

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO
DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN No.11, EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA,
VIGUA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SEBASTIÁN ALBERTO VERNON PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
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:

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO
DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN No.11, EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA,
VIGUA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha julio de 2012.



Sebastián Alberto Vernon Pérez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 16 de mayo de 2013
REF.EPS.DOC.569.05.13.

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León De de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Sebastián Alberto Vernon Pérez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200722027, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN No. 11, EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA, VIGUA S.A."**.

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

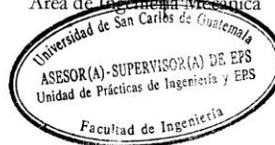
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Edwin Estuardo Suceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 16 de mayo de 2013
REF.EPS.D.379.05.13

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN No. 11, EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA, VIGUA S.A.**" que fue desarrollado por el estudiante universitario **Sebastián Alberto Vernon Pérez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS



SACde LDdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Director del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN No. 11 EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA, VIGUA S.A. del estudiante **Sebastián Alberto Vernon Pérez**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, agosto de 2013.

JCCP/behdei

255/13

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 590.2013

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, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE CAMBIO DE MOLDURA PARA EL MANEJO DE ENVASES DE VIDRIO EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN No.11, EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA, VIGUA S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Sebastián Alberto Vernon Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 27 de agosto de 2013



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el ente creador de mi vida y poner dos ángeles guardianes a mi lado.
- Mis padres** Maritza Pérez y Sergio Vernon, por ser las personas más importantes de mi vida. En cada paso de la vida me brindan amor, sabiduría y un apoyo incondicional hacia mi desarrollo. Amo a cada uno de ustedes infinita y eternamente agradecido.
- Mis familiares** Familias Vernon y Pérez, por darme el apoyo incondicional en la formación de mi carácter, por ser esas personas que estimo y valoro más que nada en mi vida.
- Mis amigos** Por convertirse en mi segunda familia. Por todo el cariño recibido de su parte, consejos y muchas experiencias que nos quedan por vivir.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y salud para alcanzar una meta más.
Ingenieros asesores	Por su tiempo, apoyo, guía y conocimientos transmitidos para la realización de este proyecto.
Facultad de Ingeniería	Por ser la casa de estudio de alto rendimiento que me brindó las mejores herramientas para aprender y fomentar la carrera profesional.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formar parte de esta alma máter que me ofreció todas la herramientas para desarrollarme académicamente y alcanzar el sueño de ser ingeniero
Vidriera de Guatemala	Por ser la compañía industrial que confió en mis capacidades para poder desarrollar el proyecto de investigación dentro de sus instalaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SIMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Valores	3
1.1.6. Organigrama	3
1.2. Descripción del problema	5
1.3. Definiciones básicas	5
1.4. Producción más Limpia	6
1.5. Fase de ahorro energético en líneas de revisión	8
1.5.1. Importancia de la eficiencia energética	8
1.5.2. Impacto al medio ambiente	10
1.5.3. Marco teórico.....	11
1.5.3.1. Potencia.....	11
1.5.3.2. Energía eléctrica	11
1.5.3.3. Frecuencia	12

	1.5.3.4.	Variador de frecuencia.....	12
	1.5.3.5.	Voltaje.....	12
	1.5.3.6.	Corriente eléctrica.....	12
1.5.4.		Descripción	12
	1.5.4.1.	Eficiencia energética.....	13
1.5.5.		Planteamiento del problema	14
	1.5.5.1.	Análisis del consumo energético	15
1.5.6.		Propuesta de mejora técnica	16
1.5.7.		Propuesta de mejora económica	19
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	27
2.1.		Características técnicas de la línea de revisión.....	27
	2.1.1.	Selección de transportadores	27
	2.1.2.	Descargador	28
	2.1.3.	Divergencias	29
	2.1.4.	Confluencias	30
	2.1.5.	Transferencias	32
	2.1.6.	Estación de revisión	33
2.2.		Elementos mecánicos	34
	2.2.1.	Bandas de tablilla.....	34
	2.2.2.	Placas de transferencia.....	36
	2.2.3.	Pista plástica.....	38
	2.2.4.	Guías	39
	2.2.5.	Forro de plástico	42
	2.2.6.	Motor reductor.....	43
2.3.		Detalle de fallas en la planeación y ejecución.....	47
	2.3.1.	Diagnóstico de la situación actual	47
	2.3.2.	Descripción del proceso de planeación de manejo de envases para cambio de moldura	48

2.3.3.	Tiempo del proceso de manejo de envases	49
2.3.4.	Cuantificación del material, herramientas y personal para el manejo de envases en el Área Fría	50
2.4.	Propuesta de un sistema de lubricación para la línea de revisión #11	53
2.4.1.	Tribología	54
2.4.2.	Lubricación	55
2.4.3.	Sistema de lubricación como mantenimiento preventivo	58
2.4.4.	Propuesta de lubricación para sección curva de la línea #11.....	59
2.4.5.	Costo estimado	68
2.5.	Propuesta para un óptimo manejo de envases de vidrio	71
2.5.1.	Principios básicos de mantenimiento	71
2.5.2.	Modelo de implementación de complementos en oficina y estaciones de trabajo	74
2.5.3.	Modelo de planeación de manejo de envases en el Área Fría	79
2.6.	Propuesta de formatos	83
2.6.1.	Planeación.....	85
2.6.2.	Conservación	88
2.6.3.	Planes de acción	92
3.	FASE DE DOCENCIA.....	95
3.1.	Capacitación sobre el sistema de manejo de envases	95
3.1.1.	Información sobre el sistema de manejo	96
3.2.	Información sobre la conservación de elementos mecánicos....	99
3.2.1.	Hoja de control	100

3.3.	Medidas de seguridad industrial.....	103
3.3.1.	Descripción del equipo de protección que debe utilizar el personal	104
3.3.1.1.	Protección necesaria para realizar trabajos en el Área Fría	108
3.3.1.2.	Normas de seguridad industrial en el Área Fría.....	109
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Vista superior de la planta de producción de vidrio	1
2.	Estructura administrativa	4
3.	Organigrama del Departamento Mantenimiento.....	4
4.	Ventajas competitivas de la Producción más Limpia.....	6
5.	Características de los tipos de energía	9
6.	Eficiencia energética	13
7.	Definición de eficiencia energética	14
8.	Línea de revisión #11	16
9.	Variador de frecuencia	18
10.	Descargador	28
11.	Divergencias.....	30
12.	Confluencias de envases de vidrio	31
13.	Velocidad de confluencias.....	31
14.	Transferencia.....	32
15.	Lámpara de revisión	33
16.	Dimensiones de la tabilla transportadora	35
17.	Vista de placa de transferencia y rodillo del templador	37
18.	Placa de transferencia estándar	37
19.	Pista recta tipo L.....	39
20.	Guía de aluminio	40
21.	Vista transversal guía aluminio.....	40
22.	Perfil guía de aluminio	41
23.	Material y medidas del forro de plástico	43

24.	Partes del motor reductor.....	44
25.	Placa de características del motor reductor	45
26.	Motor y caja reductora	46
27.	Película de lubricante entre dos cuerpos en contacto	55
28.	Lubricantes para la industria alimentaria.....	57
29.	Película lubricante entre cuerpos	60
30.	Sección curva de la pista plástica	61
31.	Puntos de compresión en sección curva.....	62
32.	Lubricación automática centralizada	63
33.	Puntos de aplicación de gota de lubricante.....	65
34.	Plano del sistema de lubricación centralizada.....	67
35.	Hoja de trabajo para manejo de envases.....	84
36.	Formato planes especiales	94
37.	Casco de protección	105
38.	Botas de protección para pies.....	105
39.	Lentes de protección industrial.....	106
40.	Protectores auditivos.....	107
41.	Protección de manos	108

TABLAS

I.	Resumen de análisis energético.....	21
II.	Resumen del costo de la energía eléctrica.....	22
III.	Resumen del ahorro monetario mensual.....	23
IV.	Variador de frecuencia utilizando el 75 % de la capacidad.....	24
V.	Variador de frecuencia utilizando el 50 % de la capacidad.....	24
VI.	Variador de frecuencia utilizando el 25 % de la capacidad.....	25
VII.	Dimensiones de la tablilla de acero inoxidable	35
VIII.	Inventario de herramientas para cambio de moldura.....	51

IX.	Resumen de costos por paros no programados	68
X.	Evaluación económica de accesorios	70
XI.	Esquema de pizarra	77
XII.	Planificación del manejo de envases	86
XIII.	Conservación de los elementos mecánicos	89
XIV.	Programación de capacitación	96
XV.	Procedimiento para la capacitación de planeación	97
XVI.	Sistema de mantenimiento preventivo	98
XVII.	Módulo de Seguridad Industrial	100
XVIII.	Módulo de Buenas Prácticas de Manufactura.....	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
btu	British termal unit
hp	Caballo de fuerza
US\$	Dólares estadounidenses
°	Grados
°C	Grados centígrados
Hz	Hertz
kg_{vapor}/h	Kilogramos de vapor por hora
kg/m³	Kilogramos por metro cúbico
km	Kilómetro
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora

lb	Libra
lb_{vapor}/h	Libra de vapor por hora
lb/h	Libra por hora
lb-in	Libra por pulgada
m	Metros
'	Pies
psi	Pounds per square inch (libra por pulgada cuadrada)
%	Porcentaje
”	Pulgada
Q	Quetzales
rpm	Revoluciones por minuto
V	Voltio

GLOSARIO

Acero inoxidable	Es una clase de acero que resiste la corrosión.
Cambio de <i>bushing</i>	Es una pieza de refractario que se cambia en el cambio de moldura, la función es regular el flujo de vidrio.
Cambio de moldura	Es una actividad donde se hace el cambio de moldes en la máquina de producción, para nueva fabricación de envases.
<i>Display</i> electrónico	Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual.
Eficiencia energética	Es el uso inteligente de la energía: consumir energía sin desperdiciarla.
Embudo	Área designada dentro de la planta de producción para la revisión de envases.
Equipo	Es el elemento que constituye el todo o parte de una máquina o instalación que, por sus características, tiene datos, historial y programas de reparación propios.

Línea de revisión	Área designada dentro de la planta de producción para la revisión de envases.
Lluvia de ideas	Es un proceso didáctico y práctico mediante el cual se intenta generar creatividad mental respecto de un tema.
Lubricación	Engrasar piezas metálicas de un mecanismo para disminuir su rozamiento.
Luz fluorescente	Es una luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial.
Luz incandescente	Es un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, en la actualidad wolframio, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica.
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
Máquina	Artificio o conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada o para producir un efecto determinado.

Motor eléctrico	Es una máquina eléctrica con partes móviles, cuya función es transformar energía eléctrica de la red en energía mecánica para el accionamiento de distintos elementos.
Nylatron	Es un nombre comercial para una familia de plásticos de nilon, normalmente llenos de polvo lubricante de bisulfuro de molibdeno. Es una marca registrada de DSM Plásticos.
Pedacería de vidrio	Residuo de envases de vidrio quebrantado.
Perno cónico	Engrasar piezas metálicas de un mecanismo para disminuir su rozamiento.
P+L	Producción más Limpia.
Producción más Limpia	Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar sobre estos la eficiencia y reducir el riesgo para el ser humano y el medio ambiente.
Remache	Es un sujetador mecánico que se coloca, generalmente de manera permanente, para sostener dos o más partes juntas.

Válvula solenoide

Es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

RESUMEN

El reconocimiento de las líneas de revisión en el primer mes fue importante, ya que se determinó la actividad del manejo de envases y se identificó los elementos que la componen, los cuales el Departamento de Mantenimiento Mecánico es el encargado en el área de producción.

Se realizó un reconocimiento de la actividad de planeación y ejecución. Se trabajó en una propuesta efectiva, siendo participe en la planeación de manejo y en los días que existió un cambio de moldura que es cuando la actividad del manejo de envases se hace efectiva. A lo largo de los 5 meses restantes del programa de Ejercicio Profesional Supervisado se reunió la información del historia de planeación de carrera, información de molduras, inventario de materiales que se utilizan, recurso humano disponible, requerimientos del programa de mantenimiento, áreas destinadas al almacenamiento de los equipos, acciones preventivas y sistemas de lubricación en la línea de revisión, limpieza y cuidados acorde a las normas de seguridad e higiene industrial.

En la última etapa del Ejercicio Profesional Supervisado, se ordenó los datos obtenidos y se amplió la información para publicar las bases de una propuesta precisa y real. Esto generó una propuesta viable, para dar solución a las debilidades y fortalecer las oportunidades competitivas que el Departamento de Mantenimiento Mecánico presenta. Las medidas a proponer de planificación y mantenimientos en la línea de revisión #11 fueron presentadas al jefe de Departamento Mecánico, supervisor de mecánicos, supervisor de área fría, mecánicos de turno y mecánicos auxiliares, para así presentar una propuesta

en el formato de preparación y ejecución del manejo de envases en el Área Fría de la empresa Vigua S.A.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis y propuesta de un sistema mejorado de planificación de manejo de envases. Con el fin de reconocer las características técnicas del manejo de envase en el Área Fría, con los elementos y equipos complementarios que se utilizan en la línea de trabajo.

Específicos

1. Describir los pasos que sigue un envase en su paso por el Área Fría, sector de la planta de producción donde es trasladado el envase.
2. Reconocer la transportación de los envases en el Área Fría.
3. Identificar los equipos y complementos utilizados en el manejo del envase en el Área Fría.
4. Conocer los lineamientos básicos para el manejo del envase en el Área Fría.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en una planta de producción, el mantenimiento de la maquinaria es de vital importancia para evitar que los paros no programados afecten directamente la efectividad de las actividades de producción. De esta forma es necesario que dentro de la planta, se cuente con un seguimiento riguroso de los requerimientos propios que la maquinaria y equipo necesitan para evitar interrupciones de funcionamiento.

Al haber detectado la factibilidad del proyecto, se procede a realizar un análisis en la planeación de manejo de envases. Para identificar el proceso de esta actividad se hace un estudio de las fortalezas y debilidades del departamento a cargo, para luego hacer una propuesta con óptimas mejoras en las actividades que se realizan en el cambio de moldura tales como: ajuste de guías y soportes, regulación de velocidades de bandas transportadoras, limpieza en el área de trabajo etc. Todas estas labores conllevan, a la unión de un equipo de trabajo, el cual será beneficiado junto al Departamento de Mantenimiento Mecánico en el progreso de indicadores de producción. La propuesta incluye mejoras para la conservación de los elementos mecánicos en la línea de revisión para optimizar su uso y reducir paros innecesarios de producción.

La propuesta de una mejora al plan de carrera y mantenimiento de los elementos que componen la línea de revisión, es apegada al plan de mantenimiento preventivo que a su vez se rige bajo los estándares de la política de calidad de la empresa.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

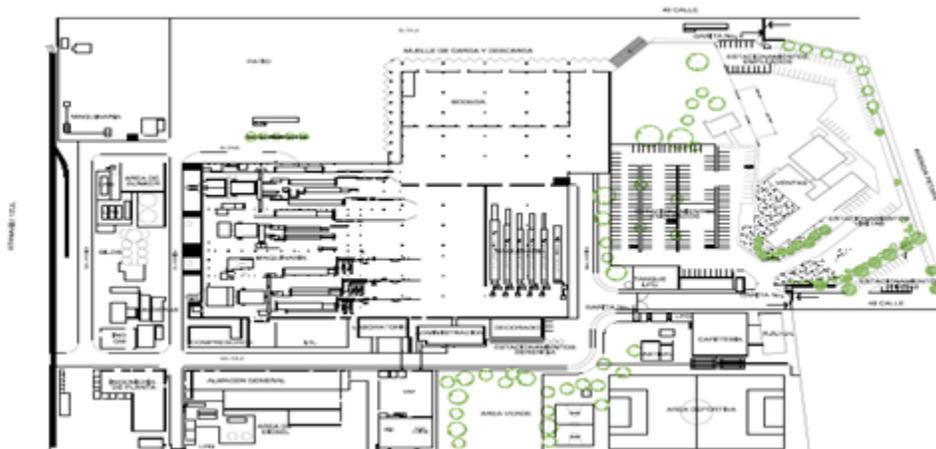
1.1. Descripción de la empresa

El estudio profesional supervisado es realizado en la industria guatemalteca. Para realizar el análisis de estudio acorde al tema proyectado, se hace énfasis en la industria del vidrio, describiendo sus procesos y cualidades específicas.

1.1.1. Ubicación

La empresa está ubicada en una zona industrial en la avenida Petapa 48-01 zona 12, la planta de producción conjuntamente con oficinas abarca el área comprendida entre la avenida Petapa y calzada Atanasio Tzul.

Figura 1. Vista superior de la planta de producción de vidrio



Fuente: archivo de la empresa.

1.1.2. Historia

VICAL es el Grupo Vidriero Centroamericano, enfocado principalmente a la manufactura y comercialización de envases de vidrio. Inicio operaciones en 1964; satisface las necesidades de los mercados de Centroamérica y de exportación fuera del área.

VICAL es líder en la producción y comercialización de envases de vidrio en Centroamérica. Cuenta entre sus clientes a importantes empresas como: embotelladoras de bebidas gaseosas, industrias cerveceras, licoreras, alimenticias y medicinales.

1.1.3. Misión

“Nuestra misión es satisfacer competitivamente las necesidades de envase y cristalería de mesa, del mercado centroamericano y de exportación, produciendo nuestras materias primas y comercializando productos afines y complementarios a las líneas de nuestro giro principal, sin deterioro del ambiente. Nos preocupamos constantemente por asegurar la estabilidad, crecimiento y desarrollo del personal y de las empresas del grupo; así como por cumplir los niveles de rentabilidad señalados, mediante un proceso de mejoramiento continuo.”

1.1.4. Visión

“Lograr en el mercado de Centroamérica una posición de liderazgo en envases de vidrio e insumos industriales relacionados con nuestro giro principal y comercializar producto afines y complementarios o que representen un negocio de interés, asumiendo la responsabilidad de conquista el

reconocimiento de proveedor confiable de alta calidad que no deteriora el medio ambiente y respaldado por un servicio eficiente, con el fin de dar el mayor grado de satisfacción al cliente.”

La operación de Vical (instalaciones, productos y servicios), deberá asegurar el óptimo beneficio a clientes, proveedores, personal, accionistas, comunidad y medio ambiente en los países en donde se haga negocio.

Vical será una corporación con una cultura de trabajo en equipo, interacción e innovación a fin de coadyuvar al mejoramiento continuo de personal, sistema, procesos y servicios.

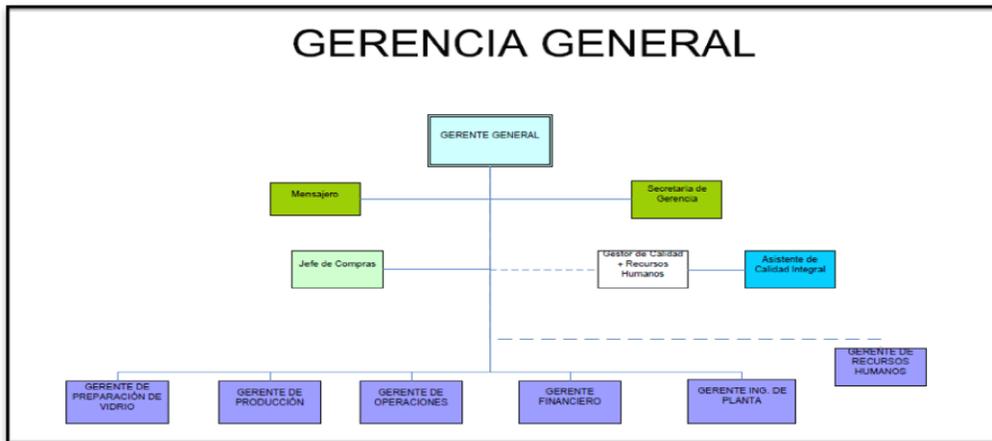
1.1.5. Valores

- ✓ Respeto a la persona
- ✓ Servicio
- ✓ Calidad

1.1.6. Organigrama

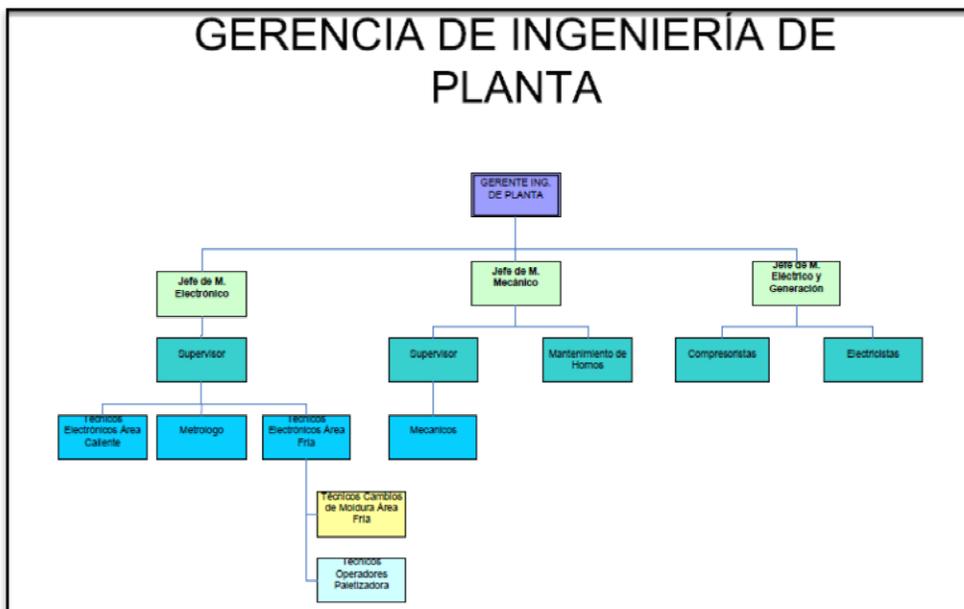
El inciso siguiente muestra la representación gráfica con elementos geométricos que figura la estructura orgánica de la empresa vidriera, en ella se visualiza las múltiples relaciones e interacciones que tienen los diferentes órganos que se presentan en la organización.

