



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

**IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA  
DE BOTELLAS PET**

**Gustavo Adolfo Zea Cano**

Asesorado por el Ing. Julio César Campos Paiz

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA  
LLENADORA DE BOTELLAS PET**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**GUSTAVO ADOLFO ZEA CANO**

ASESORADO POR EL ING. JULIO CESAR CAMPOS PAIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anebela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio César Rivera Peláez
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA DE BOTELLAS PET**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha agosto de 2018.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom.

**Gustavo Adolfo Zea Cano**

Guatemala, 05 de julio de 2019

Ingeniero  
Roberto Guzmán  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Guzmán:

Me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores diarias. Por este medio hago constar que he tenido el agrado de asesorar el trabajo de graduación del estudiante **GUSTAVO ADOLFO ZEA CANO**, con registro académico **201212672** y CUI **2293 80255 1202**, titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA DE BOTELLAS PET"**. Habiendo supervisado su elaboración y realizado las correcciones correspondientes, doy aprobada la presente para que continúe con el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



**Julio César Campos Paiz**  
**Ingeniero Mecánico**  
**Colegiado 2701**  
**ASESOR**

MA Ing. Julio César Campos Paiz  
Ingeniero Mecánico  
Colegiado No. 2701



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.191.2019

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA DE BOTELLAS PET** presentado por el estudiante **Gustavo Adolfo Zea Cano**, CUI **2293802551202** y Reg. Académico No. **201212672** recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

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



Guatemala, julio 2019



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.266.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Asesor y del Coordinador del Área Complementaria, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA DE BOTELLAS PET** presentado por el estudiante **Gustavo Adolfo Zea Cano**, CUI **2293802551202** y Reg. Académico No. **201212672** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, octubre de 2019

/aej

DTG. 500.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ORDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS COMPONENTES DE UNA LLENADORA DE BOTELLAS PET,** presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Adolfo Zea Cano,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, octubre de 2019

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida, y sabiduría para poder alcanzar esta meta.
- Mis padres** Gustavo Zea Velásquez y Gabriela Cano de Zea. Su amor incondicional será siempre una inspiración
- Mis hermanos** Mario y Lourdes Zea Cano, quienes han sido mi más grande apoyo.
- Mis abuelos** Marina Velásquez y Augusto Cano (q.e.p.d.), Que esta meta alcanzada sea para ellos una muestra de agradecimiento.
- Mis amigos** Por ser una parte muy importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	<i>Alma Máter</i> , mi segundo hogar y gran fuente de inspiración.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por los conocimientos adquiridos.
<b>Mis amigos</b>	Especialmente, José Gándara, Edgar Oliva, Abel Carrera, Enrique Orellana, Kenny y Myron del Cid, por ser amistades incondicionales.
<b>Lcda. Julia del Carmen Moreno</b>	Por su apoyo y buenos consejos.
<b>Ing. Julio Campos</b>	Por ser una influencia importante en mi carrera y por sus enseñanzas.
<b>Ing. Carlos Pérez</b>	Por su asesoría y apoyo en la realización del presente trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.3.1. Razones que motivan la investigación.....	4
1.3.2. Importancia del tema de investigación.....	4
1.4. Delimitaciones.....	5
1.4.1. Límite contextual.....	5
1.4.2. Límite geográfico.....	5
1.4.3. Límite temporal.....	5
1.4.4. Límite institucional.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Mantenimiento a máquinas y equipo.....	7
2.1.1. Historia del mantenimiento.....	8
2.1.2. Organización del mantenimiento.....	9
2.2. Tipos de mantenimiento.....	10
2.2.1. Mantenimiento predictivo.....	11
2.2.2. Mantenimiento correctivo.....	11

2.2.3.	Mantenimiento cero horas.....	12
2.2.4.	Mantenimiento en uso.....	12
2.3.	Mantenimiento preventivo.....	13
2.3.1.	Funciones del mantenimiento preventivo.....	14
2.3.2.	Responsabilidades del personal de mantenimiento.....	15
2.3.3.	Importancia del mantenimiento .....	15
2.4.	Herramientas de mantenimiento.....	15
2.4.1.	Diagrama de Gantt.....	17
2.4.2.	Diagramas de red.....	18
2.4.3.	Análisis del problema.....	18
2.4.4.	Análisis causa raíz.....	19
2.4.5.	Detención analítica de fallas.....	19
2.4.6.	Plan contingente.....	19
2.5.	Métodos para la elaboración de un plan de mantenimiento.....	20
2.5.1.	Leer el historial de reparaciones.....	20
2.5.2.	Hacer una lista de los equipos y sistemas.....	21
2.5.3.	Diferenciar entre los equipos.....	21
2.5.4.	Designar a las personas responsables.....	21
2.5.5.	Consultar los manuales de los equipos.....	21
2.5.6.	Consultar las obligaciones legales.....	22
2.5.7.	Hacer una lista de requerimientos necesarios.....	22
2.5.8.	Elegir el tipo de mantenimiento.....	22
2.5.9.	Diseñar el plan corto y ejecutable.....	22
2.5.10.	Ejecutar las tareas del plan.....	23
2.5.11.	Monitoreo de condición.....	23
2.6.	Errores habituales al elaborar un plan de mantenimiento.....	24

3.	IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO.....	25
3.1.	Procedimientos de mantenimiento.....	25
3.2.	Evaluación del personal de encargado de mantenimiento.....	28
3.3.	Necesidad de nuevos procedimientos de mantenimiento.....	31
3.4.	Tareas de mantenimiento.....	32
3.4.1.	Limpieza.....	32
3.4.2.	Lubricación.....	33
3.4.3.	Inspecciones.....	33
3.4.4.	Tiempos de mantenimiento.....	33
3.4.5.	Calidad de las tareas de mantenimiento.....	34
3.4.6.	Efectividad e impacto en los equipos.....	34
4.	FORTALECIMIENTO AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA.....	37
4.1.	Tiempo requerido para la implementación.....	37
4.2.	Controles necesarios para el mantenimiento de la maquinaria.....	37
4.2.1.	Historial de reparaciones.....	37
4.2.1.1.	Ficha histórica .....	38
4.2.1.2.	Ficha de control de paros.....	38
4.2.1.3.	Frecuencia de mantenimiento.....	42
4.3.	Áreas complementarias del nuevo formato de mantenimiento.....	42
4.3.1.	Seguridad industrial.....	42
4.3.2.	Ambiente.....	43
4.3.3.	Seguimiento de actividades del plan de mantenimiento.....	44
	CONCLUSIONES.....	47
	RECOMENDACIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	APÉNDICES.....	55



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Conocimientos y capacidad de los colaboradores.....29
2. Necesidad de nuevo formato de órdenes de mantenimiento.....30

### TABLAS

- I. Ficha de control de paros.....40
- II. Ficha de control de órdenes de mantenimiento.....41



## **GLOSARIO**

<b>Análisis de criticidad</b>	Metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.
<b>Confiabilidad</b>	Probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período, en condiciones de operación previamente establecidas.
<b>Disponibilidad</b>	Capacidad de un activo o componente de estar en estado funcional y en un tiempo dado o durante un determinado intervalo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.
<b>Mantenimiento</b>	Rutinas recurrentes necesarias para mantener las instalaciones, planta, edificio, máquinas, entre otros, en las condiciones adecuadas para permitir su uso de forma eficiente, tal como está designado.
<b>Medidas preventivas</b>	Acciones para garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda

producirse un accidente, falla o avería por deterioro.

**Mejora continua**

Implica una actividad recurrente, cíclica, que nunca finaliza, desde la mejora de la calidad, que aprovecha el uso de las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción de clientes internos o externos.

**Parámetros**

Relacionados con el comportamiento del equipo, los parámetros estadísticos de mantenimiento son la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad.

**PET**

Terftalato de polietileno, politereftalato de etileno, o polietilentereftalato, tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres.

**Plan de mantenimiento**

Elemento en un modelo de gestión de activos que define las actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas de mantenimiento con el objetivo de mejorar su efectividad.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación lleva por título implementación de nuevos procedimientos para órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de una llenadora de botellas PET, contiene el proceso realizado en la empresa en el periodo julio a septiembre 2018.

La investigación permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica, la cual forma y prepara para llevar a la praxis acciones innovadoras que se constituyen en experiencia integradora de aprendizaje, en la que se pudo conjugar aspectos teórico-prácticos y vincularlos con la realidad en el espacio profesional.

Entre los objetivos planteados se encuentra implementar un nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado. También el disminuir los tiempos de paro a través de una herramienta que permita realizar las tareas de mantenimiento de manera eficaz. Asimismo, fortalecer el programa de mantenimiento preventivo ya utilizado, mediante herramientas gráficas que ayuden a reducir los tiempos de realización de las tareas de mantenimiento y verificar que los tiempos estipulados para la realización de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo sean los adecuados con el fin de reducir el uso de recursos humanos.

El proceso de investigación devela la situación actual de la empresa respecto de los procedimientos de mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET. Muestra el escaso conocimiento

del personal de mantenimiento y la falta de formatos claros y precisos que permitan realizar las tareas eficientemente.

El diseño de formatos de órdenes de mantenimiento con nuevos procedimientos, contiene fotografías de los componentes de la llenadora de botellas PET, herramientas y áreas complementarias como ambiente, seguridad industrial y seguimiento de las actividades del plan de mantenimiento preventivo. Se espera que los formatos prevengan al máximo las fallas, mantengan la funcionalidad, eviten demoras en el proceso de producción, sean de alta probabilidad de disponibilidad requerida y de costos mínimos.

# OBJETIVOS

## General

Proponer nuevos procedimientos para las órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de una llenadora de botellas PET.

## Específicos

1. Implementar un nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado.
2. Disminuir los tiempos de paro a través de una herramienta que permita realizar las tareas de mantenimiento de manera eficaz.
3. Fortalecer el programa de mantenimiento preventivo actual, mediante la utilización de herramientas gráficas que ayuden a reducir los tiempos de realización de las tareas de mantenimiento.
4. Verificar que los tiempos establecidos para la realización de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo sean los adecuados con el fin de reducir la utilización de recursos humanos.



## INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en constante desarrollo, en el ámbito industrial las empresas están en la búsqueda de incrementar los ingresos y mantener la rentabilidad, volver eficientes los procesos para permanecer en el mercado altamente competitivo, eliminando factores que limitan su efectividad, tales como recurso humano que no se encuentra capacitado, pérdida de recursos materiales. De igual forma se busca aplicar planes de mantenimiento constantes y programados para evitar paros no programados.

Los planes de mantenimiento para equipos son de vital importancia para que el funcionamiento sea continuo y se eviten paros no programados y fallas que afectan notablemente la producción, generando pérdidas económicas que impactan en la rentabilidad empresarial.

La investigación está enfocada en la implementación de nuevos procedimientos para órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de una llenadora de botellas PET en una empresa embotelladora de bebidas carbonatadas, para contribuir a resolver el problema de que los colaboradores no conocen los equipos o herramientas que deben emplear para el cumplimiento de las tareas, debido a que las órdenes de mantenimiento no son claras, ni específicas.

Se determinó la necesidad de contar con formatos de órdenes con nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo para los componentes de la llenadora de botellas PET. Se diseñaron nuevos formatos con nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo para contribuir al cumplimiento de

las tareas y hacer más fácil y eficiente el trabajo de los operarios e incrementar la vida útil de la llenadora asegurando el proceso productivo y el ahorro de recursos de la empresa.

