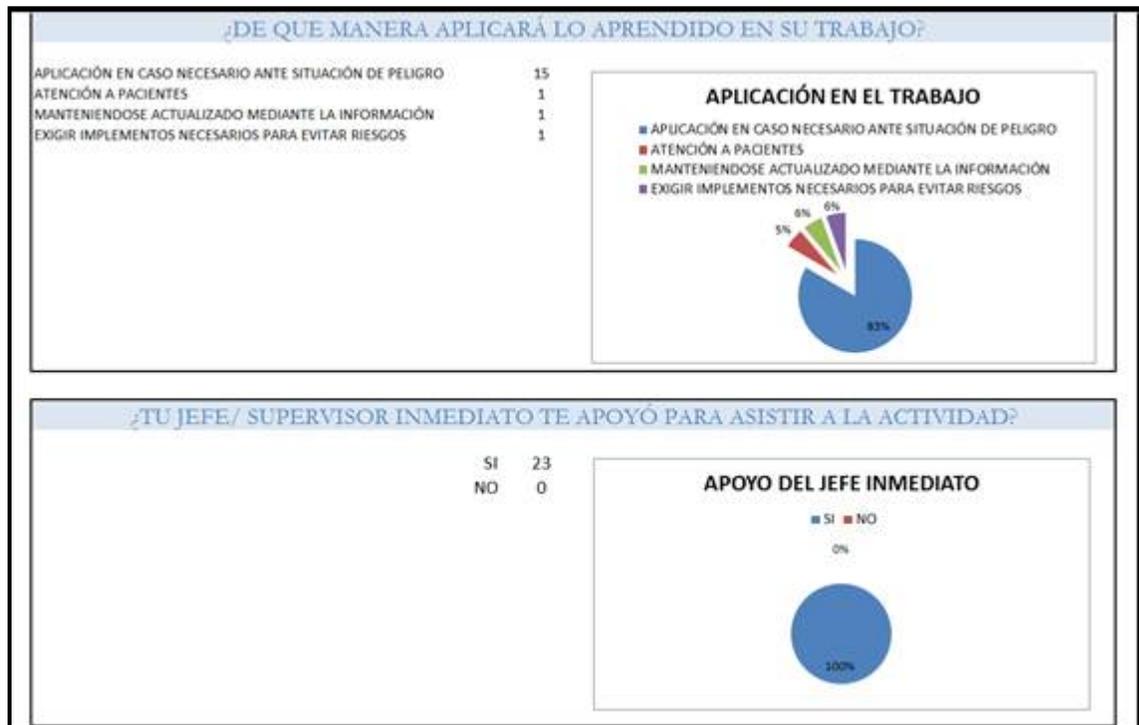
Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.