Figura 2. Estructura administrativa



Fuente: archivo de la empresa.

Figura 3. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



Fuente: archivo de la empresa.

1.2. Descripción del problema

Actualmente el Departamento de Mantenimiento Mecánico presenta un punto de mejora en la planeación y ejecución de carrera de envase en las líneas de revisión, en 3 de sus seis líneas de producción tienen una demanda alta de manufactura y no presentan cambios de moldura por al menos los próximos seis a ocho meses. Por tal razón se ha preferido realizar la propuesta en la línea de revisión #11, siendo esta el modelo para las demás líneas en un futuro y así aplicar la propuesta en las restantes cuando sea conveniente.

Por la dimensión de la línea y los componentes bajo los cuales del Departamento de Mantenimiento Mecánico está a cargo, se desarrolló una propuesta de planeación y ejecución en la línea de revisión #11, la cual tiene una tendencia a la elaboración de envases de diámetro y altura mayor en comparación con los envases con que se trabajan las líneas restantes, por lo que el desarrollo del proyecto dará una alternativa de prosperidad al manejo envases.

1.3. Definiciones básicas

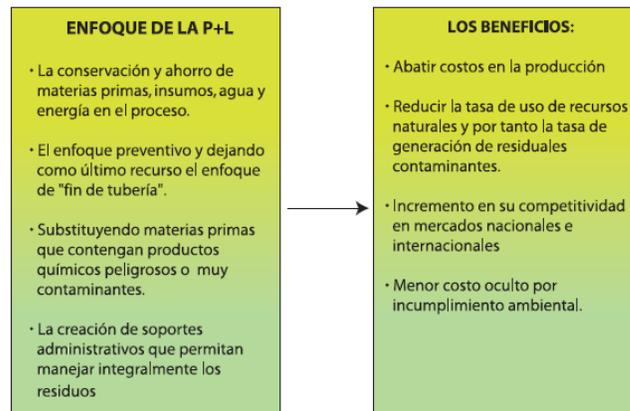
- ✓ Área Fría: área donde se recibe el producto fabricado y templado, es el lugar físico donde el envase es transportado y puesto en revisión de calidad hasta el área de empaque de producto.
- ✓ Templador: horno de recocido que tiene como función dar el dicho tratamiento al envase formado por medio de una curva de temperatura previamente ajustada al tipo específico de envase.

- ✓ Horno de fundición de vidrio: es la máquina encargada de fundir la materia prima, para luego dosificar a las líneas de producción.
- ✓ Cambio de molduras: es la actividad técnica donde se procede al cambio físico de los componentes utilizados para la formación del envase.

1.4. Producción más Limpia

La competitividad exigida a las empresas, por parte del mercado global, impone la búsqueda de mayor eficiencia en los procesos de producción. Por otra lado, las regulaciones ambientales de cada país presionan a las empresas a adoptar procesos menos contaminantes; esto es especialmente cierto en la industria del vidrio.

Figura 4. **Ventajas competitivas de la Producción más Limpia**



Fuente:Equipo técnico del Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. Manual de Producción más Limpia sector lácteos.p. 5.

Todo ello se traduce en un menor impacto al ambiente y la salud de las personas, pero también en reducción de costos de la producción gracias a una

mayor eficiencia. Por lo tanto, la Producción más Limpia conlleva dos conceptos integrados: el ambiental y el económico.

Un ejemplo de los beneficios que se puede lograr con el enfoque de la Producción más Limpia, se tiene en el ahorro de energía. Considerando el costo que representa la energía para la operación de la industria, existe una gran oportunidad económica en la aplicación de medidas y cambios tecnológicos para disminuir ese consumo. El tema de la energía es probablemente el que es más fácil de llevar a cabo y el que reporta beneficios a las empresas en períodos de tiempo sumamente cortos.

La implementación de acciones y estrategias para una P+L, hace que la producción industrial tienda a ser más sustentable en el largo plazo, mientras que permite a las empresas lograr ahorros significativos en el corto plazo. En otras palabras, la Producción más Limpia es la respuesta a la pregunta de cómo obtener mayor competitividad a la vez que se logra un mejor desempeño ambiental. La P+L puede reducir costos de producción sin lugar a dudas, y en algunos casos puede incluso generar ganancias.

La Producción más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

- ✓ En los procesos de producción, la Producción más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.

- ✓ En el desarrollo y diseño del producto, la Producción más Limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.

- ✓ En los servicios, la Producción más Limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios. Como se mencionó anteriormente, la Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia y metodología preventivas.

1.5. Fase de ahorro energético en línea de revisión

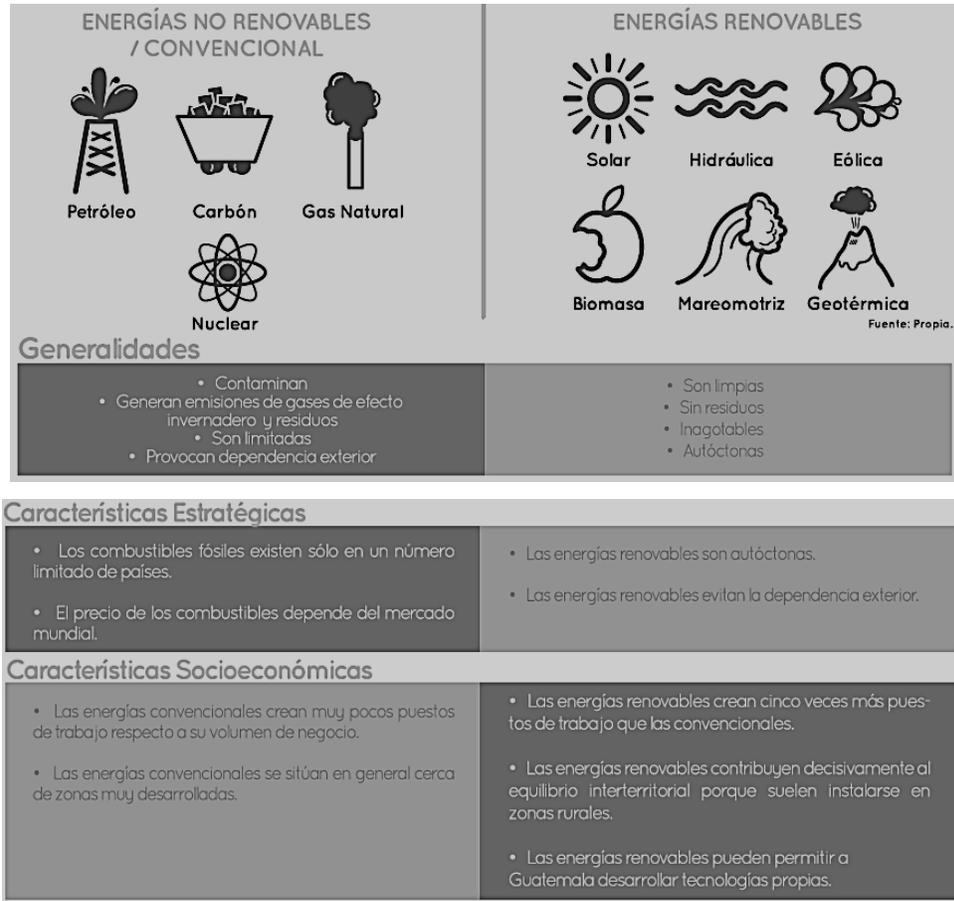
Esta guía práctica para la eficiencia energética, tiene como objetivos proveer a las jefaturas encargadas de la gestión ambiental de la planta de producción, una serie de medidas orientadas a la eficiencia energética, principalmente a la línea de revisión #11.

Después de hacer una breve sensibilización sobre el impacto que tiene el consumo de energía en el medio ambiente y consecuentemente de la importancia que tiene un consumo eficiente, esta propuesta ofrece una serie de recomendaciones que armonizadas en un plan o programa de ahorro energético empresarial, llevarán a un consumo responsable y optimizado.

1.5.1. Importancia de la eficiencia energética

La energía es un insumo básico para nuestra vida. Hay dos tipos de fuentes de energía en el mundo, renovable y no renovable. La siguiente figura presenta, de una forma general, las ventajas y desventajas de las mismas.

Figura 5. **Características de los tipos de energía**



Fuente: DOMENECH, José R. Manual de buenas prácticas para el consumo de energía.

p. 8.

La producción de electricidad en Guatemala aumento 40% entre 2001 y 2007 (de 6,382.6 a 8,756.2 GWh). En promedio, el 63% de la energía eléctrica producida en este período provino de generación térmica (que usa combustibles derivados del petróleo y carbón mineral), una de las mayores fuentes de contaminación del aire.

Por otro lado, el consumo de energía procedente de los derivados del petróleo, diesel y gasolina fueron los más utilizados entre 2001 y 2006. En un estado ideal, una tasa de crecimiento económico debería estar acompañada de una tasa de menor de crecimiento de la demanda de energía, pero en Guatemala ambos están aumentando. Durante este período, la mayor parte de la energía eléctrica fue consumida para uso industrial (33 %), residencial (27 %) y comercial (23 %). Las pérdidas en su distribución para el consumo representaron un porcentaje considerable (15 %).

1.5.2. Impacto al medio ambiente

La generación, transformación, transporte y uso final de la energía producen impactos medioambientales, tanto locales y globales. En la explotación de los yacimientos se producen residuos, contaminación de aguas, de suelos, y emisiones atmosféricas.

En la refinación o transformación de una fuente primaria a una secundaria (petróleo a gasolina, biomasa a biocombustible, etc.), en el proceso de transporte y distribución de la energía para su consumo final, se genera contaminación que afecta al medio ambiente.

El trazado de las líneas eléctricas, los oleoductos, los gasoductos y los derrames de combustibles, provocan dramáticas consecuencias para los ecosistemas y economías de las zonas afectadas.

Por otro lado, el abastecimiento energético a partir de las energías fósiles, necesitan siempre un proceso de combustión, también en las centrales térmicas, para producir electricidad, o localmente en calderas y motores de vehículos. Esta combustión emite CO₂, principal gas de efecto invernadero y

otros gases y partículas contaminantes que dañan la salud. Hay que tener en cuenta que la producción de energía, y su uso, tanto en la industria como en los hogares y medios de transporte, es responsable de la mayoría de las emisiones de CO₂ causadas por el hombre.

1.5.3. Marco teórico

Se presenta el grupo central de conceptos que se utiliza para formular y desarrollar un argumento. Esto se refiere a las ideas básicas de la teoría eléctrica que forman la base para los argumentos.

1.5.3.1. Potencia

La potencia eléctrica es la rapidez con respecto al tiempo del flujo de energía eléctrica. La unidad del sistema SI para potencia instantánea y potencia activa es el watt. La unidad germana para potencia aparente es el voltamperio y para potencia reactiva el var. El watt es la potencia necesaria para realizar trabajo con una rapidez de joule por segundo.

1.5.3.2. Energía eléctrica

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

1.5.3.3. Frecuencia

La unidad de frecuencia es el Hertz, se denomina frecuencia, a la cantidad de oscilaciones de un movimiento ondulatorio y vibratorio, calculado en una unidad temporal.

1.5.3.4. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

1.5.3.5. Voltaje

El voltaje, es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

1.5.3.6. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es la tasa de flujo de carga que pasa por un determinado punto de un circuito eléctrico, medido en Culombios/segundo, denominado Amperio.

1.5.4. Descripción

En el apartado se hace referencia a los términos de eficiencia, ahorro y manejo de energía eléctrica, estos conceptos son el precedente de los datos técnicos descritos en la propuesta de mejora técnica y económica.

1.5.4.1. Eficiencia energética

La eficiencia energética es el uso inteligente de la energía: consumir energía sin desperdiciarla. Al hacer uso eficiente de la electricidad, se pueden realizar más actividades con la misma energía y mejorar la calidad de vida, manteniendo equilibrio y armonía con el medio ambiente.

Figura 6. Eficiencia energética



Fuente:<http://www.solounplaneta.com/2007/10/25/etiquetas-de-eficiencia-energetica/> .

Consulta: 21 de enero de 2013.

La energía es imprescindible para el desarrollo económico y social y, por otro, el consumo y abastecimiento energético en su planteamiento actual comprometen el desarrollo de las generaciones futuras (agotamiento de combustibles, problemas medioambientales de alcance mundial, inseguridad y altos costos de los abastecimientos).

El desarrollo sustentable significa utilizar los recursos naturales de forma tal que se minimicen los impactos ambientales y se favorezca el acceso a los mismos a todos los pueblos y ciudadanos del planeta, en unas condiciones económicas accesibles, sin hipotecar el desarrollo futuro.

Figura 7. **Definición de eficiencia energética**



Fuente: José R. Domenech. Manual de buenas prácticas para el consumo de energía. p. 12.

1.5.5. Planteamiento del problema

Actualmente la fábrica de envases de vidrio, cuenta con una amplia gama de equipos eléctricos instalados en oficinas y planta de producción, tales como: motores, máquinas formadoras de envase, abanicos de combustión, lámparas, etc. La línea de revisión #11 cuenta con una serie de 13 motores eléctricos los cuales son los encargados de proporcionar movimiento a las bandas de transporte de envases.

El área de revisión es un área crítica de la empresa, ya que es donde se realiza la actividad de manejo de envases a lo largo de las líneas de producción. Cada banda transportadora cuenta con un motor eléctrico acoplado a un eje que es el que le da velocidad y movimiento a dicha banda. Al tratar el manejo de envase como un trabajo sumamente importante, es vital brindar un servicio de motores eléctricos óptimos para que esta actividad sea realizada con éxito.

Al entrar en fabricación un nuevo envase, las condiciones de manejo cambian, esto quiere decir que las velocidades de bandas transportadoras

serán distintas, ya sea más rápidas o lentas según requiera el envase. Por lo tanto debe de existir un dispositivo que sea capaz de variar la velocidad de las bandas con un ajuste sencillo. Este mecanismo es un regulador de frecuencia, el cual tiene como principal función hacer variar la velocidad del motor eléctrico para así entregar distintas velocidades.

La mayoría de motores instalados en la línea de revisión #11, poseen variadores de frecuencia. La tendencia a la evolución ve obligado a la planta a requerir de equipos acorde al proceso de productivo.

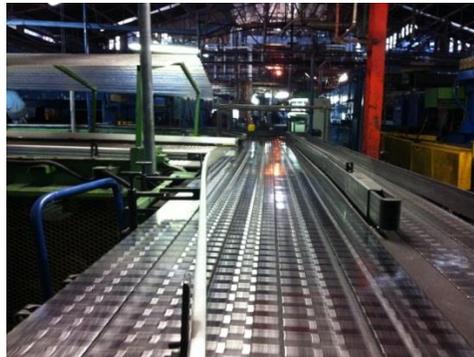
Mediante el estudio y análisis en lo que respecta al ahorro energético y la comparación industrial, se determina que, para la correcta forma de operar las velocidades de banda que transportan envases de vidrio, la solución óptima y que cubre todas las necesidades de transporte de envases, es la instalación de variadores de frecuencia que cuente con un *display* electrónico que sirva para monitorear las funciones del mismo. El Departamento de Mantenimiento Mecánico, a través de su responsable verificó la necesidad de instalación de estos dispositivos, para así llevar un control de carrera de envase, registrarlos, archivarlos y utilizarlos posteriormente cuando el envase entre a producción en un futuro.

1.5.5.1. Análisis del consumo energético

La línea de revisión #11 (figura) es el área designada de la planta donde se lleva a cabo el manejo de envases, inspección visual, inspección de envases a través de equipos especiales y empaque. Esto mantiene un consumo energético constante las 24 horas.

El consumo energético en la línea de revisión tiene puntos de mejora, muchas veces las bandas transportadoras están en funcionamiento cuando hay paros de producción, es decir problemas: mecánicos, paros inoportunos o alguna eventualidad. Se utilizan motores a 80 % de su capacidad cuando en realidad se necesita poca potencia para mover bandas transportadoras.

Figura 8. **Línea de revisión #11**



Fuente: Área Fría.

1.5.6. Propuesta de mejora técnica

En una búsqueda de mejora continua y satisfacción de necesidades, el siguiente análisis formula una solución para los Departamentos de Ingeniería de Planta con relación al ahorro energético y procesos productivos más limpios para el medio ambiente.

A través de este análisis se pretende la mejora del uso de energía eléctrica en el área de línea de revisión, mediante la instalación de dispositivos que regulen la frecuencia en los motores eléctricos instalados a lo largo de la línea #11. Las razones principales para que esta propuesta sea viable son las siguientes:

- ✓ Con la instalación de variadores de frecuencia en los 13 motores eléctricos instalados en la línea #11, se podrá evidenciar un ahorro energético el cual se traduce a ahorro económico. La motorización de la línea no tiene que estar funcionando al 100 %, variando la frecuencia y dependiendo del envase a transportar se puede ajustar las velocidades a un 25 %, 50 % y 75 % de su velocidad nominal. Al regular la corriente de entrada y corriente de entrega se hace un consumo eficiente de energía eléctrica en los motores, lo cual indica que se utiliza menos cantidad de flujo eléctrico para realizar la función de transporte de envase, sin dejar de cumplir con sus funciones que se solicitan al motor.

- ✓ Las variadores de frecuencia presentaran un *display* electrónico donde se pueda visualizar la velocidad de trabajo que cada motor imprime a las bandas transportadoras, al saber la velocidad real se puede archivar en el historial de carrera de envases correspondiente al Departamento de Mantenimiento Mecánico, para que posteriormente cuando el envase entre de nuevo en producción se puedan hacer los ajustes de velocidad concretos y no recurrir a la experiencia, con esto se proporcionara un buen servicio de manejo de envases sin incurrir en fallas y prestando una labor de eficiencia energética.

Sin duda alguna los accionamientos a base de motores eléctricos son los más numerosos de la mayoría de las aplicaciones y, dentro de ellos, los basados en motores de corriente continua han gozado de una total hegemonía en el campo industrial durante décadas.

Desde hace aproximadamente 20 años, el elevado desarrollo de la electrónica de potencia y los microprocesadores ha permitido variar la velocidad

de estos motores, de una forma rápida, robusta y fiable, a través de los reguladores electrónicos de velocidad.

Esta proposición de mejora incita a la empresa a instalar variadores de frecuencia con *display* electrónico en los 13 motores eléctricos de la línea de revisión #11, para así tener un control de velocidades en el transporte de envases, evitar el despilfarro de energía eléctrica y como medida de cuidado al ambiente. La elección de la instalación de un convertidor de frecuencia como método de ahorro energético supone:

- ✓ Reducción del consumo
- ✓ Mejor control operativo: aumenta la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
- ✓ Minimiza las pérdidas en las instalaciones
- ✓ Ahorro en mantenimiento: el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento.

Figura 9. **Variador de frecuencia**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/airtecnics/variadores-de-frecuencia-54426-522225.html>. Consulta: 5 de febrero de 2013.

Recomendaciones para el uso de variadores de frecuencia

- ✓ Selección e instalación correcta del variador de frecuencia
- ✓ Cumplir las indicaciones del instructivo
- ✓ Utilizar el variador de forma correcta
- ✓ Hacer el ajuste de velocidades de bandas transportadoras a través del *display* electrónico.
- ✓ En paros de producción apagar la motorización a través del variador
- ✓ Cuando existan paros programados o paros inesperados apagar toda motorización donde el envase ya no este circulando.
- ✓ Medir y registrar las velocidades cuando el manejo del envase se encuentre estable.

1.5.7. Propuesta de mejora económica

Se cuantifico la cantidad de motores eléctricos, que se encuentran en la línea de revisión para determinar la cantidad de KW que consumen estos. Según las placas de información que tienen cada uno de los aparatos eléctricos se toma la información de caballos de fuerza o HP. Para conocer la potencia eléctrica que consumen estos aparatos eléctricos se utiliza la siguiente relación:

$$KW = 0.746 * HP$$

El consumo mensual total de la línea #11, es la suma de las potencias eléctricas de cada uno de los motores eléctricos (13) que se encuentran dentro de la misma, multiplicados por treinta días.

$$KW*h/ Mes (30)$$

Para determinar el precio total a pagar de energía eléctrica de la motorización de la línea #11, se multiplica el consumo total de potencia (KW*h/mes) mensual por el valor del costo del KW*h/mes, que se tiene registro del mes de diciembre 2012 con un precio de \$ 0.1907.

$$\text{KW}^*\text{h}/\text{mes} * \$ 0.1907$$

La tabla resume la cuantificación de motores, lo potencia individual del motor, energía consumida en un día por cada motor, la potencia consumida en un mes y el costo total de energía eléctrica de la línea #11.