El estudio se centró en el diseño de formatos de órdenes de mantenimiento con nuevos procedimientos. Contiene fotografías de las herramientas y componentes de la llenadora de botellas PET y áreas complementarias como ambiente, seguridad industrial y seguimiento de las actividades del plan de mantenimiento preventivo. Se espera que prevengan al máximo las fallas, mantengan la funcionalidad, eviten demoras en el proceso de producción, sean de alta probabilidad de disponibilidad requerida y de costos mínimos.

La importancia del estudio radica en que el mantenimiento preventivo disminuye los tiempos muertos, que únicamente provocan un déficit en la producción, seguido de un efecto en cadena que finalmente es visualizado en el departamento económico financiero. El plan de mantenimiento para la llenadora es vital para que el funcionamiento sea continuo, permite la planificación de las intervenciones por realizar, debido a que esta trabaja de forma correcta y conociendo con antelación los recursos por utilizar, se puede planificar un paro preventivo que afecte lo menos posible la producción.

El estudio aporta a la empresa una alternativa de solución al problema presentado y aporta a la academia un documento de investigación que se constituye en una herramienta que puede ser de utilidad para nuevos investigadores en el campo de la ingeniería mecánica.

# **1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

## **1.1. Planteamiento del problema**

El problema que enfrenta la empresa llenadora de botellas PET, es que los colaboradores no conocen los equipos de seguridad o herramientas que deben emplear para el cumplimiento de las tareas de mantenimiento, esto debido a que las órdenes de mantenimiento son confusas, basadas en simples traducciones al español de los manuales del fabricante de origen del equipo; los tiempos empleados en los procesos no están bien definidos, por lo que algunas tareas requieren de mayor o menor tiempo del planificado.

Existen nuevas normas de seguridad industrial que la empresa debe cumplir debido a que se encuentra certificada y se rige por estas normas, que exigen la utilización de equipo de seguridad personal, que deben encontrarse en buen estado dentro del departamento para su inmediata disponibilidad, que los colaboradores estén bien informados y que los usen adecuadamente.

Sus fotografías deben estar incluidas en los nuevos formatos de órdenes de mantenimiento. Las normas ambientales exigen que los desechos sean procesados de manera correcta. Los procedimientos para su manejo adecuado dentro del departamento de mantenimiento deben estar descritos en los formatos de órdenes.

Las causas principales que generan el problema identificado son: la inadecuada operación de las máquinas, la difícil interpretación de las órdenes por parte del personal del área de mantenimiento industrial y la falta de

formatos de órdenes de mantenimiento claros y precisos que les permita realizar las tareas eficientemente.

## **1.2. Formulación del problema**

La necesidad de mantenimiento es generada directamente por el recurso humano, la inadecuada operación y el escaso conocimiento de los operarios son causas comunes en el área del mantenimiento industrial. Por ello es necesario que estén capacitados a razón de que después de construida, puesta a punto una máquina y ser explotada, deberá asegurarse la vida útil necesaria, que permita recuperar la inversión y los beneficios esperados, esto es fundamental en la ingeniería mecánica.

El objetivo de mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa, en esa medida es necesario aumentar la confiabilidad de los equipos; disminuir la cantidad de fallas que generan interrupciones no programadas, de manera que permita la disponibilidad requerida por operaciones, asegurando los niveles de calidad, seguridad y medioambiente.

Por lo antes expuesto se planteó la siguiente interrogante: ¿Qué procedimientos se pueden implementar para fortalecer el plan de mantenimiento preventivo, que aumente la vida útil y la disponibilidad del equipo?

## **1.3. Justificación**

La competitividad requiere de varios factores claves: tiempo, seguridad y productividad. Pensar en el mantenimiento cuando el equipo ya está en estado de falla es llegar tarde, por tal razón el implementar de nuevos procedimientos

para órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de una llenadora de botellas PET se enfocada en aumentar la vida útil de la máquina, garantizar alta efectividad, buen rendimiento en la operación y dar seguimiento a las actividades del plan de mantenimiento preventivo.

También vela por la seguridad de los colaboradores a través del uso adecuado del equipo de protección personal y la protección del ambiente a través del manejo adecuado de los desechos generados en el departamento.

Al ser notorios los paros no programados generados en la línea de producción de llenado de botellas PET (tereftalato de polietileno), se considera que a través de nuevos formatos de órdenes de mantenimiento preventivo que abarca la línea de producción. Las tareas por realizar en la máquina en paro y en funcionamiento, fotografías de los componentes de la llenadora, de herramientas por utilizar y otras especificaciones, reducirán en gran medida los tiempos de mantenimiento.

Los beneficios para la empresa se verán reflejados en el área financiera debido a que se podrán alcanzar las metas de producción, cumplir con las expectativas de calidad, detectar fallas en la máquina antes de que ocurran y aumenten la confiabilidad mediante el monitoreo de condición. Lo anterior conlleva al ahorro de recursos al extender la vida útil de los componentes, de la mano de obra, de tiempo en las tareas del mantenimiento, ahorro por disponibilidad productiva del equipo que analizados en un determinado lapso producirán ganancias económicas y en la seguridad industrial y el cumplimiento de la responsabilidad social de protección medioambiental.

El aspecto que se debe tomar como importante en la implementación de nuevos procedimientos para órdenes de mantenimiento preventivo en los

componentes de la llenadora de botellas PET en la empresa embotelladora de bebidas carbonatadas, es hacer conciencia en los colaboradores de la necesidad de prevenir posibles fallas, lo que mostrará los beneficios a mediano y largo plazo debido a que estas se pueden evitar si se realiza una inspección, revisión y otras actividades de mantenimiento de manera programada y sistemática.

### **1.3.1 Razones que motivan la investigación**

La oportunidad de plantear una propuesta de prioridad a los procedimientos de mantenimiento para evitar fallas y paros de la máquina llenadora de botellas PET, falta de suministro o problemas en los equipos en el futuro, lo que se considera fundamental para la empresa.

### **1.3.2 Importancia del tema de investigación**

La importancia del tema de investigación radica en lograr evitar las fallas en la producción de diversos bienes y servicios, lo que está relacionado especialmente con bienes de capital. El mantenimiento preventivo implica una erogación de dinero, que es menor y controlada, haciendo que exista cierta previsibilidad; proponer pautas para la conservación adecuada de los equipos, basándose en la rutina de inspección, así como enlistar las partes más críticas del equipo que es información necesaria para aplicar un buen mantenimiento preventivo.

También es relevante que la empresa establezca mecanismos para conservar y mantener los equipos dentro de las condiciones necesarias para evitar paradas o fallas incipientes, lo que representa un elemento clave para maximizar la calidad y minimizar los costos y que enfatice en el aspecto de

protección de la salud y seguridad laboral de los colaboradores y la protección al ambiente.

#### **1.4. Delimitaciones**

Las delimitaciones que presenta el estudio se describen a continuación:

##### **1.4.1. Límite contextual**

La investigación se limita al contexto de mantenimiento preventivo, funcionalidad y productividad de la máquina llenadora de botellas PET, seguridad de los colaboradores y protección al ambiente.

##### **1.4.2. Límite geográfico**

Municipio de Villa Nueva departamento de Guatemala.

##### **1.4.3. Límite temporal**

El tiempo de duración de la investigación es de seis meses.

##### **1.4.4. Límite institucional**

Empresa embotelladora de bebidas carbonatadas.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Mantenimiento a máquinas y equipo

“La mayor parte de los bienes y servicios, se obtienen y se hacen llegar a los destinatarios mediante sistemas de producción, distribución, o sistemas productivos, por lo general de gran dimensión por el número de personas que trabajan en ellos, el tamaño, el valor de las instalaciones y equipos que utilizan”<sup>1</sup>

“El objetivo del mantenimiento es evitar, reducir y, en su caso, reparar los fallos, disminuir la gravedad de los que no se puedan evitar, impedir detenciones inútiles o paros de máquina, evitar accidentes, conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación, reducir costos y prolongar la vida útil de los bienes”.<sup>2</sup>

El objeto del mantenimiento es, precisamente, reducir la incidencia negativa de esos fallos (disminuyendo el número o atenuando las consecuencias). Se dice que algo falla cuando el bien deja de brindar el servicio que debe dar o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido y posteriormente instalado.

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla en determinado momento, puede ser a corto o largo plazo;

---

<sup>1</sup> MUÑOZ, María. *Mantenimiento industrial tecnología de máquinas*. p. 5.

<sup>2</sup> *Ibíd.* p. 6.

únicamente el paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de características, cualidades o prestaciones.

Las máquinas y equipos que conforman líneas de producción en masa, requieren de revisión, ajustes, lubricación, reparación y limpieza contantes, para garantizar el correcto funcionamiento y extender el tiempo de vida operativa. Estas actividades se llevan a cabo según conceptos que se manejan a nivel industrial, como operaciones de mantenimiento que incluyen al personal encargado de planificación, coordinación, revisión y ejecución.

### **2.1.1. Historia del mantenimiento**

“A lo largo del proceso industrial o maquinaria industrial que ha existido desde finales del siglo XIX, la función de mantenimiento ha pasado diferentes etapas, en los inicios de la revolución industrial los operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos”<sup>3</sup> .

El mantenimiento afronta lo que se podría denominar como tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros.

Lo anterior incluye: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis, fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos.

---

<sup>3</sup> SANZOL, Lorenzo. *Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración*. p.8.

“Este desarrollo, conducirá al mantenimiento en el futuro de la utilización de los sistemas expertos y la inteligencia artificial, con amplio campo de actuación en el diagnóstico y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles”.<sup>4</sup>

“El término mantenimiento se define como las técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio, durante el mayor tiempo posible (buscando la alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”<sup>5</sup>

En consecuencia, el mantenimiento es un conjunto de acciones que permiten conservar un dispositivo o reestablecerlo a un estado específico en el que se cumple un servicio determinado; en otras palabras, busca aumentar los tiempos de disponibilidad en los equipos, conservar las instalaciones en condiciones estéticas y con la seguridad adecuada.

En palabras de Plaza “Los equipos desde el punto de vista de elementos individuales, siguen políticas de mantenimiento diariamente, estas se basan en las estrategias de mantenimiento clásico y en el desarrollo de tareas de conservación, revisión y reparación”.<sup>6</sup>

### **2.1.2. Organización del mantenimiento**

“El mantenimiento se puede organizar por departamentos, por áreas o de manera centralizada, en las empresas grandes la descentralización del mantenimiento permite tiempos de respuestas más rápidos y logra que los colaboradores se familiaricen con los problemas de una sección en particular;

---

<sup>4</sup> MUÑOZ, María. *Mantenimiento industrial: tecnología de máquinas*. p.3.

<sup>5</sup> CUATRECASAS, Lluís. *TPM-Total Productive Maintenance. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. p.8

<sup>6</sup> PLAZA, Alejandro. *Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial*. p.12.

además, la creación de pequeñas unidades tiende a reducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento como un todo”.<sup>7</sup>

La organización de un sistema de mantenimiento incluye el diseño del trabajo, los estándares de tiempo y la administración de proyectos como actividades. El diseño del trabajo abarca el contenido de cada tarea y determina el método que se va a utilizar, las herramientas especiales necesarias y el personal calificado requerido para el cumplimiento de las funciones.

La organización del mantenimiento de tipo centralizada se caracteriza porque todo el personal es controlado desde diferentes áreas, presenta menores problemas de transporte, prioridades, compras, entre otros y requiere un estricto control de costos. La estructura descentralizada se puede organizar por área geográfica, por producto o servicio, por cliente o por proceso.

Entre las características de la organización de mantenimiento descentralizado se encuentran: que está en varias zonas geográficas; el control es ejercido por el supervisor en el área respectiva; requiere de pequeños talleres limitados a cierta cantidad de trabajo; se pueden presentar problemas de prioridades, transporte, compras, entre otros y la cantidad de personas es mayor que en el mantenimiento centralizado.

