



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

**REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE
ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE
PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ**

Hector Leopoldo García Citan

Asesorado por el Ing. Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE
ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE
PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HECTOR LEOPOLDO GARCÍA CITAN

ASESORADO POR EL ING. ELVIS WAGNER FERNANDO COYOY ZACARIAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

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. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali 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:

REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de junio de 2018.



Hector Leopoldo García Citan

Ing. Juan José Peralta Dardón.
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
Facultad de Ingeniería.
U.S.A.C.
Presente.

Estimado Ingeniero Juan José Peralta Dardón.

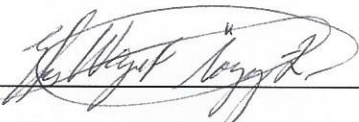
Me es grato dirigirme a usted, para informarle que se procedió a la asesoría y revisión del Trabajo de Graduación titulado **"REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ "**, desarrollado por el estudiante universitario Hector Leopoldo García Citan con número de carne 2001-17659.

El trabajo presentado por el estudiante ha sido presentado cumpliendo con los requisitos necesarios, por lo que considero que el trabajo ha cubierto los objetivos del estudio planteado, habiendo proyectado criterios de ingeniería en su desarrollo. Por lo que permito informarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted para los tramites respectivos.

Línea de investigación: 1. Operaciones, 1.1 Manufactura, 1.1.1 Productividad

Sin otro particular me despido de usted.

Atentamente.



Ingeniero Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías

Colegiado número 8308.

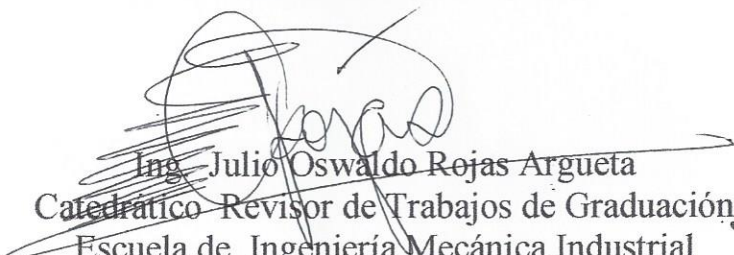
Elvis Wagner Fernando Coyoy Zacarías
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 8308



REF.REV.EMI.034.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ**, presentado por el estudiante universitario **Hector Leopoldo García Citan**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación **Julio O. Rojas Argueta**
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 10,870

Guatemala, abril de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

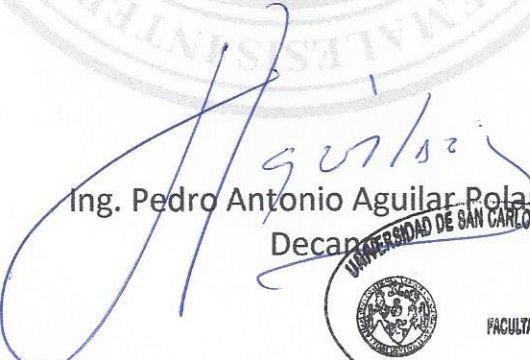


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 276.2019

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 Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO, MEDIANTE UN PROGRAMA DE ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN DE LA CAJA REDUCTORA, EN UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO EN LA EMPRESA NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Leopoldo García Citán**, 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** Por orientar mi camino y brindarme la sabiduría y aptitudes necesarias para lograr todas las metas que me proponga.
- Mi madre** Thelma Yolanda Citan Villagrán, por darme su amor, comprensión y apoyo a lo largo de mi vida. Por sus sacrificios para que tuviera siempre lo necesario y por ser un ejemplo de trabajo y dedicación. Por ser una madre ejemplar, por sus consejos y por creer siempre en mí.
- Mi padre** (q. e. p. d.), por siempre creer en mí, apoyarme, y brindarme siempre lo necesario para que pudiera desarrollar en la vida, por llevarme en sus hombros y darme tu amor y apoyo.
- Mi esposa** Evelyn Regina Hernández Hernández, por su amor, apoyo y comprensión en cada momento de nuestra vida junta. Por siempre creer en mí y apoyarme en la realización de mis objetivos. Por ser una excelente madre.

