



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

**ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA  
MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS**

**Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga**

Asesorado por el Ing. Byron Estuardo Vivar Velásquez

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA  
MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR HORACIO HURTARTE ARRIVILLAGA**  
ASESORADO POR EL ING. BYRON ESTUARDO VIVAR VELÁSQUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

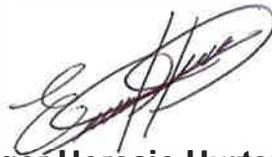
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Osmar Omar Rodas Mazariegos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **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:

**ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 13 de febrero de 2019.



**Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga**

Guatemala, marzo de 2019

Ingeniero  
Julio Cesar Campos Paiz  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos:

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante universitario, Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga, con registro académico 200010378 y CUI 2404 02553 0301, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: **ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLASTICOS**, el cual encuentro satisfactorio.

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

  
**Byron Estuardo Viver Velásquez**  
**Ingeniero Mecánico**  
**Colegiado 12878**  
**ASESOR**

*Ing. Byron Estuardo Viver Velásquez*  
**INGENIERO MECANICO**  
**COLEGIADO 12.878**



**USAC**

TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.092.2019

El Coordinador del Área de Materiales de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS** desarrollado por el estudiante **Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga**, **CUI 2404025530301**, Registro Académico **200010378** recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

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



Guatemala, abril 2019



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.152.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales de Ingeniería del trabajo de graduación titulado: **ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS** desarrollado por el estudiante **Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga**, **CUI 2404025530301**, Registro Académico **200010378** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



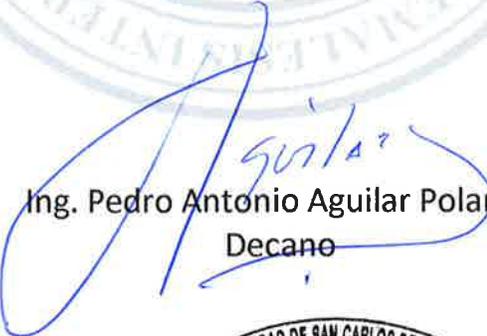
Guatemala, mayo de 2019  
/aej



DTG. 251.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ADMINISTRACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO POR EL SISTEMA SAP R/3 PARA MEJORAR EL PROCESO DE MOLDEO EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Horacio Hurtarte Arrivillaga**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, mayo de 2019

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Creador de todas las cosas; por darme la oportunidad y sabiduría para lograr mis objetivos y mantenerme en el camino correcto.
- Mi madre** Miriam Dianet Arrivillaga Herrera. Por su apoyo y amor, digna eres de mi respeto y admiración por sacarme adelante sola, desde niño; te amo, este triunfo es nuestro.
- Mi esposa** Vivian Noemí Alvarado de Hurtarte. Por ser la mujer perfecta que Dios puso en mi camino. Has sido mi apoyo incondicional en esta etapa de mi vida. Te amo amor.
- Mis hijos** Rodrigo y Marcela Hurtarte. Por ser mi inspiración para superarme; que este triunfo sea digno ejemplo para que siempre luchen por sus sueños y sigan adelante.
- Mi abuelita** María Herrera. Por todo el amor que me brindó desde niño y porque me enseñó que los sueños se pueden hacer realidad, si luchamos por ellos. Se que en el cielo está feliz por este logro.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Centro de estudios, que abrió sus puertas para mi formación profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Lugar donde adquirí los conocimientos para desarrollarme como profesional.

**Mi asesor**

Ing. Byron Vivar, por orientarme con su experiencia y conocimientos, para poder llevar a feliz término el presente trabajo de graduación.

**Ing. Carlos Pérez**

Por el apoyo y motivación brindando, lo que me ha ayudado a ser un mejor profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Empresa de inyección de plásticos .....	1
1.1.1. Productos .....	1
1.1.2. Mercado.....	3
1.1.3. Organigrama de la planta de producción.....	4
1.1.4. Descripción de puestos y funciones en la planta .....	4
1.2. Buenas prácticas de manufactura (BPM) .....	11
1.2.1. Definición .....	11
1.2.2. Objetivos.....	11
1.2.3. Exigencias de las buenas prácticas.....	12
1.2.4. Campo de aplicación .....	12
1.2.5. Beneficio BPM .....	12
1.3. Calidad .....	12
1.3.1. Definición .....	12
1.3.2. Aplicación de la calidad en el producto.....	13
1.4. Limpieza industrial .....	13
1.4.1. Validación .....	13
1.4.2. Mantenimiento .....	14

2.	SITUACIÓN ACTUAL .....	17
2.1.	Descripción del método de inyección de plásticos .....	17
2.2.	Proceso de moldeo por inyección .....	22
2.2.1.	Factores que influyen en el proceso de moldeo .....	23
2.2.2.	Jornadas de trabajo.....	23
2.2.3.	Instalaciones .....	24
2.2.4.	Cargas de trabajo.....	25
2.3.	Proceso de inyección .....	26
2.4.	Seguridad industrial.....	27
2.4.1.	Normas establecidas.....	28
2.4.2.	Accidentes de trabajo.....	28
3.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO .....	29
3.1.	Integración del módulo SAP .....	29
3.1.1.	Estructura y fases del proyecto .....	29
3.1.2.	Descripción de actividades.....	31
3.1.3.	Matriz de responsabilidades.....	31
3.1.4.	Plan de integración del sistema.....	32
3.1.5.	Plan de validación .....	32
3.2.	Administración de indicadores .....	33
3.2.1.	Indicadores de mantenimiento .....	33
3.2.2.	Medición de eficiencia .....	34
3.2.3.	Medición de productividad.....	34
3.2.3.1.	Control de calidad .....	34
3.3.	Preparación de control de limpieza de equipos.....	34
3.3.1.	Planeación estratégica .....	34
3.3.2.	Programa de actividades.....	35
3.4.	Dispositivos de seguridad .....	41
3.4.1.	Protección fija.....	41

3.4.2.	Protección móvil .....	42
3.4.3.	Dispositivos de seguridad en el armado eléctrico...	42
3.4.4.	Pulsadores de paro de emergencia .....	42
3.4.5.	Señales.....	44
4.	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO .....	45
4.1.	Dispositivos de seguridad.....	45
4.1.1.	Normas de seguridad .....	45
4.1.2.	Prohibición de quitar las protecciones .....	48
4.2.	Procedimiento de mantenimiento .....	48
4.2.1.	Normas de seguridad .....	48
4.2.2.	Prohibición de quitar las protecciones .....	50
4.3.	Programa de mantenimiento .....	51
4.3.1.	Mantenimiento de engranajes.....	51
4.3.2.	Mantenimiento de rodamientos.....	53
4.3.3.	Mantenimiento del sistema de enfriamiento .....	56
4.3.4.	Análisis de lubricantes .....	57
4.3.4.1.	Tipos de lubricación.....	57
4.3.4.2.	Propiedades de los lubricantes.....	58
	CONCLUSIONES .....	59
	RECOMENDACIONES .....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Productos de la empresa de productos plásticos .....	1
2.	Organigrama .....	4
3.	Diagrama de recorrido.....	20
4.	Diagrama de inyección propuesto .....	21
5.	Instalaciones .....	25
6.	Máquina de moldeo.....	27
7.	Batería UPS .....	38
8.	Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba.....	40
9.	Protección fija.....	41
10.	Pulsadores de paro de emergencia.....	43
11.	Señalización de seguridad .....	46
12.	Caja de engranajes .....	51
13.	Piezas de la caja de engranajes .....	53
14.	Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba.....	55

### TABLAS

I.	Descripción del puesto de gerencia general .....	5
II.	Descripción del puesto de gerencia de recursos humanos .....	6
III.	Descripción del puesto de gerencia administrativo .....	7
IV.	Descripción del puesto de gerencia de mercadeo y ventas .....	8
V.	Descripción del puesto de gerencia de producción.....	9
VI.	Descripción del puesto de gerencia mantenimiento.....	10
VII.	Listado de módulos SAP R/3 .....	30



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
m	Metro
%	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Auditoría</b>	Análisis y gestión de sistemas para identificar y posteriormente corregir las diversas vulnerabilidades que pudieran presentarse en una revisión exhaustiva de las estaciones de trabajo.
<b>Extrusión</b>	La extrusión de polímeros es un proceso industrial, en donde se realiza una acción de prensado, moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada.
<b>Lubricante</b>	Sustancia que se coloca entre dos piezas móviles, no se degrada, forma una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento.
<b>PVC</b>	El cloruro de polivinilo o PVC (del inglés <i>polyvinyl chloride</i> ) es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C.

**El poliestireno (PS)** Es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

**Polímero** Macromoléculas generalmente orgánicas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

**El polipropileno (PP)** Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

## **RESUMEN**

El presente trabajo contiene observaciones, análisis, resultados y mejoras propuestas, a partir de la información actual de la empresa en aspectos referentes al mantenimiento de sus equipos. La supervisión continua durante el proceso de implementación es importante para fijar los procedimientos y volverlos una cultura; el manejo de los formatos de inspección se convierte en algo imprescindible para constatar que el procedimiento está siendo respetado. La base de datos que obtendremos de los formatos de inspección nos mostrará nuevas oportunidades de mejora en el proceso o en la herramienta usada para poder cumplir con el mismo; nos mostrará además los registros de costos ocultos por reparaciones de emergencia, a los que llamaremos, Costos de no calidad, que sencillamente nos indican costos innecesarios que se dan en el proceso productivo por no seguir un procedimiento eficiente y claramente establecido.



# OBJETIVOS

## General

Proponer el programa de mantenimiento preventivo para la máquina de moldeo por inyección.

## Específicos

1. Determinar el estado actual del equipo y el mantenimiento que se le brinda al mismo.
2. Establecer el normativo y los procedimientos de evaluación, planificación y mantenimiento para el departamento de mantenimiento.
3. Implementación de la herramienta SAP R/3 en las tareas de mantenimiento.



## INTRODUCCIÓN

La meta de toda empresa es mantener un crecimiento económico continuo que a su vez produzca un incremento en la cantidad de operaciones que se realizan en relación a los recursos utilizados; sin embargo, algunas tareas tienden a ser más complejas, por lo que necesitan nuevos y mejores procedimientos para ser ejecutadas con mayor eficiencia.