## **2.2. Tipos de mantenimiento**

Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

---

<sup>7</sup> SAURIS, Jean. *El mantenimiento, fuente de beneficios*. p.54.

### **2.2.1. Mantenimiento predictivo**

“El mantenimiento predictivo es el programado, planificado con base en el análisis técnico antes de que ocurra la falla, es más avanzado que el mantenimiento preventivo, se basa en ejecuciones de análisis térmicos, vibraciones, infrarrojos, ultravioletas, rayos X, que pronostican ciertas fallas”.<sup>8</sup>

El mantenimiento predictivo se consigue a través de aplicaciones y seguimientos acertados del mantenimiento preventivo a través de los años; de la experiencia que se obtenga del mismo y de la correcta elaboración de los historiales de los equipos se alcanzará la capacidad de predecir la ocurrencia de fallas.

### **2.2.2. Mantenimiento correctivo**

“Este tipo de mantenimiento es el que se hace única y exclusivamente cuando ocurren fallas en los equipos, producidas por defectos no detectados en inspecciones preventivas, posibles errores, negligencia o poca preparación del personal.”<sup>9</sup>

Este tipo de mantenimiento, generalmente, no es programado e implica, en la mayoría de los casos, improvisaciones que solucionan los problemas presentados al momento en que aparecen las fallas.

Por otro lado, existen acciones de mantenimiento correctivo que se derivan de las inspecciones de mantenimiento preventivo o predictivo, que son programadas con anterioridad, desde el momento en que se detectan las fallas.

---

<sup>8</sup> KNEZEVIC, Jezdimir. *Mantenimiento industrial*. p.78.

<sup>9</sup> GARCÍA, Santiago. *Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. p. 10.

El mantenimiento correctivo se divide en dos tipos, según afecte o no a la producción: el primero corresponde a reparaciones, al trabajo que se efectúa en la maquinaria parada sin afectar la producción de la planta, en este caso existe una maquinaria paralela en reserva para efectuar la producción, el segundo corresponde a las averías urgentes, es decir, cuando se efectúa cualquier trabajo con la maquinaria parada y afectando la producción.

### **2.2.3. Mantenimiento cero horas**

“Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados, antes de que aparezca algún fallo, o cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre la capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo; en estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste; se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado con antelación”.<sup>10</sup>

“Mantenimiento a cero horas, es aquel mantenimiento programado con la finalidad de llevar al equipo a un punto como si estuviera recién salido de fábrica (cero horas de funcionamiento), lo cual implica reemplazar componentes críticos, renovar piezas, reparar partes, entre otros”.<sup>11</sup>

### **2.2.4. Mantenimiento en uso**

“Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, entre otros), para las que no es necesario una gran formación, sino únicamente un entrenamiento breve”.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> GONZÁLEZ, Francisco. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. p. 12.

<sup>11</sup> Integra Markets, Escuela de Gestión Empresarial. *Gestión y planificación del mantenimiento Industrial*. p.7.

<sup>12</sup> LEVITT, Joel. *The handbook of maintenance management, industrial*. p. 21.

### 2.3. Mantenimiento preventivo

“El mantenimiento preventivo es la inspección organizada, programada y periódica que requieren todos los equipos para mantener la funcionalidad a bajo costo. Consiste en prevenir fallas de los equipos, a través de inspecciones, a fin de conservarlo en condiciones de operación satisfactoria; el beneficio de un mantenimiento se observa como una reducción de costo y de mejoramiento del servicio que los equipos puedan prestar”.<sup>13</sup>

“Está conformado por el conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos o desgastados.”<sup>14</sup>

El mantenimiento preventivo es, además, un proceso planificado, estructurado y controlado de tareas de mantenimiento a realizar dentro de las recurrencias establecidas, las mismas que generalmente son definidas por los fabricantes y a falta de estas, se puede recurrir a las mejores prácticas del mercado de este tipo de servicios, también llamados de manutención.

Se puede decir que, por regla general, para la implementación de mantenimiento preventivo, es necesario tomar en cuenta el tipo de equipos y máquinas a los que se le va aplicar y la función que desempeñan.

Algunas de las ventajas que ofrece el mantenimiento preventivo son: disminución de paros imprevistos; disminución de la necesidad de desembolso

---

<sup>13</sup> MONTECELOS, Jesús. *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios*. p.12.

<sup>14</sup> Integra Markets, Escuela de Gestión Empresarial. *Gestión y Planificación del mantenimiento industrial*. p.6.

de capital por fallas imprevistas; condiciones más seguras de trabajo; disminución de los costos de reparaciones debido al menor número de emergencias; mejor conservación del equipo; menor número de productos rechazados debido al control del equipo; incremento de la vida útil, optimización de la producción y menor costo unitario de producción.

### **2.3.1. Funciones del mantenimiento preventivo**

“Entre las funciones del mantenimiento preventivo, se encuentran: reducir las fallas y tiempos muertos, incrementar la disponibilidad y la vida de equipos e instalaciones, mejorar la utilización de los recursos, incrementar la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, reducir los niveles del inventario e incrementar el ahorro”.<sup>15</sup>

Antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo, será necesario tener una idea completa de cuál será el costo del mismo, debido a que existe un número de requerimientos por considerar, tales como el arranque en el inicio, que requiere de tiempo extra, considerando que es bastante el trabajo a realizar.

En relación a seleccionar la maquinaria y equipo que se incluirá en el programa de mantenimiento preventivo se deberá reunir todos los datos necesarios, (manual del fabricante y recomendaciones, historiales del equipo, partes, repuestos, refacciones críticas, datos de placa, entre otros).

---

<sup>15</sup> MONCHY, François. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. p.66.

### **2.3.2. Responsabilidades del personal de mantenimiento**

Las responsabilidades del personal de mantenimiento son:

“Coordinar, orientar y apoyar las actividades del personal adscrito al área de competencia del mismo; establecer presupuestos y costos de mantenimiento; actualizar el manual de gestión de mantenimiento; realizar visitas de supervisión a la maquinaria para detectar necesidades de mantenimiento; definir los programas de entrenamiento y capacitación del personal; definir y administrar los recursos físicos para generar las metas y objetivos a alcanzar”.<sup>16</sup>

### **2.3.3. Importancia del mantenimiento**

Respecto de la importancia del mantenimiento Prando explica lo siguiente:

“El papel del mantenimiento en una empresa posee importancia dentro de las empresas porque se concreta a la correcta programación de las tareas de mantenimiento de cualquier tipo, haciendo que estas cuenten con: reducción de los riesgos en accidentes de trabajo ocasionados por el mal estado de las máquinas o componentes; disminución de costos provocados por paradas del proceso de producción cuando se presentan reparaciones imprevistas; detección de fallas producidas por el desgaste de piezas, permitiendo una adecuada programación en el cambio o reparación de las mismas; evitar los daños irreparables en la maquinaria y facilitar la elaboración del presupuesto acorde con las necesidades”.<sup>17</sup>

## **2.4. Herramientas de mantenimiento**

“La herramienta administrativa tiene como objetivo primordial ordenar las tareas de manera que se logre el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posible para la ejecución de las mismas; en esta etapa, el programador verifica la priorización de las órdenes de trabajo y les asigna la oportunidad de la ejecución”.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> PRANDO, Raúl. *Manual gestión de mantenimiento*. p.15.

<sup>17</sup> *Ibíd.* p. 21.

<sup>18</sup> JC Proyectos S. A. *Herramientas administrativas de mantenimiento*. p. 16.

Con frecuencia se utiliza programaciones por períodos, que permiten obtener listas diarias, dos o tres días siguientes, semanales, mensuales, entre otros. La programación suele realizarse utilizando herramientas tales como: diagramas de barras, Gantt, diagramas de red de tareas tipo nodos y flechas o tipo bloques vinculados, las que pueden desarrollarse mediante herramientas informáticas, tales como Project, primavera, entre otras.

Los tipos más comunes de programación de actividades en el mantenimiento industrial son: programación de actividades del día a día, normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones o PPM; en estos programas con frecuencia cada actividad o reparación está representada por una o pocas barras o tareas e incluyen algunas decenas de tareas, que se realizarán en las próximas dos o tres semanas.

Regularmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos; se presentan como diagramas de barras tipo Gantt, estos programas son preparados y actualizados semanalmente por el programador de mantenimiento.

La programación de actividades complejas requiere de una apertura en muchas tareas de diversas disciplinas y recursos no solo humanos sino también materiales, máquinas y equipos auxiliares, como en las reparaciones generales a calderas, hornos, turbinas, compresores, reactores, motores eléctricos de mucha potencia, grandes intercambiadores o unidades funcionales completas como torres de enfriamiento de agua, plantas de tratamiento de agua para generación de vapor, servicios de purificación o acondicionamiento de efluentes industriales, entre otros.

Continuando con JC Proyectos S.A., en estos casos se agregan tareas propias de los sectores productivos que deben preparar equipos e instalaciones, incluyendo desvinculaciones, vaciados, barridos, temporizados, para permitir la intervención; este tipo de programas con frecuencia supera el centenar de tareas y requiere del establecimiento de precedencias y restricciones. En este caso suele no ser suficiente con diagramas de barras y se requiere el uso de redes, determinación del camino crítico y diagramas de carga de recursos y costos, el programador requerirá el soporte de los expertos en las diversas disciplinas y realizará actualizaciones diarias o con alguna frecuencia predeterminada.

Los programas de paradas de planta, suman gran cantidad de los dos tipos de programas mencionados anteriormente y se agregan tareas de modificaciones destinadas a la ampliación de capacidad productiva o mejoras tecnológicas.

#### **2.4.1. Diagramas de Gantt**

En los diagramas de Gantt, las actividades se representan mediante barras, habitualmente horizontales, cuya longitud se corresponde con la duración en el tiempo. Habitualmente el tiempo se representa en el eje "X", del diagrama, en tanto que las tareas se ordenan en filas horizontales, hacia abajo.

En este tipo de diagrama si se indican para cada tarea los recursos requeridos mano de obra o costos estimados, sumando verticalmente es posible determinar la carga de recursos o costos en el tiempo, si la carga es poco uniforme e implica períodos con excesiva carga y otros con muy poca, permite reordenar las actividades a modo de lograr un aprovechamiento más uniforme de los recursos.

### **2.4.2. Diagramas de red**

Permiten determinar el camino crítico y también realizar la simulación de alternativas que mejoren los tiempos de ejecución. Si se incorporan los recursos, mano de obra y costos estimados, es posible también elaborar diagramas de carga y replantear la distribución de tareas en el tiempo, para un mejor aprovechamiento de los recursos y disminución de los costos.

La programación de tareas transcurre en fases bien definidas: Preparación elaboración, simulación y proceso de ejecución que una vez comienza será necesario, con alguna frecuencia preestablecida, verificar los avances de las tareas y la actualización del programa para adaptarlo a los cambios que sean necesarios.

### **2.4.3. Análisis del problema**

Es necesario tener en cuenta que no resulta económicamente conveniente que todos los equipos sean sometidos a un plan de mantenimiento preventivo. Algunos equipos es mejor someterlos a un seguimiento o mantenimiento periódico y, en el peor de los casos, a un plan de mantenimiento correctivo. Para ello hay que tomar en cuenta la siguiente información: uso y tipo de equipo; importancia dentro de la producción; importancia de la calidad; tamaño y complejidad del equipo (posibilidad de contratar el mantenimiento); costo del equipo frente al costo del mantenimiento; costo de reemplazo frente al costo de mantenimiento; recursos humanos y económicos.