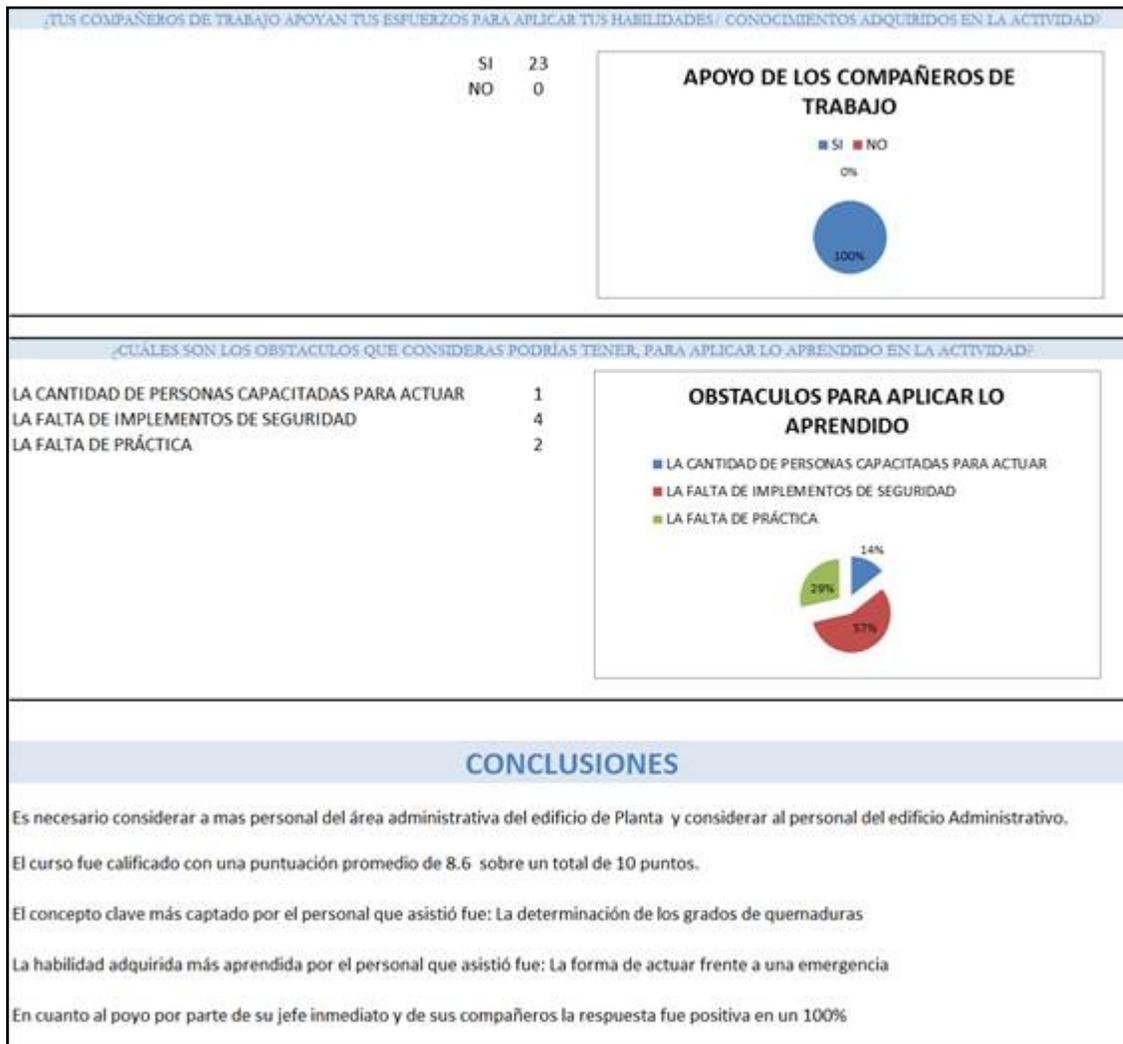
Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 65.