✓ Motores de 2HP

- La fila número uno muestra el cálculo numérico para los motores que poseen 2 caballos de fuerza, el número de total de motores con esta característica es de 9.
- La potencia total que muestran los 9 motores de 2 HP tiene un valor de 13.43 KW.
- El consumo energético por día que presenta esta motorización es 322.27 KW/Hrs.
- Al mes calendario los 9 motores de 2 HP presentan un consumo energético de 9,668.16 KW*h/mes.
- El costo de funcionamiento de los 9 motores de 2 HP, representa para la empresa \$1,853.39

Tabla I. **Resumen de análisis energético**

Descripción Motor Eléctrico		KW	Energía KW * hrs (24)	Consumo KW/h al mes KW * hr/mes (30)	Precio Total de Energía Dic. 2012 KW * hr/mes*US\$0.1907
Motor	RE40 D16 DT8N4	2 HP * 0.746	13.428 KW * 24 Hrs =	322.272 KW * Hrs *30 =	9,668.16 KW*hr/mes * US\$0.1907 =
HP	2	* 9 motores =			
Cantidad	9	13.428KW	322.272	9,668.16	US\$1,853.39
RPM	N/P		KW*Hrs	KW*hr/mes	
Torque	N/P				
Motor	DET9054MM11A	1.5 HP *	4.48 KW * 24	107.42 KW * Hrs	3,222.72 KW*hr/mes *
HP	1.5	0.746 * 4	Hrs = 107.42	* 30 =	US\$0.1907 =
Cantidad	4	motores =	KW*Hrs	3,222.72	US\$617.80
RPM	285-1720/OUT	4.48KW		KW*hr/mes	
Torque	6.2-37				
	2530				
		Total consumo mes =	12,890	Precio de energía motorización L11 al mes =	
		KW*hr/mes		US\$ 2,471.2	

Fuente: elaboración propia.

✓ Motores de 1.5 HP

- La fila número dos muestra el cálculo numérico para los motores que poseen 1.5 caballos de fuerza, el número de total de motores con esta característica es de 4.
- La potencia total que muestran los 4 motores de 1.5 HP tiene un valor de 4.48 KW.
- El consumo energético por día que presenta esta motorización es 107.42 KW/Hrs.
- Al mes calendario los 4 motores de 1.5 HP presentan un consumo energético de 3,222.72 KW*h/mes.
- El costo de funcionamiento de los 9 motores de 2 HP, representa para la empresa \$617.80

Tabla II. **Resumen del costo de la energía eléctrica**

Motorización línea #11 con un total de 13, funcionando 24 horas al día durante un mes calendario.	Total consumo mes = 12,890 KW*h/mes	Costo total de energía motorización L11 al mes = US\$ 2,471.2
---	---	---

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Resumen de ahorro monetario mensual**

Fase de ahorro económico		
<p>Precio Total de la Energía Dic-12</p> <p><i>Kw*h/mes * \$ 0.1907</i></p> <p>Variador de Frecuencia (utilizando el 75 % de su capacidad)</p>	<p>Precio Total de la Energía Dic-12</p> <p><i>Kw*h/mes * \$ 0.1907</i></p> <p>Variador de Frecuencia (utilizando el 50 % de su capacidad)</p>	<p>Precio Total de la Energía Dic-12</p> <p><i>Kw*h/mes * US\$ 0.1907</i></p> <p>Variador de Frecuencia (utilizando el 25 % de su capacidad)</p>
<p>Precio de energía motorización</p> <p>L11 al mes = US\$ 1,853.4</p>	<p>Precio de energía motorización</p> <p>L11 al mes = US\$ 1,235.6</p>	<p>Precio de energía motorización</p> <p>L11 al mes = US\$ 617.8</p>

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Utilizando el 75 % de desempeño de los motores

Al utilizar las 13 motorizaciones al 75 % de capacidad a través de la nueva instalación de variadores de frecuencia que su función será transformar la velocidad de bandas transportadoras, el costo total de energía eléctrica al mes es de US\$1,853.4.

Tabla IV. **Variador de frecuencia utilizando el 75 % de la capacidad**

Costo de la energía utilizando la motorización L11 al 75% = US\$1,853.4
Ahorro de dinero en energía al reducir un 25 % el trabajo de los motores mediante variador de frecuencia = US\$ 617.8

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Utilizando el 50 % de desempeño de los motores

Al utilizar las 13 motorizaciones al 50 % de capacidad a través de la nueva instalación de variadores de frecuencia que su función será transformar la velocidad de bandas transportadoras, el costo total de energía eléctrica al mes es de US\$ 1,235.6.

Tabla V. **Variador de frecuencia utilizando el 50 % de la capacidad**

Costo de la energía utilizando la motorización L11 al 50 % = US\$1,235.60
Ahorro de dinero en energía al reducir un 50 % el trabajo de los motores mediante variador de frecuencia = US\$ 1,235.6.

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Utilizando el 25 % de desempeño de los motores

Al utilizar las 13 motorizaciones al 25 % de capacidad a través de la nueva instalación de variadores de frecuencia que su función será transformar la velocidad de bandas transportadoras, el costo total de energía eléctrica al mes es de US\$617.8

Tabla VI. **Variador de frecuencia utilizando el 25 % de la capacidad**

Costo de la energía utilizando la motorización L11 al 25 % = US\$617.80
Ahorro de dinero en energía al reducir un 75 % el trabajo de los motores mediante variador de frecuencia = US\$ 1853.4

Fuente: elaboración propia.

Ventajas y beneficios

Las medidas de ahorro y eficiencia energética son la herramienta práctica para alcanzar los objetivos de la política de calidad de la empresa. Para ello, se han desarrollado tanto medidas técnicas como medidas de gestión.

- ✓ Económicas
 - Ahorro real de presupuesto mensual después de instalar los variadores de frecuencia.
 - El ahorro económico mensual oscila entre \$600.00-\$1,200.00 mensuales, según sea la disposición de funcionamiento.

- El ahorro económico se verá evidenciado luego del período de inversión del proyecto, que de acorde a la financiación el ciclo de retorno será entre 1-1 ½ año.

✓ Medio ambiente

- Reducción de los riesgos: ambientales, de salud y accidentes
- Ahorro en energía eléctrica
- Satisfacción de los crecientes requerimientos ambientales

✓ Productividad

- Aumento de la productividad y la calidad de los productos
- Mejora en tecnología
- Mejora la imagen de la empresa

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Características técnicas de la línea de revisión

Dentro de la planta de producción de vidrio, el área designada para acarrear el envase cuenta con líneas de transporte, las cuales poseen equipos y características propias de la manufactura del vidrio. Para una correcta planeación se deben conocer todos los equipos que componen el sistema.

2.1.1. Selección de transportadores

La selección de transportadores es de suma importancia para asegurar un buen manejo de envases. No solo por un año, sino por más de 10 años que pueden trabajar. Los transportadores por su diseño se dividen en tres tipos:

- ✓ Cuádruple tres niveles
- ✓ Cuádruple un nivel
- ✓ Doble un nivel

La línea de revisión #11 está estructurada por un transportador de doble nivel. Ésta es la línea tradicional, la mayoría de los transportadores tienen un diseño parecido. La línea presenta un descargador con 4 cadenas de servicio. La línea está compuesta de:

- ✓ Descargador
- ✓ Curvas con 4 cadenas
- ✓ Equipos de inspección automática

- ✓ Salida de equipo de inspección
- ✓ Confluencia
- ✓ Mesa de acumulación
- ✓ Bandas de retorno
- ✓ Divergencias
- ✓ Transferencias

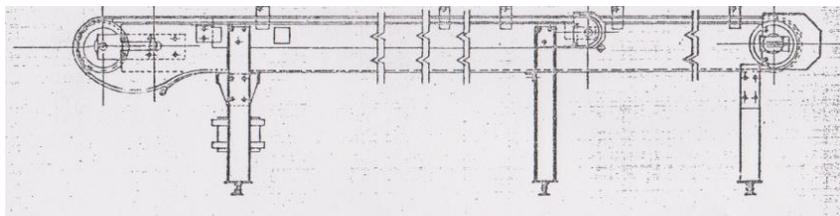
Como se ha observado, solo se hace referencia desde el descargador hasta el área de equipos de revisión. Esto debido a que son diseños estándar, es decir, todas las líneas están diseñadas bajo estos parámetros.

2.1.2. Descargador

El descargador es la sección más importante de un transportador, ya que su función es recibir los envases en masa, para alinearlos y colocarlos en fila, una tras otro.

El descargador de la línea #11 cuenta con 4 cadenas. El largo del descargador va a depender del ancho del templador, pero la distancia entre malla y el eje motriz va a ser la misma con un estándar de 42”.

Figura 10. **Descargador**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 23.

Nota técnica: el largo del descargador es de 4 metros.

Las partes que componen un descargador son:

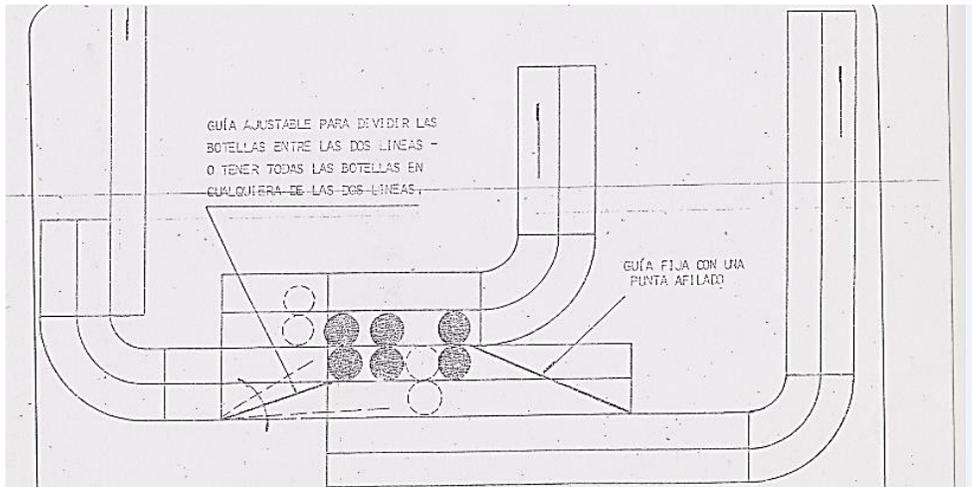
- ✓ Placas de transferencia
- ✓ Motorización
- ✓ Guías con soportería

La pared del descargador que se encuentra frente a la malla tiene una forma cóncava, esto permite que el descargador se acerque al templador y haya el espacio suficiente para que caiga el vidrio fraccionado.

2.1.3. Divergencias

Las divergencias son formadas por las guías y su función es que los envases tengan 2 opciones de flujo dependiendo del que este libre. En las divergencias se deben evitar los embudos y esto se logra en los ajustes de las guías. En el inicio de la divergencia, las guías deben ser paralelas y la distancia entre ellas son 1.5 veces el diámetro. Ya que las guías deben de ser paralelas, la única manera de tener esas condiciones es mediante la colocación de una bisagra, con ella es posible hacer ajustes cada vez que haya cambio de moldura.

Figura 11. **Divergencias**



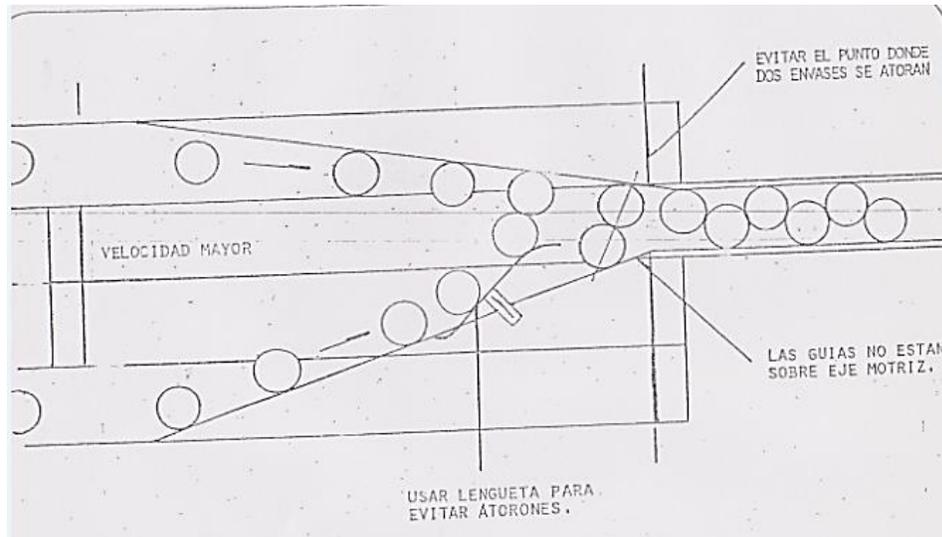
Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 25.

2.1.4. **Confluencias**

Las confluencias son secciones del transportador, donde se reciben envases en masa y se requiere que los envases se acomoden en fila uno a uno, ya sea para la revisión manual o para usarse en equipos de inspección automática.

Tradicionalmente las confluencias que se han utilizado, hacen un efecto de embudo, esto regularmente provoca que los envases se atoren. Después del descargador la segunda área con más problemas es la confluencia.

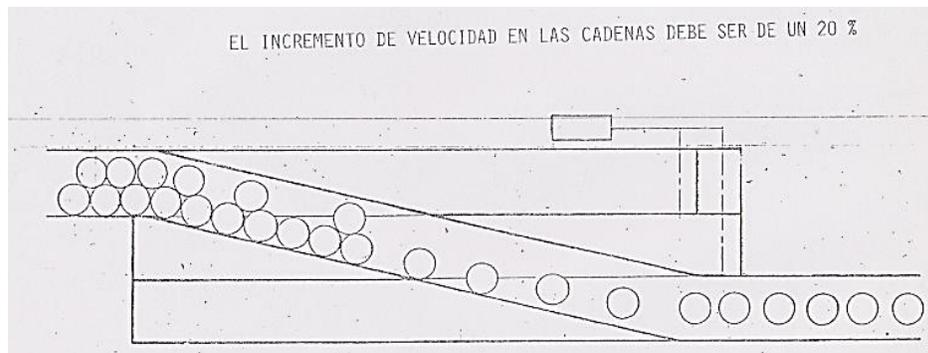
Figura 12. **Confluencias de envases de vidrio**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 26.

La confluencia de embudo debe tender a desaparecer y sustituirse por el tipo confluencia usando el principio del descargador, mediante el incremento de velocidad entre cadena.

Figura 13. **Velocidad de confluencias**



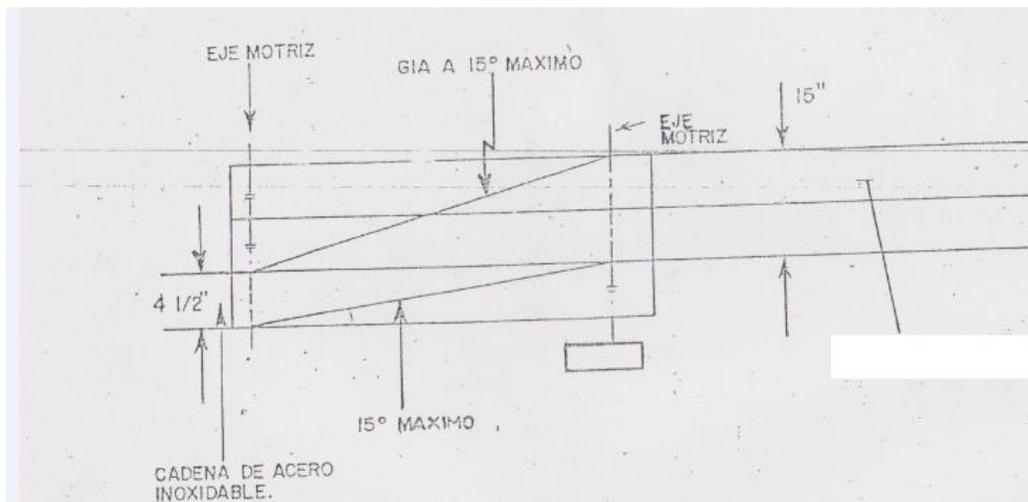
Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 27.

2.1.5. Transferencias

La transferencia es el cambio de un transportador a otro, cada uno con su respectivo motor. Es decir, es el final de una sección con su motor y el inicio de otra sección con su respectivo motor. Cada sección puede tener cadenas de 4 1/2" y/o 7 1/2", de plástico o metal y llevar una o más cadenas.

La transferencia debe ser una sola pieza, no debe haber pasos muertos, la distancia máxima entre cadenas debe ser de 1/5", y el desnivel debe ser cero. El cambio de velocidad entre cadenas no debe ser mayor a un 20%. El ángulo máximo de las guías es de 15 grados y es importante evitar que las guías estén sobre los ejes motrices, de lo contrario, los envases estarían en el aire.

Figura 14. Transferencia



Fuente: ESPINOZA, Mariano Manual manejo de botella lado frío. p. 29

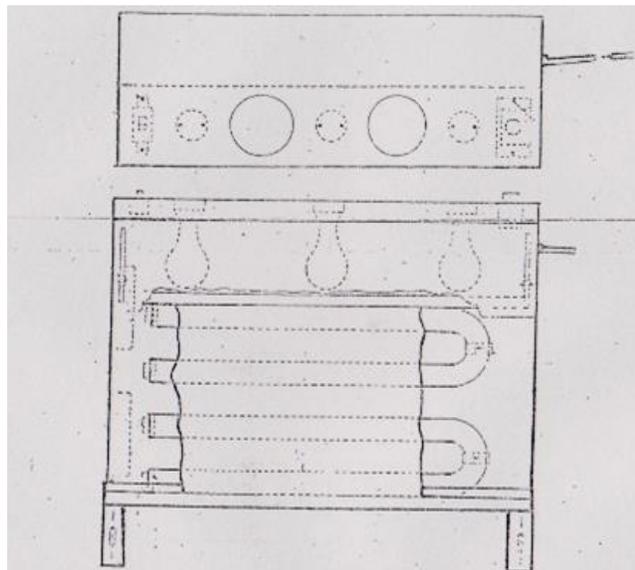
2.1.6. Estación de revisión

Las estaciones de revisión constan de una lámpara con luces fluorescentes e incandescentes, de un girador y un chute.

La lámpara cuenta con luz fluorescente en la pared y luz incandescente en la parte superior, un potenciómetro que regula la intensidad de cada lámpara.

El girador es una placa o guía fija, donde parte del fondo del envase hace contacto mientras otra parte es sobre la cadena, con esto se logra el giro. La placa o guía deben estar protegidos de plástico para evitar el contacto metal-vidrio.

Figura 15. Lámpara de revisión



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 30.

2.2. Elementos mecánicos

Los elementos físicos que componen las características de la línea de revisión se consideran partes móviles mecánicas, ya que son dispositivos que conforman un mecanismo para hacer funcionar en conjunto, las bandas transportadoras y equipos de cada estación

2.2.1. Bandas de tablilla

Las bandas o cadenas de tablillas es la parte más importante del transportador, simplemente porque son el medio de conducción de los envases. De un buen diseño, mantenimiento y operación, dependerá en gran parte el éxito del manejo de envases.

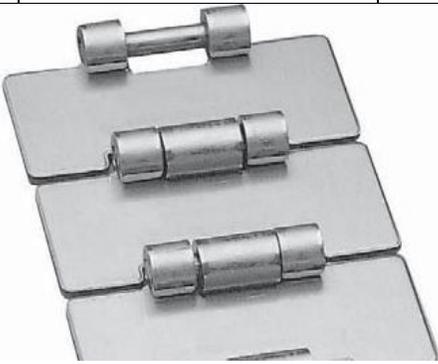
Otro factor por lo que es importante es el costo. En promedio el costo de las cadenas llega a representar el 30 % del costo de un transportador. Pero el problema es que llega a ser la parte del transportador que primero se cambia. Lo anterior debe preocupar más para cuidar las cadenas, esto incluye el diseño, el mantenimiento y la operación.

Las cadenas utilizadas son de acero inoxidable y plástico. Debido a los fines de investigación, la cadena a ejemplificar es de acero inoxidable.