“Para asegurar el éxito inicial en instrumentación de un programa de mantenimiento preventivo es necesario que se adelante algunos trabajos

técnico-administrativos: equipos por mantener, estado en el que se encuentran y las tareas de mantenimiento necesarias de realizar”.<sup>19</sup>

#### **2.4.4. Análisis causa raíz**

El análisis de causa raíz (ACR) se utiliza para:

“Investigar cuáles son las causas que han originado un determinado problema o incidencia (ej. no conformidades). Determinar las causas raíz de una incidencia es imprescindible para definir acciones correctivas apropiadas que la solventen y que eviten la repetición del problema en el futuro”.<sup>20</sup>

#### **2.4.5. Detención analítica de fallas**

“Se trata de una metodología que permite maximizar los resultados mediante la obtención y organización de información pertinente, de tal manera que se reduce el tiempo de análisis y se incrementa la posibilidad de éxito en la solución de problemas tanto a nivel correctivo, como preventivo y mejorar la calidad, la productividad, reducir el desperdicio, reducir los costos y facilitar la integración con otras propuestas de mejora”.<sup>21</sup>

#### **2.4.6. Plan contingente**

Se entiende por plan contingente los procedimientos alternativos al orden normal de una empresa, cuyo fin es permitir su funcionamiento estándar, aun cuando alguna de las funciones se viese dañada por un accidente interno o externo. Su función principal es la continuidad de las operaciones de la

---

<sup>19</sup> JC Proyectos S.A. *Herramientas administrativas de mantenimiento*. p. 32

<sup>20</sup> BERNAL, Jorge. *Metodología para investigar y resolver incidencias*. p.8.

<sup>21</sup> LÓPEZ, Benjamín. *Detección analítica de fallas*. P. 11.

empresa, su elaboración consta de cuatro etapas: evaluación, planificación, pruebas de viabilidad y ejecución; las tres primeras hacen referencia al componente preventivo y la última a la ejecución del plan, una vez ocurrido el siniestro.

Identificar y evaluar aquellos eventos que pueden llegar a ocasionar una emergencia en la empresa, establecer las medidas de prevención y control de los riesgos asociados a la actividad económica, al entorno físico y al entorno social, es un compromiso que se ve reflejado en la Política de Seguridad y Salud Ocupacional.

Revisión, evaluación y actualización, esta etapa permite que el plan empresarial de emergencia y contingencia esté actualizado y acorde con los cambios de la empresa, asegurando la funcionalidad en el momento de la aplicación.

## **2.5. Métodos para la elaboración de un plan de mantenimiento**

El método para la elaboración del plan de mantenimiento más utilizado por las empresas comprende los siguientes pasos:

### **2.5.1. Leer el historial de reparaciones**

Identificar cuáles sistemas, equipos, han tenido reparaciones, quienes son los responsables del mantenimiento y los repuestos usados en las reparaciones incluyendo la fecha en las que se hicieron, esto dará una idea de cuándo programar el primer mantenimiento.

### **2.5.2. Hacer una lista de los equipos y sistemas**

Anotar el nombre de cada sistema y los elementos que lo componen, clasificarlos según el tipo de máquina: equipos mecánicos, hidráulicos y equipos electrónicos.

### **2.5.3. Diferenciar entre los equipos**

Hacer el inventario de los equipos, identificar a cuáles es factible aplicar mantenimiento, cuál reponer totalmente y cuál debe ser reemplazado por completo.

### **2.5.4. Designar a las personas responsables**

Antes de designar a cualquier responsable se debe estar seguro de que la empresa es capaz de llevar a cabo el plan de mantenimiento por sí sola. Identificar si tiene el tiempo, el dinero, el conocimiento necesario y los permisos legales para hacerlo.

### **2.5.5. Consultar los manuales de los equipos**

Es necesario saber cuáles son las especificaciones y recomendaciones del fabricante (sobre todo si tienen algún tipo de garantía). En caso de que algo inesperado suceda, se puede pedir soporte.

Los manuales contienen la información necesaria: fecha límite de revisión, tiempo de vida útil esperada, recomendaciones de tipos de aceites, lubricantes a emplear y medidas de seguridad; además, indican la cantidad de elementos de las máquinas y cómo reemplazarlos.

### **2.5.6. Consultar las obligaciones legales**

Esto respecto de los componentes que la Ley obliga a mantener en buen estado (equipos médicos, equipos de emergencia, instalaciones sanitarias, estructuras, entre otras). Anotar los componentes con las especificaciones de ley que se debe cumplir, si se tiene al personal que se encarga de hacer la inspección y cada cuánto tiempo lo hace y si se puede incluir en el sistema, con semanas de anticipación.

### **2.5.7. Hacer una lista de requerimientos necesarios**

Con la ayuda de los operarios y del experto que diseñó la planta, crear la lista de requerimiento para cada máquina y equipo.

### **2.5.8. Elegir el tipo de mantenimiento**

Después de haber realizado los pasos anteriores se debe elegir el tipo de mantenimiento por aplicar: correctivo (se repara cuando se daña), predictivo (predice cuándo se va a dañar para anticiparlo), preventivo (el que se hace para que no se dañe) o el mantenimiento modificativo (reemplazo parcial o total de una pieza).

### **2.5.9. Diseñar el plan corto y ejecutable**

Hacerlo de manera en la que se escriba únicamente lo esencial: fecha del próximo mantenimiento, nombre del equipo y del sistema al que pertenece, información clave obtenida de los manuales del fabricante. Especificar si es una obligación legal y los requerimientos, nombre del responsable (interno o

externo), especialidad del trabajo, frecuencia con la que debe realizarse, duración estimada de cada tarea.

Anotar si el equipo debe estar en marcha o paralizado completamente, si debe estar frío, cuánto tiempo y si debe estar en una posición específica o no, entre otros.

#### **2.5.10. Ejecutar las tareas del plan**

Antes de iniciar la ejecución de las tareas de mantenimiento verificar si el responsable puede hacerse cargo y cuáles herramientas o consumibles hacen falta para la próxima vez que se deba hacer mantenimiento.

“Hacer un informe sencillo en el que se especifique lo siguiente: fecha del mantenimiento, qué se hizo, quién lo hizo, los materiales que utilizó, los repuestos adquiridos (marca, fecha de compra, fabricante), cuánto tiempo invirtió, la fecha del próximo mantenimiento y sugerencias o comentarios si son necesarios”.<sup>22</sup>

#### **2.5.11. Monitoreo de condición**

Al implementar el monitoreo de condición en el mantenimiento se seleccionan las máquinas críticas, no se aplica a todas porque sería un gasto elevado; se identifica los modos de falla: causa y síntomas de cada una y se define el método de monitoreo y la frecuencia.

“El principal beneficio del monitoreo de condición es identificar primero la causa y después el momento en el cual la máquina inicia un comportamiento

---

<sup>22</sup> POLO, David. *Plan de mantenimiento en diez pasos*. p. 1.

anormal, porque todavía en ese momento se puede corregir. Con el mantenimiento predictivo lo único que se puede hacer es programar el cambio, es decir, mantenimiento correctivo programado”.<sup>23</sup>

## 2.6. Errores habituales al elaborar planes de mantenimiento

Los expertos de maquinaria y mantenimiento, respecto de los errores que se cometen al elaborar un plan de mantenimiento explican que:

“Elaborar un plan de mantenimiento de calidad resulta fundamental si el objetivo es evitar que los costos de mantenimiento se disparen, ahorrando incidencias y siendo más eficientes en el proceso; los errores más comunes son seguir únicamente las instrucciones del fabricante; no planificar un mantenimiento preventivo diario; apostar solo por el mantenimiento de los equipos olvidando los sistemas; creer que un *software* de mantenimiento puede trabajar solo; incluir información virtual con carácter diario que resulta excesiva; elaborar el plan ignorando al personal de mantenimiento; no mantener una mentalidad preventiva y no centrarse en solucionar incidencias sobre la marcha”.<sup>24</sup>

Se entiende por lo expuesto anteriormente, que es fundamental tener una hoja de ruta que permita trabajar el mantenimiento preventivo, y evitar los errores comunes que se cometen al elaborar un plan de mantenimiento.

---

<sup>23</sup> Ibíd. párr. 2.

<sup>24</sup> *Maquinaria y mantenimiento. Tipos de mantenimiento.* (s.n.).

### **3. IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS PROCEDIMIENTOS PARA ÓRDENES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

“Para implementar nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo se verificó el cumplimiento de los requisitos que se establecen”.<sup>25</sup>

#### **3.1. Procedimientos de mantenimiento**

Los procedimientos de mantenimiento, deben cumplir con lo siguiente:

##### **3.1.1. Objetivo**

Conseguir que las instalaciones y equipos se conserven en condiciones óptimas de funcionamiento, previniendo las posibles averías y fallos, y consiguiendo así que el trabajo se realice con los mayores niveles de calidad y seguridad.

##### **3.1.2. Alcance**

Todas las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en el proceso productivo de la empresa.

---

<sup>25</sup> Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Procedimientos de mantenimiento preventivo basado en INSHT.*

### **3.1.3. Implicaciones y responsabilidades**

El personal encargado del mantenimiento a máquinas y equipo de la empresa deberá cumplir con determinadas responsabilidades, estas se describen a continuación, para cada uno de los involucrados.

#### **3.1.3.1. Responsable de mantenimiento**

Elaborará un programa de mantenimiento que asegure la conservación de los equipos e instalaciones en condiciones óptimas y velará por su cumplimiento.

#### **3.1.3.2. Director de la unidad funcional**

Facilitará y aplicará el programa preventivo en las instalaciones y equipos pertenecientes al área funcional.

#### **3.1.3.3. Mandos intermedios**

Velarán para que los equipos se encuentren en correcto estado y las actuaciones de mantenimiento se desarrollen de acuerdo con lo establecido.

#### **3.1.3.4. Trabajadores**

Deberán comunicar inmediatamente al mando directo cualquier defecto o indicio de avería detectado en el equipo o instalación utilizada. Realizarán aquellas revisiones de los equipos que tengan encomendadas.

### **3.1.4. Desarrollo**

El responsable de mantenimiento, en colaboración con el director de la unidad funcional y mandos intermedios, elaborará un programa de mantenimiento preventivo que conste de los siguientes puntos:

#### **3.1.4.1. Libro de registro**

Cada equipo o conjunto de equipos idénticos dispondrán de un libro de registro del programa de revisiones por realizar en cada uno de ellos, en el que se recogerán los trabajos de mantenimiento y reparación realizados. Para ello estarán identificados los elementos y las partes críticas de los equipos objeto de revisión y los aspectos concretos por revisar.

#### **3.1.4.2. Hojas de revisión**

Se dispondrá de hojas de revisión mediante lista de chequeo específico para facilitar el control de los elementos y aspectos por revisar, en donde el personal indicará las actuaciones y desviaciones detectadas de acuerdo con los estándares establecidos.

En dichas hojas constarán la frecuencia y la fecha de las revisiones, así como los responsables de realizarlas. Las hojas de revisión complementadas, así como los registros de los trabajos realizados, se guardarán en las unidades funcionales.

Se diferenciarán, en función de la frecuencia requerida, las diferentes actuaciones, bien sea de verificación de estándares o bien porque se trate de

tareas específicas. Cada actividad de mantenimiento preventivo estará debidamente codificada y se registrarán en la hoja destinada para tal efecto.

#### **3.1.4.3. Resultados de las revisiones preventivas**

Cuando en el curso de una revisión se detecten anomalías, éstas deberán ser notificadas. Siempre que sea posible se repararán inmediatamente o se programará la solución. Las anomalías encontradas se reflejarán en el formulario destinado a este fin. Independientemente de las actuaciones surgidas de las desviaciones detectadas en el programa de mantenimiento existe una vía de comunicación de cualquier anomalía que el personal detecte en el equipo a través del cumplimiento del formulario recogido.