Mi hija

Sarah Elizabeth García Hernández, por ser la mejor parte de mi vida, mi motivación día a día, por su sonrisa, por ser la razón para querer ser mejor persona y dar un buen ejemplo.

Mi tía Aidé Villagrán

Por sus consejos, cariño y cuidados a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de cumplir mis objetivos académicos y ser una universidad al servicio del pueblo.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y la oportunidad de ser un profesional al servicio de mi familia y mi país.
Carlos De La Cruz	Por su apoyo, ayuda y amistad durante la mayor parte de mi vida. Por ser un hermano para mí.
Asesor	Ing. Wagner Coyoy, por su ayuda y apoyo al asesorar mi trabajo de graduación. Por su amistad.
Negocios Unidos POLIFAZ	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.
Mis tías y primos	Por sus consejos y cariño durante toda mi vida. En especial a Nancy Citan, gracias hermana.
Mis amigos	Por todos los momentos que vivimos y seguiremos viviendo juntos. Por su apoyo y aliento cuando más lo necesite.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES DE NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ.....	1
1.1. Negocios Unidos Polifaz (Polifaz).....	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia.....	2
1.1.3. Misión.....	2
1.1.4. Visión	2
1.2. Servicios.....	3
1.2.1. Administración de proyectos.....	3
1.2.2. Ingeniería	3
1.3. Estructura organizacional	4
1.3.1. Organigrama	4
1.3.2. Descripción de puestos	5
1.4. Costos	5
1.4.1. Definición de costo	6
1.4.2. Características del costo	6
1.4.3. Tipos de costo.....	8
1.5. Lubricación.....	10
1.5.1. Definición	11

1.5.2.	Características de la lubricación.....	12
1.5.3.	Tipos de lubricante	14
1.5.3.1.	Aceites minerales puros.....	15
1.5.3.2.	Aceites minerales de extrema presión (EP).....	15
1.5.3.3.	Grasas	16
1.5.3.4.	Aceites sintéticos.....	16
1.6.	Caja reductora	17
1.6.1.	Definición	17
1.6.2.	Características de las cajas.....	18
1.6.3.	Tipos de cajas reductoras	20
1.6.4.	Engranajes.....	21
1.6.4.1.	Definición de engranaje.....	21
1.6.4.2.	Características	23
1.6.4.3.	Tipos de engranaje.....	24
1.6.4.4.	Desgaste en engranajes	25
1.7.	Mantenimiento de la extrusora	29
1.7.1.	Definición	29
1.7.2.	Lineamientos	30
1.7.3.	Tipos de mantenimiento	31
1.7.3.1.	Mantenimiento preventivo	31
1.7.3.2.	Mantenimiento correctivo	32
1.7.3.3.	Mantenimiento proactivo	33
1.7.3.4.	Mantenimiento predictivo	34
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL AREA DE EXTRUSION DE LA EMPRESA POLIFAZ	35
2.1.	Departamento de producción	35
2.1.1.	Maquinaria	37

2.1.2.	Recurso humano	38
2.1.3.	Horas de trabajo	38
2.2.	Tipo de maquinaria	39
2.2.1.	Extrusora PLASTIMAC MODELO 1985 SERIE ER25	39
2.3.	Controles de calidad	40
2.3.1.	Bitácoras técnicas.....	40
2.3.2.	Muestreo aleatorio	41
2.4.	Controles de mantenimiento.....	41
2.4.1.	Responsable del área.....	42
2.4.2.	Bitácoras de mantenimiento	42
2.4.3.	Seguimiento e indicadores	42
2.5.	Descripción del proceso de extrusión.....	43
2.5.1.	Responsables	43
2.5.2.	Tiempos de proceso	43
2.6.	Lubricantes en uso.....	43
2.6.1.	Tipo de lubricante	43
2.6.2.	Cantidad de lubricante por extrusora	47
2.6.3.	Cambio de lubricante.....	47
2.7.	Seguridad a recurso humano	47
2.7.1.	Señalización.....	48
2.7.2.	Herramientas de protección personal.....	48
2.7.3.	Extintores o extinguidores	49
3.	PROPUESTA PARA REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO EN AREA DE EXTRUSION.....	51
3.1.	Departamento de producción	51
3.1.1.	Lista de antecedentes.....	51