La empresa en estudio es una empresa que se dedica a la transformación de resinas plásticas en productos especializados para la industria de bebidas, alimentos, pinturas, cuidados para el hogar y agroindustria en general.

Este crecimiento ha sido acompañado de dificultades en la planificación de actividades para el mantenimiento del equipo productivo, manejo de residuos y seguridad industrial.



# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. Empresa de inyección de plásticos

La empresa en estudio es una industria que produce artículos de plástico, utilizando maquinas, extrusoras, inyectoras de diversas capacidades para la fabricación de diversos productos de diferentes tamaños, estilos y colores, trabajando con la mejor calidad para proveer a sus clientes.

### 1.1.1. Productos

Se presentan varios de los productos que comercializa la empresa.

Figura 1. **Productos de la empresa de productos plásticos**

Organizadores



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 1.

### Macetas colgantes



Fuente: elaboración propia.

### Sillas para niños



Fuente: elaboración propia.

Continuación figura 1.

Cajas de almacenamiento



Fuente: elaboración propia.

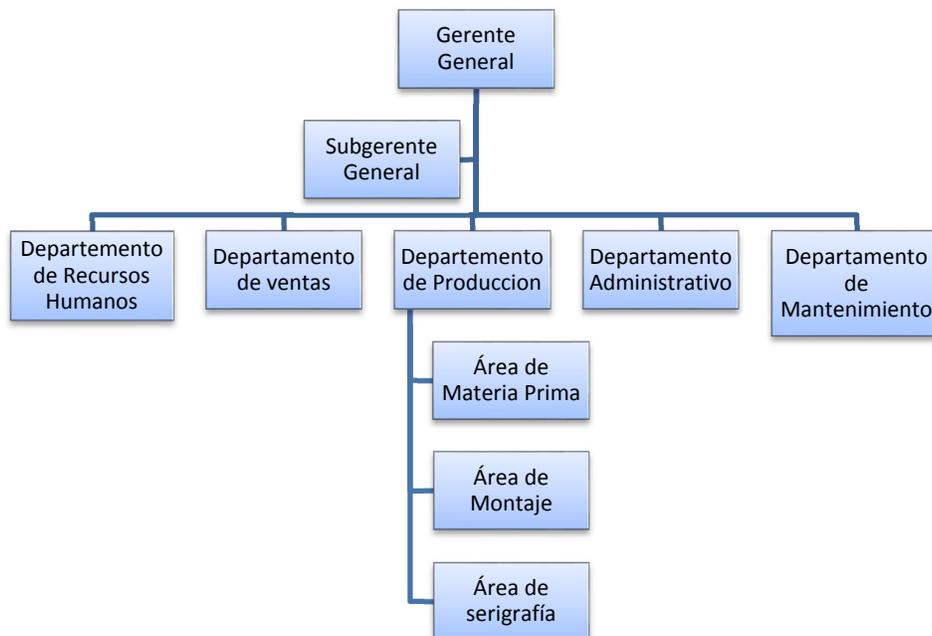
### 1.1.2. Mercado

El mercado de la empresa son todas las industrias, comercios, hogares e instituciones que utilizan productos plásticos.

### 1.1.3. Organigrama de la planta de producción

El organigrama de la empresa es de tipo vertical, es decir que se ejemplifica la jerarquía de puestos.

Figura 2. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

### 1.1.4. Descripción de puestos y funciones en la planta

La empresa utiliza un organigrama vertical, en el cual cada puesto subordinado a otro se presenta por cuadros en un nivel inferior, ligados por líneas que representan la comunicación de responsabilidad y autoridad. De cada cuadro del segundo nivel se sacan líneas que indican la comunicación de autoridad y responsabilidad a los puestos que dependen de él, y así sucesivamente.

Tabla I. **Descripción del puesto de gerencia general**

Título del puesto	Gerente general
Ubicación administrativa	Gerencia
Superiores	-----
Subalternos	Gerentes, jefes de área, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	En esta área se coordinan las actividades administrativas de la empresa. Entre sus principales funciones están el contratar todas las posiciones gerenciales, realizar evaluaciones periódicas acerca del cumplimiento de las funciones de los diferentes departamentos, planear metas a corto y largo plazo orientado a objetivos y entregar las proyecciones de los objetivos para la aprobación de los gerentes corporativos; coordinar con las oficinas administrativas, asegurando que los registros y sus análisis se están llevando correctamente; mantener buenas relaciones con los clientes, gerentes corporativos y proveedores para mantener el buen funcionamiento de la empresa; lograr que las personas quieran hacer lo que tienen que hacer y dirigirlos de una forma adecuada.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de empresa, Ingeniería industrial Maestría: Finanzas, Administración
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Descripción del puesto de gerencia de recursos humanos**

Título del puesto	Gerente de recursos humanos
Ubicación administrativa	Gerencia de recursos humanos
Superiores	Gerente general
Subalternos	Empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Encargado de seleccionar, contratar, formar, emplear y retener a los colaboradores de esta empresa, labores que son ejecutadas por profesionales en esta rama, apoyados por la alta dirección de la organización; su principal objetivo es alinear las políticas de la empresa con el personal que allí labora.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de empresas, Psicología Industrial Maestría: Recursos humanos
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Descripción del puesto de gerencia administrativa**

Título del puesto	Gerente administrativo
Ubicación administrativa	Gerencia administrativa
Superiores	Gerente general
Subalternos	Jefes de área, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Encargado de realizar las compras de productos, suministros y demás requerimientos que necesite la empresa; realizar la toma de decisiones financieras, planeación, toma de decisiones sobre inversiones y financiamiento a corto y largo plazo; además, realizar el análisis de los pronósticos financieros y preparará los planes y presupuestos financieros de la empresa. Implementar programas tendientes al ahorro y control del gasto.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de empresas, Ingeniería Industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Descripción del puesto de gerencia de mercadeo y ventas**

Título del puesto	Gerente de mercadeo y ventas
Ubicación administrativa	Gerencia de ventas
Superiores	Gerente general
Subalternos	Jefes de área, empleados operativos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Responsable de supervisar y controlar a los vendedores; realizar el control de la gestión de los vendedores, encargado de la formación del personal del departamento de ventas al mayoreo; elaborar informes cuantitativos y cualitativos con respecto a las ventas.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de empresas, Ingeniería industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Descripción del puesto de gerencia de producción**

Título del puesto	Gerente de producción
Ubicación administrativa	Gerencia de producción
Superiores	Gerente general
Subalternos	Jefe de producción, operarios
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Responsable de supervisar y controlar todos los procesos de mantenimiento de equipos y maquinaria.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Ingeniería industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Descripción del puesto de gerencia mantenimiento**

Título del puesto	Gerente de mantenimiento
Ubicación administrativa	Gerencia de mantenimiento
Superiores	Gerente general
Subalternos	Técnicos , mecánicos
Naturaleza del puesto	Administración
Atribuciones del puesto	Diarias
Relaciones del puesto	Internas y externas
Responsabilidades del puesto	Responsable de supervisar y controlar a los vendedores, realizar el control de la gestión de los vendedores, encargado de la formación del personal del departamento de ventas al mayoreo, elaborar informes cuantitativos y cualitativos con respecto a las ventas.
Requisitos del puesto	Graduado a nivel de licenciatura, carrera de Administración de empresas, Ingeniería industrial Maestría: Administración
Elaborado por: Gerencia general	Aprobado: Gerencia general Autorizado por: Gerencia general

Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Buenas prácticas de manufactura (BPM)**

Es considerada como una idea que afirma que hay técnicas, métodos, procesos, actividades o incentivos que son más eficaces que otros para alcanzar un resultado, o que permiten alcanzarlo de forma más simple o con menos complicaciones.

### **1.2.1. Definición**

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se aplican en todos los procesos de elaboración y manipulación de alimentos y son una herramienta fundamental para la obtención de productos inocuos. Constituyen un conjunto de principios básicos con el objetivo de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción y distribución.

### **1.2.2. Objetivos**

Las Buenas Prácticas de Manufactura son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y la forma de manipulación.

Son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, y para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación.

Contribuyen al aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano.

### **1.2.3. Exigencias de las buenas prácticas**

Las Buenas Prácticas de Manufactura son exigidas en todas las industrias y empresas de servicio que ofrezcan productos a los consumidores finales.

### **1.2.4. Campo de aplicación**

El campo de aplicación abarca a industrias, farmacéuticas, navales, alimentos para consumo humano y animales, industria de repostería y panadería, servicios logísticos, sistemas bancarios, telecomunicaciones, entre otros.

### **1.2.5. Beneficio BPM**

Ofrecer un producto y/o servicio al consumidor final que cumplan con sus expectativas y cumpla con normas nacionales e internaciones, según sea el campo de aplicación.

## **1.3. Calidad**

La calidad se establece como el estado óptimo de un producto o servicio.

### **1.3.1. Definición**

La calidad es una herramienta básica e importante para una propiedad inherente de cualquier cosa, que permite que la misma sea comparada con cualquier otra de su misma especie. La palabra calidad tiene múltiples significados.

### **1.3.2. Aplicación de la calidad en el producto**

La calidad en un producto establece el grado de compromiso de la empresa en ofrecer al consumidor final, un producto con estándares de especificaciones técnicas.

## **1.4. Limpieza industrial**

La limpieza y la sanitización de áreas de producción es fundamental para reducir los riesgos de contaminación en el producto terminado y, de esta manera, asegurar su inocuidad, confiabilidad y seguridad, manteniendo un control en los índices microbiológicos, los cuales pueden llegar a afectar la calidad del producto terminado.

### **1.4.1. Validación**

Dentro del concepto de garantía de la calidad, las Buenas Prácticas de Manufactura constituyen el factor que asegura que los productos se fabriquen en forma uniforme y controlada, de acuerdo con las normas de calidad adecuadas al uso que se pretende dar a los productos, y conforme a las condiciones exigidas para su comercialización.

Las reglamentaciones que rigen las BPM tienen como objetivo principal, disminuir los riesgos inherentes a toda producción farmacéutica que no pueden prevenirse completamente mediante el control definitivo de los productos. Esencialmente, tales riesgos son de dos tipos: contaminación cruzada (en particular, por contaminantes imprevistos) y confusión (causada por la colocación de etiquetas equivocadas en los envases).