Con base en los contenidos expuestos del INSHT se establece el tipo de mantenimiento preventivo con el objetivo primordial de establecer actividades que garanticen un excelente funcionamiento de la llenadora de botellas PET que interviene en el proceso productivo de la empresa.

### **3.2. Evaluación del personal encargado de mantenimiento**

Existen 11 líneas de llenado en la empresa, un jefe de mantenimiento y 5 coordinadores de mantenimiento cada uno cuenta con 2 auxiliares de mantenimiento en cada línea, cubriendo el total de las líneas 1 y 2, líneas 2,3 y 4; líneas 5 y 7; líneas 5, 6 y 8, líneas 9 y 11.

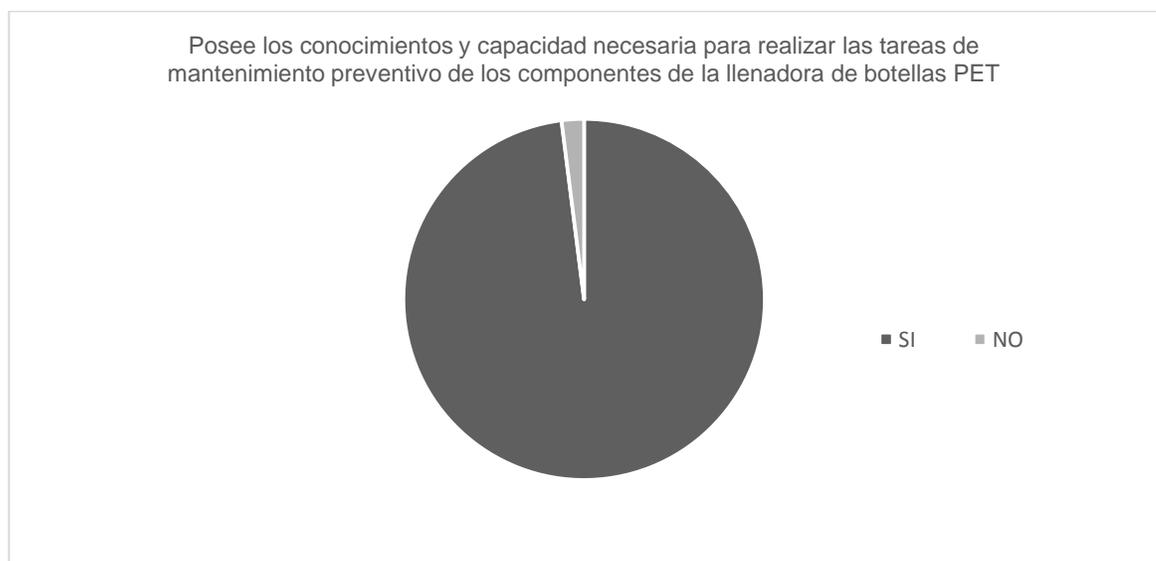
La evaluación del personal de mantenimiento se concretó a determinar si este posee los conocimientos y capacidad necesaria para realizar las actividades de mantenimiento preventivo, para ello se aplicó el cuestionario

encuesta a la muestra seleccionada 49 del total de colaboradores del área de mantenimiento siendo este 68.

Los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento (véase apéndice 15) cuestionario estructurado en diez preguntas con respuestas cerradas dicotómicas orientadas a determinar si los colaboradores poseen los conocimientos y la capacidad para realizar las tareas de mantenimiento preventivo a componentes de la llenadora de botellas PET y la necesidad de contar con nuevos formatos de órdenes de mantenimiento preventivo.

A continuación, se encuentran las figuras que muestran los resultados obtenidos en el cuestionario aplicado a los colaboradores, relacionado con dos aspectos: figura 1 los conocimientos y capacidad que poseen para realizar las actividades de mantenimiento y figura 2 la necesidad manifestada de obtener nuevos formatos de órdenes de mantenimiento preventivo.

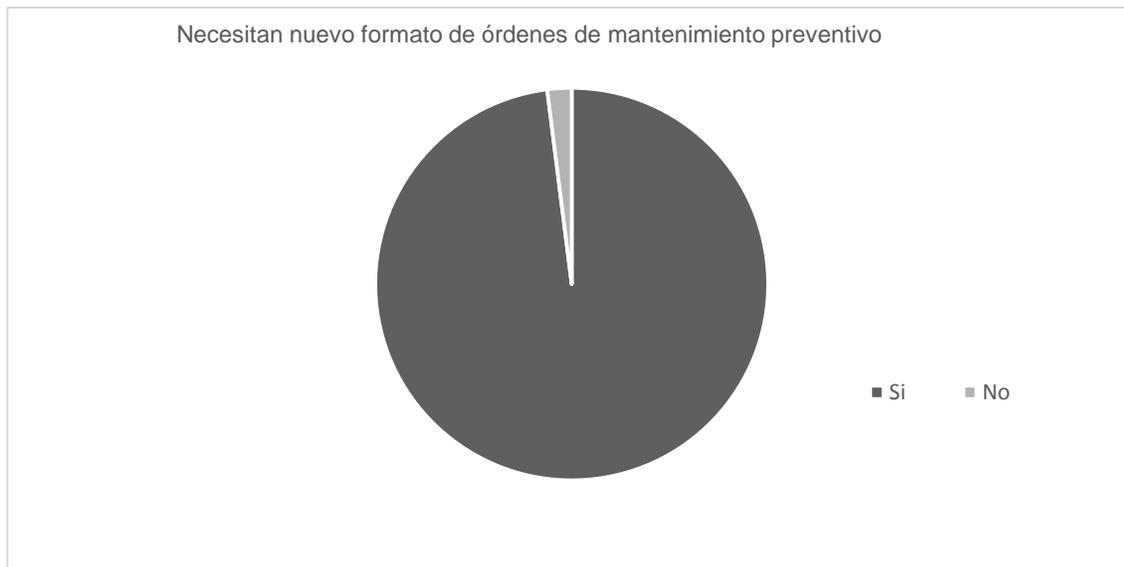
**Figura 1. Conocimientos y capacidad de los colaboradores**



Fuente: Resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores del Departamento de Mantenimiento preventivo de la empresa.

La grafica muestra que el 98 % de los colaboradores poseen los conocimientos y la capacidad necesaria para realizar las tareas de mantenimiento preventivo.

Figura 2. **Necesidad de nuevo formato de órdenes de mantenimiento**



Fuente: Resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores del Departamento de Mantenimiento preventivo de la empresa.

La gráfica muestra que el 98 % de los encuestados manifestó la necesidad de contar con un nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado de botellas PET para hacer más eficientes las tareas.

Análisis de los resultados: la figura 1 muestra que los colaboradores poseen los conocimientos y la capacidad necesaria para realizar las tareas de mantenimiento y la figura 2 muestra y justifica la necesidad del diseño de nuevos formatos de órdenes de mantenimiento preventivo para los componentes de la llenadora de botellas PET de la empresa, objeto de estudio.

### **3.3. Necesidad de nuevos procedimientos de mantenimiento**

La empresa embotelladora de bebidas carbonatadas en PET, es una empresa en constante crecimiento, cuenta con capital humano y maquinaria especializada para la fabricación y comercialización de los productos, vasta experiencia en el campo de acción y en los servicios que presta. Ha pasado de la fabricación de bebidas carbonatadas a la fabricación de botellas PET y empaques plásticos para alimentos, incursionando en el mercado nacional, teniendo distribuidores en todos los departamentos de Guatemala, compitiendo con calidad y buenos precios, frente a los productos que llegan de mercados internacionales.

La fiabilidad y la disponibilidad de maquinaria y equipos de la empresa dependen del diseño y la calidad del montaje; de la calidad de las tareas y de la eficiente operatividad de los colaboradores, por lo tanto, la empresa se enfoca en lograr productos de mantenimiento preventivo que permitan mantener la disponibilidad de las máquinas y la producción constante y segura.

La necesidad de disponer de nuevos procedimientos de mantenimiento preventivo se debe a que las órdenes son confusas debido a que son simples traducciones de los manuales del fabricante, los cuales están en inglés idioma del país de origen del equipo. Los tiempos para los procesos de mantenimiento preventivo no están bien definidos por lo que existen tareas que requieren de más tiempo del planificado y otras que requieren de menor tiempo.

Las nuevas normas de seguridad industrial que se deben cumplir respecto del equipo que deben utilizar los operarios para la protección personal y para garantizar la inocuidad de los productos, se podrán cumplir debido a que los procedimientos establecidos están descritos en el nuevo formato de órdenes de

mantenimiento preventivo y las normas ambientales. Se exige que los desechos sean procesados de manera adecuada, también están incluidas, corresponden al manejo adecuado de los residuos sólidos generados en el departamento de mantenimiento.

Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento o relación de requerimientos, se hizo necesario diseñar un formato de órdenes de mantenimiento preventivo sencillo, fácil de reconocer e identificar por el operario encargado de realizar las tareas en el tiempo estipulado, identificando la actividad inicial y las consecutivas.

### **3.4. Tareas de mantenimiento**

Es posible agrupar las tareas o trabajos de mantenimiento que pueden llevarse a cabo a la hora de elaborar un plan de mantenimiento. Su agrupamiento y clasificación ayudan a decidir qué tipos de tareas son aplicables a determinados equipos para prevenir o minimizar los efectos de determinadas fallas. Las principales tareas de mantenimiento son las siguientes:

#### **3.4.1. Limpieza**

Un plan de mantenimiento empieza por la tarea de limpieza, esta se adjudica con frecuencia al operario y no se presta atención especial a las instrucciones, evidentemente es un error, porque todo trabajo necesita instrucciones: cómo, cuándo, y con qué hacerlo.

La máquina llenadora de botellas PET, es compleja y para el operario es imposible limpiarla sin una inversión considerable de tiempo, en este caso es mantenimiento el encargado de esta tarea.

### **3.4.2. Lubricación**

La elección de lubricantes, el almacenamiento, la distribución y empleo en producción, el establecimiento de intervalos adecuados para las operaciones, el registro y comprobación de la lubricación son responsabilidad del ingeniero de mantenimiento.

### **3.4.3. Inspecciones**

Son la parte más importante de todo programa de mantenimiento, no solo revela la condición de la máquina herramienta, si no que supone un ajuste, reparación o cambio de piezas desgastadas, es decir, la corrección, eliminación de circunstancias que pueden ser causa de averías o deterioro de la máquina.

### **3.4.4. Tiempos de mantenimiento**

Se especifica una programación de frecuencia para un mantenimiento preventivo (MP) para determinar con qué frecuencia este genera órdenes de trabajo. Normalmente, el trabajo de mantenimiento preventivo se activa al producirse una o varias condiciones: tiempo transcurrido desde el trabajo anterior, se denominan MP basados en tiempo y utilización de activos de medición, estos se denominan MP basados en medidor.

Con la combinación de tiempo transcurrido y utilización de medidores, se puede programar un MP para que active trabajo cada seis meses o cada 300 horas, cualquiera que ocurra primero. La información de programación se especifica según las frecuencias base de tiempo y medida en la ficha frecuencia de la aplicación mantenimiento preventivo.

Se puede trabajar con programas más complejos en la ficha programación de mantenimiento (PM) de la aplicación mantenimiento preventivo, utilizar plazos de entrega, fechas de temporada y fecha de prórroga y trabajos fuera de ciclo y fuera de una frecuencia MP para planificaciones más complejas.