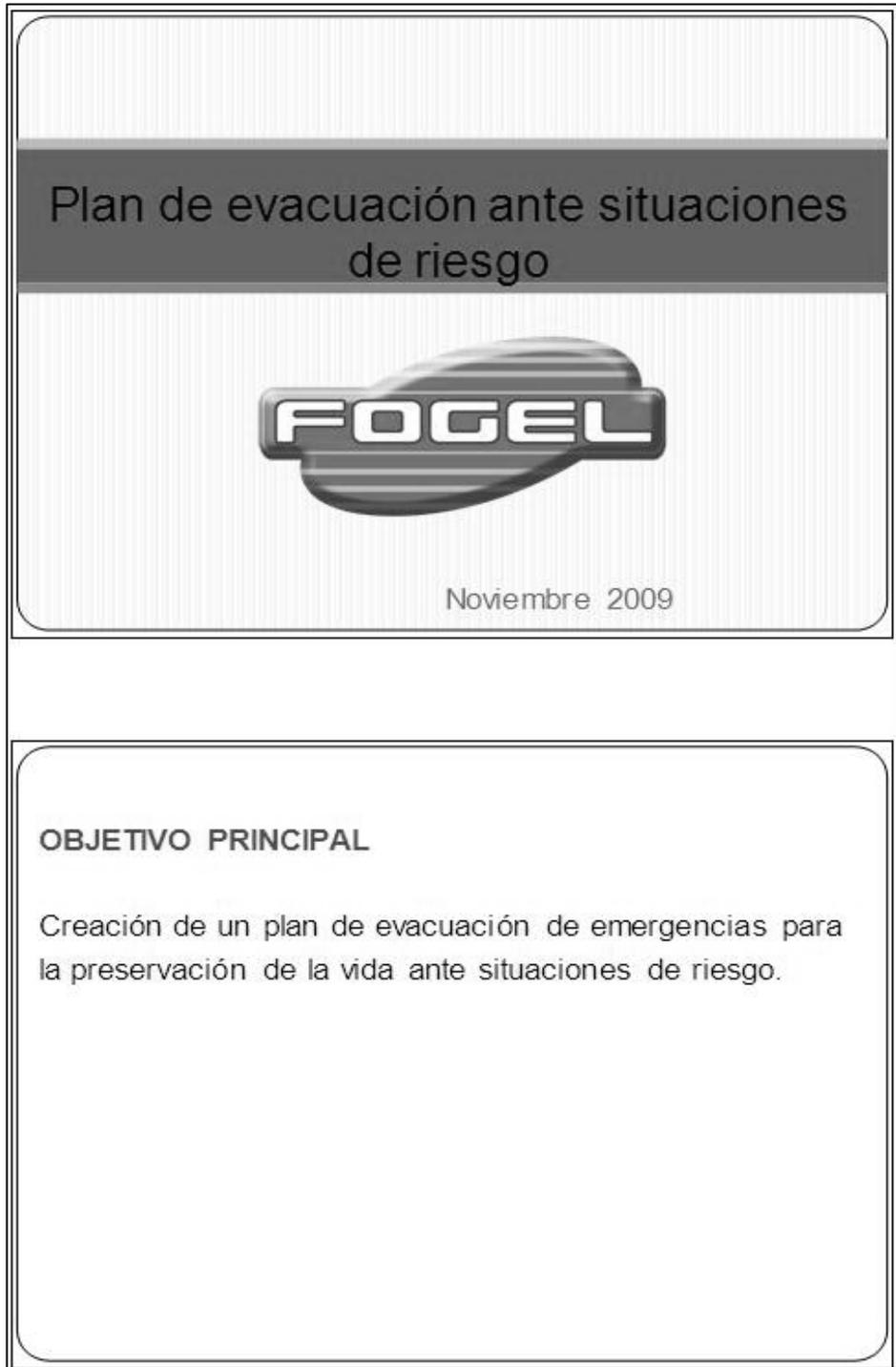


Fuente: elaboración propia.