3.1.1.1.	Tiempo transcurrido entre cambios de lubricante	51
3.1.1.2.	Tiempo trascurrido entre cambios de engranajes.....	52
3.1.1.2.1.	Tiempo ocioso de la extrusora	52
3.2.	Fallas críticas en la extrusora	53
3.2.1.	Fallas por desgaste	53
3.2.2.	Fallas por fatiga superficial.....	55
3.2.3.	Fallas por fractura.....	56
3.3.	Causas de atrasos	57
3.3.1.	En área de producción	57
3.3.1.1.	Falta de conocimiento del personal	58
3.3.1.2.	Falta de repuestos.....	58
3.3.1.3.	Falta de personal.....	59
3.3.1.4.	Paro de maquinaria para mantenimiento.....	60
3.3.1.5.	Cambio de aceite lubricante.....	62
3.3.2.	Fallas mecánicas	63
3.3.2.1.	Falta de mantenimiento.....	64
3.3.2.2.	Falla inesperada.....	65
3.4.	Materia prima	66
3.4.1.	Aplicaciones de la materia prima	66
3.4.2.	Tipos de materia prima utilizados.....	67
3.4.3.	Características de la materia prima utilizada	71
3.5.	Eficiencia de operación.....	75
3.5.1.	Cantidad producida.....	75
3.5.2.	Tiempo de producción	75
3.5.3.	Calidad de producción	75

3.6.	Costos de producción de la extrusora	76
3.6.1.	Costo de materia prima	76
3.6.2.	Costo de energía eléctrica.....	77
3.7.	Merma de materia prima.....	77
3.7.1.	Merma reutilizable	79
3.7.2.	Merma no reutilizable	79
3.7.3.	Propuesta de reducción de costos, mediante un análisis de lubricación en área de extrusión.	80
3.7.3.1.	Plan de acción	81
3.7.3.1.1.	Revisión integral de extrusoras	82
3.7.3.1.2.	Detección de fallas potenciales.....	82
3.7.3.1.3.	Programación de fechas para cambios.....	82
3.7.3.1.4.	Asignación de mano de obra.....	83
3.7.3.1.5.	Realizar toma de muestras de lubricante	83
3.7.3.1.6.	Supervisión de la ejecución del plan	83
3.7.3.1.7.	Seguimiento al plan	84
3.8.	Corriente eléctrica en proceso de extrusión	84
3.8.1.	Tipo de corriente eléctrica	84
3.8.2.	Características de la corriente eléctrica	84
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	85
4.1.	Ejecución del plan de acción	85

4.1.1.	Área de extrusión.....	85
4.1.1.1.	Herramientas necesarias	86
4.2.	Análisis de lubricación	87
4.2.1.	Tipo de análisis.....	88
4.2.1.1.	Inspección olfativa y visual.....	88
4.2.1.2.	Diagnóstico de estado de lubricante en laboratorio	90
4.2.2.	Características del análisis.....	90
4.2.2.1.	Análisis físico.....	91
4.2.2.2.	Análisis químico	92
4.2.2.3.	Costo del análisis	93
4.3.	Implementación del plan.....	94
4.3.1.	Responsable de implementación	94
4.3.1.1.	Costo de mano de obra.....	95
4.3.1.2.	Recurso humano necesario para implementación	97
4.3.2.	Toma de muestra de lubricante.....	97
4.3.2.1.	Tiempo utilizado para toma de la muestra.....	99
4.3.3.	Envío de muestras al laboratorio.....	100
4.3.3.1.	Laboratorio de Oroshell S. A.....	100
4.3.4.	Estado físico de lubricante en diagnóstico recibido	104
4.3.5.	Estado de desgaste de componentes en diagnóstico recibido	107
4.3.5.1.	Desgaste de engranajes	107
4.3.6.	Comunicar diagnóstico a gerente de mantenimiento	108
4.4.	Diagnóstico de análisis del lubricante	108