#### **3.4.5. Calidad de las tareas de mantenimiento**

La calidad del mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad del producto y con el cumplimiento de su distribución. En general el equipo que no ha recibido un mantenimiento regular, o cuyo mantenimiento ha sido inadecuado fallará periódicamente o experimentará pérdidas de velocidad, o una menor precisión y, en consecuencia, tenderá a generar productos defectuosos, lo que representará descontento de los clientes y reducirá, pérdida de recursos materiales e impactará la rentabilidad empresarial.

El jefe y colaboradores de mantenimiento necesitan estar conscientes de la importancia de controlar la calidad de las tareas del mantenimiento. El establecimiento de normas de pruebas e inspección de niveles aceptables de calidad deberán ser desarrolladas para todo el trabajo de mantenimiento.

La empresa deberá esforzarse por vincular las actividades de mantenimiento con la calidad de los productos y servicios, además, deberá crear un punto de atención central en los clientes internos, esto le proporcionará la dirección y las metas para mejorar los procesos.

#### **3.4.6. Efectividad e impacto en los equipos**

La efectividad es el cumplimiento de lo programado o el grado de cumplimiento de los objetivos, el impacto de las tareas de mantenimiento preventivo se verá reflejado en la productividad del trabajo y la efectividad de lo programado, la vida útil, la fiabilidad, la disponibilidad de la máquina, que garantizará el proceso productivo y el ahorro de recursos para la empresa.



## **4. FORTALECIMIENTO AL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA**

### **4.1. Tiempo requerido para la implementación**

El tiempo requerido para diseñar los formatos de órdenes de mantenimiento fue de seis meses, estos incluyen nuevos procedimientos y fotografías de los componentes de la máquina llenadora de botellas PET, de las herramientas de trabajo y equipo de protección personal, los cuales están disponibles para ser utilizados inmediatamente.

### **4.2. Controles necesarios para el mantenimiento de la maquinaria**

Los controles de mantenimiento son un elemento importante de las labores de prevención y facilitan una herramienta para determinar el estado de la máquina.

#### **4.2.1. Historial de reparaciones**

Uno de los instrumentos más efectivos para mejorar la confiabilidad del equipo, es el análisis del historial de la reparación de la máquina o equipo. Sin los comentarios significativos de la orden de trabajo y códigos de falla, es difícil analizar las tendencias del fracaso del equipo o fracasos comunes de los componentes.

#### **4.2.1.1. Ficha histórica**

La ficha histórica es de vital importancia para el personal del área de mantenimiento, debido a que en ella se describe el historial de las actividades realizadas a la máquina llenadora de botellas PET de la empresa embotelladora de bebidas carbonatadas, por tanto, es elemental utilizarla. Se debe tomar en cuenta que la información recolectada en esta, permitirá tomar decisiones a futuro referentes a la máquina, dando como resultado un posible cambio o sustitución.

Para facilidad en un futuro tanto para el jefe de mantenimiento, como para los operarios que realizan las actividades, la ficha histórica u hoja de vida tendrá el mismo diseño para toda la maquinaria seleccionada.

#### **4.2.1.2. Ficha de control de paros**

Esta consiste en un formato en el que se registra cada una de las operaciones realizadas en el equipo o máquina, tanto si se trata de mantenimiento preventivo como correctivo. En caso de que sea necesaria la sustitución o reparación de un componente del equipo o de la máquina, se anota en el campo correspondiente de la ficha, así como la fecha, las horas de parada, el importe del repuesto/reparación, entre otros, con el fin de que el responsable de mantenimiento lleve un control de repuestos y gastos. Debe existir un registro de revisiones y reparaciones para cada equipo y, o máquina bajo mantenimiento.

Los datos por coleccionar en el formato único para control de paros en la línea de llenado de botellas PET son: número de orden, fecha, tipo de paro, tiempo asignado, motivo, área, equipo, componente corregido, reparación mecánica,

reparación eléctrica, reparación neumática, reparación hidráulica, hora de paro, hora de reinicio, código de departamento (s), código de encargado (s): firma del supervisor que validará la fecha, hora y tiempo asignado, para cumplir a cabalidad las reparaciones o inspecciones asignadas al operador, que utilice siempre equipo de protección personal y que colabore en el manejo de los desechos para proteger el medio ambiente.



Tabla II. Ficha de control de órdenes de mantenimiento

Informe del _____ al _____ No.Registro _____				
No. de Orden	Máquina	Encargado	Fecha programada	Fecha realizada
Observaciones _____				

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.1.3. Frecuencia de mantenimiento**

Mantenimiento de rutina y preventivo, incluye el mantenimiento periódico, como la lubricación de las máquinas, inspecciones y trabajos menores repetitivos. Las actividades o relación de requerimientos por desarrollar son de distinta naturaleza, tales como: de lubricación, eléctricas, mecánicas y de instrumentación. La frecuencia determinada para las tareas de mantenimiento preventivo de la máquina es semanal.

#### **4.3. Áreas complementarias del nuevo formato de mantenimiento**

Los nuevos formatos de órdenes de mantenimiento incluyen áreas complementarias: seguridad industrial, ambiente y seguimiento de las actividades del plan de mantenimiento.

##### **4.3.1. Seguridad industrial**

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria debido a que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión.

Los principales riesgos en el área de llenado de botellas PET, están vinculados a los accidentes, que pueden provocar daños físicos a los colaboradores, máquinas e instalaciones y generar un severo impacto ambiental.

La seguridad industrial, por lo tanto, requiere de la protección de los trabajadores, con las vestimentas necesarias y otros accesorios de uso

personal, el monitoreo médico, la implementación de controles técnicos y la formación vinculada al control de riesgos.

Los formatos de órdenes de mantenimiento preventivo abarcan esta importante área, para prevenir las posibles situaciones y riesgos que existen en donde se lleva a cabo el proceso de llenado de botellas PET.

El proceso de llenado de botellas y de mantenimiento de la máquina requiere de la identificación de los riesgos existentes y la evaluación para establecer medidas preventivas.

El nuevo formato describe los procedimientos adecuados y muestra las fotografías de las herramientas por utilizar en el proceso y del equipo de protección personal para que los colaboradores puedan realizar las tareas previniendo sufrir daños ocasionados por accidentes o enfermedades causadas por incidentes laborales, y que estén preparados en el caso de que algún riesgo se materialice. (Véase apéndices 13 y 14).

#### **4.3.2. Ambiente**

La implementación de procesos adecuados para el correcto manejo de residuos que genera el proceso de llenado de botellas PET, los generados en el mantenimiento de la máquina y en los procesos que se derivan de ello, son elementos del área complementaria de seguridad y ambiente que aparecen en el nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo.

El manejo de residuos o desechos que comprende la identificación, clasificación, almacenaje y disposición de los materiales residuales generados

en el proceso de llenado de botellas PET, será realizado por los colaboradores asignados y controlado por el encargado responsable de dicho proceso.

Con el adecuado manejo de los residuos, la empresa cumplirá con las regulaciones legales de protección al ambiente lo que le permitirá evitar sanciones económicas aplicadas por auditorias del ente encargado de la supervisión del cumplimiento de la normativa vigente en el país.

#### **4.3.3. Seguimiento de actividades del plan de mantenimiento**

La implementación de nuevos procedimientos para órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de la llenadora de botellas PET, ofrece importantes beneficios entre ellos: que las tareas de mantenimiento se realizarán adecuadamente, orientadas por las descripciones y fotografías contenidas en los mismos, que resultará en funcionamiento óptimo de la máquina, debido a que los paros no deseados se evitarán y el proceso de producción no será interrumpido.

El cumplimiento adecuado de las tareas de mantenimiento y el control frecuente de las rutinas, permitirá que la producción alcance niveles satisfactorios, ahorro de recursos; anticiparse a los posibles problemas que la máquina podría presentar en el futuro y prolongar su vida útil.

El control sistemático de todos los trabajos de mantenimiento, el seguimiento al historial de los trabajos que se realicen a la máquina, el registro generado en el control de órdenes de trabajo, permitirá facilitar la detección de futuras fallas y tomar medidas preventivas.

Conocer con anticipación la tarea y el momento adecuado para ejecutarla, visualizar los procedimientos adecuados descritos en las órdenes de trabajo y los repuestos que se van a utilizar, permitirá disminuir el tiempo en que la máquina permanece fuera de servicio y reducir también costos de producción y fallas o errores en el mantenimiento preventivo.

Se logrará la reducción de costos por mantenimiento correctivo debido a que con el mantenimiento preventivo se busca mantener el servicio de la maquinaria basado en trabajos que requieren un costo mínimo para la ejecución, con el fin de corregir problemas que, de no atenderse, pueden transformarse en paro por reparación de elevado costo.

Los nuevos formatos de órdenes que incluyen nuevos procedimientos aseguran y permiten el seguimiento ininterrumpido de las actividades del plan de mantenimiento preventivo. La rápida comprensión de los contenidos de los formatos, facilitarán por tiempo indefinido las tareas de mantenimiento preventivo y el cumplimiento de los objetivos del plan.



## CONCLUSIONES

1. La propuesta de nuevos procedimientos para las órdenes de mantenimiento preventivo en los componentes de la llenadora de botellas PET en la empresa, se realizó con base en las necesidades manifestadas a través del cuestionario aplicado a los operarios del departamento. Los nuevos formatos incluyen el área de seguridad laboral y protección al medioambiente, la descripción ordenada de las tareas de mantenimiento, fotografías de los componentes de la llenadora, del equipo de protección personal, de las herramientas de trabajo a utilizar con el propósito de facilitar y agilizar el proceso, aprovechar el recurso humano, evitando tiempos muertos y pérdida de recursos económicos.
2. La implementación de un nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado PET, es relevante, debido a que permite describir y graficar los procedimientos de manera ordenada y precisa, que permitirá a los operarios realizarlos de manera adecuada, utilizando el equipo de protección personal y las herramientas apropiadas.
3. El nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado, se constituye en una herramienta que permitirá disminuir los tiempos de paro y realizar las tareas de mantenimiento de manera eficaz, evitar las fallas que representan pérdidas económicas debido a que afectan notablemente el proceso de llenado de botellas PET.

4. El programa de mantenimiento preventivo actual se fortalece con las herramientas gráficas que permitirán reducir los tiempos de realización de las tareas de mantenimiento, el cual está basado en actividades programadas semanalmente realizadas por los operarios y controladas por el jefe del departamento.
  
5. La verificación de los tiempos definidos para la realización de cada una de las tareas de mantenimiento preventivo, permitirá reducir la utilización de recursos humanos e incrementar la disponibilidad de la máquina llenadora de botellas PET.

## RECOMENDACIONES

1. A la Gerencia General, adoptar y apoyar la implementación del nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado PET para que los operarios realicen las tareas de mantenimiento de manera adecuada y precisa, cumpliendo con los requerimientos legales estipulados para la protección laboral y del medio ambiente.
2. Al jefe del Departamento de Mantenimiento, implementar el nuevo formato de órdenes de mantenimiento preventivo para cada uno de los componentes que conforman el equipo de llenado, para lograr la disminución de los tiempos de paro y tareas de mantenimiento eficaces, evitando así fallas y pérdida de recursos económicos que afectan el proceso de llenado de botellas PET.
3. A los colaboradores del Departamento de Mantenimiento, cumplir con las descripciones contenidas en el nuevo formato de órdenes, para realizar los procedimientos adecuadamente, disminuir los tiempos de paro y ejecutar las tareas eficazmente para garantizar el funcionamiento de la llenadora de botellas PET.
4. Al personal del Departamento de Mantenimiento, que cumplan con el programa de mantenimiento preventivo, utilizando las herramientas gráficas, realizar las rutinas, reducir los tiempos de realización de las tareas, para evitar las fallas y demoras en el proceso y alcanzar los objetivos del plan.