4.3 Realización de simulacro

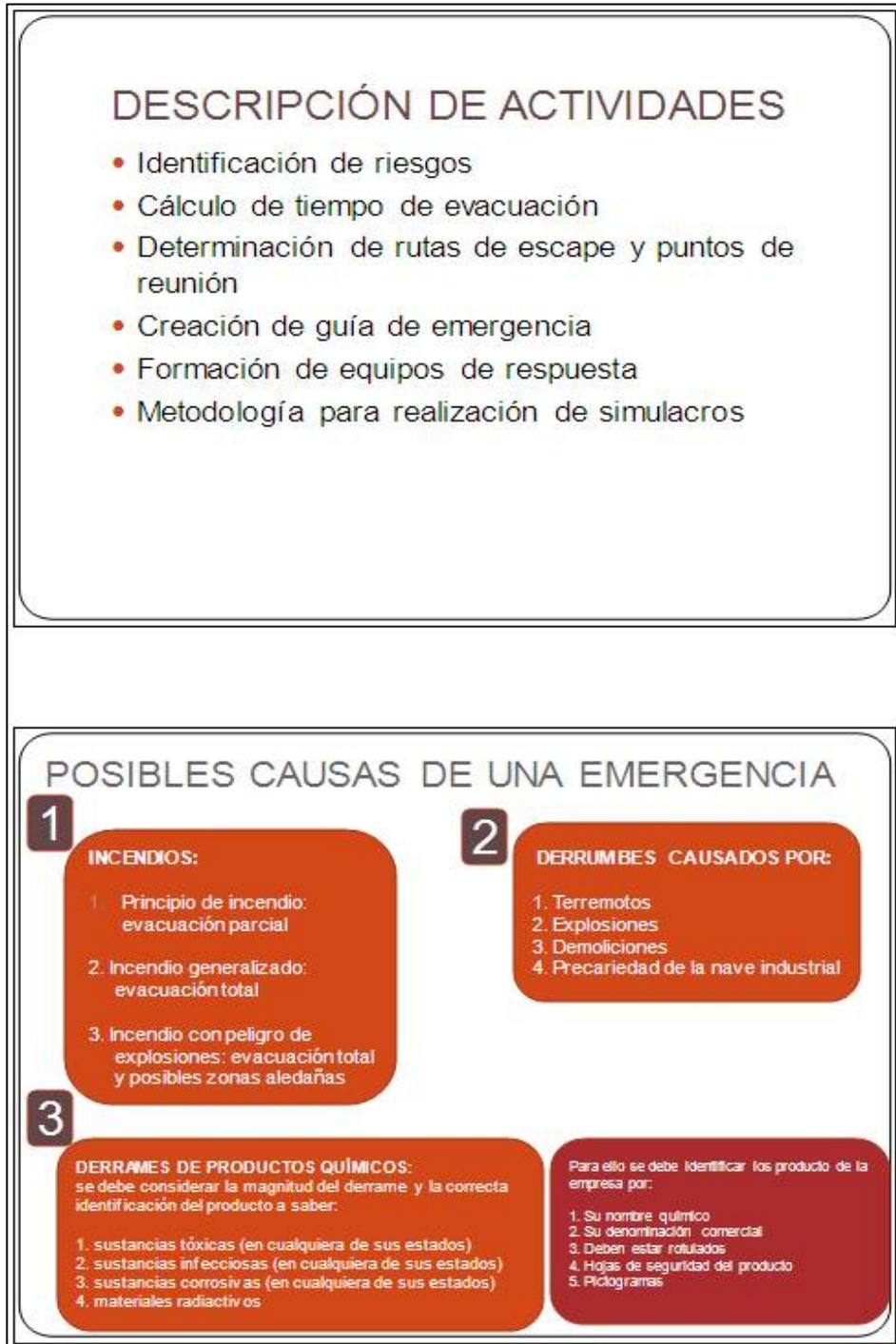
Debido a que existe una constante ocurrencia de fenómenos naturales que generan la necesidad de estar preparados para afrontarlos cuando se presenten, se pretende fortalecer la capacidad de respuesta en el manejo de una emergencia o desastre. Para esto resulta necesario realizar un plan de evacuación ante situaciones de riesgo, para la realización de un simulacro y de esta forma estar preparados. La realización del mismo brindará la información necesaria para la prevención. El plan de evaluación se presenta en la siguiente figura:

Figura 66. **Plan de evacuación**



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.

Análisis general de vulnerabilidad

Este análisis consiste en ubicar las zonas de riesgo, rutas de evacuación, rutas de acceso de los servicios de emergencia, áreas de concentración para el personal, además los servicios hospitalarios más cercanos.

Los datos anteriores, se ubicarán en un croquis que se deberá colocar en un lugar visible y público para que cada persona que visite las instalaciones se ubique con facilidad.

Croquis

El croquis será un *layout* actualizado de la planta de producción que como sugerencia deberá colocarse en la entrada de la planta. En este serán señalizadas las rutas de escape, los puntos de reunión, las salidas de emergencia, las localizaciones de extintores y serán numeradas e identificadas todas las columnas que forman parte de la nave industrial para tener un mejor recurso en cuanto a localización.