4.4.1.	Desgaste del aceite lubricante	109
4.4.2.	Acciones a tomar	110
4.4.2.1.	Acciones preventivas	110
4.4.2.2.	Acciones correctivas	111
4.5.	Área de bodega de repuestos y materia prima	111
4.5.1.	Responsable de bodegas	113
4.5.1.1.	Auxiliar de bodega	114
4.5.2.	Inventario	114
4.6.	Compra de repuestos	116
4.6.1.	Responsable de compra de repuestos	116
4.6.2.	Tipo de repuestos a cotizar	117
4.6.2.1.	Realizar cambio de repuestos	117
4.7.	Compra de lubricante	118
4.7.1.	Responsable de la compra del lubricante	119
4.7.2.	Tipo de lubricante a cotizar	120
4.7.3.	Cotizaciones	121
4.7.4.	Responsable de realizar el cambio de lubricante..	122
4.7.4.1.	Gerente de mantenimiento	122
4.8.	Proyección de tiempo invertido de mantenimiento preventivo en caja reductora	122
4.8.1.	Costos mensuales	123
4.8.1.1.	Costo mensual de mantenimiento preventivo	124
4.8.1.1.1.	Costo de horas hombre invertidas	124
4.8.1.1.2.	Costo por paro de maquinaria	125
4.8.1.2.	Costo mensual de mantenimiento correctivo	127

4.8.2.	Reducción de costos	128
4.9.	Gerencia general	129
4.9.1.	Gerente de mantenimiento	130
4.9.1.1.	Operadores de las extrusoras.....	130
4.9.2.	Capacitación del personal	131
4.9.2.1.	Capacitaciones teóricas	132
4.9.2.2.	Capacitaciones prácticas	133
4.9.3.	Coordinar evaluaciones.....	133
4.9.3.1.	Evaluaciones teóricas	134
4.9.3.2.	Evaluaciones prácticas.....	136
4.10.	Consolidado de costos de implementación	136
5.	SEGUIMIENTO AL PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN ÁREA DE EXTRUSIÓN	139
5.1.	Resultados obtenidos	139
5.1.1.	Interpretación.....	140
5.1.2.	Aplicación	141
5.2.	Ventajas competitivas.....	142
5.2.1.	Mejora en tiempos de entrega de producto terminado.....	143
5.2.2.	Disminución de rotación de personal	144
5.3.	Beneficios	146
5.3.1.	Disminución de costos de mantenimiento correctivo	146
5.3.2.	Disminución de pago de horas extra en alta demanda.....	146
5.4.	Metodología de realización de mantenimiento preventivo	147
5.4.1.	Diario.....	147
5.4.2.	Programado	147

5.5.	Capacitaciones en área de extrusión	148
5.5.1.	Capacitaciones cíclicas	148
5.5.2.	Evaluaciones cíclicas.....	149
5.6.	Estadísticas en área administrativa	149
5.6.1.	Bitácora de fallas	150
5.7.	Auditorías de procesos	151
5.7.1.	Auditoría interna	151
CONCLUSIONES		153
RECOMENDACIONES.....		155
BIBLIOGRAFIA.....		157
APÉNDICE.....		161
ANEXOS		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de taller de Polifaz	4
2.	Imagen de lubricación.....	10
3.	Caja reductora para extrusión	17
4.	Vista externa de la caja reductora de extrusora Plastimac	18
5.	Tipos de engranajes	25
6.	Fallas en engranajes	28
7.	Diagrama típico de una extrusora de tornillo simple	29
8.	Diagrama causa y efecto, situación actual en Polifaz	36
9.	Esquema básico de una extrusora mono husillo.....	37
10.	Presentación de 5 galones, Engralub 220.....	44
11.	Presentación de 5 galones de lubricante Shell Omala S2	46
12.	Polietileno de baja densidad.....	68
13.	Algunos productos a base de polipropileno	70
14.	Clasificación de los plásticos	74
15.	Merma dura no reutilizable	80
16.	Extrusora Plastimac.....	86
17.	Toma de muestra del lubricante	99
18.	Almacenaje de materia prima	113
19.	Engranajes en bodega.....	116
20.	Evaluación teórica de extrusión.....	135
21.	Ficha técnica para registro de fallas en la extrusora.....	150