Las dimensiones son: 4 ½" y 7 ½", comercialmente las cadenas se conocen como:

Tabla VII. Dimensiones de la tablilla de acero inoxidable

	Recta	Curva
4 ½"	SS815	SS881
7 ½"	SS815	SS881



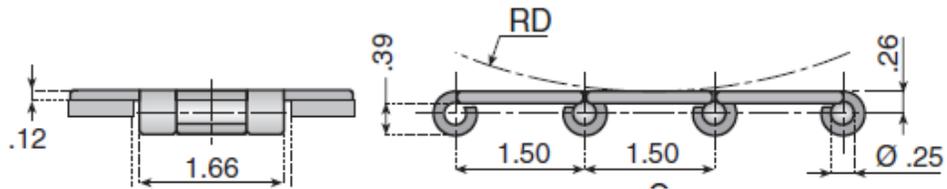
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las cadenas de acero son usadas para todas las secciones, con riesgo de presencia de vidrio fraccionado: este es el descargador, equipos de sección y estación de inspección manual.

Las cadenas de acero van montadas sobre guías de desgaste. El material usado en las rectas es de plástico.

En curvas se usa acero rolado en frío (*coldrolled*) endurecido. Las guías de desgaste tienen un ángulo de 8 grados en la pared que tiene contacto con la cadena, para evitar que la guía se salga durante el movimiento.

Figura 16. **Dimensiones de la tablilla transportadora**



Fuente: Emerson Electric Co. *System Plast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*. p. 8.

Con el fin de reducir la fricción en las curvas se instalan lubricadores, para la aplicación de aceite (este sistema se muestra en la propuesta de lubricación detallada más adelante).

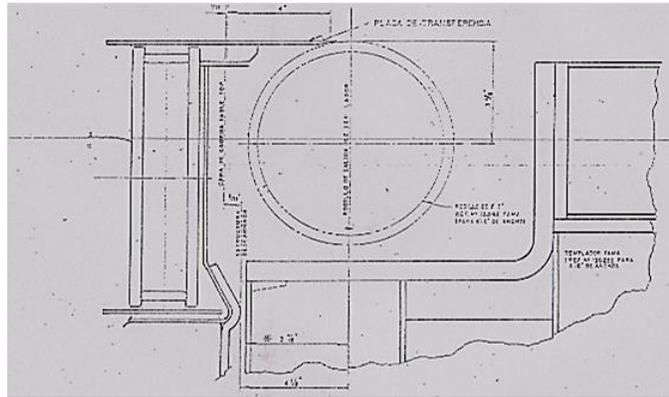
2.2.2. **Placas de transferencia**

Las placas de transferencia son el puente entre el templador y el descargador, por lo que es la parte más vulnerable, donde la nivelación y alineación juegan un papel importante para evitar que los envases caigan.

La nivelación se obtiene con la altura del descargador y con la alineación, si ésta no existe un extremo de las placas estarían más arriba que el otro extremo.

Con el fin de no perder la alineación, el descargador debe estar firmemente unido al templador, después de estar seguros que el rodillo del templador tenga su posición definitiva.

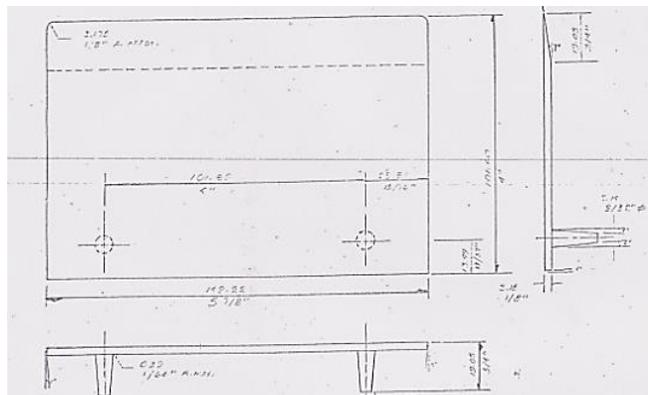
Figura 17. **Vista de placa de transferencia y rodillo del templador**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 32.

Acero inoxidable es el material que se utiliza para la placa de transferencia, por las propiedades que presenta es el adecuado a ser utilizado. Debe de ser de 12 milímetros de grosor y el largo depende del templador (para la línea #11 el largo requerido será de 4 metros) con ranuras para pernos cónicos. El diseño de la placa, se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. **Placa de transferencia estándar**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 34.

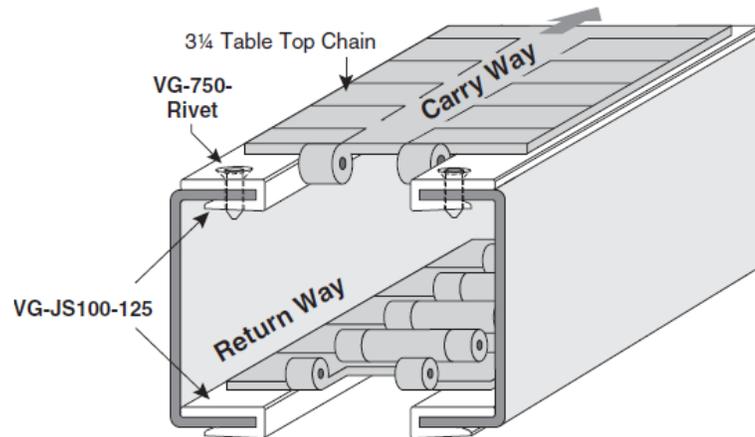
Las dimensiones son de 5 7/8" X 4", con las paredes angulares y los pernos cónicos, para facilitar su colocación sobre el descargador. La parte que tiene contacto con la malla es de forma angular para evitar que haya atorones con el movimiento de la malla. Es común que sobre la malla haya pedazos de vidrio desquebrajado. La forma cónica de los pernos permite que la placa sea flotante.

2.2.3. Pista plástica

La pista plástica es el elemento mecánico de fricción de la banda de tablilla plástica o metálica. La función principal de la pista es que la banda o cadena se deslice a través de ella, facilitar la conducción de la banda, mantener las tablillas en la dirección deseada, ya sea recta o curvas. Además, evitar vibración a lo largo del trayecto del transporte de envases conjugado las funciones principales se evita un descarrilamiento de la cadena de tablilla que desemboque en paros innecesarios de producción.

- ✓ Pista plásticas rectas: se le denomina tipo L este tipo de pista sirve exclusivamente para deslizamiento de banda, la cual va apoyada en la pista para su conducción. Esta pista va anclada a la estructura con remaches de 3/16 * 1".
- ✓ Pista plástica curva: se le denomina tipo C ya que la tablilla presenta una sujeción que se adapta a esta forma para evitar un posible descarrilamiento en el lapso de transporte. En la línea #11 existe una sola pista curva de 90 grados de giro con 4 bandas transportadoras a la salida del templador que va anclada a la estructura metálica con tornillería de 6 mm (tornillo ordinario).

Figura 19. **Pista recta tipo L**



Fuente: Emerson Electric Co. *System Plast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*. p. 251.

La lubricación de pistas es de vital importancia en el manejo de envases, ya que se reduce el daño del material.

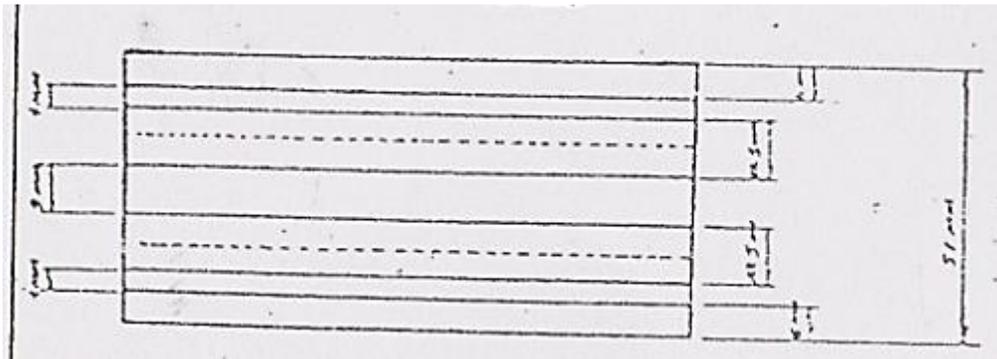
Se lubrica en pistas curvas ya que es allí donde se ejercen fuerzas de tensión de la banda hacia la pista-curva, con el fin de no tener problemas de sequedad en el material y vibración en ese sector de la línea de revisión. Se utiliza la técnica de lubricación por goteo, con un aceite grado alimenticio para asegurar la calidad del envase a transportar.

2.2.4. Guías

Las guías o rieles guía son de suma importancia en el manejo de envases, ya que además de evitar que los envases caigan, con un correcto ajuste se puede incrementar la acumulación y contrarlar la presión entre envases. Las guías constan de 3 partes:

- ✓ Guía de aluminio
- ✓ Cubierta de plástico
- ✓ Soportes

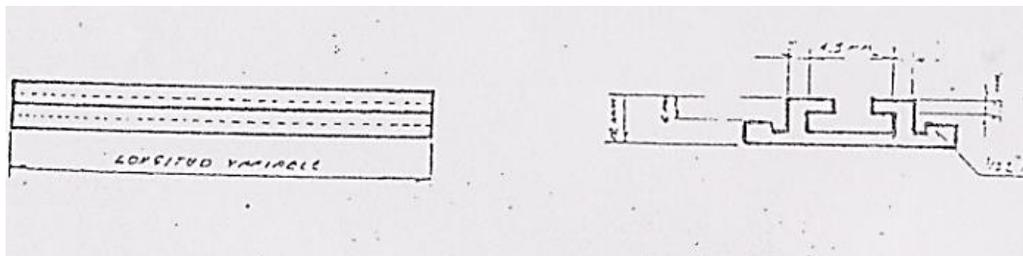
Figura 20. **Guía de aluminio**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 36.

La guía de aluminio, el diseño de la guía permite que en la canal se coloquen tornillos de cabeza plana y hexagonal que la sujetan a los soportes.

Figura 21. **Vista transversal guía de aluminio**



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 37.

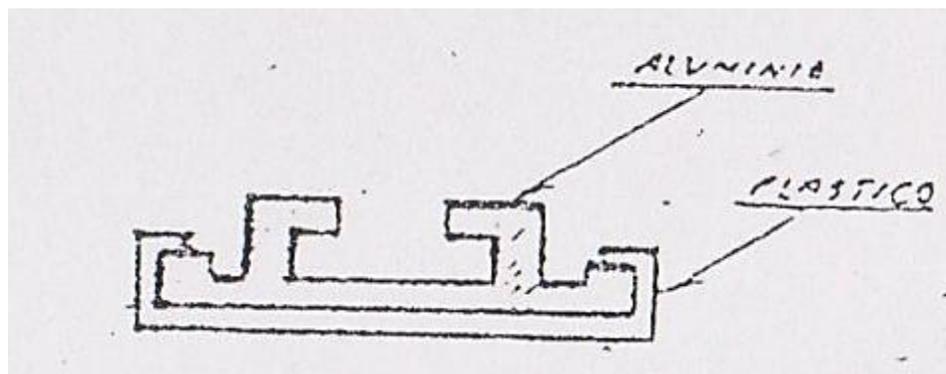
La cubierta o forro de plástico se coloca alrededor de la parte de la guía. Al instalar las guías al transportador, se aplican remaches que perforan el plástico y se fijan en el aluminio.

Se aplica un remache por cada extremo de una sección de plástico, los remaches evitan que el plástico se deslice sobre el aluminio, ocasionado por el movimiento de los envases.

Como ya se mencionó, es muy importante eliminar cualquier contacto metal vidrio, por lo que todas las guías deben estar ajustadas debidamente protegidas con plástico. Los soportes están diseñados para ajustar las guías riel hacia arriba y abajo, hacia adentro y afuera.

Los soportes se deben de colocar a 24" entre cada uno, como máximo. La altura a la que se ajustan las guías lo determina el centro de gravedad del envase, es decir, al centro de distribución del peso del envase.

Figura 22. Perfil guía de aluminio



Fuente: ESPINOZA, Mariano. Manual manejo de botella lado frío. p. 37.

El centro de gravedad se encuentra al lograr el equilibrio del envase encima de un lápiz o cualquier objeto afilado. El punto en el que el envase esta en balance es el centro de distribución, por tanto, la altura de las guías debe estar localizada de 1 a 2 cm por debajo del centro de gravedad.

La cadena utilizada en la línea de revisión es de 4 ½" de ancho por lo tanto la distancia entre las guías debe ser de 1.5 veces el diámetro del envase. Con esto se reduce la presión entre los envases y se gana un 30 % de la acumulación, comparado un ajuste entre guías de un diámetro es decir, los envases en fila.

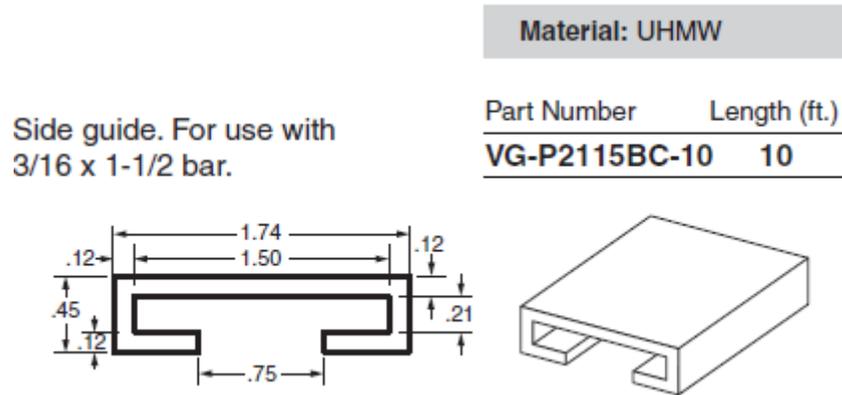
Ejemplo real: si el diámetro del envase es menor a 2.412" y la cadena es de 4 ½", se pueden abrir las guías a 1.866 veces el diámetro.

2.2.5. Forro de plástico

Se considera un componente imprescindible dentro del manejo de envases de vidrio. La función de este es evitar el roce metal-vidrio y así se evita provocar un daño en el envase que afecte su calidad.

Su diseño y composición es simple: es un forro que recubre las guías de aluminio laterales, tiene que cubrir la guía en su totalidad. El material del cual está fabricado es sumamente resistente al desgaste, lo cual es de vital importancia debido al constante contacto con los elementos a transportar. Para asegurar la sujeción a la guía de aluminio, se une con remaches pop para evitar corrimiento y dejar expuesto el metal. Este forro es intercambiable por lo que evita cambiar la guía de aluminio por completo. Al estar totalmente desgastado se retira la cubierta y se cambia por una totalmente nueva (este cambio de forro se debe realizar cuando no exista una carrera de envases).

Figura 23. **Material y medidas del forro plástico**



Fuente: Emerson Electric Co. *SystemPlast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*.p. 243.

El color del forro que recubre la guía debe ser blanco en todo lo largo de la línea, con fines de calidad y satisfacción del cliente, el blanco representa limpieza y es esto lo que se desea transmitir.

2.2.6. Motor reductor

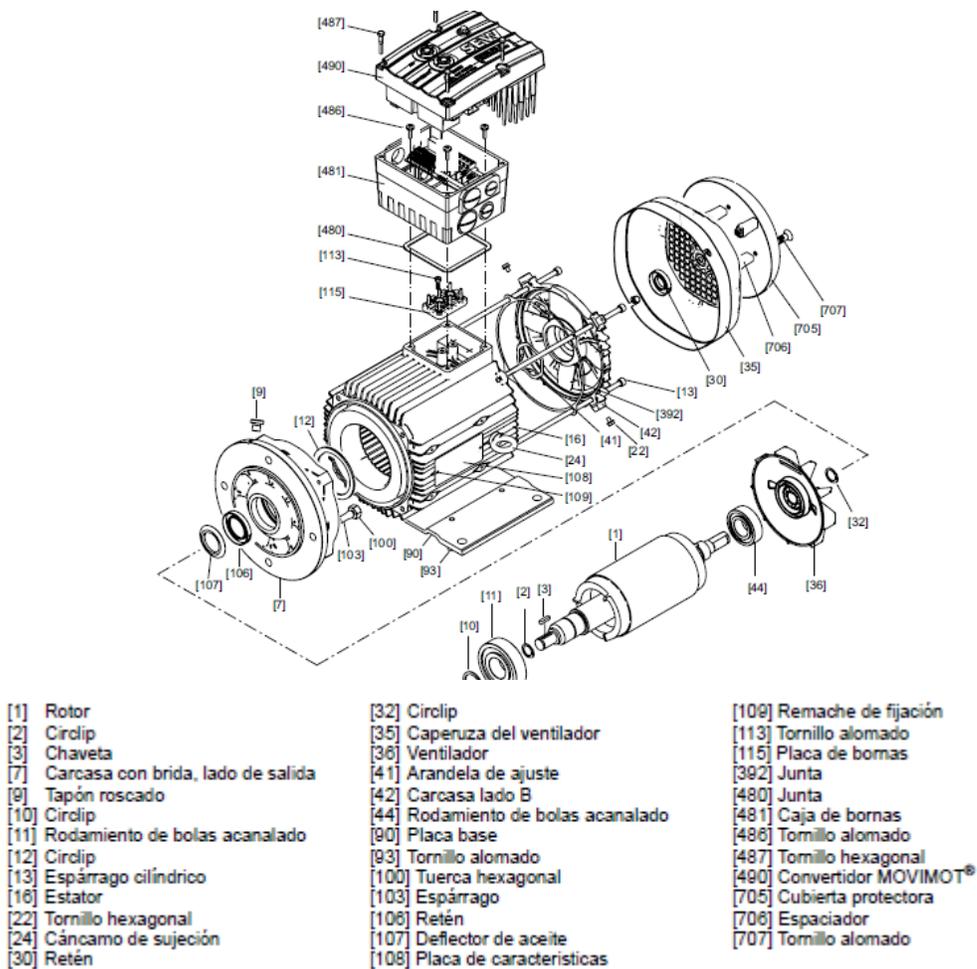
La motorización de la línea de revisión cuenta con una serie de motores a lo largo de la misma, con un total de 13 motores con su respectivo reductor.

El tipo de motor empleado en la línea #11 es MOVIMOT de la línea Sew Eurodrive, está conformado por las siguientes partes:

- ✓ Motor eléctrico
- ✓ Reductor de engranes
- ✓ Variador de frecuencia

El moto reductor está compuesto por elementos mecánicos y eléctricos los cuales se detallan en la siguiente figura:

Figura 24. Partes del motor reductor

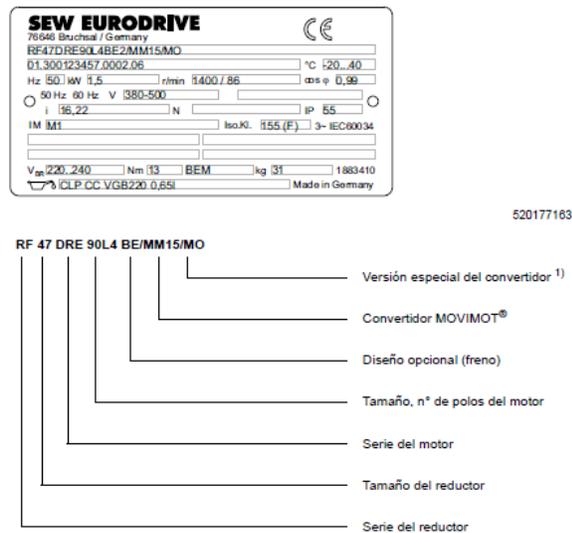


Fuente: Sew Eurodrive. Manual técnico de MOVIMOT. p. 160.

La placa de características del motor es de vital importancia, debido a que contiene la especificación técnica de todos los elementos mecánicos y eléctricos contenidos dentro del aparato, con el fin de identificarlos, ordenarlos, llevar un control de inventario y mantenimiento. La siguiente placa del motor la

debe tener cada uno para su requerida identificación, por aparte se debe llevar un control digital de esta numeración para que la ficha sea guardada y esté disponible en el momento que se necesite.

Figura 25. **Placa de características del motor reductor**



Fuente: Sew Eurodrive. Manual técnico de MOVIMOT. p. 12.

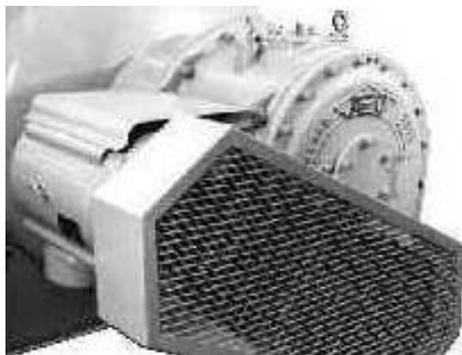
La función de la motorización dentro de la línea de revisión es accionar el eje al cual esta acoplado, para transmitir potencia a las diferentes bandas de tablilla, las cuales son las transportadoras de envases de vidrio. En este mismo motor se puede hacer variar la velocidad de cada banda (descargador, de servicio) para hacer la transferencia y manejo de envases en el recorrido total.

La velocidad en las bandas de tablillas, debe estar ajustada de tal manera, que siempre sea un 20% mayor que la velocidad de fabricación, es decir los cortes por minuto (CPM). Pero esta velocidad no se podría detener al momento, que los envases pasan de la placa de transferencia a la primera cadena, ya que la inercia provocaría frecuentemente envases caídos.

La velocidad, como ya se dijo, la determinan las botellas por minuto producidas, el número de F.P (equipos de inspección automáticas) instaladas y las bandas de servicio.