### **1.4.2. Mantenimiento**

El objetivo del mantenimiento es optimizar la disponibilidad del equipo al menor costo posible, tratando de minimizar las fallas que puedan ocurrir, a fin de evitar paradas en su operación. A continuación se hace un listado de los objetivos del Mantenimiento. (Palencia García 2010).

- **Objetivos del Mantenimiento**
  - Evitar, reducir y, en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes.
  - Disminuir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar.
  - Evitar detenciones inútiles o paradas de máquinas.
  - Evitar accidentes.
  - Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
  - Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
  - Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
  - Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En el programa de Mantenimiento Predictivo se analizan las condiciones del equipo, mientras este se encuentra funcionando o en operación.

Consiste en el análisis de las operaciones de mantenimiento para su optimización, permitiendo de esta manera ajustar las operaciones y su periodicidad a un máximo de eficiencia.

Esto es siempre menos costoso y más confiable que el intervalo de mantenimiento preventivo de frecuencia fija, basado en factores como las horas máquina o alguna fecha prefijada.

El combinar Mantenimiento preventivo y predictivo ayuda significativamente a reducir al mínimo el Mantenimiento correctivo no programado o forzado.

El mantenimiento preventivo es una técnica científica del trabajo industrial que, en especial, está dirigida al soporte de las actividades de producción y, en general, a todas las instalaciones empresariales.

El mantenimiento preventivo es, además, aquel que incluye las siguientes actividades:

- Inspección periódica de activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción o depreciación perjudicial.
- Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aun en una etapa incipiente.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Solo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1. Descripción del método de inyección de plásticos

Dentro de la empresa se manejan dos turnos, diurno y nocturno; pero en temporada alta se hace un turno especial para cubrir la demanda de productos.

- Diurno

La jornada diurna es trabajada durante el día con un tiempo laborado de ocho horas diarias y una hora de almuerzo; en la empresa de plásticos, los operarios que trabajan en este periodo entran a la empresa a las seis de la mañana y salen a las quince horas. Se ha observado que es el tiempo más productivo de la empresa con respecto a los otros turnos.

- Nocturno

En este turno los operarios no pueden exceder de seis horas laborales al día; en este tiempo los trabajadores entran a laborar a la empresa a las diez de la noche y salen el siguiente día a las seis de la mañana.

- Mixto

En esta jornada de trabajo debe de tomarse parte de la jornada diurna y parte de la nocturna. Los trabajadores de este turno entran a laborar a las quince horas y salen de la empresa a las diez de la noche.

El proceso de inyección es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie, principalmente se moldean termoplásticos; para el moldeo de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones.

El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta una cilindro de caldeo mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin; se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección; por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo hasta llegar al estado líquido; el husillo también tiene aparte del movimiento de rotación un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de esta manera como un émbolo. Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde y este es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica.

Las máquinas para este trabajo se denominan: inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.

Los elementos producidos mediante la inyección de plástico reemplazaron a una gran cantidad de elementos producidos con otros materiales, como madera y metal. No siempre este cambio fue favorable al artículo producido o el plástico utilizado no correspondía a las exigencias requeridas en las piezas originales.

Dentro de la empresa se encuentran maquinas extrusoras e inyectoras de diferentes capacidades para trabajar en diversificación de productos, estas máquinas se van utilizando dependiendo de los productos que se estén fabricando, tomando el tiempo de apagado de la máquina para revisar y observar posibles fallos.

Existe el uso de máquinas frigoríficas; la empresa cuenta con una torre de enfriamiento de agua y cuatro *chillers* de capacidades variadas dependiendo la cantidad del líquido y la máquina que se utilice.

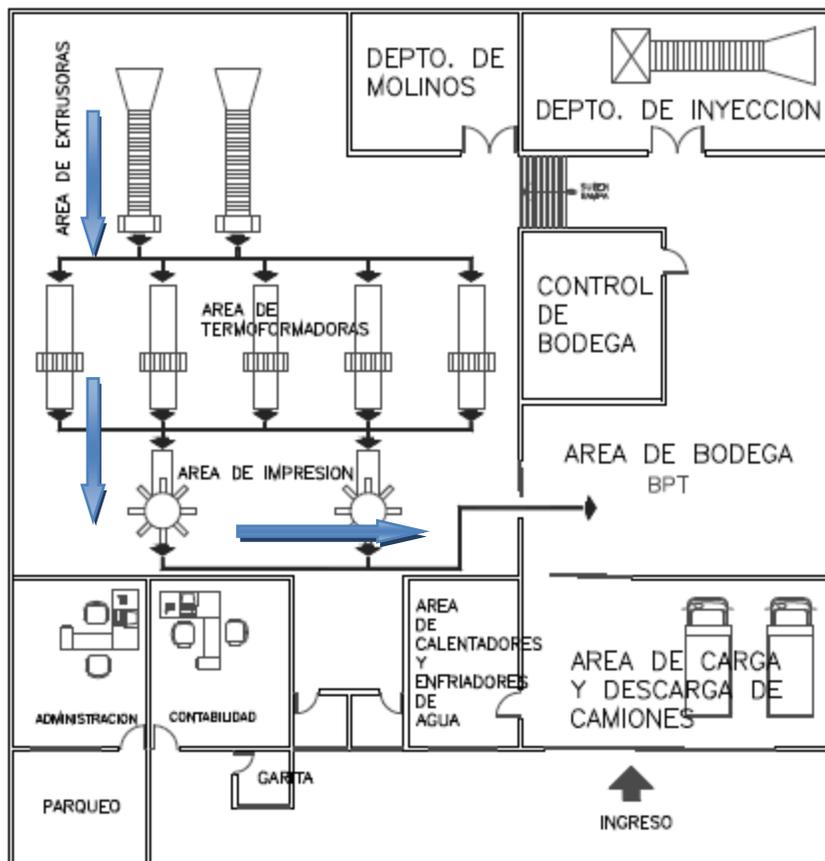
Dependiendo de las capacidades de las maquinas inyectoras, así será el tamaño y el producto que se desee fabricar; por ejemplo para utensilios pequeños como los vasos y platos, estos son fabricados por máquinas inyectoras con capacidad de quinientas toneladas de fuerza, siendo los productos con mayor demanda los descritos a continuación.

- Sillas con brazos apilables
- Sillas sin brazos apilables
- Bancos apilables
- Mesas desensambladas
- Alcancías de diferentes formas
- Juguetes
- Bañera de bebe
- Cestas de diferentes tamaños
- Botes con tapadera
- Basureros
- Palangana
- Baldes
- Organizadores de diferentes dimensiones

- Contenedores de cocina
- Platos
- Vasos

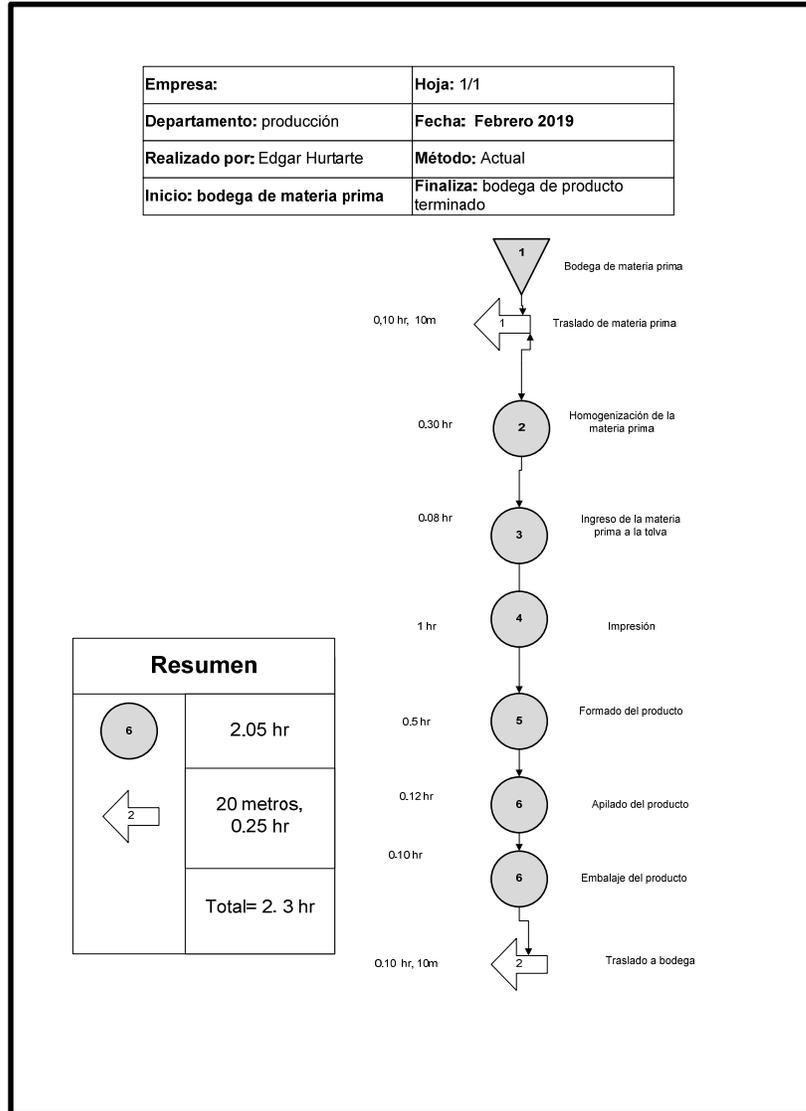
Figura 3. Diagrama de recorrido

Empresa:	Hoja 1
Departamento: producción	Fecha: febrero de 2019
Realizado por: Edgar Hurtarte	Método: actual



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Figura 4. Diagrama de inyección propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

}

## **2.2. Proceso de moldeo por inyección**

A continuación se presenta la descripción de los procesos productivos.

En la extrusión, el material plástico, por lo general en forma de polvo o granulado, se almacena en una tolva y luego se alimenta una larga cámara de calefacción, a través de la cual se mueve el material por acción de un tornillo sin fin; al final de la cámara, el plástico fundido es forzado a salir en forma continua y a presión, a través de un troquel de extrusión preformado; la configuración transversal del troquel determina la forma de la pieza.