TABLAS

I.	Ficha técnica de extrusora Plastimac 1985 ER 25.....	40
II.	Especificaciones técnicas del Engralub PDV	45
III.	Especificaciones técnicas del Shell Omala S2 G220	46
IV.	Costo de materia prima	76
V.	Reporte de análisis de lubricante de extrusora Plastimac ER25	106
VI.	Precios de lubricante utilizados	121
VII.	Inversión de tiempo en revisiones de mantenimiento preventivo en caja reductora.....	123
VIII.	Costo por saco de materia prima.....	126
IX.	Consolidado de costos de implementación	137

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados o Celsius
Kg	Kilogramo
KW	Kilovatio es una medida de potencia eléctrica equivalente a 1 000 vatios.
m	Metro
μm	Micrómetro
mm	Milímetro
nm	Nanómetro
Nm	Newton metro, unidad de medida de esfuerzo de torsión
%	Porcentaje
CSt	Unidad física de la viscosidad cinemática en el sistema CGS
η	Viscosidad absoluta (lb _m /pie*h)

GLOSARIO

AGMA	Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes.
AISE	Asociación de Ingenieros del Hierro y Acero.
ASTM	Asociación Americana de Ensayos de Materiales.
Bitácora técnica	Permite llevar un registro por escrito de diversas acciones.
Cíclico	Algo que se reitera de manera periódica.
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales.
Desgaste	Erosión de material que sufre una superficie sólida debido a la acción de otra superficie.
Diagnóstico	Reunir datos para analizarlos e interpretarlos, permitiendo evaluar una cierta condición.
Eficiencia	Lograr los resultados con el mínimo de recursos posibles.
Herrumbre	Es una capa de color marrón o rojizo que se forma en la superficie del hierro u otros metales a causa de la oxidación que provoca la humedad o el agua.

Hidrodinámica

Es una parte de la dinámica que estudia el movimiento de los líquidos en relación con las causas que lo originan.

Molécula

Es la partícula más pequeña que presenta todas las propiedades físicas y químicas de una sustancia, y se encuentra formada por dos o más átomos.

Potencia

Cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.

RESUMEN

Se realizó una evaluación y análisis de la situación actual en la que se encuentra la empresa Negocios Unidos Polifaz, específicamente en el área de extrusión en su planta de producción, tanto de su programa de lubricación como de su programa general de mantenimiento preventivo.

Este estudio se realizó partiendo de la necesidad que tiene la planta de producción de determinar el porqué del aumento en los mantenimientos correctivos realizados en el último año y medio.

Al realizar la evaluación se pudo percatar que no existe un programa de mantenimiento preventivo que se lleve a cabo de forma estructurada, sino que se basa en la experiencia que tiene el gerente de mantenimiento, quien realiza un excelente trabajo si se toma en cuenta que es él quien tiene a su cargo casi la totalidad de la operación en la planta, sin embargo, se necesitaba de un análisis más a fondo para determinar las causas raíz del aumento de fallas.

Al no existir un programa de mantenimiento preventivo definido, no existía a su vez un programa de lubricación para las extrusoras, por lo que se procedió a evaluar el sistema de lubricación que se estaba usando en la planta y los intervalos de tiempo entre cambio de lubricante.

Se realizó un estudio de lubricación, tomando una muestra del lubricante con el que se estaba operando y se mandó a analizar a la empresa Oroshell S.A. quienes son los proveedores del lubricante que se utiliza en Polifaz,

quienes a su vez tienen un laboratorio de confianza al cual envían todas sus muestras de laboratorio de nombre POLARIS LABORATORIES.