Caja reductora: es un mecanismo que cuenta con un grupo de engranes con el que se consigue reducir la velocidad para obtener una velocidad necesaria para el proceso productivo, es una caja reductora 25:1 que significa que por cada veinticinco revoluciones de entrada produce una revolución.

Figura 26. **Motor y Caja reductora**



Fuente: SCOTT, Harris. Rains flose aling systems. <http://www.rainsflo.com/cooker1.jpg>.

Consulta: 15 de enero de 2013.

Para seleccionar la caja reductora se toma en cuenta que sea capaz de soportar el caballaje del motor. Solo el motor es incapaz de brindarle movimiento al sistema de bandas transportadoras. La caja reductora se encarga de aumentar la potencia que brinda el motor aparte de reducir la velocidad. El torque máximo que esta brinda es de 3250 lb-in con 1750 RPM máximas de entrada.

2.3. Detalle de fallas en la planeación y ejecución

Los puntos de mejora en la carrera de envase, son notorios en el proceso de planeación y ejecución de la actividad. Por lo cual es imprescindible hacer un estudio de la situación actual del proceso, con el fin de describir la manera óptima de erradicar dicha falla.

2.3.1. Diagnóstico de la situación actual

Con la participación de los colaboradores que intervienen en el proceso de producción, se pudo llegar a determinar que el proceso de manejo de envases en el Área Fría puede llegar a afectar la producción.

Actualmente la planta de producción presenta un punto de mejora en la planeación y ejecución de carrera de envase en las líneas de revisión. Al no contar con un historial actualizado de manejo de envases, manuales de seguimiento, planeación correcta y específica, han sido afectadas ciertas partes del proceso.

Con una mejora en la actividad de planeación de cambio de moldura para manejo de envases se pretende enriquecer dicha tarea, aprovechando el recurso ingenieril que presenta el departamento, colectivamente con el personal de apoyo de ingeniería de planta.

2.3.2. Descripción del proceso de planeación de manejo de envases para cambio de moldura

El proceso de manejo de envases en la línea de revisión empieza con la hoja de cambios, esta hoja presenta semanalmente cuáles serán los cambios en las 6 líneas de producción. En dicha hoja están descritos todos los datos técnicos tales como estiraje, número y nombre de la moldura, proceso a utilizar por fabricación y número de piezas a manufacturar, estos datos los necesita ingeniería de planta para llegar a satisfacer necesidades de producción.

El paso siguiente es la junta de jefes para tratar las molduras próximas a entrar en producción. Para esta junta se necesita llevar el historial de manejo de envases que cada moldura debe de contar y que debe ser administrada por el jefe de mantenimiento mecánico y/o el supervisor de Área Fría. En dicha historia tienen que estar descrito datos técnicos de moldura, datos anotados de carreras de producción pasadas. En esta junta el jefe de mantenimiento mecánico toma nota en un *checklist* de manejo de envases los requerimientos solicitados de parte de: fabricación, fundición y calidad, cubierta las necesidades de estos departamentos se procede a preparar la carrera del cambio de moldura próximo.

El día que se hará efectivo el cambio de moldura se tendrá que presentar el jefe de mantenimiento mecánico y/o el supervisor de Área Fría acompañado del mecánico de turno a una junta con supervisores, operadores de fabricación y calidad, a ajustar datos proporcionados por los jefes posterior a realizar dicho cambio.

El tiempo muerto de producción de envases de vidrio lo dicta el Departamento de Fabricación, quien es el encargado directo de realizar los

cambios de moldura y ajustes en máquinas de formación de envases. Es aquí donde el supervisor de Área Fría tiene que tener comunicación con el resto de supervisores para saber el tiempo que dispone el personal de manejo de envases para realizar ajuste de guías, ajuste de velocidades de banda de tablilla, limpieza de la línea de revisión, inspección de elementos mecánicos y cubrir algún inconveniente que se presente durante el tiempo muerto. El tiempo medio entre el último envase saliendo del templador de la pasada producción y el nuevo próximo a salir del templador es de 25 minutos, este es el tiempo que se tiene para realizar todos los ajustes que fueron anotados en el *checklist*.

El último paso a realizar para completar la carrera del envase en producción, es el de estabilizar el manejo de envases desde la salida del templador hasta el área de empaque, esto quiere decir: evitar acumulación de envases, ajustes de guías menores, limpieza del área de trabajo. Al final se queda el encargado de la línea supervisando cualquier inconveniente y realizando órdenes de trabajo preventivo y/o correctivo.

2.3.3. Tiempo del proceso de manejo de envases

El proceso de manejo de envases en la línea de revisión es una actividad continua, que inicia desde la salida del envase del templador hasta la llegada del nuevo envase a la placa de transferencia, el tiempo muerto entre distintas producciones tiene un promedio de 25 minutos, pero hay cambios de moldura que salen del número promedio y pueden superar la media o disminuir por la complejidad del proceso, para lo cual el equipo tiene que ser sumamente eficiente cuando el tiempo disminuye y eficaces cuando el tiempo aumenta para no presentar error alguno.

2.3.4. Cuantificación del material, herramientas y personal para el manejo de envases en el Área Fría

El personal empleado para trabajos preventivos y correctivos se presenta a continuación, tomar en cuenta que para trabajos de índole mayor se requiere de personal con mayor capacitación y en número mayor.

- ✓ Jefe de mantenimiento mecánico: la función específica de este puesto es coordinar, planificar y verificar los trabajos solicitados dentro de la línea de revisión. Según disposiciones de la compañía es necesario que un ingeniero sea el ejecutor de dichas actividades.
- ✓ Supervisor de Área Fría: la función recae en llevar un control, orden y seguimiento de las órdenes superiores de la jefatura para que el trabajo a realizar sea conciso y se ejecute en el tiempo estimado. Bajo su cargo está la Dirección del Personal subcontratado, atender las necesidades del departamento de la calidad para la óptima carrera del envase.
- ✓ Mecánico de turno: su apoyo al manejo de envases es variable, ya que su disposición depende de las necesidades que se presenten dentro de la periferia de la planta de producción. Mientras esté a cargo de la carrera su función será: ser apoyo para acciones correctivas y/o preventivas a lo largo de la línea de revisión.
- ✓ Mecánicos auxiliares: el personal es subcontratado, el equipo que conforma el manejo de envases consta de 3 mecánicos proporcionados por la empresa subcontratada, ellos están bajo la responsabilidad directa de la jefatura y del supervisor quienes se encargarán de demandarles los trabajos correspondientes según la necesidad que presente los diferentes envases a transportar. Su función será velar por los trabajos de reparación, ajuste y limpieza en las líneas de revisión en el horario establecido. Si fuese necesario de su participación en horas fuera de

jornada el supervisor será el encargado de transmitir la información y emitir el detalle de horas extras trabajadas.

Según los elementos mecánicos antes descritos son de razón indispensable que el mecánico de turno así como auxiliares cuente con herramienta propia para poder llevar a cabo las actividades solicitadas por la jefatura, el listado que se presenta a continuación es para proporcionar un servicio óptimo e inteligente a los elementos a tratar.

Tabla VIII. **Inventario de herramientas para cambio de moldura**

	Nombre del Utensilio	Cantidad	Observación
1	Llaves 17 mm Ratch	8 unidades	-
2	Llaves 13 mm Ratch	8 unidades	-
3	Llaves 9/16 cola-corona Ratch	8 unidades	-
4	Llaves 1/2 cola-corona Ratch	8 unidades	-
5	Martillo 1lb	5 unidades	-
6	Punzón botador 1/8"	8 unidades	-
7	Discos de lija	-	por pedido
8	Arco con sierra Stanley	4 unidades	-
9	Aceitera de litro	10 unidades	-
10	Tornillos carrocería 5/16"	50 unidades	completos
11	Tornillos carrocería 3/8" * 1 1/2"	50 unidades	completos
12	Soportes de líneas	-	-
13	Placas de Unión	-	

Continuación de la tabla VIII.

14	Pista sencilla	50 pies c/u	-
15	Pista doble	50 pies c/u	-
16	Tornillos milimétricos	-	-
17	Remaches 1/8 * 1"	100 unidades	-
18	Remachadora	2 unidades	-
19	Bases de aluminio	-	-
20	Grapas	-	-
21	Reductores	-	-
22	Brocas Trupper	2 juegos	-
23	Llave Allen (mm)	4 juegos	-
24	Llave Allen (americana)	4 juegos	-
25	Barreno	1 unidad	-
26	Pulidora 4 1/2"	1 unidad	-
27	Pulidora 9"	1 unidad	-
28	Juego de copas raíz 3/4	1 juego	-
29	Pinzas saca seguros	4 juegos	-

Fuente: elaboración propia.

Existe material que la jefatura tiene que proporcionar al trabajador para que pueda realizar trabajos de conservación, este material es imperativo que no haga falta en las estaciones de trabajo, debe de llevarse en una carreta transportadora con el fin de mantener con orden y limpieza el equipo.

- ✓ 1 carreta para transportar material
- ✓ Silicón en spray
- ✓ Wypal

- ✓ Aceite grado alimenticio
- ✓ Desengrasante
- ✓ *Tubing*
- ✓ Guías o rieles de aluminio
- ✓ Forro plástico
- ✓ Soportes
- ✓ Extensión eléctrica
- ✓ Manguera para aire comprimido

Como parte de mantener la integridad física del trabajador se impone de acuerdo a normas de la alta gerencia utilizar equipo de seguridad industrial. Estos son los elementos que se exigen:

- ✓ Guantes de tela
- ✓ Red para el cabello
- ✓ Tapones auditivos

2.4. Propuesta de un sistema de lubricación para la línea de revisión #11

La limpieza y lubricación dentro de la planta de producción así como dentro del taller, es una actividad importante que el Departamento de Mantenimiento Mecánico realiza. Sí se desarrolla empleando las técnicas adecuadas, se obtiene como resultado:

- ✓ Reducir los costos de mantenimiento
- ✓ Mejorar la productividad de la planta
- ✓ Reducir la tasa de defectos
- ✓ Aumentar la disponibilidad de los equipos

2.4.1. Tribología

La tribología se define como la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como los temas y prácticas relacionadas. La tribología es el arte de aplicar un análisis operacional a problemas de gran importancia económica, llámese, confiabilidad, mantenimiento, y desgaste del equipo técnico.

✓ Fundamentos de la tribología

La tribología se centra en el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste. La aplicación de los conocimientos de la tribología en estas prácticas deriva en:

- Ahorro de materias primas
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente
- Ahorro económico

La tribología es crucial para la maquinaria moderna que utiliza superficies rodantes y/o deslizantes. De acuerdo a algunos estimados, las pérdidas resultantes de la ignorancia en tribología representan aproximadamente el 6% del total del producto bruto (\$200 billones de dólares por año), y aproximadamente un tercio de los recursos energéticos existentes se pierden en forma de fricción. Por esto, la importancia de la reducción de la

fricción y el desgaste para un ahorro de dinero y una confiabilidad a largo plazo de la maquinaria.

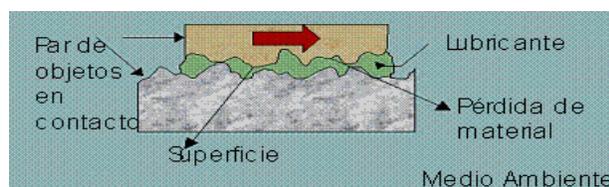
✓ Fricción

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática) las fuerzas de fricción son importantes en la vida cotidiana ya que permiten caminar y correr. Toda fuerza de fricción se opone a la dirección del movimiento relativo.

2.4.2. Lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas. Se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

Figura 27. **Película de lubricante entre dos cuerpos en contacto**



Fuente:<http://cadcamcae.wordpress.com/2008/09/22/el-coeficiente-de-friccion-la-lubricacion-y-el-hostion/>. Consulta: 15 de enero de 2013.

El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, etc.

✓ Objetivos y campos de aplicación

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

Los principales campos de aplicación son:

- Cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de km)
- Cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad de 100%)
- Líneas transportadoras de envases de vidrio

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos:

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida
- Costo de instalación y mantenimiento

Con el fin de investigación y mejora de oportunidades, este sistema de lubricación se fundamenta en las características y necesidades de la línea #11.

La empresa tiene una amplia gama de productos a producir entre los cuales posee clientes de la industria alimenticia y de bebidas, por lo tanto necesita tener cuidados de inocuidad en todos sus procesos y en los servicios de mantenimiento que proporciona ingeniería de planta.

Ya que estas industrias exigen altos niveles de calidad, como empresa se debe estar comprometido con entregar servicios que estén a la altura de las exigencias competitivas. Este concepto no solo se refiere a los ingredientes con los cuales se fabrican los productos, sino también los productos lubricantes que se utiliza en sus máquinas, y especialmente en aquellos puntos o áreas de la maquinaria donde exista riesgo de contacto con los productos de las industrias antes mencionadas.

Debido a esta razón intrínseca se debe apegar a la política de calidad de la empresa y tomar en cuenta para la selección de lubricantes en el área de revisión el siguiente listado de aceites con propiedades de inocuidad de alimentos.

Figura 28. Lubricantes para la industria alimentaria

FLUIDOS PARA PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.								
PRODUCTO	ISO VG	Densidad.	Viscosidad mm ² /s 40°C	100°C	IV	Punto Inflamación V°C	Punto de Congelación °C	Características, aplicaciones.
CASSIDA FLUID HF	15	0,82	15	3,6	120	205	<-50	Aceites hidráulico sintético de muy alto rendimiento.
	22	0,83	22	4,8	133	212	<-50	FDA 21 CFR: 178.3570.
	32	0,83	32	6,1	139	210	<-50	USDA H1, HLP DIN 51524
	46	0,84	46	8	140	248	<-10	parte 2, CLP DUB 51517 parte 3, VBL DIN 51506
	68	0,84	68	10,4	142	245	<-50	
CASSIDA FLUID GL	150	0,84	150	15,8	143	268	-54	Aceite sintético de muy alto rendimiento para todo tipo de reductores y engranajes.
	220	0,84	220	25	140	275	-48	FDA 21 CFR: 178.3570.
	320	0,85	320	33,4	143	275	-45	USDA H1, HLP DIN 51524
	460	0,85	460	45,7	155	274	-45	parte 2, CLP DUB 51517 parte 3, VBL DIN 51506
	680	0,86	680	56,4	142	286	-39	
CASSIDA FLUID GLE	150	--	--	--	--	--	--	Fluido sintético para engranajes emulsionable con agua. Especialmente para las máquinas cerradoras de la industria alimentaria.
	220	--	--	--	--	--	--	
CASSIDA FLUID HT	32	0,83	32	6,2	--	262	-54	Aceite sintético de base PAO para transmisión de calor. FDA 21 CFR: 178.3570, USDA H1
CASSIDA FLUID CR	46	0,84	46	8,2	153	244	-51	Aceite sintético para compresores de aire rotativos. USDA-H1 FDA 21-CFR 178.3570 ISO 6743 - 3 ^a (DAH,DAJ)
CASSIDA CHAIN	1000	0,85	1000	--	--	268	-36	Aceites sintéticos para lubricación de cintas transportadoras.
	150	0,84	150	--	--	260	-54	USDA H1 FDA 21-CFR 178.3570.
HIDROBAK NT	32	0,845	28,8-35,2	--	90	190	-12	Aceites minerales altamente refinados para sistemas hidráulicos.
	46	0,86	41,4-61,2	--	90	200	-14	21 CFR 178.3570 FDA/USA,
	68	0,86	50,6-74,8	--	90	210	-15	superando así mismo la prueba de TOXICIDAD AGUDA (DL 20)
GEAR NT	150	0,874	135-160	--	--	>235	--	Aceites medicinales dotados con aditivación adecuada para lubricación de engranajes en la industria alimentaria.
	220	0,878	198-242	--	--	>240	--	21 CFR 178.3570 FDA/USA clasificación H1, Código del Registro Sanitario: 37-04186/CAT.

Fuente: <http://www.docstoc.com/docs/20891697/TABLA-DE-EQUIVALENCIAS-DE-ACEITES-Y-GRASAS-LUBRICANTES>. Consulta: 16 de enero de 2013.

2.4.3. Sistema de lubricación como mantenimiento preventivo

Actualmente la lubricación es un mantenimiento preventivo aplicado por todos, sin embargo, en el Departamento de Mantenimiento Mecánico se presentan aspectos que se pueden mejorar, entre los cuales están:

- ✓ Instrucciones incompletas sobre la lubricación del equipo
- ✓ Lubricación incorrecta
- ✓ Orden y limpieza en el almacenamiento de grasas y aceite lubricantes, esto conlleva al deterioro de la materia.

El Departamento de Ingeniería de Planta tiene políticas de calidad altas así como estatutos internacionales de normas de calidad que regulan el proceso de mantenimientos que tienen contacto directo con el material producido. Debido a esto el Departamento de Mantenimiento Mecánico tiene que estar apegado a normas que dictan la forma de operar, repuestos, formas de servicio y componentes a emplear en el manejo de envases.

El departamento mecánico plantea enriquecer sus procedimientos. Por lo que las siguientes actividades de mejora, proporcionan una mejor aplicación de lubricación, tales como:

- ✓ Brindar capacitación a la persona encargada de la lubricación en la línea de revisión. Independientemente del tipo de capacitación que se programe, es necesario que un experto (ingeniero, técnico, etc.), trabaje junto con el lubricador, en la sección específica del área de revisión donde se empleara la lubricación, para desarrollar un sistema de lubricación con los aceites correctos y demostrar la importancia del trabajo que se está aplicando.

- ✓ Exigir a proveedores de aceite, a través de sus técnicos, que indiquen las recomendaciones sobre el uso del lubricante correcto para cada equipo.
- ✓ Promover el uso de aceites lubricantes grado alimenticio para el área de revisión, por tener contacto con el producto terminado y evitar reclamos.
- ✓ Requerir a los fabricantes de maquinaria o piezas en particular que entreguen los instructivos de lubricación adecuado.

2.4.4. Propuesta de lubricación para sección curva de la línea #11

La presente propuesta técnica tiene como objetivo presentar un sistema que cumpla con lo siguiente:

- ✓ Disminuir el rozamiento entre dos superficies, manteniendo una película de aceite entre ellas.
- ✓ Disminuir los efectos del roce
- ✓ Disipar calor generado por el roce
- ✓ Proteger las superficies contra la oxidación
- ✓ Arrastrar las inevitables partículas desprendidas por desgaste

Siendo la lubricación uno de los elementos de control más importante en la vida útil de los elementos mecánicos (enfocado en la pista de sección curva de la línea #11), ya que a través de este, se logra separar el contacto superficial entre los pares de trabajo, resultando en que el movimiento de los elementos de un sistema garanticen eficiencia, eficacia, y por tanto una confiabilidad del equipo.

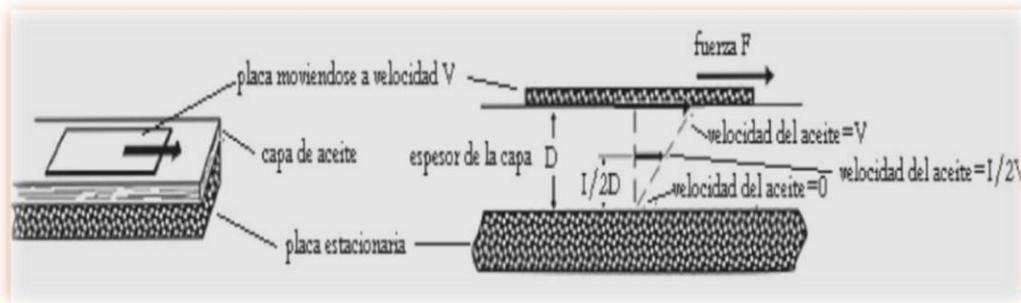
Alrededor de la lubricación se encuentran muchos factores que pueden variar su normal funcionamiento y, que un cambio en las características del

mismo podrían causar problemas, lo cual conllevaría pérdidas económicas considerables.

- ✓ Elementos involucrados en la propuesta de lubricación

Los elementos entre los cuales se desea colocar una película de lubricante para evitar desgaste, vibración, conservación, ruido y deterioro son: banda de tablilla de acero inoxidable, que es la responsable del traslado de los envases; la pista plástica, que es el elemento en el cual la banda de tablilla se arrastra, esta le proporciona dirección y sentido.

Figura 29. **Película de lubricante entre cuerpos**



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/los-lubricantes/>. Consulta: 15 de enero de 2013.

La figura representa dos placas, una fija (pista plástica curva) y otra móvil (banda de tablillas de acero inoxidable), separadas una distancia D . La placa móvil se mueve con velocidad constante V . El aceite adherido a la placa se mueve a la misma velocidad que ella. Entre ambas placas se ve que las capas de aceite situadas entre las dos placas se mueven a velocidad inversamente proporcional a su separación de la placa móvil. Para vencer la fricción entre placas será necesario aplicar una fuerza F . Dado que la fricción entre capas

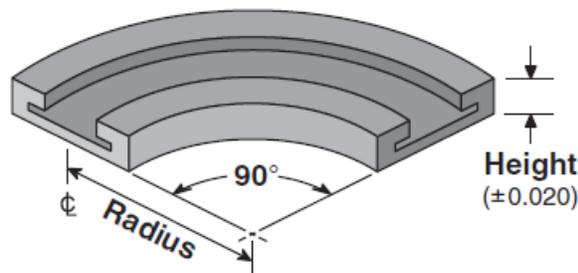
está relacionada con la viscosidad, Newton demostró que la fuerza F es una medida de la fricción interna del fluido, siendo proporcional a la superficie de la placa móvil S y al gradiente de velocidad V/D .