A medida que el plástico extruido pasa por el troquel, alimenta una correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente por ventiladores o por inmersión en agua; con éste procedimiento se obtiene la película para que pueda ser llevada a termoformación; también se pueden producir piezas como tubos, varillas, láminas y cordones.

Se usa principalmente para termoplásticos. La extrusión es el mismo proceso básico que el moldeo por inyección, la diferencia es que en la extrusión, la configuración de la pieza se genera con el troquel de extrusión y no con el molde, como en el moldeo por inyección.

### **2.2.1. Factores que influyen en el proceso de moldeo**

Existen diferentes factores que pueden provocar la demora de las operaciones en el área de producción, como la falta de materia prima, falta de energía eléctrica, paros no programados por mantenimiento.

### **2.2.2. Jornadas de trabajo**

De acuerdo con el código de trabajo de Guatemala las jornadas de trabajo son:

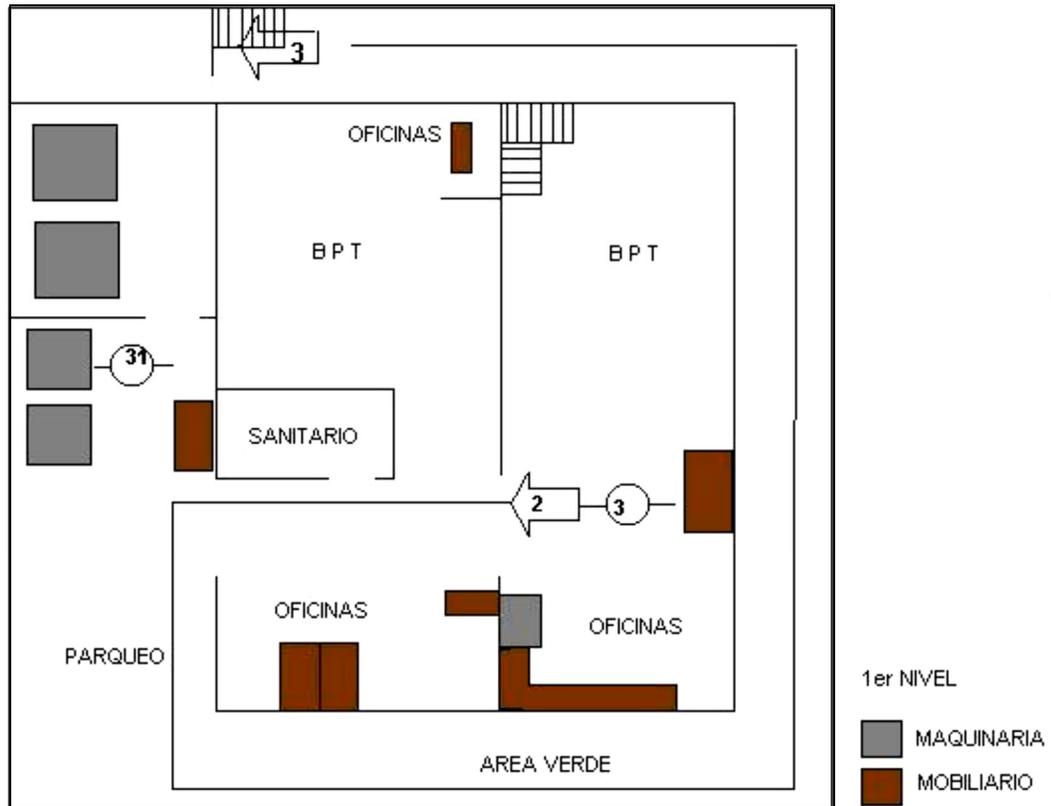
- Artículo 116. La jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno no puede ser mayor de ocho horas diarias, ni exceder de un total de cuarenta y ocho horas a la semana. Trabajo diurno es el que se ejecuta entre las seis y las dieciocho horas de un mismo día. La jornada ordinaria de trabajo efectivo nocturno no puede ser mayor de seis horas diarias, ni exceder de un total de treinta y seis horas a la semana. Trabajo nocturno es el que se ejecuta entre las dieciocho horas de un día y las seis horas del día siguiente.
- Artículo 117. La jornada ordinaria de trabajo efectivo mixto no puede ser mayor de siete horas diarias ni exceder de un total de cuarenta y dos horas a la semana. Jornada mixta es la que se ejecuta durante un tiempo que abarca parte del período diurno y parte del período nocturno. No obstante, se entiende por jornada nocturna la jornada mixta en que se laboren cuatro o más horas durante el período nocturno.

- Artículo 119. La jornada ordinaria de trabajo puede ser continua o dividirse en dos o más períodos con intervalos de descanso que se adopten racionalmente a la naturaleza del trabajo de que se trate y a las necesidades del trabajador.
- Siempre que se pacte una jornada ordinaria continua, el trabajador tiene derecho a un descanso mínimo de media hora dentro de esa jornada, el que debe computarse como tiempo de trabajo efectivo.
- La jornada de trabajo es diurna de tipo especial, de nueve horas diarias continuas y una hora para almuerzo, de lunes a jueves y el viernes de ocho horas continuas y una hora para almuerzo, equivalente a cuarenta y cuatro horas semanales.
- El número de horas puede modificarse con la necesaria y expresa conformidad, tanto de trabajadores como de la empresa; es decir, de mutuo acuerdo. El horario de trabajo actual de la empresa es el siguiente:
  - De lunes a jueves de 7:00 a 17:00 horas
  - Viernes de 7:00 a 16:00 horas

### **2.2.3. Instalaciones**

La distribución de los ambientes de trabajo permite distribuir de forma adecuada la materia prima y producto terminado; sin embargo, el producto en proceso crea, en algunas ocasiones, el bloqueo de pasillos y acceso a extintores en caso de incendios.

Figura 5. Instalaciones



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

#### 2.2.4. Cargas de trabajo

Los valores estimados de la carga de trabajo a la maquinaria, permiten medir su eficiencia en el funcionamiento y pueden compararse con valores estimados en la implementación de programas para mejorar la productividad y mantenimiento preventivo anual del equipo productivo.

### **2.3. Proceso de inyección**

La máquina de moldeo por inyección está compuesta por tres secciones principales: la unidad de cierre, la unidad de inyección y la unidad de control.

- La unidad de cierre, cierra y mantiene unidas las partes del molde durante la inyección de resina fundida (de la unidad de inyección) y abre el molde para la extracción de piezas.
- La unidad de inyección, utiliza un tornillo del pistón para conseguir fundir y procesar pastillas de resina y, a continuación, inyectar la resina fundida en un molde. El diseño de husillo alternativo (RS) inyecta resina en la carrera de avance y procesa la resina de la carrera de recuperación.
- La unidad de control está formada por el armario eléctrico y la interfaz hombre-máquina (IHM). Todas las funciones de la máquina son controladas por un PC industrial situado en el armario eléctrico. La interfaz hombre-máquina (IHM) controla el funcionamiento de la máquina y las funciones operativas. Tras la configuración inicial de la máquina, la IHM puede comenzar su funcionamiento automáticamente y controlar las unidades de cierre e inyección. La IHM está acoplada a la unidad de cierre.

Figura 6. **Máquina de moldeo**



Fuente: elaboración propia.

#### **2.4. Seguridad industrial**

El ambiente de trabajo es una parte esencial para las actividades diarias y es por eso que debe de estar libre de cualquier dispositivo que pueda causar algún problema; además que los trabajadores deben de realizar las prácticas laborales de la mejor manera para evitar accidentes.

En la empresa en estudio, no se cuenta con un plan de contingencia antes de una emergencia, ya sea un incendio, terremoto, etc. Cuenta con zonas señaladas para las maquinas, rótulos de advertencia. El personal no cuenta con todo el equipo de protección personal; utilizan mascarillas, pero no cuentan con guates para la manipulación de objetos y materia prima. Las salidas de emergencia no están señaladas ni la ruta de evacuación.

#### **2.4.1. Normas establecidas**

Estableciendo como base las normas internacionales de Responsabilidad Social SA 8000, se han diseñado reglas de conducta y formas adecuadas para realizar las tareas asignadas a cada colaborador, definiendo claramente las capacidades, obligaciones y derechos de cada puesto dentro de la institución, con el único inconveniente de que no existen controles programados para la evaluación y verificación del cumplimiento de las normas.

#### **2.4.2. Accidentes de trabajo**

Es un acontecimiento no deseado que da por resultado, pérdidas por lesiones a las personas, daño a los equipos o el medio ambiente. Es todo hecho inesperado que interrumpe un proceso normal y que puede llegar a producir lesiones o daños.

Puede ocasionar una perturbación orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se presente. Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar del trabajo y del trabajo a su domicilio.

### **3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1. Integración del módulo SAP**

La llegada de SAP R/3 ofrece la posibilidad de procesar la información en tiempo real (la sigla R se debe al concepto de procesamiento en *Real Time*), lo que facilita la integración de procesos, ofreciendo una mayor agilidad en los procesos de negocio. De esta forma, los diferentes módulos operativos de la solución SAP R/3 operan en tiempo real en *post* de la solución integral que se busca con las soluciones ERP.