El croquis deberá ser explicado de una forma breve y concreta a los visitantes de la planta por parte del coordinador de seguridad industrial de forma que ellos conozcan la ruta en la cual serán guiados durante la visita, así como la ruta que deberán seguir en caso de una evacuación.

La identificación del croquis deberá ser bilingüe.

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.

SEÑALIZACIÓN

Dado el caso en el que se dañe la iluminación, es preciso que se tengan equipadas con alguna iluminación alterna las rutas de evacuación. Es recomendado entonces instalar algún tipo de alumbrado de emergencia.

Las rutas que deben ser utilizadas para la evacuación deben ser marcadas con materiales visibles y duraderos, para que personas tanto internas (personal de la empresa) como externas (visitantes) a la planta tengan una visión clara de los lugares accesibles para la evacuación.

Vías y salidas de evacuación:

En cuanto a las vías y salidas de evacuación es importante que permanezcan despejadas y libres de elementos que puedan estropear el desplazamiento ligero hacia una zona exterior.



Todos los materiales y facilitadores deben estar dentro de las estaciones de trabajo sin salirse al pasillo.

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.

PUNTOS DE REUNIÓN

Estos sectores se refieren a los puntos que deberán brindar la garantía de seguridad necesaria para que todo el personal pueda ser concentrado para su respectivo recuento.

 <p>Área al aire libre frente a taller de instalaciones</p>	 <p>Estacionamiento de gerencia de planta</p>
<p>Punto de reunión para el personal operativo</p>	<p>Punto de reunión para el personal administrativo</p>

MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Se utilizarán todos los medios de comunicación disponibles en la medida que favorezcan a una mayor velocidad en la transmisión de datos.

El personal interno podrá disponer de radios, y celulares.

Dentro del edificio se utilizarán señales luminosas, altoparlantes, la red de teléfono interno y sirenas, todas ellas comandadas desde un puesto central de donde partirán las órdenes.

La fuente de alimentación deberá ser externa independiente de la energía eléctrica convencional ya que en la mayoría de las veces ésta se ve afectada por el siniestro.

Con respecto a las comunicaciones con el medio externo se recomienda tener extensiones directas con los servicios de emergencia con los cuales Fogel tiene contacto, además de realizar la respectiva difusión de los mismos.

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.

<p style="text-align: center;">PERSONAL ASIGNADO AL PLAN DE EMERGENCIAS</p> <ol style="list-style-type: none">1. Dirección de la empresa2. Responsable del área de planta3. Coordinador de seguridad industrial4. Jefes de brigada (incendio, primeros auxilios y evacuación)5. Miembros de brigadas6. Responsable de dar aviso de emergencia7. Responsables de evacuación del personal8. Responsable del corte de luz9. Responsable del corte de la red de gases
<p style="text-align: center;">CAPACITACIÓN</p> <p>Se realizó un programa de capacitación constante durante el transcurso del año en donde se consideran las siguientes actividades:</p> <p>Brigada de incendios Brigada de primeros auxilios Brigada de evacuación Identificación de riesgos</p> <p>La capacitación es considerada como uno de los aspectos más importantes, ya que la práctica hace al maestro y es necesario estar actualizados y en ritmo para poder actuar de forma eficiente ante una emergencia.</p> <p>Además se encuentra considerada la identificación de riesgos en toda la planta con el objetivo de ir implementando proyectos de mejora que minimicen el riesgo de lesiones y accidentes.</p>

Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 66.