- ✓ Efecto producido por la falta de lubricación entre elementos

La banda transportadora de tablillas se arrastra sobre el largo total de la pista plástica con diferentes velocidades según sea el tipo de envase a acarrear.

Durante el proceso investigativo se pudo observar y analizar que el roce existente entre metal-plástico era mayor y evidente en la sección curva de 90 grados de giro.

Figura 30. **Sección curva de la pista plástica**



Fuente: Emerson Electric Co. *SystemPlast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*. p. 275.

Independiente del tipo de roce, todos producen los mismos efectos, sólo cambia la magnitud de ellos. Estos efectos son:

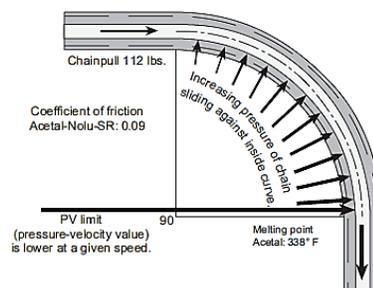
- Vibración

- Ruido excesivo
- Deterioro prematuro de la pieza
- Generación de calor entre las superficies de las piezas en contacto durante el movimiento relativo entre ellas, con el consiguiente aumento de temperatura de las piezas en contacto.
- Desgaste de las superficies en contacto, generando mayor desgaste sobre las piezas más blandas.
- Oposición al movimiento (fuerza de roce) que hay que vencer, gastando energía (potencia).

Por fines ilustrativos se denominara los puntos que señalan las flechas en el lado curvo de la pista, el lado sur.

Como se observa en la siguiente imagen el lado sur de la pista plástica es donde se concentran puntos de compresión, esta es generada porque la presión de deslizamiento de la cadena es cada vez mayor contra el interior de la curva.

Figura 31. **Puntos de compresión en sección curva**



Fuente: Emerson Electric Co. *System Plast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*. p. 60.

Estos puntos marcados de compresión es donde se debe aplicar los puntos de lubricación, uno por cada banda transportadora, con esto se estará disminuyendo la presión ejercida de la banda a la pista. Convirtiéndose en un mantenimiento preventivo de elementos que están involucrados en procesos productivos.

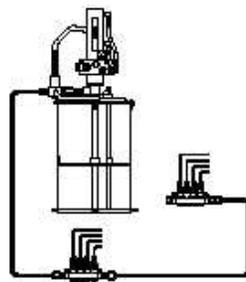
El descargador es multilínea lo que quiere decir que existen 4 pistas plásticas que sobre ellas se deslizan 4 bandas transportadoras de tablilla.

✓ Sistema de lubricación automática centralizada

Este es un sistema a pérdida, adecuado para maquinarias que requieran pequeñas cantidades de lubricación en numerosos puntos, en cantidades exactamente medidas y con intervalos de lubricación cortos.

Los sistemas centralizados compuestos por: una bomba neumática la cual se activa a cada cierto tiempo, y trabaja durante un intervalo de tiempo corto; bloques que distribuyen el lubricante e inyectores que dosifican cantidades pequeñas y específicas de lubricante a los diferentes puntos.

Figura 32. **Lubricación automática centralizada**



Fuente:<http://www.thormetal.net/prod.html>. Consulta: 15 de enero de 2013.

La propuesta de este sistema contará con los siguientes componentes:

- 1 distribuidor
- 5 metros de manguera rígida
- 1 válvula solenoide
- 1 deposito
- 1 bomba de aceite con señal neumática
- 1 temporizador
- 1 fitting x manguera
- 1 sujetador plástico de 4 tomas

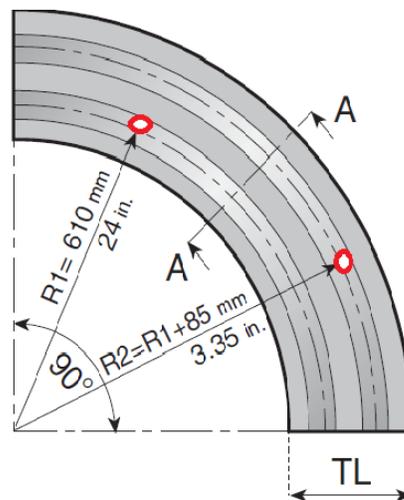
El método de operación será:

- Llenar de aceite, que cumpla con normativas de inocuidad de los alimentos, el depósito del mismo el cual realizará la función de almacenamiento.
- La manguera será la conductora de aceite a través de la bomba, temporizador, solenoide hasta llegar al punto de aplicación.
- La bomba será la encargada de extraer el aceite del depósito para que luego impulse el lubricante hacia el tramo final de la línea.
- El temporizador será el que permita controlar con precisión el tiempo en que el solenoide necesite dosificar los puntos deseados.
- La válvula solenoide es el dispositivo controlado eléctricamente que hará la regulación del flujo del aceite dándole una debida consideración a la presión al punto de aplicación.

Los puntos de aplicación de la película de aceite serán los siguientes:

- Para aplicar una lubricación en los puntos de mayor concentración de esfuerzos de compresión (señalados con un punto rojo). Por fines ilustrativos solo se demuestran dos pero en realidad son 4 puntos de aplicación distintos por ser un descargador de 4 bandas transportadoras.

Figura 33. **Puntos de aplicación de gota de lubricante**



Fuente: Emerson Electric Co. *SystemPlast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings*. p. 65.

Es en este punto donde la gota de aceite lubricante debe de caer, por consiguiente la banda transportadora a través de sus tablillas arrastrará el aceite formando una película de lubricación entre pista y banda, luego de una serie de gotas de aceite dispuestas en la pista este se esparcirá en la superficie de la curva, cumpliendo con el objetivo de separar el cuerpo estático del cinemático.

El tiempo en el cual se esparcirá el aceite:

- Este tiempo será regulado por el temporizador, el tiempo en que la gota de aceite tarde en caer va a ir directamente relacionado por la velocidad de corte de las máquinas formadoras de envases, ya que esta velocidad dicta la rapidez con la que los envases salen del templador y con esto se hace el ajuste de velocidades de banda según necesite el transporte de envases.
- El tiempo de la caída de gota debe llevar una historia prudencial de un mes, para luego calcular valores medios los cuales rijan y generalicen el tiempo a programar.
- Solo personal de Departamento de Mantenimiento Mecánico deberá de realizar ajustes al temporizador, por ser el ente regulador de la conservación preventiva y predictiva en la línea de revisión.

El aceite a emplear será:

- Shell Cassida aceite de la cadena 1000, es un sintético de alto rendimiento basado en el éster de aceite que ha sido formulado para la industria de alimentos, para lubricar las cadenas transportadoras a temperaturas elevadas. Se basa en una avanzada mezcla de fluidos sintéticos y seleccionados aditivos elegidos por su capacidad para cumplir con los estrictos requisitos de la industria alimentaria y de bebidas. Certificado por NSF para ISO 21469 y registrado por NSF (clase H1) para su uso donde existe la posibilidad de contacto accidental con alimentos.

Las aplicaciones de este aceite son:

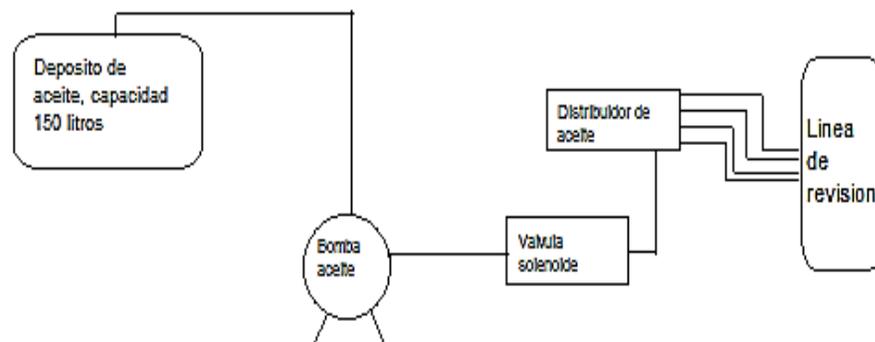
- Accionamiento y transporte cadenas en la industria alimentaria.
- También se destina al uso en equipos para fabricación de envases de alimentos.

Las características de rendimiento son:

- Resistencia a la temperatura hasta +240 °C
- Baja pérdida por evaporación
- Excelente resistencia a la corrosión
- Viscosidad media para una fácil aplicación
- Se aplica fácilmente con brocho o bien, a través de baños o por sistemas automáticos de lubricación.
- Oloro sabor neutro

La disposición física de los componentes será:

Figura 34. **Plano del sistema de lubricación centralizada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

El grupo de mantenimiento es responsable de: mantener todo el equipo de la empresa en condiciones de operación, conservándolo dentro de lo posible, en condiciones más semejantes a las de su adquisición.

2.4.5. Costo estimado

La lubricación tiene un costo que no se limita solo al valor del lubricante, sino que lo constituyen los siguientes costos:

- Costo del lubricante y de la lubricación (lubricantes, filtros, mano de obra lubricador).
 - Costo de las piezas de recambio gastadas en forma prematura por una lubricación deficiente.
 - Costo por las pérdidas de energía generadas por el roce mayor cuando falta la lubricación.
 - Costo de la mano de obra para el recambio de piezas gastadas en forma prematura.
- ✓ Costo de las pérdidas de producción por detenciones no programadas imputables a una lubricación deficiente.

Tabla IX. **Resumen de costos por paros no programados**

Costo por concepto de:	% Relativo al Costo Total
Lubricación y lubricante	10
Piezas de recambio (vida desperdiciada)	20

Continuación de la tabla IX.

Perdida de energía (adicional al roce normal)	05
Mano de obra para el recambio no previsto	35
Perdida de producción por detenciones imprevistas por lubricación deficiente	30

Fuente: elaboración propia.

La lubricación como mantenimiento preventivo reduce la cantidad de paradas imprevistas y disminuye las frecuencias de intervenciones, bajando los costos de producción y mejorando tanto la producción como la calidad del producto.

La siguiente tabla presenta la información detallada de los materiales, accesorios y equipos que componen el sistema de lubricación automática centralizada:

Tabla X. Evaluación económica de accesorios

Cantidad	Descripción	Precio de Lista (Q)	Descuento Unitario (Q)	Precio con descuento unitario (Q)	Total (Q)
1	Distribuidor marca SMC entrada 8mm 4 salidas de 4mm en <i>fitting</i> rápido	490.00	98.00	392.00	392.00
5	Metros de manguera rígida SMC tipo Nylon, 60°C temp. Max x 150psi	19.00	3.80	15.20	76.00
1	Válvula solenoide marca Jorc de Holanda con <i>Timer</i> incorporado rosca 1/4" bronce, conexión 120Vac. 0-5seg x 0-45min	1,499.00	299.80	1,199.20	1,199.20
1	Deposito marca <i>Fini</i> de Italia capacidad 150 litros, vertical, incluye base de 3 patas. Medidas 45 mm diámetro x 1.25 metro de alto	5,100.00	1,020.00	4,080.00	4,080.00
1	Bomba de aceite marca SMC Conexión 3/8" Señal neumática, 2 posiciones rosca 1/4". Modelo PA3110	7,000.00	1,400.00	5,600.00	5,600.00
1	<i>Fitting</i> rápido SMC rosca 1/4" x manguera 8mm	45.00	9.00	36.00	36.00
1	Sujetador plástico de 4 tomas		0.00	125.00	125.00
				Total a pagar (Q) =	11,508.20

Fuente: elaboración propia.

El precio total de inversión del proyecto de lubricación es de Q11,508.20. Debido a su importancia de implementación el proyecto presenta los siguientes beneficios generados de la inversión:

- ✓ Con este programa de lubricación que brinda la mayor información necesaria para el correcto entendimiento de las operaciones que en lubricar consisten, se logra evitar confusiones que impliquen mezclas de lubricantes o la aplicación de lubricantes inadecuados a los componentes, con lo cual se minimizan las causas de paradas de equipos debido a fallas por lubricación.

- ✓ Con la ayuda de las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes de los equipos y fabricantes de los lubricantes, así como a través de la inspección de las condiciones de operación de los equipos en campo, se logra determinar, controlar y analizar, sus componentes, así como el lubricante requerido, método de lubricación, cantidad de lubricante, frecuencia de aplicación, etc.

2.5. Propuesta para un óptimo manejo de envases de vidrio

La propuesta es un documento en el cual se indican una serie de pasos estudiados detalladamente para la consecución de una carrera de envases eficaz, que cumpla con los lineamientos requeridos en el proceso productivo. Este informe tiene como objetivo, dejar establecido los procedimientos y recursos a utilizar en el manejo de envases dentro de la planta de producción.

2.5.1. Principios básicos de mantenimiento

Los principios básicos de mantenimiento que deben ser siempre tomados como una premisa para la que la empresa funcione a toda su capacidad son:

- ✓ El mantenimiento es parte integral de la organización y es tan importante como la producción.
- ✓ El mantenimiento es la unidad de servicio y no debe permitirse que domine las operaciones.
- ✓ El trabajo de mantenimiento debe ser controlado en su origen, supervisando la carga del mismo (horas-hombres utilizadas) y debe realizarse en forma ordenada.

- ✓ La ejecución ordenada de la carga de trabajo se logra normalmente a través de un sistema de órdenes de trabajo escritas. El sistema incluye las siete funciones básicas siguientes:
 - Solicitud de trabajo
 - Planificación de las actividades de mantenimiento a realizar
 - Estimado de tiempo y costo del trabajo
 - Autorización del trabajo
 - Programación de la actividad
 - Ejecución del trabajo de mantenimiento
 - Revisión de lo realizado

- ✓ A excepción de los casos extraordinarios como emergencias, el trabajo de mantenimiento debe ser planificado antes de empezarlo. Planificación y ejecución son etapas diferentes: en la etapa de planificación se establece el plan o programa e seguir. En la etapa de ejecución se realiza dicho plan.

- ✓ En la organización del mantenimiento debe existir tres niveles de operación:
 - Mantenimiento operacional: trabajos rutinarios
 - Mantenimiento de campo: realizado en el origen, mantenimiento preventivo y corregido.
 - Mantenimiento de taller: trabajo realizado en un sitio fijo

- ✓ Todos los trabajos de mantenimiento deben ser revisados inmediatamente y comparados por normas preestablecidas. Toda desviación de estas normas debe ser corregida de inmediato.

- ✓ Los costos de mantenimiento deben ser reportados y registrados de tal forma que el costo de mantener el equipo sea determinado fácilmente.
- ✓ El mantenimiento debe recibir soporte técnico ordenado: diagramas, planos, especificaciones, etc. Además, es importante que la organización intervenga desde el inicio, es decir, desde la etapa de diseño.
- ✓ La función del mantenimiento es incluir programas para medir la profundidad laboral, análisis de actuación, realización de estudios de métodos, preparación de normas y desempeño de otras funciones técnicas por parte de los supervisores. Todas estas actividades buscan medir el rendimiento de la organización, conducir a la toma de decisiones en forma efectiva y preparar programas de mantenimientos más eficientes.
- ✓ Ventajas de la aplicación del mantenimiento preventivo en el manejo de envases de vidrio. Las ventajas de tener implementado un buen programa de manejo de envases en el Área Fría en la empresa son:
 - Disminuye el tiempo ocioso, en relación con todo lo que se refiere a economía y beneficio para los clientes, debido a menos paros imprevistos.
 - Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones de paros imprevistos.
 - Menor número de reparaciones en gran escala y de reparaciones repetitivas, por lo tanto, menor acumulación de la fuerza de trabajo de mantenimiento y del equipo.
 - Disminuye los costos de reparaciones de los desperfectos sencillos realizados antes de los paros imprevistos, debido a la menor fuerza de trabajo, a las pocas técnicas empleadas y a la menor cantidad de partes que se necesitan para los paros planificados.

- Menor número de productos rechazados

2.5.2. Modelo de implementación de complementos en oficina y estaciones de trabajo

En el proceso administrativo, se tiene como etapa inicial la planeación, la cual consiste en la formulación del estado futuro deseado para el Departamento de Mantenimiento Mecánico y con base en éste plantear: cursos alternativos de acción, evaluarlos y así definir los mecanismos adecuados a seguir para alcanzar los objetivos propuestos. Además de la determinación en la asignación de los recursos humanos y físicos necesarios para una eficiente utilización.

Para lograr una consecución de objetivos se enumeraran una serie de pasos/acciones a seguir con base en la planeación operativa, que refiere a la organización de los recursos y del personal de la compañía para la resolución de problemas.

Concluida la etapa de evaluación situacional del departamento, se hace la proposición de mejora e implementación de las siguientes acciones dentro del Departamento de Mantenimiento Mecánico:

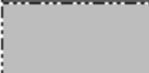
- ✓ La creación de un espacio físico dentro del taller de mantenimiento mecánico destinado específicamente al almacenamiento de materiales, repuestos, bancos de trabajo y equipo a utilizar en el manejo de envases.
 - Repisas para el almacenaje de guías y forros plásticos
 - Bancos de trabajo para mecánicos auxiliares, en donde se guarde herramienta propia. El banco debe permanecer limpio y ordenado todo el tiempo.

- Armario para guardar material de manejo, entiéndase: silicón, tornillos, pulidora, barreno, extensiones, soportes, bandas de tablilla y equipo de seguridad industrial.
 - Carreta para hacer el traslado de material del taller mecánico a la línea de revisión, la misma se deberá ordenar con un día de anticipación al cambio de moldura con los requerimientos y equipos solicitados por la jefatura.
 - El área deberá de ser inspeccionada por el supervisor diariamente para mantener el orden y limpieza que dicta la norma 5S', llevar el control de inventario de repuestos.
- ✓ Dentro de la oficina de jefatura o de supervisión, deberá de existir un archivo físico el cual resguarde el historial de moldura.
- Dentro del archivo deberá de existir la historia en orden numérico de las molduras ya fabricadas en la planta.
 - Cada historial tiene que estar en un folder tamaño oficio con gancho con las respectivas historias y el diseño de la moldura adjunto, también debe de tener un rotulo visible con el número de moldura para su fácil acceso, orden e identificación.
 - El *checklist* de cambio de moldura, se deberá archivar en su folder luego del proceso de fabricación.
 - Es actividad del supervisor de Área Fría, el correcto uso del archivo así como su orden, limpieza y actualización.
 - Al ingresar una nueva moldura en fabricación, se debe crear un folder nuevo con gancho, tamaño oficio e identificado con el número de moldura para que sea archivado según su código.
 - Actualizar la información de la historia periódicamente

- ✓ Para que la información de cambio de moldura sea transmitida a todo el personal del departamento, se insta a publicar la programación semanal en una pizarra.
 - Cada día se debe de escribir en el pizarrón con marcador color verde el cambio de moldura a realizarse en la línea de producción, rellenar el cuadro con marcador color rojo el día que no exista cambio de moldura en dicha línea y con marcador color negro describir en cada línea la moldura que este en producción.
 - Es responsabilidad del supervisor de Área Fría, hacer las anotaciones correspondientes del día siguiente con las normas dictadas en el inciso anterior.
 - Si se va a realizar un trabajo mayor, paro de producción o se deshabilita una línea en específico, el supervisor deberá de hacer la anotación en el día o días a realizarse dicha operación. Esto con el fin que el personal este informado del proceso productivo.

Tabla XI. **Esquema de pizarra**

CAMBIO DE MOLDURA			
Horno 1			
Día/Línea	Línea 11	Línea 12	Línea 13
Lunes	Cambio de moldura (escribir el número y nombre de la moldura)	Número de Moldura y Nombre de moldura	Número de Moldura y Nombre de moldura
Martes			
Miércoles		Cambio de moldura (escribir el número y nombre de la moldura)	
Jueves			
Viernes	Cambio de moldura (escribir el número y nombre de la moldura)	Cambio de moldura (escribir el número y nombre de la moldura)	
Sábado			
Domingo			Cambio de moldura (escribir el número y nombre de la moldura)

	El color negro indica que la moldura que está en producción.
	El color rojo indica que no se realizara cambio de moldura.
	El color verde indica que ese día y en esa línea se realizará el cambio de moldura

Esquema de la pizarra

□

Fuente: elaboración propia.

La información de los envases en fabricación, debe ser de fácil acceso, de forma ordenada y al alcance de jefe y supervisores para consultas de los requerimientos. Es por ello que los *checklist* con las anotaciones hechas en la junta de cambios tienen que estar en un porta papeles según sea la línea de fabricación donde se estén elaborando.