##### **3.1.1. Estructura y fases del proyecto**

Los módulos necesarios de SAP R/3 se recopilan en las siguientes tablas

Tabla VII. Listado de módulos SAP R/3

<b>FI</b>	<b>CONTABILIDAD FINANCIERA</b>	<b>MM</b>	<b>GESTION DE MATERIALES</b>
FI-GL	Cuentas de Mayor	MM - MRP	Planificación Necesidades Materiales
FI-LC	Consolidación Sociedades	MM-PUR	Gestión de Compras
FI-AR	Cuentas a Cobrar	MM-IM	Gestión de Inventarios
FI-AP	Cuentas a Pagar	MM-WM	Gestión de Almacenes
FI-AA	Gestión de Activos	MM-IV	Verificación de Facturas
FI-SL	Special Ledger	MM-IS	Sistema de Información
	Cierres	MM-EDI	Intercambio Electrónico de Datos
			Sistema Clasificación
			Gestión de Lotes
<b>IM</b>	<b>INVERSIONES</b>	<b>QM</b>	<b>CALIDAD</b>
	Gestión de Inversiones	QM-PT	Herramientas de planificación
<b>TR</b>	<b>TESORERIA</b>	QM-IM	Proceso de Inspección
	Programa Conciliación	QM-QC	Control de Calidad
	Provisiones Posicionamientos	QM-CA	Certificados de Calidad
	Control de Fondos	QM-QN	Notificaciones de Calidad
<b>CO</b>	<b>CONTROLLING</b>	<b>PP</b>	<b>PRODUCCION</b>
CO-CCA	Contabilidad por Centros Coste	PP-BD	Datos Basicos
	Contabilidad Presupuestaria	PP-SOP	Gestión de la Demanda
CO-PC	Control de Costes del Producto	PP-MP	Plan Maestro
CO-PA	Análisis de Rentabilidad	PP-CRP	Plan de Capacidades
CO-OPA	Ordenes Internas	PP-MRP	Plan de Materiales
CO-ABC	Costes Basados en Actividades	PP-SFC	Ordenes de Fabricación
<b>LO</b>	<b>GESTION DATOS GENERALES DE LOGISTICA</b>	PP-PC	Costes de producto
LO-MD	Datos Básicos	PP-IS	Sistema de Información
LO-VC	Gestión Variantes de Productos	PP-PI	Industria de procesos
LO-PR	Modelos Previsión y Comportamientos	PP-CFG	Configuración de Producto
LO-ECH	Cambios Ingeniería Objetos SAP	<b>HR</b>	<b>GESTION DEL PERSONAL</b>
<b>SM</b>	<b>GESTION DEL MANTENIMIENTO</b>	HR-PA-EMP	Datos Maestros de Personal
<b>EC</b>	<b>ENTERPRISE CONTROLLING</b>	HR-PA-PAY	Nómina
EC-PCA	Contabilidad Centros Beneficio	HR-PA-TRV	Gastos de Viaje
EC-BP	Planificación del Negocio	HR-PD-DM	Organización y Planificación
EC-MC	Consolidación a Nivel Directivo	HR-PD-PD	Desarrollo de Personal
EC-EIS	Executive Information System	HR-PD-SCM	Gestión de la Formación
<b>SD</b>	<b>VENTAS Y DISTRIBUCION</b>	HR-PA-APP	Selección de Personal
SD - MD	Datos maestros	HR-PA-TIM	Gestión de Tiempos
SD-SLS	Gestión de Ventas	<b>IS-R</b>	<b>INDUSTRY SOLUTION RETAIL</b>
SD-GF	Gestión Tarifas y Condiciones de Precio	IS-R	Planificación de Subidos
SD-SHP	Gestión de Expediciones	IS-R	Reaprovisionamiento
SD-BIL	Facturación	IS-R	Formatos de presentación
SD-IS	Sistemas de Información	IS-R	Sales Retail
SD-EDI	Intercambio Electrónico de Datos	CP	Inventario de proveedores
<b>PS</b>	<b>GESTION DE PROYECTOS</b>	MM	Compras Retail
PS-BD	Datos Basicos	SD	Transporte
PS-OS	Planificación del proyecto	RIS	Sistema de Información Retail
PS-PLN	Plan de Costes	<b>PM</b>	<b>GESTION DEL MANTENIMIENTO</b>
PS-APM	Proceso de Aprobación	PM-EQM	Identificación Descripción
PS-EXE	Seguimiento y Progreso del Proyecto	PM-PRM	Mantenimiento Preventivo
PS-IS	Sistema de Información	PM-WDC	Ordenes de Mantenimiento
		PM-PRO	Proyectos de Mantenimiento
		PM-SM	Gestión del Servicio

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2. Descripción de actividades**

Aplicación para la gestión de las reparaciones y mantenimiento de las instalaciones, que proporcionará indicadores de actividad actual y datos históricos:

- Gestión de flujos de trabajos, por responsables y áreas funcionales de Operación y mantenimiento.
- Gestión de órdenes de trabajo generadas por Centro de Coste, tiempo de respuesta y de resolución, tanto en internas (por personal propio) como en externas (empresas contratadas).
- Información sobre coste de las reparaciones o mantenimiento de instalaciones por centro de coste.
- Información sobre número y coste de las reparaciones realizadas por motivo de averías mecánicas y eléctricas.
- Reparaciones por equipos e instalaciones con alertas sobre indicadores en tasas superiores a las predeterminadas.
- Alertas de fechas de finalización de contratos de mantenimiento.

### **3.1.3. Matriz de responsabilidades**

Es la base de la implementación del sistema en la cual se establecen las actividades a realizar en los mantenimientos y los responsables de ejecutar las tareas.

#### **3.1.4. Plan de integración del sistema**

Provee una planificación y control del mantenimiento de la planta, a través de la calendarización, así como las inspecciones, mantenimiento de daños y administración de servicios para asegurar la disponibilidad de los sistemas operacionales.

- PM-EQM (Objetivos técnicos y de equipo)
- PM-PRM (Mantenimiento preventivo)
- PM-WOC (Administración de órdenes de mantenimiento)
- PM-PRO (Proyectos de mantenimiento)
- PM-SMA (Administración de servicios)
- PM-IS (Sistema de información de mantenimiento de planta)

#### **3.1.5. Plan de validación**

El módulo de mantenimiento divide en subsistemas las distintas áreas de los procesos productivos de la empresa, hasta llegar a los componentes, los cuales son llamados objetos técnicos, de acuerdo al nivel de análisis al que se quiere llegar. Para ello utiliza la siguiente estructura.

- Ubicaciones técnicas: La ubicación técnica, es un elemento de la estructura técnica (una de las formas con las que trabaja el sistema SAP), que representa un área de un sistema, en el que se puede instalar un objeto. Los objetos que se pueden instalar en las ubicaciones técnicas se denominan equipos en el sistema PM.

- Hoja ruta: Son instrucciones similares a las órdenes de trabajo, las que contienen las operaciones que se deben realizar en una posición de mantenimiento, con una determinada frecuencia de lubricación.

### **3.2. Administración de indicadores**

Se describen los indicadores para la medición de la propuesta de mejora.

#### **3.2.1. Indicadores de mantenimiento**

Los indicadores son herramientas que permiten medir y controlar la efectividad en el uso de recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos de un sistema de producción más limpia.

Es el valor promedio obtenido de dividir el tiempo total utilizado para reparaciones, sobre el número total de reparaciones realizadas.

Una desventaja de este índice es que no permite conocer al detalle las fallas que ocasionaron impactos significativos en la producción, lo cual se soluciona con el principio de Pareto al clasificar las fallas. A medida que este valor se reduce, las actividades de mantenimiento serán más eficientes en función de tiempo y recursos utilizados.

$$\text{Tiempo promedio de reparación} = \frac{\text{(Tiempo total de reparaciones)}}{\text{(Número de reparaciones realizadas)}}$$

De acuerdo con el personal de mantenimiento y producción, el tiempo promedio de una reparación debe estar entre 25 y 30 minutos, lo que en una jornada de trabajo de nueve horas significa un 5,56 %.

### **3.2.2. Medición de eficiencia**

La eficiencia se determina por las horas de paro no programado que se ahorra la empresa en realizar reparaciones de emergencia.

### **3.2.3. Medición de productividad**

La productividad se mide por la capacidad de producción de la línea ante lo cual el mantenimiento preventivo tiene un papel fundamental para que no se den paros no programados.

#### **3.2.3.1. Control de calidad**

El control de calidad del producto final se define como aquellas herramientas que permiten detectar en los procesos errores y velar por el cumplimiento de las especificaciones técnicas de un producto en proceso.

### **3.3. Preparación de control de limpieza de equipos**

Se describe la preparación para el control de limpieza del área de producción.

#### **3.3.1. Planeación estratégica**

Previo a realizar el mantenimiento se debe definir las actividades de inspección, personal involucrado en cada tarea, tiempos de inspección y mantenimiento, insumos, suministros, costos.

### 3.3.2. Programa de actividades

Los siguientes procedimientos son específicos para los componentes hidráulicos de la máquina.

Para comprobar la presión del sistema hidráulico, realizar lo siguiente:

- En la IHM, pulsar la tecla **Desactivar motor bomba** para detener el motor de la bomba.
- Abrir la cubierta de la unidad de potencia.
- En el distribuidor de potencia, quitar el tapón de la toma para manómetro PP6G y fijar un manómetro hidráulico con un acoplamiento rápido. El manómetro debe tener un rango de 0 a 206 bares (0 a 3,000 psi).
- En la IHM, pulsar la tecla **Activar motor bomba** para arrancar el motor de la bomba. Permitir que se forme presión en el sistema.
- Una vez que la presión del sistema sea estable, comparar la lectura del manómetro hidráulico con la presión de funcionamiento máxima del sistema
- Pulsar la tecla **Desactivar motor bomba** para detener el motor de la bomba.
- Desmontar el manómetro hidráulico e instalar el tapón de la toma del distribuidor de potencia.

Los siguientes procedimientos son específicos para los componentes eléctricos de la máquina.