5. A los supervisores, verificar que los tiempos definidos para la realización de cada una de las tareas se cumplieron, para reducir la utilización de recursos humanos en el mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BERNAL, Jorge. *Metodología para investigar y resolver incidencias*. [en línea]. <<https://www.pdcahome.com/7642/analisis-de-causaraizmetodologia-para-investigar-y-resolver-incidencias>>. [Consulta: octubre 2018].
2. CUATRECASAS, Lluís. *TPM-Total Productive Maintenance. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. España: Gestión 2000. 2002. 251 p.
3. GARCÍA, Santiago. *Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial*. [en línea]. <<http://www.renovetec.com/ingenieria-delmantenimiento.pdf>>. [Consulta: octubre 2018].
4. GONZÁLEZ, Francisco. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. (5a ed.). FC Editorial. [en línea]. <[https://es.usenet.nl/registro/?utm\\_source=AF\\_TA\\_101013&utm\\_medium=AFNE&utm\\_campaign=436692&utm\\_content=0\\_1](https://es.usenet.nl/registro/?utm_source=AF_TA_101013&utm_medium=AFNE&utm_campaign=436692&utm_content=0_1)>. [Consulta: octubre 2018].
5. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Procedimientos de mantenimiento preventivo, basado en INSHT*. [en línea]. <[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias\\_Ev\\_Riesgos/Manual\\_Proced\\_Prev\\_Riesgos/ejemplo9.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Manual_Proced_Prev_Riesgos/ejemplo9.pdf)>. [Consulta: octubre 2018].

6. Integra Markets, Escuela de Gestión Empresarial. *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. (2a ed.). Grupo América Factorial S.A.C. [en línea]. <[http://integramarkets.com/pdf/Gestion-y-Planificacion-delMantenimiento-Industrial\\_Ebook.pdf](http://integramarkets.com/pdf/Gestion-y-Planificacion-delMantenimiento-Industrial_Ebook.pdf)>. [Consulta: octubre de 2018].
7. JC Proyectos S. A. *Herramientas administrativas de mantenimiento*. [en línea]. <<https://docplayer.es/8676657-4-herramientas-administrativas-de-mantenimiento.html>>. [Consulta: octubre de 2018].
8. KNEZEVIC, Jezdimir. *Mantenimiento industrial*. España: Isdefe. 1996. 202 p.
9. LEVITT, Joel. *The handbook of maintenance management, industrial*. EUA: Press Inc. 2009. 188 p.
10. LÓPEZ, Benjamín. *Detección analítica de fallas*. [en línea]. <<https://prezi.com/g2iisxbsuphs/deteccion-analitica-de-fallasdaf/>>. [Consulta: octubre de 2018].
11. *Maquinaria y mantenimiento. Tipos de mantenimiento*. Septiembre de 2017 [en línea]. <<http://smmsl.com/?p=827>>. [Consulta: octubre de 2018].
12. MONCHY, François. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. España: Masson S. A., 1990. 384 p.

13. MONTECELOS, Jesús. *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios*. España: Thomson Learning Ibero. 2006. 110 p.
14. MUÑOZ, María. *Mantenimiento industrial: tecnología de máquinas*. [en línea]. <<http://ocw.uc3m.es/ingenieriamecanica/tecnologia-demaquinas/material-de-clase-1/MANTENIMIENTO.pdf>>. [Consulta: octubre de 2018].
15. \_\_\_\_\_. *Mantenimiento industrial*. [en línea]. <<http://ocw.uc3m.es/ingenieriamecanica/teoriademaquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>>. [Consulta: octubre de 2018].
16. PLAZA, Alejandro. *Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial*. España: Lulú. 2009. 189 p.
17. POLO, David. *Plan de mantenimiento en diez pasos*. [en línea]. <<https://www.emprender-facil.com/es/10-pasos-plan-de-mantenimiento/>>. [Consulta: octubre de 2018].
18. PRANDO, Raúl. *Manual gestión de mantenimiento*. Uruguay: Piedra Santa. [en línea]. <[https://gestionemprededora.files.Wordpress.com/2007/09/cal\\_manual\\_gestion\\_mantenimiento.pdf](https://gestionemprededora.files.Wordpress.com/2007/09/cal_manual_gestion_mantenimiento.pdf)>. [Consulta: octubre de 2018].
19. SANZOL, Lorenzo. *Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración*. (Proyecto de investigación). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Pamplona, España. [en línea].

<[http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/57719\\_1pdf?sequence=1](http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/57719_1pdf?sequence=1)>. [Consulta: octubre de 2018].

20. SAURIS, Jean. *El mantenimiento, fuente de beneficios*. España: Editorial Díaz de Santos. 1992. 123 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Formato general

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
Pais	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Semanal
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	
Area		Tipo de Actividad		Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de Inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
<b>Procedimiento</b>					
<b>Comentarios</b>					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Revisión de sensores

<span style="font-weight: normal;">Mantenimiento</span> <span style="font-weight: normal;">Formato mantenimiento autónomo</span>					
País	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Semanal
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	
Área		Tipo de Actividad	Revisión y limpieza superficial de sensores.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Realizar una inspección y limpieza superficial de los sensores de la llenadora para el correcto funcionamiento de la misma.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
a) Paños de limpieza					
<b>Procedimiento</b>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <span style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; padding: 2px 6px; font-weight: bold;">1</span>  </div> <div style="text-align: center;"> <span style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; padding: 2px 6px; font-weight: bold;">4</span>  </div> </div> <div style="text-align: center;"> <span style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; padding: 2px 6px; font-weight: bold;">5</span>  </div>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detener maquina en mando P.C.C.</li> <li>2. Humedecer paños de limpieza.</li> <li>3. Utilizando los paños humedecidos de limpieza, remover cualquier salpicadura para luego relizar la revisión de los siguientes senores.</li> <li>4. Revisión del sensor de presencia de botellas en entrada de máquina.                         <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Colocar y retirar botella y verificar el cambio de estado de señal mediante el indicador led.</li> </ol> </li> <li>5. Revisión del sensor de presencia de botellas en la salida.                         <ol style="list-style-type: none"> <li>b. Colocar y retirar botella y verificar el cambio de estado de señal mediante el indicador led.</li> </ol> </li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Verificar que no se deje herramienta y trapos en los lugares trabajados.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Revisión del sistema neumático

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
Pais	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Semanal
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	
Área		Tipo de Actividad	Inspección y limpieza de conexiones neumáticas.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Limpieza y verificación superficial de conexiones neumáticas para el correcto funcionamiento del equipo.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Paños de limpieza.					
<b>Procedimiento</b>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> </div> </div> <div style="text-align: center;">  <p>5</p> </div>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detener maquina en mando P.C.C.</li> <li>2. Activar mando Paso a Paso.</li> <li>3. Humedecer paños de limpieza.</li> <li>4. Realizar una limpieza previa a la inspección.</li> <li>5. Verificar mangueras de aire comprimido (grietas, agujeros, dobleces).</li> <li>6. Verificar los componentes neumaticos.</li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Verificar que no se deje herramienta y trapos en los lugares trabajados.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Manto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 4. Sistema de lubricantes

 <b>Mantenimiento</b> <b>Formato mantenimiento autónomo</b>					
Pais	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Semanal
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	15 min.
Área		Tipo de Actividad	Revisión de niveles de sistema de lubricación automático.	Estado equip	Func.
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará. 					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Realizar una inspección visual del nivel de lubricante en el sistema de lubricación general, para el correcto funcionamiento de la llenadora					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Paños de limpieza.					
<b>Procedimiento</b>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> </div> </div>					
1. Utilizando un paño, realizar una limpieza superficial antes de realizar la inspección. 2. Mediante una inspección visual, verificar que el nivel del depósito de grasa del sistema de lubricación central sea el adecuado. * Ver comentarios.					
<b>Comentarios</b>					
En caso de que el nivel no sea el adecuado, notificar de manera inmediata al facilitador. Es recomendable utilizar guantes clínicos para la limpieza previa a la inspección.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 5. Limpieza de equipos

 <span style="float: right;">Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo</span>					
País	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Diarios
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	
Área		Tipo de Actividad	Limpieza de equipos.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará. 					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Limpieza de equipos con espuma E nforce y Autolavado previa a la sanitización automática por medio de CIP.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Espuma E nforce.		b) Guantes.		c) Mascarilla	
<b>Procedimiento</b>					
					
					
					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parar la maquina en (Mando PCC)</li> <li>2. Retirar tapon del sistema de aplicación.</li> <li>3. Limpieza manual (Retirar residuos como botella, tapones, etc.)</li> <li>4. Activar enjuague de equipo con agua (Mando PCC).</li> <li>5. Aplicación de espuma E nforce (Dejar aplicada durante 5 minutos como mínimo)</li> <li>6. Mediante el mando Paso a Paso, hacer girar la maquina para la aplicación de la espuma E nforce en cada componente.</li> <li>7. Enjuague manual con agua.</li> <li>8. Cerrar puertas y dirigirse a CIP para verificar quimicos para la sanitización posterior.</li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Verificar que no se deje herramienta y trapos en los lugares trabajados.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 6. Saneamiento cinco pasos

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
País	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Diario
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	3 h
Área		Tipo de Actividad	Saneamiento 5 pasos	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Sanitización de equipos para cumplimiento de estándares de calidad.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Llave de talón.		b) Guantes clínicos.		c) Mascarilla.	
<b>Procedimiento</b>					
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>3</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>4</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>5</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>6</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>7</p> </div> </div>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>Verificación de concentraciones de químicos en CIP.</li> <li>Cambio de orientación de tubería a Línea 11.</li> <li>En el panel del CIP seleccionar "Hacia Mixer L-11".</li> <li>Buscar receta para saneamiento "No. 8 Llenadora / Mixer, Soda, Vortex".</li> <li>En panel de mando del mixer, confirmar orden de CIP.</li> <li>En panel de mando PCC, confirmar orden de CIP.</li> <li>Abrir purgas, para calidad.</li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Debido a que es un proceso que involucra químicos corrosivos se deben utilizar guantes y mascarilla clínicos durante todo el proceso.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto. )		Aprobación (Producción)	

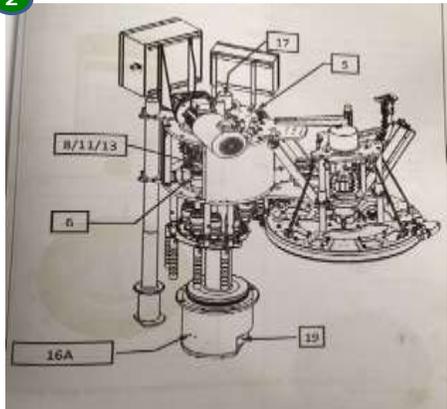
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 7. Lubricación chumaceras

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
País	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Semanal
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	2 h.
Area		Tipo de Actividad	Lubricación de chumaceras / Transporte de salida.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Lubricación de chumaceras de transporte de salida para el correcto funcionamiento del equipo.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Grasera		b) Guantes clínicos		c) Grasa 860	
<b>Procedimiento</b>					
					
1. Tener lista la grasera. 2. Aplicar 3 o 4 bombas a cada chumacera. *Ver comentarios.					
<b>Comentarios</b>					
Utilizando paños de limpieza, retirar el exceso de grasa proveniente de la chumacera.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Manto.)		Aprobación (Producción)	