- ✓ En la oficina del supervisor de Área Fría deberá de existir seis porta papeles, los cuales contendrán la información anotada en el *checklist* de cambio de moldura. Debe existir un porta papel para cada línea de revisión, estará identificado con el número de línea.
- ✓ El supervisor y/o jefe son los encargados de hacer la rotación de *checklist* en los portapapeles según sea la disposición de cambio de molduras.
- ✓ Se tendrá que quitar un historial cada vez que entre en fabricación una moldura, el historial a remover tiene que ser colocado en el archivo de historiales y puesto en el folder correspondiente al número de moldura al cual pertenezca.

Los principios productivos anteriormente descritos son acciones que se deben tomar para mejorar la planeación de carrera de envases de vidrio.

Se debe destinar una parte del presupuesto del departamento para la compra de materiales para crear el área exclusiva del personal de manejo, en esta área corresponde un mueble con separadores para colocar repuestos y herramientas, con el fin de ordenar el taller y llevar un proceso contable del inventario destinado a la actividad de manejo de envases. Lo mencionado trae beneficios en la reducción de costos por un óptimo manejo de inventario, ahorro en el tiempo de organización del equipo y conservación de máquinas y repuestos.

La jefatura de los mecánicos debe emitir órdenes de consecución de resultados a todos los colaboradores del área, se deberá revisar que los planes de acción sean continuos y aplicados por todos en el departamento.

Se insta a la jefatura a implantar esta propuesta para verse beneficiado en una correcta consecución de resultados, prestar un servicio acorde a la

normativa de calidad de la empresa, mejorar índices productivos y la conservación del equipo destinado a la actividad de manejo.

2.5.3. Modelo de planeación de manejo de envases en el Área Fría

La planeación implica crear el futuro desde el presente con una visión prospectiva, es decir como una prolongación de éste. Comprende por lo tanto el establecimiento anticipado de objetivos, políticas, estrategias, reglas, procedimientos, programas, presupuestos, pronósticos, etc.

Debe mencionarse que una buena organización del Departamento de Mantenimiento Mecánico debe incluir:

- ✓ Programación y control de los trabajos
- ✓ Ejecución de los trabajos

Es indispensable elaborar una programación de todas las actividades del Departamento de Mantenimiento Mecánico previo a la ejecución de los trabajos. Para lograr esta actividad, debe de existir una sección que estudie cada solicitud de trabajo y determinar prioridades.

La ejecución de los trabajos empieza cuando el departamento solicitante envía a mantenimiento una orden de trabajo, misma que deberá ser escrita y contener la descripción de la actividad. Es necesario que se determine y exija la máxima información con el fin de hacer lo que realmente se requiere y enviar a las personas adecuadas para hacer el trabajo.

La planeación de manejo de envases tiene inicio en la junta de cambios de moldura, que es la reunión de jefes de los departamentos involucrados en

producción para la fabricación de nuevos envases. Para que las solicitudes del resto de departamentos se consigan de forma eficaz y eficiente se propone como primera actividad de planeación lo siguiente:

- ✓ Elaborar un *checklist* que contenga de forma ordenada y escalonada los requerimientos e información que se proporcionaran en la junta.
- ✓ Con días de anticipación se recibirá un correo con las molduras por ver en la junta. El encargado de asistir a la junta será cumplidor de preparar la junta de cambios. Esta actividad contara con: imprimir en la parte posterior del *checklist* el diseño de la moldura para visualizar el envase, luego extraer del archivo de historia de moldura el folder con el historial para consultas de datos.
- ✓ Ser partícipe de la junta de cambios, anotar los datos técnicos y requerimientos. El jefe de mantenimiento o supervisor de área, serán las personas que velaran por llegar a cumplir con las metas y expectativas.
- ✓ Encarpetar el o los *checklist* vistos en la junta, para esta actividad se deberá de tener un folder tamaño oficio con gancho, identificado con el nombre de: molduras próximas a fabricar.
- ✓ Revisar la hoja de cambios para saber cómo es la logística de fabricación.
- ✓ El día anterior al cambio de moldura, sacar del folder la hoja de la moldura a fabricar, leer y analizar las anotaciones, para luego determinar el plan a seguir para el manejo de envases del siguiente día.
- ✓ Para realizar el plan de acción, se deberá de consultar el historial de la moldura, cuantificar el material y repuestos a usar en el manejo acorde a la necesidad del envase.
- ✓ De acorde a las disposiciones analizadas, se procederá a revisar en el área destinada al manejo dentro del taller, faltante de herramientas y repuesto.

- ✓ El líder de mecánicos auxiliares será el encargado de abarrotar la carreta con las indicaciones del jefe y/o supervisor. Antes de retirarse de la empresa, esta persona deberá dejar la carreta lista y limpia en el área designada.
- ✓ El supervisor de Área Fría deberá de hacer las anotaciones de los cambios del día siguiente antes de que sus labores acaben.
- ✓ La mañana en que el cambio de moldura se concrete, verificar que la carreta contenga los materiales solicitados, definir y explicar al equipo lo que se debe hacer y el tiempo que se tiene para puntualizar con la actividad.
- ✓ El equipo de mecánicos auxiliares conformado por tres personas, se deberá de presentar en el taller mecánico a la hora solicitada, con herramienta, ropa de trabajo limpia y equipo de seguridad personal.
- ✓ En la línea de revisión el equipo junto con el supervisor deberá esperar a que el último envase salga del templador para detener las bandas transportadoras y empezar con todos los requerimientos descritos en el plan de acción. Cada plan de acción difiere uno de otro por las cualidades de los envases.
- ✓ El supervisor será el gestor de llevar el *checklist* para verificar punto por punto el logro de cada uno. Anotará comentarios que sean trascendentales, así como observaciones de mejora.
- ✓ La fase de supervisión de la línea y la fase de realizar mantenimientos preventivos programados, se hará hasta que el envase nuevo sea estabilizado y el departamento de calidad no tenga solicitud alguna.
- ✓ Al estar estabilizado el manejo de envases, el supervisor estará comprometido a: archivar la hoja de *checklist* de la moldura que salió de fabricación en el folder correspondiente al código e introducirla en archivador de historia, luego pondrá la hoja de *checklist* de la moldura

entrante en el porta papel que le corresponda según la línea donde se hizo la actividad.

- ✓ Es responsabilidad del jefe y supervisor mantener estable el manejo de envases durante el período de fabricación, presentándose a la línea de producción si ocurre algún mantenimiento correctivo, el apoyo de mecánico de turno y mecánicos auxiliares es imprescindible para actividades correctivas y/o preventivas.

Esta propuesta abarca todos los puntos de mejora hallados en el análisis situacional:

- ✓ Trabajos repetitivos de todo el equipo involucrado en el manejo de envases.
- ✓ Equipo utilizado en forma no correcta
- ✓ Utilización de materiales no adecuados
- ✓ Eficiencia de cada obrero

La importancia que tiene esta proposición al llegar a implementarla, puede ser palpable a través del buen estado de las máquinas que es un factor determinante para:

- ✓ Volumen de producción: al tener equipo en buenas condiciones, se reduce o eliminan las interrupciones del proceso y por lo tanto las disminuciones de volumen de producción.
- ✓ Calidad del producto
- ✓ Costo de manufactura: cuando el equipo permanece en buenas condiciones, la maquinaria que lo integra tendrá un mínimo de interrupciones y se reduce el costo indirecto, (como costos de maquina parada, mano de obra, mantenimiento, etc.).

- ✓ Seguridad en la planta: un equipo con buen funcionamiento, reduce los riesgos de accidente.

2.6. Propuesta de formatos

Las hojas de trabajo o formatos de mantenimiento son aquellos programas o fichas que contiene el plan de mantenimiento de la empresa que son la herramienta de trabajo para la revisión de las máquinas o instalaciones.

El contenido y complejidad de estos programas depende del tipo de maquinaria a revisar, de los puntos a comprobar y de los datos que se quieran obtener. El contenido básico de estas fichas es el siguiente:

- ✓ Datos de identificación del equipo a revisar
- ✓ Autorización del responsable
- ✓ Puntos a comprobar y/o piezas a sustituir según la intervención que se tenga que hacer
- ✓ Lista de control (*checklist*)
- ✓ Referencias de recambios específicos
- ✓ Tiempo invertido por tareas
- ✓ Apartado de observaciones
- ✓ Identificación y firma personal del operario que ha intervenido

Luego de realizar el análisis correspondiente al manejo de envases y argumentos con la jefatura de mantenimientos, se procede a presentar la propuesta de formato de *checklist* para manejo de envases, historial de cambio de moldura, mantenimiento preventivo y aspectos que cumplen las necesidades a verificar a lo largo de la línea de revisión.

Figura 35. Hoja de trabajo para manejo de envases

CHECK LIST PARA CAMBIO DE MOLDURA									
No. Moldura:		Nombre Moldura:			Línea: 11		Fecha:		
No.	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES							
1	Numero de secciones	No:	Peso:						
2	Cantidad de envases entrando al templador	No:	Vela:						
3	Velocidad maquina	CPM	Enfriamiento de Maquina:						
4	Velocidad de banda templador	Vel:	Enfriamiento de Placa:						
5	Centrado de banda, entrada y salida templador		Enfriamiento de Banda:						
6	Ajuste guías laterales templador		Enfriamiento de Pistón:						
7	Cambio de Bushing	Tiempo de Cambio:	Bushing:						
8	Revisar Giradores de botella y Tubing								
9	Limpeza de banda múltiple del descargador								
10	Díámetro del envase	Díámetro:							
11	Ajuste de guías de la línea general	Ancho:	Altura:						
12	Ajuste de guías de los bypass	Ancho:	Altura:						
13	Ajuste velocidades de bandas inicio de carrera	Val1:	Val2:	Val3:	Val4:	Val5:	Val6:	Val7:	
14	Ajuste velocidades de bandas fin de carrera	Val1:	Val2:	Val3:	Val4:	Val5:	Val6:	Val7:	
15	Ajuste de guías bajada de caja								
16	Equipos especiales	COMBI:	CHECK:	F.P.:					
17	Tratamientos	ESTERATO:	DURACOTE:	APS:					
		ESTANCO:	BALL IT:						
18	Pantallas de Revisión	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
19	Empaque	Bajada de cajas:			Paletizadora:				
20									
21	Fecha inicio carrera								
22	Fecha fin carrera								
Requerimientos Junta de Cambios: _____									
Notas posteriores al cambio: _____									

FIRMA JEFE MANTO MECANICO			FIRMA SUPERVISOR DE ARZA FRIA			FIRMA JUNTA DE CAMBIO			

Fuente: elaboración propia.

Con base en una mejora continua, apegados a las necesidades intrínsecas de llevar un control conjuntamente con un historial, se realiza este *checklist* que integra todos los elementos involucrados en el mantenimiento, planeación y ejecución de la línea de revisión. En un ámbito ecológico, reduce el uso de papeleo innecesario y encierra todo lo que se necesita en una hoja de papel. El *checklist* tiene como función:

- ✓ Llevar las anotaciones de las requisiciones de la junta de cambios
- ✓ Esquematizar la planeación de carrera de envases
- ✓ Evaluar los datos técnicos de máquinas formadoras de envases como los datos del departamento de fundición, para saber la velocidad de entrada y salida de envases al templador.

- ✓ Crear un historial de moldura para el archivo
- ✓ Determinar el cumplimiento de las actividades realizadas por los mecánicos.
- ✓ Hacer anotaciones de ejecución

2.6.1. Planeación

La planeación como parte esencial de la propuesta, realizará la función de mejora de tiempos, cuantificación de material a emplear, cubrirá necesidades especiales y desarrollará un programa de control por parte de la jefatura.

El departamento se verá beneficiado con un óptimo manejo de envases, medible a través de los indicadores productivos, las fallas atribuidas a componentes de los cuales es responsable la parte de mantenimiento serán mínimas y con esto se alcanzará la meta de mínimos o nulos paros de producción.

A continuación se describirá la función de cada casilla del *checklist* en lo que respecta a planeación:

Tabla XII. **Planificación del manejo de envases**

Número de secciones	El número de secciones, se refiere a las secciones a funcionar de la maquina formadora de envase, es un factor determinante para saber el volumen de producción a fabricar.
Cantidad de envases entrando al templador	La cantidad de envases que el Departamento de Fundición determina a entrar al templador, es un dato conciso que se necesita para la planeación, ya que de esta referencia se sabrá la cantidad de envases que se recibirá en el área fría.
Velocidad máquina	El número de secciones, es el número de cortes por minuto que tendrá la línea de producción, este dato es clave para el manejo de envases ya que determina la cantidad de producto a acarrear.
Velocidad de banda templador	Teniendo como referencia la cantidad de envases al templador entrante y saliente, se necesita saber la velocidad con que el envase saldrá en área fría, para hacer el análisis de velocidad de banda transportadora.
Cambio de <i>Bushing</i>	La realización de esta actividad concierne al Departamento de Fabricación, lo que interesa conocer es, si esta pieza se va a cambiar ya que no dicta un tiempo mayor para trabajar en Área Fría.
Diámetro del envase	Este dato puede ser proporcionado en la junta o a través de la ficha técnica de la moldura, esta reseña es de suma importancia ya que con ella se determina el ajuste necesario del ancho de la guías.

Continuación de la tabla XII.

Ajuste de guías de la línea general (ancho y altura)	En esta casilla se hace la referencia la medida numérica de altura y ancho que setienen que hacer los ajustes a las guías de la línea de revisión.
Ajuste de guías de los <i>bypass</i> (ancho y altura)	El ajuste del <i>bypass</i> es una actividad que siempre se deberá realizar con los datos de altura y ancho del envase, esto debido a que si un equipo de revisión o desperfecto a lo largo de la línea llega suscitar, el envase debe trasladarse por el <i>bypass</i> , es por tal razón que, en las anotaciones debe estar subrayado con actividad obligatoria.
Ajuste velocidades de bandas inicio de carrera	Con un historial de carrera formado, se anotara las velocidades de cada motorización, esto reduce tiempos de trabajo reales.
Ajuste velocidades de bandas fin de carrera	Esta casilla es para planeaciones futuras, ya que la función es medir velocidades a la conclusión de la carrera.Se llevara un registro de la velocidad final de las motorizaciones en las cuales el manejo de envase se estandarizo.
Pantallas de Revisión	Para el modelo de planeación es indispensable que el departamento de calidad presente este dato, así se sabrá planificar que pantallas de revisión son necesarias para hacer ajustes y que otras quedaran fuera de servicio.

Continuación de la tabla XII.

Empaque	El Departamento de Calidad es el responsable de proporcionar el dato si el envase ira empacado a mano o se empacara a través de la paletizadora. Este dato es útil en la planificación de carrera, ya que indica que ajustes se deben hacer para guiar el envase a las diferentes estaciones de empaque.
Equipos especiales	Los equipos especiales o equipos de revisión son tres diferentes a lo largo de la línea. No todos los envases son revisados de la misma manera o por los mismos equipos. Es trascendental para la planificación de carrera saber que equipos entran a trabajar para hacer los ajustes en guías y soportes, y así poder guiar el envase por donde se tenga que trasladar.

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Conservación

El mantenimiento de los equipos o máquinas es de vital importancia en el ámbito industrial, especialmente si se cuenta con un sistema productivo que requiere que el tiempo fuera de servicio de sus equipos sea lo menor posible, evitando con ello la merma en la producción que puede afectar a la empresa.

El propósito primordial de esta investigación es evaluar las necesidades del mantenimiento preventivo de los equipos con el fin de determinar el rendimiento de sus funciones. Para que cualquier mecánico que no esté

familiarizado con los equipos, pueda por medio de la hoja de trabajo de mantenimiento visualizar cada una de las funciones de estos.

La realización de este *checklist* de conservación es de suma importancia debido a que la implementación de un adecuado programa de mantenimiento para los equipos pertenecientes a la línea de revisión, disminuirá considerablemente la ocurrencia de fallas en los equipos, garantizando la operatividad de los mismos.

A continuación se describirá la función de cada casilla del *checklist* en lo que respecta a conservación:

Tabla XIII. **Conservación de los elementos mecánicos**

Centrado de banda, entrada y salida templador	El centrado de banda del templador debe de ser una actividad rutinaria, ya que esta simple revisión puede evitar un paro de producción. Se debe verificar en la entrada del templador, que la banda este centrada con el rodillo, lo mismo debe hacerse a la salida del templador. De existir algún corrimiento hacer la anotación en el <i>checklist</i> e informar al supervisor de área.
Ajuste guías laterales templador	Las guías laterales del templador sirven para encarrillar el envase a una dirección deseada, los ajustes de estas guías entiéndase: apretar tornillería, mover las guías, es una actividad requerida por el departamento de templadores.

Continuación de la tabla XIII.

	<p>envase, se debe verificar su estado y limpieza.</p> <p>Es un elemento movable que va sujeto a las guías riel a nivel de la pantalla de revisión, tiene dos funciones: evitar que el envase se caiga al piso y ser una pieza que ayude al <i>tubing</i> a hacer girar la botella. El mantenimiento de estos artículos es indispensable, deben de estar limpios y en las mejores condiciones para prestar un buen servicio.</p>
<p>Limpieza de banda múltiple del descargador</p>	<p>El descargador es el área donde se recibe el envase luego de salir del templador y alinea los envases para su transporte, para cumplir con normas de calidad e inocuidad de los alimentos, es de obligación que esta banda siempre este limpia, sin pedazos de vidrio, manchas de aceite y polvo.</p> <p>La actividad la debe realizar el mecánico auxiliar, con responsabilidad del supervisor de verificar que se haya cumplido de manera correcta el trabajo y tachar en el <i>checklist</i> la actividad completada.</p>
<p>Ajuste de guías de la línea general</p>	<p>Actividad primordial dentro del manejo de envases, el ajuste de guías representa el 85% del cumplimiento del transporte, a lo largo de la línea se debe hacer el ajuste de guías de acorde al diámetro y alto del envase. Para esta actividad se debe de tener un estimado de cuanto se abrirán o cerraran las guías a través de la planificación.</p> <p>El supervisor será el encargado de revisar que no falten forros plásticos, que el ajuste sea el correcto y que no existan piezas flojas.</p>

Continuación de la tabla XIII.

<p>Ajuste de guías de los <i>bypass</i></p>	<p>Esta actividad es la misma que representa el ajuste de guías general, este ajuste es de tipo preventivo, ya que al ajustar las guías riel del <i>bypass</i>, se asegura que cuando se requiera transportar el envase por un área distinta a los equipos de revisión se pueda hacer si ningún inconveniente.</p>
<p>Ajuste velocidades de bandas inicio de carrera</p>	<p>Esta casilla enmarca la divergencia, confluencia y transferencia del envase, todo esto se realiza a través del arreglo de velocidades.</p> <p>Los cortes por minuto de vela es la velocidad que dará la pauta para realizar la tarea, se empieza por el descargador y se termina en la última motorización en el área de empaque.</p> <p>La tarea de ajuste de estar concluida antes que el envase salga del templador, es obligatorio hacer pruebas con una cierta cantidad de envases para su correcto funcionamiento.</p>
<p>Ajuste de guías bajada de caja</p>	<p>Esta casilla estará dictada por órdenes del departamento de empaque, el cual indicara que tipo de empaquetado llevara el envase.</p> <p>El cometido será arreglar los elementos mecánicos involucrados en esta área.</p>
<p>Equipos especiales</p>	<p>Este encasillado sirve para hacer los ajustes mecánicos antes y después de los equipos de inspección, los cuales son tres. En la elaboración del plan se debe dar a conocer a los mecánicos auxiliares, los equipos por los cuales el envase será transportado, para determinar la ruta del envase y dicha ruta se traza con el ajuste de guías laterales.</p>

Continuación de la tabla XIII.

Tratamientos	Según sea el envase a fabricar así será el tratamiento que se le aplique, la tarea del departamento es saber que tratamientos irán a aplicarse, para verificar y corregir fallas en las piezas a las cuales van sujetos estos químicos. Es sección interesa para poner en marcha el plan de conservación de los equipos, si es que un equipo de tratamiento no se va a utilizar, se dará paso a concluir el mantenimiento preventivo y/o correctivo.
--------------	---

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Planes de acción

El plan de acción para manejo de envases en el cambio de moldura es una presentación resumida de las tareas que deben realizarse por el Departamento de Mantenimiento Mecánico, en un plazo de tiempo específicos, utilizando un monto de recursos asignados con el fin de lograr un objetivo dado.

Esta herramienta es propuesta a ser utilizada cuando entre a fabricación envases de difícil manejo, ya sea envases de tipo cónico, cuadrado o de envergadura pequeña.

Se debe de tomar en cuenta los requerimientos de los departamentos en la junta de cambios para elaborar esta planeación, el jefe del departamento conjuntamente con el supervisor de Área Fría deben estimar el material a utilizar, el personal y lo más importante las acciones a gestionar.

El plan lleva los siguientes elementos:

- ✓ Que se quiere alcanzar (objetivo)
- ✓ Cuánto se quiere lograr (cantidad y calidad)
- ✓ Cuándo se quiere lograr (en cuánto tiempo)
- ✓ En dónde se quiere realizar el programa (lugar)
- ✓ Con quién y con qué se desea lograrlo (personal, recursos financieros).
- ✓ Cómo saber si se está alcanzando el objetivo (evaluando el proceso)
- ✓ Cómo determinar si se logró el objetivo (evaluación de resultados)

Los planes de acción solo se concretan cuando se formulan los objetivos y se ha seleccionado la estrategia a seguir.