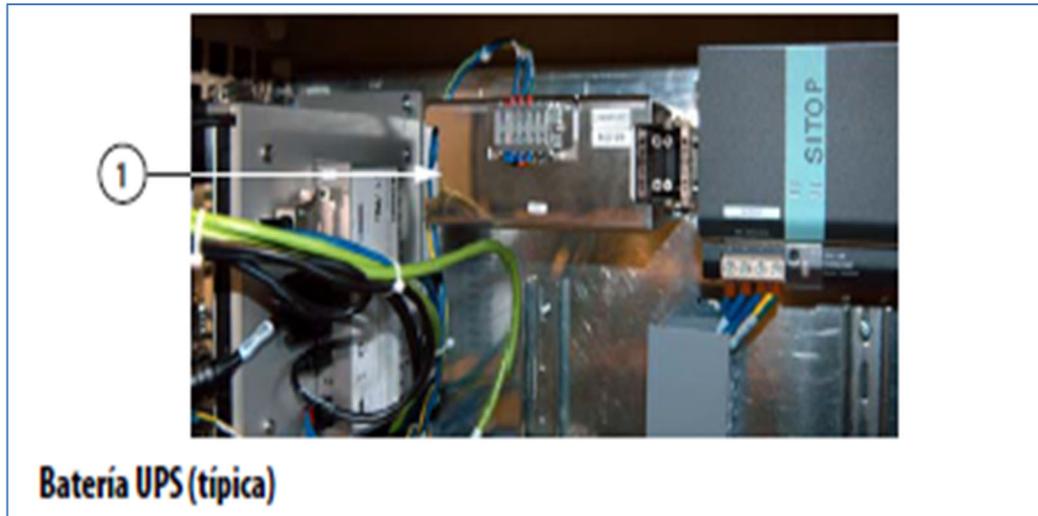
- Inspección de los componentes eléctricos. Para inspeccionar los componentes eléctricos de la máquina, realizar lo siguiente:
  - Bloquear y señalizar la máquina.
  - Comprobar que el armario eléctrico está firmemente asentado sobre sus pies de nivelación.
  - Limpiar el disipador de calor de la parte posterior del armario eléctrico con un trapo limpio.
  - Abrir las puertas del armario eléctrico y comprobar que no haya componentes agrietados, quemados o corroídos.
  - Inspeccionar todos los componentes eléctricos para detectar lo siguiente:
    - Conexiones flojas
    - Montaje seguro
    - Oscurecimiento de conexiones o cables
    - Brazos de mando sueltos (si hay)
    - Suciedad, polvo, aceite u otros restos
    - Ausencia de cubiertas, etiquetas o piezas
    - Reparar o limpiar componentes si es necesario
  - Comprobar que el ventilador esté limpio y que no existan obstrucciones en el flujo de aire.
  - Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

- **Sustitución de la batería de alimentación permanente (UPS)**

La máquina está equipada con una batería de alimentación permanente (UPS) que impide que el software de la IHM falle en caso de un corte del suministro eléctrico. También permite al usuario guardar los ajustes de la máquina y protege la IHM de fluctuaciones momentáneas de voltaje. Para sustituir la batería, realizar lo siguiente:

  - Guardar el archivo de configuración del molde actual.
  - Bloquear y señalizar la máquina.
  - Abrir el armario eléctrico y confirmar que las luces de la UPS se han apagado.
  - Desconectar los cables de la batería UPS.
  - Quitar los tornillos que fijan la batería al armario eléctrico.
  - Retirar la batería.
  - Colocar la nueva batería en el raíl y fijarla con los tornillos.
  - Conectar los cables a la nueva batería UPS.
  - Cerrar el armario eléctrico.
  - Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.
  - Conectar la máquina y acceder a la IHM
  - Cargar el archivo de configuración de molde actual para el molde que está montado.

Figura 7. **Batería UPS**



Fuente: elaboración propia.

- Inspección del motor eléctrico de la bomba. Para inspeccionar el motor eléctrico de la bomba, realizar lo siguiente:
  - Bloquear y señalizar la máquina.
  - Abrir la cubierta de la unidad de potencia.
  - Retirar la cubierta de la campana del motor eléctrico de la bomba.
  - Comprobar si el acoplamiento tiene holgura entre el motor y el conjunto de bomba.
  - Buscar cualquier signo de fugas de aceite procedentes del retén delantero de la bomba.
  - Volver a colocar la cubierta de la campana.
  - Cerrar la cubierta de la unidad de potencia.
  - Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

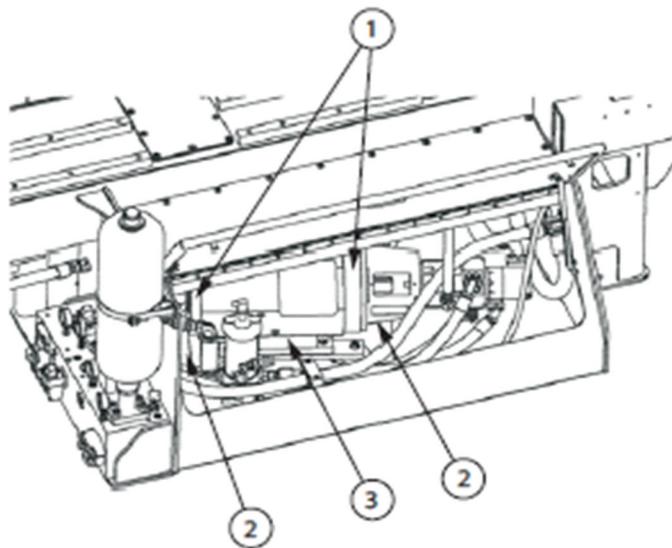
- **Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba.** Los rodamientos del motor eléctrico de la bomba se deben lubricar en los intervalos especificados en el programa de mantenimiento y siempre que el motor eléctrico se haya sobrecalentado. Para lubricar los rodamientos del motor eléctrico de la bomba, realizar lo siguiente:
  - En la IHM, pulsar la tecla **Activar motor bomba** para arrancar el motor de la bomba.
  - Dejar que el motor de la bomba funcione durante unos minutos para calentar la grasa y, a continuación, pulsar la tecla **Desactivar motor bomba** para apagar el motor de la bomba.
  - Bloquear y señalizar la máquina.
  - Retirar o abrir la cubierta de la unidad de potencia.
  - Retirar los tapones de salida situados a ambos lados del motor de la bomba.
  - Limpiar las boquillas de engrase del motor eléctrico con un trapo limpio.
  - Aplicar la cantidad de grasa indicada
  - Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.
  - Conectar la máquina y acceder a la IHM.

**NOTA:** Al hacer funcionar el motor de la bomba se expulsa la grasa usada de los rodamientos y se distribuye la grasa nueva uniformemente.

  - En la IHM, pulsar la tecla **Activar motor bomba** para arrancar el motor de la bomba.
  - Hacer funcionar el motor eléctrico durante 60 minutos con los tapones de salida quitados, para permitir que salga el sobrante de grasa o la grasa usada.

- Pulsar la tecla **Desactivar motor bomba** para detener el motor de la bomba.
- Bloquear y señalizar la máquina.
- Limpiar las superficies de los tapones de salida con un trapo limpio.
- Instalar los tapones de salida.
- Instalar o cerrar la cubierta de la unidad de potencia.
- Retirar las precauciones de bloqueo y señalización.

Figura 8. **Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba**



**Figura 6-232 Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba (típica)**

**1.** Boquillas de engrase **2.** Tapones de salida **3.** Placa de características del motor (su ubicación varía dependiendo del tipo de motor)

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Dispositivos de seguridad

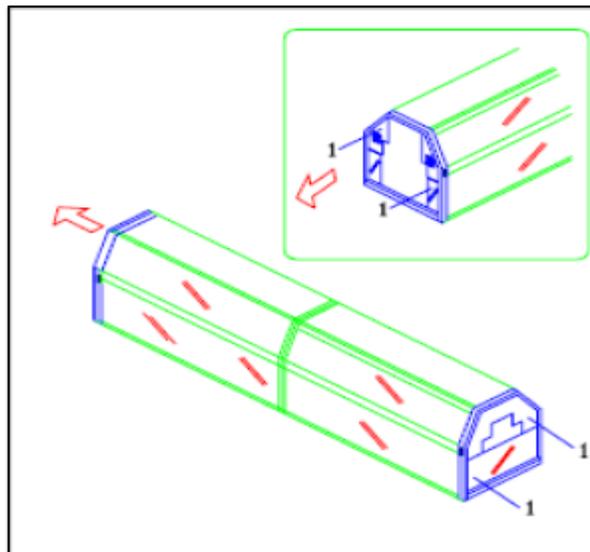
La máquina está dotada de protecciones fijas y móviles para aislar las zonas peligrosas.

#### 3.4.1. Protección fija

Estas protecciones están fijadas a la estructura con tornillos o pernos y pueden ser quitadas utilizando llaves apropiadas.

Podría necesitarse quitar dichas protecciones en el caso de que un técnico mecánico tuviera que realizar una actividad de mantenimiento extraordinario.

Figura 9. **Protección fija**



Fuente: elaboración propia.

### **3.4.2. Protección móvil**

Se trata de protecciones correderas o articuladas e interbloqueadas. Cada protección está dotada de un final de carrera de seguridad que impide su apertura, si la máquina está marchando.

Para poder abrir una protección, el operador tiene que presionar el pulsador parada disponible en la botonera principal. El ciclo automático de la máquina se para, la máquina se para al final del ciclo, luego se apagan los actuadores.

### **3.4.3. Dispositivos de seguridad en el armario eléctrico**

En el armario eléctrico se encuentra instalado el seccionador general. Al desconectar este dispositivo, se corta la corriente a todos los equipos de la máquina, incluido al cuadro eléctrico.

Las puertas del armario eléctrico están dotadas de cerraduras, cuyas llaves están solamente a disposición de personas autorizadas y al corriente de los riesgos eventuales

### **3.4.4. Pulsadores de paro de emergencia**

Estos pulsadores cabeza de hongo de color rojo se reconocen fácilmente. Presionando uno de dichos pulsadores, se produce la parada inmediata del ciclo automático y de todos los motores, y la desactivación inmediata de las resistencias calentadoras del horno de termorretracción.

Los pulsadores de emergencia se encuentran:

- En la botonera principal
- En el transportador de formación del estrato, lado opuesto operador
- En el transportador de formación del estrato, lado operador

Figura 10. **Pulsadores de paro de emergencia**



Fuente: elaboración propia.

### **3.4.5. Señales**

En la columna luminosa se encuentra instalado un avisador acústico que se acciona en los casos siguientes:

- Potencia a los actuadores (motores, neumática).
- Inicio del movimiento de la máquina.
- Banda del horno de termorretracción parada con túnel caliente.
- Anomalía de los contactores de los ventiladores del horno de termorretracción.
- Anomalías de los interruptores magnetotérmicos del horno de termorretracción.
- Contactores pegados de las resistencias del horno de termorretracción
- Sobretemperatura del horno de termorretracción.

## 4. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

### 4.1. Dispositivos de seguridad

La máquina está dotada de protecciones fijas y móviles para aislar las zonas peligrosas.