Al obtener el resultado del laboratorio se constató que en efecto el aceite ya no estaba en las condiciones ideales de operación.

Presentaba una muy baja viscosidad y contenía restos de contaminantes metálicos, propios del desgaste de los engranajes ubicados en la caja reductora, y se notó que estas mismas condiciones se repetían para el resto de las extrusoras.

Los cambios de lubricante no se están efectuando con los ciclos de cambio adecuados y al alargarle el tiempo de utilización al lubricante, este pierde sus propiedades físicas, afectando la protección que le brinda a todos los componentes sujetos a lubricación, provocando desgaste en las piezas. Este desgaste provoca que se contamine el lubricante con partículas de metal, deviniendo en una reducción de la vida útil de los componentes y del aceite lubricante.

Por lo anterior se realizaron capacitaciones a todo el equipo de trabajo con el fin de enseñar los aspectos básicos de la extrusión y la forma adecuada de operar dicha maquinaria.

Se elaboró una lista de revisión con periodicidad diaria, semanal y mensual, sobre aspectos básicos a revisar en los recorridos realizados por el gerente de mantenimiento.

Asimismo, se dieron las recomendaciones pertinentes a tener en cuenta de ahora en adelante en lo que a mantenimiento preventivo se refiere, y de esa manera diagnosticar o prever las fallas antes de su ocurrencia.

OBJETIVOS

General

Reducir los costos de mantenimiento, mediante un programa de análisis de lubricación de la caja reductora, en una extrusora de plástico en la empresa NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ.

Específicos

1. Ejecutar una adecuada calibración de la extrusora, con el fin de obtener un mejor rendimiento de la materia prima utilizada en los procesos ejecutados en la operación de las mismas.
2. Implementar rutinas efectivas de trabajo en el área de proceso, para con ello disminuir las fallas humanas y de maquinaria en operación.
3. Tener una producción fluida, reduciendo demoras y tiempos ociosos, a través de un programa de mantenimiento preventivo y proactivo que permita reducir los paros por falla en la maquinaria.
4. Disminuir los costos de mantenimiento preventivo, mediante la realización de los cambios de lubricante y piezas, en el tiempo adecuado.
5. Reducir consistentemente los costos de mantenimientos correctivos, a través de la reducción de fallas y paros en operación.

6. Definir un programa secuencial para efectuar el cambio de lubricante a la extrusora, para alargar tiempo de vida del lubricante y componentes internos.

7. Utilización del tipo y cantidad de lubricante adecuado para la extrusora con base en el tipo de operación para la cual está siendo destinada, reduciendo con ello el desgaste físico de los componentes internos de la extrusora.

INTRODUCCIÓN

Establecer un programa de mantenimiento preventivo resulta de una importancia altísima para la planta de producción de la empresa Polifaz., ya que sus costos se están incrementando debido a la falta.

Dentro del programa de mantenimiento se debe considerar en gran medida un programa de lubricación adecuado para las extrusoras con que cuenta la empresa.

La inexistencia de un programa de lubricación ha tenido una repercusión en el desgaste de piezas dentro de la caja reductora y esto ha llevado al aumento progresivo de las fallas en operación y por ende a paros de maquinaria no planificados.

Se le debe dar al mantenimiento preventivo y específicamente a la lubricación un análisis más profundo, debido a que se encontraron serias deficiencias en el mismo, las cuales si no se corrigen de inmediato, se corre el riesgo que se traduzcan en problemas más serios para la empresa, a mediano y largo plazo.

Es importante también tener un programa de capacitación permanente aplicado a todo el personal dentro de la planta de producción, para crear una base sólida de conocimiento de los principios básicos de la extrusión y la correcta operación de las extrusoras, a fin de que los operarios sean los primeros en detectar cualquier tipo de operación irregular.