Para la elaboración del plan es importante identificar las grandes tareas y de aquí desglosar las pequeñas.

Figura 36. **Formato planes especiales**

<u>PLAN DE ACCIÓN PARA MANEJO DE ENVASES EN EL</u>	
<u>CAMBIO DE MOLDURA</u>	
➤	Línea de revisión No. _____
➤	Sale moldura No. _____
➤	Entra moldura No. _____
<u>MEDIDAS A GESTIONAR:</u>	
1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____
5.	_____
6.	_____
7.	_____
<u>MATERIAL A EMPLEAR</u>	
1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____
5.	_____
_____	_____
JEFE MANTTO MECÁNICO	SUPERVISOR DE ÁREA FRÍA JUNTA

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE DOCENCIA

La capacitación es un proceso de enseñanza-aprendizaje con el fin de mejorar el desempeño en las labores habituales de los colaboradores de la planta. En este caso la propuesta de capacitación hacia los auxiliares del Departamento de Mantenimiento Mecánico, será acerca del tema de manejo de envases y su mantenimiento.

Esta propuesta de capacitación, insta a brindarle al trabajador las herramientas productivas con las que se laborará dentro de las instalaciones de la planta de producción.

Se propone a la jefatura de mantenimiento mecánico, a realizar las charlas informativas del sistema de planeación de carrera de envases. Ya que a través del liderazgo, podrá transmitir la forma correcta de realizar la actividad, así como exponer los requisitos que el Departamento de Mantenimiento Mecánico presenta.

3.1. Capacitación sobre el sistema de manejo de envases

La capacitación tratará acerca de lo que es un sistema óptimo de manejo de envases en la línea de revisión, del funcionamiento y operación del mismo y de los equipos de protección personal que deben de contar los colaboradores cuando practiquen el mantenimiento y/o la operación del manejo de envases. Se recopiló información sobre equipo de protección personal y sobre sistemas de manejo de envase, también se dan instrucciones básicas para la operación de la planeación.

3.1.1. Información sobre el sistema de manejo

La capacitación tendrá una duración aproximada de 2 horas dividida en dos días dirigida al personal de mantenimiento mecánico y a los mecánicos auxiliares, acerca del sistema de manejo de envases su operación, mantenimiento y medidas de seguridad, las capacitaciones que se darán se describe en la tabla.

Tabla XIV. Programación de capacitación

Tema	Día	
	1	2
Sistema de manejo de envases en Área Fría y su operación.	X	
Mantenimiento de los elementos mecánicos en la línea de revisión.		X
Seguridad en la operación.		X

Fuente: elaboración propia.

En la capacitación será presentado el contenido en relación a los elementos de planificación y ejecución del manejo de envases, la nueva metodología, se expondrán preguntas para poner en evidencia la experiencia de los trabajadores y así relacionar los contenidos técnicos. El personal a presentarse serán mecánicos de turno, mecánicos auxiliares, supervisores y jefe. El contenido tipo expositivo será en base a la propuesta de este trabajo.

Tabla XV. **Procedimiento para la capacitación de planeación**

Módulo:	Metodología de trabajo
Nombre del entrenamiento	Sistema de manejo de envases en líneas de revisión
Lugar del entrenamiento	Salón de capacitaciones
Dueño del entrenamiento	Jefe mantenimiento mecánico
Instructores	Supervisor Área Fría
Tiempo	60 minutos
Objetivo	<p>Al final del entrenamiento el participante podrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Afianzar los conocimientos sobre la ejecución de los trabajos de planeación y mantenimiento. ✓ Conocerán algunas características especiales relacionadas con el mantenimiento preventivo como: planeación y la seguridad industrial. ✓ Comprenderán la función de la operación del manejo de envases.

Continuación de la tabla XV.

Materiales/herramientas/equipo	Ordenador, cañonera, presentación, marcadores, lapiceros, hojas en blanco, imágenes de la operación.
Metodología de entrenamiento	Exposición

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de dar a conocer el procedimiento de planificación y ejecución en el Área Fría se realizará la capacitación al personal indicándoles la nueva metodología y lineamientos.

Tabla XVI. **Sistema de mantenimiento preventivo**

No.	Acción	Material	Tiempo (min)
1	Introducción: justificación de la capacitación	Pizarra, ordenador, marcadores	5
2	Objetivos	Ordenador, presentación	5
3	Características técnicas de la línea de revisión: lectura de cada uno de los elementos que involucra el proceso.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	10

Continuación de la tabla XVI.

4	Descripción del Proceso de planeación de manejo de envases para cambio de moldura: lectura de cada una de las tareas que involucra el método, explicación de la realización de cada una de ellas.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	15
5	Modelo de implantación de complementos de oficina y estaciones de trabajo para el manejo de envases.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	15
6	Resolución de dudas.		5
7	Cierre y agradecimiento.		5
Total: 60 mins.			

Fuente: elaboración propia.

3.2. Información sobre la conservación de elementos mecánicos

Las especificaciones técnicas descritas en este manual de manejo de envases, son para todo colaborador de ingeniería de planta por ello se debe de transmitir la información aquí descrita acerca de los elementos mecánicos y su descripción, esto para que forme parte del vocabulario de cada persona y exista un entendimiento generalizado.

3.2.1. Hoja de control

La hoja de control o *checklist* de cambio de moldura, es la herramienta donde se presentan actividades propias del manejo de envases que la jefatura demanda a realizar durante un cambio de moldura.

Los aspectos más importantes de mantenimiento de la línea de revisión están contenidos en dicho *checklist*. Es por ello que se debe explicar a los trabajadores el porqué de dicha actividad y su función dentro de la hoja de control.

Tabla XVII. **Módulo de Seguridad Industrial**

Módulo:	Metodología de trabajo.
Nombre del entrenamiento	Mantenimiento de los elementos mecánicos en la línea de revisión y seguridad en la operación.
Lugar del entrenamiento	Salón de capacitaciones.
Dueño del entrenamiento	Jefe mantenimiento mecánico.
Instructores	Supervisor Área Fría.
Tiempo	60 minutos.

Continuación de la tabla XVII.

Objetivo	Al final del entrenamiento el participante podrá: 1. Tener un criterio de acciones de mantenimiento con sólidas bases. 2. Ampliaran su información acerca de la seguridad industrial dentro del departamento y su reglamento.
Materiales/herramientas/equipo	Ordenador, cañonera, presentación, marcadores, lapiceros, hojas en blanco, imágenes de la operación.
Metodología de Entrenamiento	Exposición

Fuente: elaboración propia.

Las propuestas presentadas en este trabajo serán la guía para la exposición del tema de conservación de los elementos en la línea de revisión, con el fin de concientizar, educar y motivar al trabajador a realizar un trabajo de calidad y evitando riesgo laborales.

Tabla XVIII. **Módulo de Buenas Prácticas de Manufactura**

No.	Acción	Material	Tiempo (min)
1	Introducción: justificación de la capacitación	Pizarra, ordenador, marcadores	5
2	Objetivos	Ordenador, presentación	5
3	Cuantificación del material, herramientas y personal para el manejo de envase: Lectura de cada uno de los elementos que involucra el procedimiento.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	10
4	Principios básicos de mantenimiento: Lectura de cada una de las tareas que involucra el método, explicación de la realización de cada una de ellas.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	15
5	Medidas de seguridad industrial en el área de líneas de revisión.	Cañonera, presentación, marcadores, pizarra. Hojas en blanco y lapiceros.	15

Continuación de la tabla XVIII.

6	Resolución de dudas.		5
7	Cierre y agradecimiento.		5
			Total: 60 mins

Fuente: elaboración propia.

3.3. Medidas de seguridad industrial

La seguridad es vital para el funcionamiento de toda la planta, es importante que la planta cuente con sistemas y campañas de seguridad permanentes.

Este aspecto es controlado directamente por el Departamento de Mantenimiento Mecánico, velando por la integridad física del trabajador, pues al poner en marcha el sistema de mantenimiento preventivo, se conserva a los equipos en condiciones que disminuyen los riesgos de accidente de trabajo.

En algunos trabajos es indispensable tomar medidas especiales y consultar al Departamento de Seguridad Industrial y producción acerca de los problemas que puedan ocurrir, y en particular sobre los riesgos. Es necesario tener procedimientos establecidos para desarrollar estos trabajos.

Debe entrenarse y motivar a los integrantes de la Comisión de Seguridad Industrial, para que ejecuten inspecciones periódicas a los equipos, e informen las fallas y situaciones inseguras que detecten.

3.1.1. Descripción del equipo de protección que debe utilizar el personal

Los Equipos de Protección Personal comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

El equipo de protección personal (EPP) está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar del contacto con peligros químicos, radiológicos, físicos, eléctricos, mecánicos u otros. Además de caretas, gafas de seguridad, cascos y zapatos de seguridad, el equipo de protección personal incluye una variedad de dispositivos y ropa tales como gafas protectoras, overoles, guantes, chalecos, tapones para oídos y equipo respiratorio.

✓ Protección a la cabeza

Los cascos pueden proteger a los empleados de impactos al cráneo, de heridas profundas y de choques eléctricos como los que causan los objetos que se caen o flotan en el aire, los objetos fijos o el contacto con conductores de electricidad.

Asimismo, se recomienda que los trabajadores cubran y protejan el cabello largo con el fin de evitar que se agarre en piezas de maquinaria como las correas y las cadenas.

Figura 37. **Casco de protección**



Fuente:<http://www.pibajio.com/document/2FEDA5E0-A2AA-A9D3-B5F2-3F8BBD0169B0.jpg>. Consulta: 25 de enero de 2013.

✓ **Protección de pies y piernas**

Los equipos de protección de pies como los zapatos de seguridad, pueden ayudar a evitar lesiones y proteger a los trabajadores de objetos que se caen o que ruedan, de objetos afilados, de superficies mojadas o resbalosas, de metales fundidos, de superficies calientes y de peligros eléctricos.

Figura 38. **Botas de protección para pies**



Fuente:http://www.calzadodeseguridad.co.cc/calzado-552DSC_0306.JPG. Consulta: 25 de enero de 2013.

✓ Protección de ojos y cara

Las gafas de seguridad, protectores laterales y las caretas pueden ayudar a proteger a los trabajadores de ser impactados por fragmentos, las astillas de gran tamaño, las chispas calientes, la radiación óptica, las salpicaduras de metales fundidos, así como los objetos, las partículas, la arena, la suciedad, los vapores, el polvo y los resplandores.

Figura 39. **Lentes de protección industrial**



Fuente:http://americansafety.com.mx/sites/default/files/imagecache/product_full/2jyr_1380g_lentes_zargento.jpg. Consulta: 25 de enero de 2013.

✓ Protección de pérdida auditiva

Utilizar tapones para oídos u orejeras puede ayudar a proteger los oídos. La exposición a altos niveles de ruido puede causar pérdidas o discapacidades auditivas irreversibles así como estrés físico o psicológico.

Los tapones para oídos de algodón encerado o de lana de fibra de vidrio son fáciles de ajustar correctamente. Tapones de oídos moldeados o preformados deben ser adecuados a los trabajadores que van a utilizarlos por

un profesional. Limpie los tapones con regularidad y remplace los que no pueda limpiar.

Figura 40. **Protectores auditivos**



Fuente:<http://www.cubreocasysseguridad.mex.tl/imagesnew/5/0/2/5/8/PAudi.jpg>. Consulta: 25 de enero de 2013.

✓ **Protección de manos**

Los trabajadores expuestos a sustancias nocivas mediante absorción por la piel, a laceraciones o cortes profundos, abrasiones serias, quemaduras químicas, quemaduras térmicas y extremos de temperatura nocivos deben proteger sus manos.

Figura 41. **Protección de manos**



Fuente:http://insumosparaempresas.cl/images/categories/33208_large.jpg. Consulta: 25 de enero de 2013.

3.3.1.1. Protección necesaria para realizar trabajos en el Área Fría

Para realizar el mantenimiento en el área de líneas de revisión es necesario contar con el siguiente equipo de protección personal:

- ✓ Protección a la cabeza
- ✓ Protección de pies
- ✓ Protección de ojos
- ✓ Protección de pérdida auditiva
- ✓ Protección de manos

Con el uso del equipo de protección personal cuando se realiza la actividad de manejo de envases, no se garantiza que no exista ningún accidente, el uso del equipo de protección solo ayuda a reducir los daños que pueda sufrir un colaborador al realizarlo. Con fines de calidad, todo trabajo que

se realice dentro de la línea de revisión mientras exista la presencia de envase, se deberá de utilizar una redecilla de cabello para evitar la contaminación del producto.

3.3.1.2. Normas de seguridad industrial en el Área Fría

Reglas de seguridad industrial para el Departamento de Mantenimiento Mecánico:

- ✓ El equipo de protección obligatorio en este departamento es:
 - Casco, utilizado en trabajos de índole mayor (obras civiles, sotanas, etc.)
 - Zapatos de seguridad
 - Guantes de lona o de alta temperatura
 - Polainas o canilleras, cuando el trabajo lo amerite
 - Lentes de seguridad
 - Ropa de trabajo
 - Protección auditiva, al hacer reparaciones en la techada de la planta productiva y compresores
 - Mascarilla en materias primas y hornos
 - Faja de seguridad

- ✓ Es obligación del supervisor proporcionar a sus trabajadores el equipo de seguridad antes mencionado, así como verificar que se use constante y adecuadamente.

- ✓ Si para realizar cierto trabajo se ve la necesidad de quitar una guarda se debe acordonar el área de trabajo con cinta de peligro y conos, en cuanto lo de por terminado deberá colocarse nuevamente en su lugar la guarda y retirar la cinta.
- ✓ Al trabajar en el taladro o esmeril, no utilizar guantes, deberá de usar lentes o careta.
- ✓ Al retirar rebabas de su banco, por ningún motivo lo haga con las manos, utilice siempre una broca o cepillo.
- ✓ Nunca deberá usar aire comprimido para limpiar su banco de trabajo, el equipo, la ropa de trabajo o limpieza personal.
- ✓ Al trabajar con esmeril, asegurarse que este tenga todas sus guardas y que las piedras estén en buen estado. El soporte de piezas del esmeril deberá estar a 1/8 de la piedra.
- ✓ Asegurarse de que toda su herramienta este en buen estado antes de usarla y reportar al supervisor aquella que se encuentre defectuosa para que sea cambiada oportunamente.
- ✓ Solo bajo consideración del supervisor decidirá en que caso se efectuaran trabajos con maquinaria en movimiento y se especificara el procedimiento.
- ✓ Siempre al hacer alguna reparación en la maquinaria, deberá colocar los avisos de,peligro equipoenreparación, no operar, en los controles de

puesta en marcha de la misma, coordinándose con el Supervisor del área.
Usar tarjeta de seguridad del responsable.

- ✓ Al trabajar con soldadura revisar el estado de mangueras y manómetros.
- ✓ Al trabajar con tuberías y piezas chicas, deberá sujetarlas firmemente con el tornillo o prensa de banco, nunca lo sostenga con la mano.
- ✓ Al sujetar una pieza en la prensa hidráulica, cerciorarse que se encuentre bien centrada y fija para evitar que al activarse la presión sea expulsada.
- ✓ Al hacer uso del taladro manual o fijo, verifique que los cables eléctricos y clavijas estén en buen estado y apriete firmemente la broca.
- ✓ El personal de reparaciones deberá dejar los lugares en que ha trabajado completamente limpios de grasa, aceites, wipe y material de limpieza.
- ✓ Cuando efectué un trabajo con equipos de soldadura autógena o soldadura eléctrica, deberá hacerlo de acuerdo al procedimiento seguro autorizado.
- ✓ Cuando tenga que trabajar cerca de aparatos o cables eléctricos, antes de hacerlo deberá recibir la aprobación del jefe del taller eléctrico e informarle sobre cualquier condición insegura en los cables al jefe del taller eléctrico.
- ✓ Al hacer uso de una escalera, deberá ser de acuerdo al procedimiento de uso de escaleras.

- ✓ Mantenga siempre los pasillos libres de obstáculos
- ✓ Siempre camine, no corra
- ✓ Deberá mantener el orden en los bancos de trabajo
- ✓ Al realizar trabajos en altura, deberá hacerlo de acuerdo al procedimiento seguro autorizado y llenar el formato.
- ✓ Queda estrictamente prohibido usar collares, anillos, pulseras, aretes, cadena en general o cualquier otro adorno que represente un riesgo para la persona.
- ✓ Queda prohibida la introducción de alimentos al área de trabajo

CONCLUSIONES

1. Derivado del análisis de estudio, es factible implementar la propuesta de planeación y ejecución, ya que optimiza y fortalece la información necesaria para el correcto entendimiento de la operación que en programar consiste, se logra definir responsabilidades de cada trabajador y la aplicación correcta del procedimiento productivo, con lo cual se minimizan las causas de paro de los equipos, se reducen costos, se obtiene personal apto para realizar la actividad y se convierte en un proceso ligado a las normas de calidad.
2. Para cumplir con los requerimientos productivos, se describe la serie de pasos de planeación que conlleva el transporte de envases a lo largo de la línea de revisión, con este listado se pueden definir trabajos específicos y concretos por parte del supervisor de Área Fría y mecánicos.
3. Las hojas de control de planeación y conservación brindan de una forma ordenada las actividades a realizar durante el cambio de moldura, necesarias para el funcionamiento del sistema.
4. Promulgar actividades de capacitación periódica para el trabajador de Área Fría, provee beneficios, que se ven reflejados en el cumplimiento de órdenes de trabajo en menor tiempo y con resultados satisfactorios, genera motivación al personal y una planeación eficiente por parte de la jefatura que conlleva a mejorar indicadores de productividad.

RECOMENDACIONES

Al gerente de ingeniería de planta:

1. Optimizar la comunicación entre el Departamento de Mantenimiento Mecánico, y los Departamentos de Producción y Aseguramiento de Calidad, de manera que fluya rápidamente cualquier solicitud o información referente al funcionamiento de las máquinas o equipos.

Al jefe de mantenimiento mecánico:

2. Motivar al personal de producción para que se involucre en las actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada máquina después de finalizar el turno de trabajo, con el fin de reducir fallos menores en el proceso productivo.
3. Para el uso adecuado del sistema de planeación el supervisor de Área Fría debe de informar a los operadores de manejo de envases, para que conozcan sobre el sistema y evitar un manejo inadecuado del equipo y/o daño en su estructura.
4. El jefe de mantenimiento debe cumplir con las rutinas de conservación establecidas para que el sistema de planeación y ejecución se realice en óptimas condiciones.

Al Supervisor de Área Fría:

5. Concienciar a todo el personal a cerca de la importancia de la planeación en el mantenimiento de los equipos, para así lograr una mayor producción y calidad del producto.

6. Considerar estas recomendaciones, para obtener mejoras en la planta y en los equipos del Área Fría, repercutirá en la reducción de los costos provenientes de las paradas imprevistas de dichos equipos. Además se podrá obtener una mayor y mejor organización dentro de la empresa en lo que a mantenimiento se refiere.

BIBLIOGRAFÍA

1. DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Francisco. *Tribología: Fricción, Desgaste y Lubricación*. Universidad de Cuautitlán Izcalli, Facultad de Ingeniería Mecánica. México, 2007. 25 p.
2. Emerson Electric Co. System Plast Conveyor Components, Chains, Belts and Bearings. MCC11016E. Form9228E. EEUU.
3. ESPINOZA, Mariano. *Manejo de botella lado frío*. Capacitación efectuada en Vigua S.A. Guatemala. 1990. 67 p.
4. FINK, Donald G.; BEATY, H. Wayne. *Manual de Ingeniería Eléctrica*. J.H. Romo, R. García, J.H. Pérez, J. de la Cera, J.R. Salas, E. Ramírez (Trads.). México: McGraw-Hill.1996. 879 p.
5. GARCÍA TREVIÑO, Javier. *Administración del Mantenimiento Mecánico D-4-A*. Documento presentado con fines de actualización tecnológica al área de Ingeniería de Planta de VIGUA S.A., Guatemala. 1987. 33 p.
6. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Guía práctica de la energía: consumo eficiente y responsable*. España, Madrid: IDAE, 2011. 13 p.

7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Embajada Británica. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. Guatemala: MARN, 2009. 54 p.
8. MORALES GARCÍA, L.F. *Diseño de un Programa de Lubricación en Planta San Miguel de Cementos Progreso S.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Ingeniería Mecánica. Guatemala. 2004. 92 p.
9. Vidriera Guatemalteca. *Curso de Defectivo Diseño Central*. Capacitación efectuada en VIGUA S.A., Guatemala, 2009. 19 p.
10. ————. *Curso Revisión y Empaque*. Capacitación efectuada en VIGUA S.A., Guatemala, 2011. 22 p.
11. ————. *Qué es el Vidrio*. Capacitación efectuada en VIGUA S.A., Guatemala. 2011. 22 p.