#### 4.1.1. Normas de seguridad

Las señalizaciones de seguridad se utilizan para marcar áreas potencialmente peligrosas en o alrededor de los equipos. Para garantizar la seguridad del personal relacionado con la instalación, funcionamiento y mantenimiento del equipo, aplicar las siguientes recomendaciones:

- Comprobar que todas las señales están en los lugares adecuados. Consultar los detalles en el paquete de planos.
- No modificar las señalizaciones.
- Mantener las señalizaciones limpias y visibles.
- Solicitar señales de repuesto cuando sea necesario.
- Consultar los números de referencia en el paquete de planos.
- En las señalizaciones de seguridad pueden aparecer los siguientes símbolos:
- **NOTA:** Las señalizaciones de seguridad pueden incluir una explicación detallada del peligro potencial y de las consecuencias asociadas.

Figura 11. Señalización de seguridad

Símbolo de seguridad	Descripción general del símbolo
	<p><b>Generalidades</b></p> <p>Este símbolo indica un peligro potencial de lesiones para las personas. Normalmente está acompañado con otro pictograma o texto para describir el peligro.</p>
	<p><b>Tensión peligrosa</b></p> <p>Este símbolo indica un peligro potencial de descarga eléctrica que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>
	<p><b>Material fundido y/o gas a alta presión</b></p> <p>Este símbolo indica la presencia de material fundido o de gas a alta presión que puede causar la muerte o quemaduras graves.</p>
	<p><b>Bloqueo/señalización</b></p> <p>Este símbolo identifica una fuente de energía (eléctrica, hidráulica o neumática) que debe desactivarse antes de realizar el mantenimiento.</p>
	<p><b>Aplastamiento y/o puntos de impacto</b></p> <p>Este símbolo indica una zona de riesgo de aplastamiento o de impacto que puede causar lesiones graves por aplastamiento.</p>
	<p><b>Presión elevada</b></p> <p>Este símbolo indica peligro por agua o vapor caliente que puede causar quemaduras graves.</p>

Continuación figura 11.

Símbolo de seguridad	Descripción general del símbolo
	<p><b>Acumulador de alta presión</b></p> <p>Este símbolo indica la liberación súbita de gas o aceite a alta presión que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>
	<p><b>Superficies calientes</b></p> <p>Este símbolo identifica la presencia de superficies calientes al descubierto que pueden causar quemaduras graves.</p>
	<p><b>Peligro de resbalones, tropiezos o caídas</b></p> <p>Este símbolo indica peligro de resbalones, tropiezos o caídas que pueden causar lesiones.</p>
	<p><b>Peligro de aplastamiento</b></p> <p>Este símbolo indica peligro de aplastamiento en la boca del husillo, lo que puede causar lesiones graves.</p>
	<p><b>Leer el manual antes de poner la máquina en funcionamiento</b></p> <p>Este símbolo indica que el personal cualificado debe leer y entender todas las instrucciones del manual antes de trabajar en el equipo.</p>
	<p><b>Rayo láser clase 2</b></p> <p>Este símbolo indica peligro de rayo láser que puede provocar lesiones graves a causa de una exposición prolongada.</p>
	<p><b>Toma de tierra de la cubierta de la camisa del husillo</b></p> <p>Este símbolo indica peligro por electricidad relacionado con el cable de tierra de la tapa de la camisa del husillo que puede causar la muerte o lesiones graves.</p>

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.2. Prohibición de quitar las protecciones**

Las protecciones se colocan cuando existe un peligro. Existen dos tipos de protecciones: móviles y fijas.

Las protecciones móviles disponen de bloqueos de seguridad para detener movimientos peligrosos cuando se mueven o retiran las protecciones.

Las protecciones fijas no tienen bloqueos de seguridad. Las protecciones fijas deben estar instaladas y completamente aseguradas en cualquier momento en el que se aplica tensión a la máquina.

#### **4.2. Procedimiento de mantenimiento**

Se describen los procedimientos de mantenimiento para el equipo.

##### **4.2.1. Normas de seguridad**

El personal que trabaje, instale y realice el mantenimiento o la reparación del equipo, debe cumplir las prácticas de trabajo seguro de conformidad con las siguientes pautas:

- Usar una escalera o plataforma adecuada para acceder a las distintas áreas de la máquina.
- Bloquear y señalizar las fuentes de energía eléctrica, neumática e hidráulica antes de realizar el mantenimiento de la máquina o de acceder al área de moldeo.

- Despresurizar el sistema hidráulico con la válvula de descarga manual y los circuitos hidráulicos individuales mediante un *kit* de muestreo de aceite antes de realizar el mantenimiento de cualquier componente hidráulico.
- No subirse al equipo mientras la máquina esté en funcionamiento.
- No poner en marcha la máquina a menos que todas las protecciones de seguridad estén colocadas.

Se pueden dar peligros mecánicos en varios componentes como se describe a continuación

- Mangueras y retenciones de seguridad gastadas
  - Inspeccionar y reemplazar regularmente todos los conjuntos de mangueras y las retenciones de seguridad.
- Mangueras para el agua de refrigeración
  - Las mangueras para el agua de refrigeración se degradan con el tiempo y deben ser reemplazadas anualmente. Las mangueras para el agua de refrigeración que pasan cerca de la camisa del husillo están expuestas a altas temperaturas que acortan su vida útil y pueden requerir su sustitución con más frecuencia. Las mangueras degradadas se vuelven frágiles y pueden romperse o separarse del *racor* cuando son manipuladas. Inspeccionar las mangueras regularmente y cambiarlas cuando sea necesario para minimizar los riesgos de fallo.

Esperar hasta que la máquina se haya enfriado antes de efectuar cualquier reparación en las mangueras para el agua de refrigeración.

- Unidades de cierre e inyección
  - Los circuitos hidráulicos de las unidades de inyección y de cierre contienen acumuladores de alta presión. Antes de trabajar en los sistemas hidráulicos, bloquear y señalizar la máquina para descargar toda la energía almacenada. Si se va a trabajar en los sistemas hidráulicos, leer los manuales del equipo y consultar los esquemas hidráulicos para conocer todos los detalles.

#### **4.2.2. Prohibición de quitar las protecciones**

Las protecciones de la máquina y señales de seguridad solo pueden ser removidas por el personal de mantenimiento o jefatura, debido que la seguridad de los trabajadores y la planta recae en todo el personal para la prevención de condiciones inseguras y evitar accidentes.

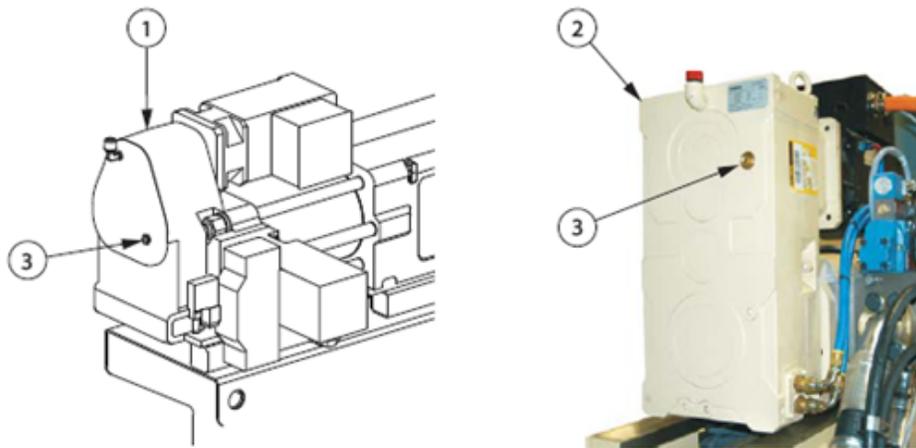
### 4.3. Programa de mantenimiento

Se describe el plan de mantenimiento de la maquina en estudio.

#### 4.3.1. Mantenimiento de engranajes

El siguiente procedimiento describe cómo vaciar y llenar de aceite la caja de engranajes.

Figura 12. Caja de engranajes



1. Caja de engranajes  
3. Mirilla de nivel

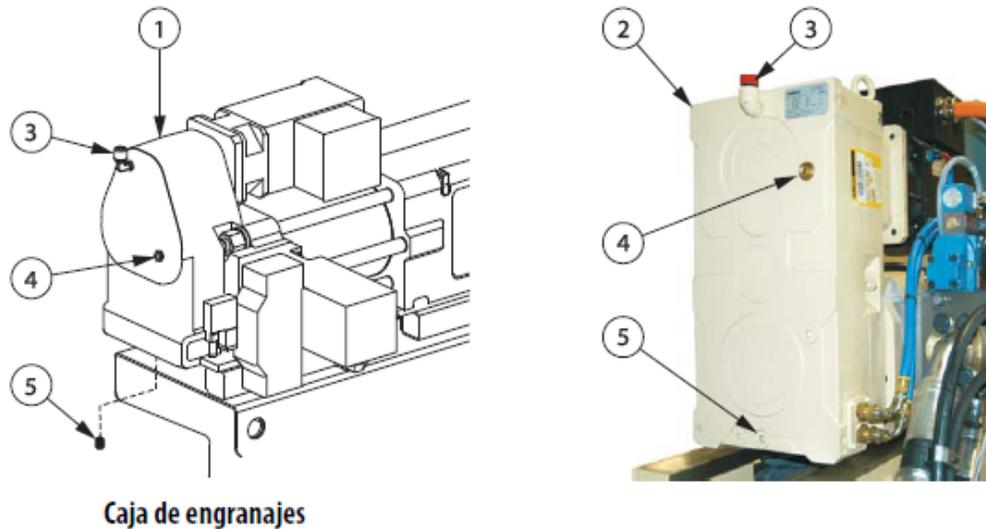
2. Caja de engranajes (de RS65 a RS115)

Fuente: elaboración propia.

Vaciado de la caja de engranajes: para vaciar el aceite de la caja de engranajes, realizar lo siguiente:

- Bloquear y señalizar la máquina.
- Limpiar las zonas alrededor del tapón con respiradero, el tapón de rebose y el tapón de drenaje.
- Retirar el tapón con respiradero.
- Colocar un recipiente debajo de la caja de engranajes que pueda contener todo el volumen de aceite de la caja de engranajes.
- Quitar el tapón de drenaje y dejar que la caja de engranajes se vacíe completamente en el recipiente.
- Instalar el tapón de drenaje.
- Llenar la caja de engranajes con aceite nuevo.
  