Plan de Emergencia

El Plan de Emergencia debe:

- ✓ Formularse por escrito
- ✓ Tener aprobación de la máxima autoridad de la Empresa.
- ✓ Ser difundido ampliamente para su conocimiento general.
- ✓ Ser enseñado y verificado su aprendizaje.
- ✓ Ser practicado regularmente a través de simulacros.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con la implementación del sistema giratorio para equipos de refrigeración comercial se obtiene flexibilidad en las líneas de producción, consiguiendo programar cualquier modelo a la línea, eliminando restricciones de tamaño de equipo.
2. Con el sistema giratorio se eliminan las condiciones inseguras de la actividad de volteo y se obtiene una actividad ergonómica, debido a que el operario no debe realizar ninguna fuerza para realizar la actividad de volteo del equipo, debido a que todo el movimiento de giro es realizado por el sistema hidráulico del mecanismo.
3. Con el análisis económico realizado se demuestra la rentabilidad del proyecto, recuperando la inversión inicial en un tiempo de dos años, obteniendo un beneficio económico de Q18,515.27 al año lo cuál se suma al beneficio ergonómico del trabajador.
4. Con la implementación del plan de contingencia se determinaron las salidas de emergencia, así como también se calcularon los tiempos teóricos de evacuación por área, los cuales se utilizaron para la definición de las rutas de emergencia.
5. Se determinaron los medios de comunicación a utilizarse ante situaciones de riesgo y se analizaron los puntos de reunión, siendo estos los puntos en los cuales se ofrece mayores posibilidades de sobrevivir ante un desastre.

6. Ante las distintas situaciones de riesgo se organizaron la brigada de primeros auxilios, la brigada contra incendios y la brigada de evacuación, con el fin de evitar o disminuir el impacto que una emergencia expone.

7. Con la creación de instructivos de funcionamiento, manejo y mantenimiento del sistema giratorio, se obtiene un apoyo documental que establece condiciones ordenas y controladas sobre los procesos y se capacita al personal sobre estos temas.

RECOMENDACIONES

1. Creación de un puesto de trabajo dedicado exclusivamente al manejo del sistema giratorio, que cuente con su respectiva capacitación para el manejo del mismo.
2. Al momento de que el nuevo operador del Sistema Giratorio se integre a la actividad del sistema de volteo, resulta imprescindible la capacitación de modo que éste pueda contar, tanto con el apoyo documental, como con la experiencia en el manejo del nuevo mecanismo.
3. Se debe velar por el cumplimiento de los instructivos de trabajo con el fin de mantener condiciones controladas y ordenadas tanto para el proceso de manejo como para el proceso de mantenimiento.
4. Evitar que personas ajenas al proceso manipulen el mecanismo, ya que se debe contar con la respectiva capacitación para evitar accidentes en el proceso.
5. El área de utilización debe mantenerse limpia y en buen estado para eliminar cualquier riesgo de obstrucciones en el funcionamiento del mecanismo.
6. El operador debe contar con el equipo de protección personal necesario y debe seguir las medidas de seguridad para evitar un accidente.

7. Realizar rondas de seguridad con el objetivo de percatarse que todas las rutas y salidas de evacuación se encuentren despejadas en todo momento.

8. Mantener un cronograma anual de capacitaciones de brigadas, con el fin de mantener al personal, actualizado en cuanto a información y técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. EVANS, James ; WILLIAM, Lindsay. *Administración y control de la calidad*. 4a ed. México: Thomson, 2002. 848 p. ISBN: 9789706868367.
2. Fluid power zone. *Hidráulica Básica 3.0*. Curso Interactivo de Hidráulica Básica de IIT [en línea] Noviembre 2008 Guatemala. Disponible en Web: <http://www.fluidpowerzone.com>.
3. Fogel Group. *FOGEL* [en línea] Grupo Fogel [Fecha de consulta 23 de noviembre de 2009] Disponible en Web: <http://www.fogel-group.com>.
4. HODSON, William. *Manual del Ingeniero Industrial*. 4a ed. México: Mc Graw-Hill, 2001. 600 p. ISBN: 9789701047958.
5. NIEBEL, Benjamín ; FREIVALDS, Andris. *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 10a ed. México, D.F: Alfa omega, 2001. 745 p. ISBN: 9789701509937.