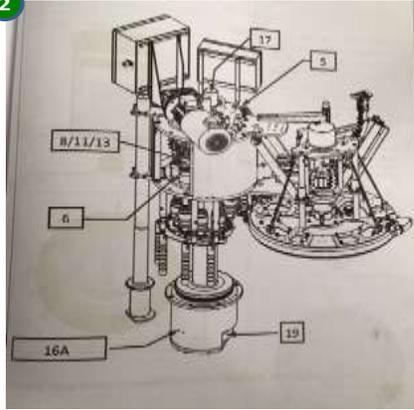
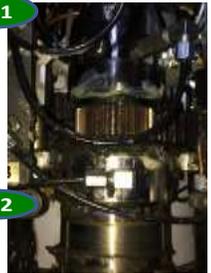
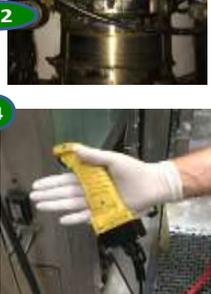
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 8. Lubricantes puntos 5, 6 y 8

 Mantenimiento Formato mantenimiento autonomo					
País	GT	Equipo	Llenadora / Roscadora	Frecuencia	500 h
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	1 h
Área		Tipo de Actividad	Acciones de lubricación.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b> Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará. 					
<b>Informaciones de inocuidad</b> Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b> Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b> Revisar niveles de lubricación y de ser necesario proceder con la aplicación de grasa, aplicación de grasa en los puntos para el correcto funcionamiento del equipo.					
<b>Herramientas e Insumos</b> Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
   					
a) Paños de limpieza    b) Grasa tipo A    c) Grasa tipo M    d) Grasera					
<b>Procedimiento</b>					
					
    					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parar máquina en mando PCC y activar el mando 'Paso a Paso'.</li> <li>2. Ubicar los siguientes puntos.                         <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Punto 5: 'Centralizado parte fijo', bombear 110 gramos de grasa tipo M.</li> <li>2.2 Punto 6: 'Rodamiento central', bombear 100 gramos de grasa tipo M.</li> <li>2.3 Punto 8: 'Centralizada pistones', bombear 300 gramos de grasa Clase A.</li> </ol> </li> <li>3. Retirar tapadera para poder acceder al punto 6 y 8.</li> <li>4. Colocar tapadera.</li> </ol> *GRASA TIPO A: UH1 64-62 *GRASA TIPO M: NH1 94-402					
<b>Comentarios</b> Este procedimiento se realiza cada 500 horas de producción. Verificar que la grasa a aplicar sea la correcta.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

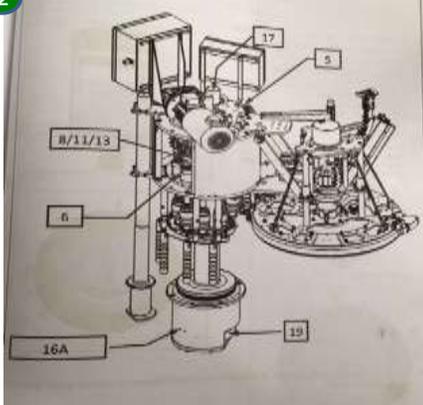
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 9. Lubricante puntos 11 y 13

 <b>Mantenimiento</b> Formato mantenimiento autónomo					
País	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	1000 h
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	1 h
Área		Tipo de Actividad	Acciones de lubricación.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Aplicación de grasa en los puntos para el correcto funcionamiento del equipo.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
  					
a) Paños de limpieza. b) Brocha. c) Grasa tipo M.					
<b>Procedimiento</b>					
     					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parar máquina en mando PCC y activar el mando 'Paso a Paso'.</li> <li>2. Ubicar los siguientes puntos.                             <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Punto 11: "E ngranaje rotación cabezas", utilizando una brocha aplicar grasa tipo M, hasta que el engrane quede bien lubricado.</li> <li>2.2 Punto 13: "Reenvíos rotación cabezas", utilizando una brocha aplicar grasa tipo M, hasta que el engrane quede bien lubricado.</li> </ol> </li> <li>3. Retirar tapadera para poder acceder al punto 11 y 13.</li> <li>4. Utilizando el mando Paso a Paso, hacer rotar la roscadora para aplicar la grasa en todos los engranes.</li> <li>5. Colocar tapadera.</li> </ol> *GRASA TIPO M: NH1 94-402					
<b>Comentarios</b>					
Este procedimiento se realiza cada 1000 horas de producción. Verificar que la grasa a aplicar sea la correcta. Dejar limpia el área de trabajo.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 10. Lubricante punto 17

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
Pais	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	3000 h
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	1 hora
Área		Tipo de Actividad	Acciones de lubricación.	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Realizar cambio de lubricador central del conjinete interior columna.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
 					
a) Paños de limpieza. b) Grasa tipo N.					
<b>Procedimiento</b>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>4</p> </div> </div>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parar máquina en mando PCC o abriendo una de las compuertas.</li> <li>2. Llegar a la parte superior de la maquina, y ubicar el punto 17.</li> <li>3. Gire suavemente el deposito de grasa para retirarlo.</li> <li>4. Coloque el nuevo deposito.</li> <li>5. Limpie el area utilizando paños de limpieza.</li> </ol> <p>*Grasa tipo N: 4 UH 220N</p>					
<b>Comentarios</b>					
Este procedimiento se realiza cada 3000 horas de producción. Verificar que la grasa a aplicar sea la correcta. Dejar limpia el área de trabajo.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto. )		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 11. Limpieza brazo roscador

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
Pais	GT	Equipo	Llenadora	Frecuencia	Mensual
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	2 h. P/cabezal.
Área	Envasado PET	Tipo de Actividad	Limpieza, lubricación e inspección de cabezales roscadores.	Estado equip	Parado
Línea	Línea Sidel			Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará. 					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Verificar el estado de los cabezales roscadores para el correcto desempeño de la línea.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
					
a) Paños de limpieza.	b) Llave de talón 45-50 y 58-62	c) Lubricante Paraliq GB 36	d) Torquímetro	e) Pinza saca seguros.	
<b>Procedimiento</b>					
    					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detener maquina en mando PCC.</li> <li>2. Activar mando Paso a Paso.</li> <li>3. Utilizando el mando Paso a Paso, seleccionar y desmontar cabezal roscador utilizando llave de talón.</li> <li>4. De armar completamente el cabezal roscador.</li> <li>5. Revisión de empaquetaduras y resortes.</li> <li>6. Limpieza de cada uno de los componentes.</li> <li>7. Aplicar una capa de lubricante Paraliq GB 363.</li> <li>8. Arme e instale el cabezal con los aprietes especificados en el manual utilizando el torquímetro.</li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Verificar que no se deje herramienta y trapos en los lugares trabajados.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto.)		Aprobación (Producción)	

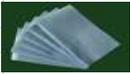
Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 12. Limpieza e inspección bombas del Mixer

 Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo					
País	GT	Equipo	Skid / Mixer	Frecuencia	Mensual
Planta	01 - Mariposa			Tiempo est.	4 h
Area		Tipo de Actividad	Limpieza e inspección	Estado equip	Parado
Línea				Fecha rev.	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad. Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Verificar que la herramienta se encuentre completa, revisar que en el área no queden piezas sueltas, revisar exceso de lubricación					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Descartar residuos generados en la ejecución de esta tarea de acuerdo a la política de medio ambiente.					
<b>Objetivo</b>					
Limpieza e inspección de bomba, carcasa y ventilado de las bombas del Mixer y Skid para el correcto funcionamiento de las mismas.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:					
 a) Llaves de corona		 b) Desarmadores		 c) Llave de talón.	
 d) Paños de limpieza.					
<b>Procedimiento</b>					
  					
  					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conecte la bomba para detectar ruidos de cojinetes o de impeller flojo.</li> <li>2. Revisión de temperatura utilizando un pirometro (Debe estar entre 45 y 60 °C).</li> <li>3. Revisar tuercas de unión de la tubería.</li> <li>4. A continuación retire la carcasa gris protectora de las bombas.</li> <li>5. Retire la protección de los ventiladores de las bombas uno por uno para poder realizar la limpieza del ventilador.</li> <li>6. Limpie los ventiladores hasta que estos se vean igual que la imagen #6.</li> <li>7. Realice una limpieza superficial sobre toda la carcasa de la boma.</li> <li>8. Coloque la protección del ventilador.</li> <li>9. Verificar los aprietes en las uniones.</li> </ol>					
<b>Comentarios</b>					
Verificar que no se deje herramienta y trapos en los lugares trabajados.					
<b>Acepte Técnico</b>					
Elaborado por		Acepte técnico (Mantto. )		Aprobación (Producción)	

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 13. Lista de herramientas

Paños de limpieza		Espuma enforce	
Grasa 823-1		Guantes Clínicos	
Grasera manual		Llave de gancho	
Chaveta 3mm		Grasa 936	
Llave de cola 19mm		Brocha	
Recipiente de lubricante		Manguera 10m	
Llave de cangrejo		Escoba blanca	
Grasera Neumática			
Sanitizante vortex		Aceite Philips 66	
Spray sentinel SL-OG "S"		Cartón	
Lámpara de casco		Guantes	
Destornilladores		Llave de corona	
Mascarilla		Espuma enforce	
Llaves de talón			

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 14. Equipo de protección personal

Protección respiratoria



Guantes industriales



Protección auditiva



Calzado seguridad



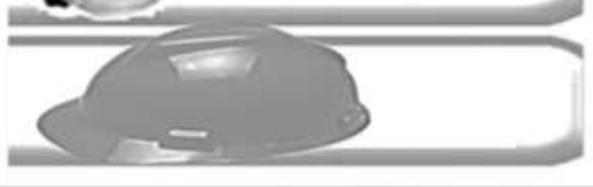
Protección corporal



Protección visual



Cascos



Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 15. Instrumento aplicado a los colaboradores del departamento de mantenimiento de la empresa**

**CUESTIONARIO**

Lugar y fecha \_\_\_\_\_

Apreciado participante, esta encuesta tiene como objetivo obtener información que será utilizada para determinar la necesidad de nuevos procedimientos para mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET.

Instrucciones: por favor lea las preguntas, marque una X dentro del cuadro de la respuesta que considere adecuada.

1. ¿Considera que las órdenes de mantenimiento preventivo que usted utiliza actualmente son fáciles de comprender?

SÍ  NO

2. ¿Considera que el formato de órdenes de mantenimiento contiene todos los procedimientos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET?

SÍ  NO

3. ¿Considera que el tiempo que dispone para realizar los procedimientos del mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET es suficiente para cumplir con lo programado?

SÍ  NO

4. ¿Usted cuenta con las herramientas necesarias para realizar las actividades del mantenimiento preventivo?

SÍ  NO

Continuación apéndice 15.

5. ¿Utiliza usted el equipo personal de seguridad para realizar las tareas de mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET?

SÍ  NO

Continuación apéndice 15.

6. ¿Considera que posee los conocimientos y capacidad necesaria para realizar las tareas de mantenimiento preventivo de los componentes de la llenadora de botellas PET?

SÍ  NO

7. ¿Usted ha sufrido algún accidente mientras realizaba tareas de mantenimiento preventivo?

SÍ  NO

8. ¿Considera que es necesario cambiar el diseño del formato de órdenes de mantenimiento preventivo, para mejorar la comprensión?

SÍ  NO

9. ¿Considera usted que nuevos procedimientos en el mantenimiento preventivo, mejorará la productividad de la llenadora de botellas PET?

SÍ  NO

10. ¿Le gustaría contar con nuevos formatos de órdenes de mantenimiento que contenga fotografías de los componentes de la llenadora, herramientas y equipo de protección personal?

SÍ  NO

Gracias por su colaboración.

Fuente: elaboración propia.