- Llenado de la caja de engranajes con aceite
  - Bloquear y señalizar la máquina.
  - Asegurarse de que el tapón de drenaje esté instalado.
  - Añadir aceite a través del tapón con respiradero hasta que el nivel llegue al centro de la mirilla.
  - Instalar el tapón con respiradero.
  - Limpiar cualquier aceite derramado.
  - Retirar todos los bloqueos y señalizaciones.

Figura 13. **Piezas de la caja de engranajes**



- 1. Caja de engranajes**                      **2. Caja de engranajes**  
**3. Tapón con respiradero**   **4. Mirilla de nivel**   **5. Tapón de drenaje**

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.2. Mantenimiento de rodamientos**

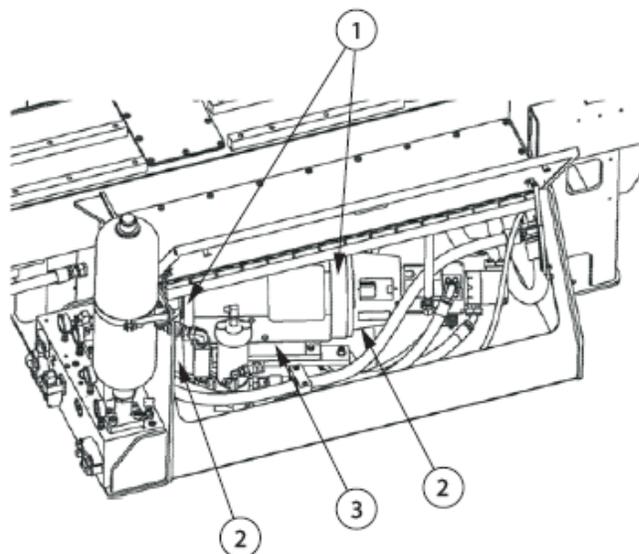
Los rodamientos del motor eléctrico de la bomba se deben lubricar en los intervalos especificados en el programa de mantenimiento y siempre que el motor eléctrico se haya sobrecalentado

Para lubricar los rodamientos del motor eléctrico de la bomba, realizar lo siguiente:

- En la IHM, pulsar la tecla Activar motor bomba para arrancar el motor de la bomba.

- Dejar que el motor de la bomba funcione durante unos minutos para calentar la grasa y, a continuación, pulsar la tecla Desactivar motor bomba para apagar el motor de la bomba.
- Bloquear y señalizar la máquina.
- Retirar o abrir la cubierta de la unidad de potencia.
- Retirar los tapones de salida situados a ambos lados del motor de la bomba.
- Limpiar las boquillas de engrase del motor eléctrico con un trapo limpio.
- Aplicar grasa a las boquillas de engrase.
- Consultar la placa de características del motor eléctrico de la bomba para saber el tamaño del bastidor y la grasa que hay que utilizar.
- Retirar todos los bloqueos y señalizaciones
- Conectar la máquina y acceder a la IHM. Consultar el *Manual del operador* de la máquina para obtener más información.
- En la IHM, pulsar la tecla Activar motor bomba para arrancar el motor de la bomba.
- Hacer funcionar el motor eléctrico durante 60 minutos con los tapones de salida quitados para permitir que salga el sobrante de grasa o la grasa usada.
- Pulsar la tecla desactivar motor bomba para detener el motor de la bomba.
- Bloquear y señalizar la máquina.
- Limpiar las superficies de los tapones de salida con un trapo limpio.
- Instalar los tapones de salida.
- Instalar o cerrar la cubierta de la unidad de potencia.
- Retirar las precauciones de bloqueo y señalización.

Figura 14. **Lubricación de los rodamientos del motor eléctrico de la bomba**



1. Boquillas de engrase 2. Tapones de salida 3. Placa de características del motor (su ubicación varía dependiendo del tipo de motor)

Una pistola de engrase estándar de 670 bares (10 000 psi), 473 ml (16 onzas) suministra aproximadamente

1,2 ml (0,04 onzas) de grasa con cada carrera de la bomba manual.

Una pistola de engrase estándar de 400 bares (5 800 psi), 500 ml (17 onzas) suministra aproximadamente

1,4 ml (0,05 onzas) de grasa con cada carrera de la bomba manual.

Una pistola de engrase estándar de 670 bares (10 000 psi), 710 ml (24 onzas) suministra aproximadamente 1,8 ml (0,06 onzas) de grasa con cada carrera de la bomba manual.

Fuente: elaboración propia.

### **4.3.3. Mantenimiento del sistema de enfriamiento**

Los siguientes procedimientos son específicos para los componentes hidráulicos de la máquina.

La máquina debe funcionar por un periodo de tiempo antes de iniciar la producción si:

- La máquina se pone en marcha por primera vez después de un periodo de almacenamiento prolongado.
  - Se ha sustituido el suministro de aceite hidráulico
  - Se ha instalado una bomba hidráulica nueva
  - Se ha instalado una manguera hidráulica nueva
  - Se ha instalado un distribuidor hidráulico nuevo

Este proceso garantizará que no haya presencia de aire en el sistema hidráulico. Para eliminar el aire del sistema hidráulico, realizar lo siguiente:

- En el distribuidor de potencia, quitar la tapa de la toma para manómetro marcada PP6G y fijar un manómetro hidráulico. El manómetro debe tener capacidad para leer presiones de hasta 210 bares (3,046 psi).
- Desmontar la válvula CEN para aislar los elementos hidráulicos de la unidad de cierre de la bomba hidráulica.

- Comprobar el manómetro en el distribuidor de potencia. Si la presión del sistema es inferior a 20 bares (290 psi), dejar que la bomba funcione en incrementos de un minuto hasta que la presión del sistema alcance los 20 bares (290 psi).
- Aumentar gradualmente el tiempo de funcionamiento de la bomba hidráulica hasta llegar a una hora aproximadamente.
- Al final de este periodo de una hora, pulsar la tecla **Desactivar motor bomba** para detener la bomba hidráulica.
- Instalar la válvula CEN.
- Comprobar el manómetro en el distribuidor de potencia. Cuando la presión del sistema alcance la presión de funcionamiento máxima, dejar que el motor de la bomba siga funcionando otros 20 minutos.

#### **4.3.4. Análisis de lubricantes**

El lubricante, los productos selladores y el aceite hidráulico usado en la máquina deben cumplir determinadas especificaciones ,como se describe en los siguientes apartados.

##### **4.3.4.1. Tipos de lubricación**

Se deben utilizar únicamente los aceites que se describen en el manual del fabricante.

- Sistema hidráulico
  - Total Azolla ZS46
  - Chevron AW46
  - Petro-Canada Hydrex AW46

- Chevron Rando HD46
- Shell Tellus S2M 46
- Shell Tellus S3M 46
- Shell Tellus S4 ME 46
- Mobil DTE 25
- Mobil DTE 10 Excel 46
- Schaeffer 254-ISO 46[12]
- Hydrotex SYN-Nth[12]
- Klüberfood 4 NH1 46

#### **4.3.4.2. Propiedades de los lubricantes**

Los aceites hidráulicos con un elevado contenido de zinc como parte del paquete de aditivos antidesgaste (> 400 ppm Zn), mostrarán probablemente un incremento equivalente en el contenido de cobre en el transcurso del tiempo, según se ha apreciado en la muestra de aceite. Si bien este cobre (en solución con el aceite) no supone ninguna amenaza como contaminante de partículas, se sabe que puede incrementar los niveles de oxidación del fluido. Por lo tanto, no es deseable un contenido de cobre extremadamente alto (> 100 ppm Cu).

## CONCLUSIONES

1. Los diagramas de procesos constituyen una herramienta que permite la estandarización, con la utilización de símbolos específicos que facilitan la comprensión y el análisis de los procedimientos, por lo que el conocimiento de la simbología y su significado ayudan al registro de las tareas estudiadas, contribuyendo a la correcta interpretación de la información diagramada, de manera que se puedan establecer los puntos críticos para efectuar las mejoras.
2. Unas temperaturas elevadas del aceite [aproximadamente de 53 a 55 °C (de 127 a 130 °F)] pueden reducir la calidad del aceite hidráulico y la viscosidad/lubricidad, e influir significativamente en los componentes hidráulicos.
3. Una vez alcanzado el ajuste de la fuerza de cierre, comienza la inyección. Si la fuerza de cierre desciende un 10 % o más durante la inyección hasta el final de la refrigeración, se inicia la alarma de pérdida de fuerza de cierre o de pérdida de fuerza de cierre durante la inyección
4. Solo debe permitirse el mantenimiento del equipo a personal completamente formado y cualificado. El personal cualificado debe mostrar aptitudes y conocimientos relacionados con la construcción, instalación y funcionamiento del equipo de moldeo por inyección y haber recibido formación sobre seguridad en lo que respecta a los peligros relacionados.



## **RECOMENDACIONES**

1. Es indispensable que los procedimientos sean comunicados y explicados a los trabajadores que operan las máquinas, esto se puede realizar con una capacitación que debe de ser impartida por el supervisor de turno a su grupo de trabajo.
2. El plan de capacitaciones es recomendable que lo realice en la primera parte una persona externa y combinar la capacitación con uno de los representantes de la empresa, para que el empleado perciba el involucramiento de los gerentes.
3. Crear programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la vida útil de la maquinaria y equipo, y de esta forma minimizar los costos de operación, evitando paros imprevistos en la producción.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BOLAÑOS GUDIEL, Erick Garivaldi. Diseño, *mantenimiento en formado*. Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990. 178 p.
2. CARDONA, Celio Alberto. *Mantenimiento Preventivo Industrial*. 1 ed. Cali, Colombia: McGraw-Hill, 2004.200 p.
3. DELMONTE, John. *Moldeo de Plásticos*. Barcelona, España: S.E, 1967.136 p.
4. DOYLE, Lawrence E. *Materiales y procesos de manufactura para ingenieros*. México: Prentice-Hall, 1988. 107 p.
5. GRIMALDI, John V.; ROLLIN, H. Simonds. *La seguridad industrial, su administración*.3a ed. México: Representaciones y servicios de Ingeniería, 1979. 185 p.
6. IXCOLÍN BARRIOS, Julio César. *Sistemas informáticos para la automatización de programas de mantenimiento*. Tesis Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,1995.p,