Al ejecutar adecuadamente el programa de mantenimiento preventivo se busca disminuir los costos de mantenimiento correctivo, y de esa forma también disminuir la cantidad de paros de maquinaria por fallas imprevistas y solo tener la necesidad de parar la producción por paros planificados sin afectar el ritmo de producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ

1.1. Negocios Unidos Polifaz (Polifaz)

El establecimiento Negocios Unidos Polifaz situado en Guatemala, trabaja en la elaboración, impresión y distribución de diversos productos de plástico, tales como bolsas plásticas, de celofán, avisos plásticos, cintas plásticas, caucho y materias primas para la industria plástica. Sin embargo, en la empresa en estudio solo se producen bolsas plásticas.

Actualmente la empresa Polifaz se dedica a la fabricación de bolsas plásticas y de bajo costo dado que su mercado objetivo es un nivel medio y empresas.

Entre sus actividades destaca también la impresión de logos a tinta en bolsas plásticas y de celofán, para distintas empresas que utilizan este tipo de empaque para manejar su papelería o envíos.

Los estilos son una herramienta importante que se utilizó para facilitar el uso de la plantilla. A continuación, se presenta una figura para habilitar los estilos.

1.1.1. Ubicación

Geográficamente la empresa NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ consta de una planta de producción la cual se encuentra ubicada en el norte de la ciudad

de Guatemala, en el kilómetro 12,5 carretera al Atlántico, lote núm. 10 y cuenta también con una tienda distribuidora ubicada en el interior del mercado de La Terminal en la zona 4 de la ciudad capital.

1.1.2. Historia

La empresa Negocios Unidos Polifaz (POLIFAZ), surge en el año de 1986 con el objetivo de satisfacer la necesidad de bolsas plásticas para uso en el sector industrial sobre todo. Surge como una empresa productora y distribuidora de bolsas plásticas, teniendo una planta de producción localizada en el norte de la ciudad capital y una tienda distribuidora en el interior del popular mercado de la terminal en la zona 4 de la ciudad capital.

Con el paso de los años se han ido posicionando en el mercado, por su excelente calidad en producción y servicio al cliente.

1.1.3. Misión

Proveer al mercado nacional la más alta calidad en la fabricación y distribución de bolsas plásticas, para uso doméstico e industrial.

1.1.4. Visión

Ser la empresa reconocida a nivel nacional como líder en la fabricación y distribución de bolsas plásticas, logrando la satisfacción total de nuestros consumidores, empleados, clientes y proveedores.

1.2. Servicios

La empresa provee bolsas de plástico de alta calidad para usos diversos, tanto en el mercado doméstico como al mercado industrial. Se encarga de la fabricación, impresión y distribución de las bolsas. Las bolsas para uso doméstico se pueden adquirir al menor y al por mayor en su tienda distribuidora ubicada en el mercado de La Terminal.

1.2.1. Administración de proyectos

Los proyectos de mejoras en la fabricación o distribución dentro de la empresa son desarrollados en conjunto, entre gerencia general y gerente de mantenimiento. El gerente general es el encargado de aprobar el uso de recursos y herramientas para llevar a cabo los proyectos, mientras que el gerente de mantenimiento se encarga de la ejecución del mismo. En su gran mayoría los proyectos desarrollados, tienen como finalidad aumentar la eficiencia de la planta de producción y la reducción de tiempos y costos.

1.2.2. Ingeniería

La mayor base de conocimientos científicos dentro de la empresa, la provee el gerente de mantenimiento, ya que es la persona que posee la mayor cantidad de experiencia técnica en el funcionamiento de toda la maquinaria instalada dentro de la planta de producción. El gerente de mantenimiento es a su vez el encargado de coordinar los diversos procesos propios de la extrusión de plásticos, así como fijar los ritmos de producción, con base en la demanda actual.

Se puede observar que hace falta mucho conocimiento de ingeniería, sobre todo viéndolo administrativamente. Ya que se evidencia que mucho de la ejecución de la operación es basada en la experiencia, es decir, de forma empírica, lo que conlleva en muchas oportunidades a no tomar las decisiones más acertadas o tomarlas fuera de tiempo.

Todo el conocimiento técnico es aportado por el gerente de mantenimiento, el cual es muy experimentado y es básicamente la persona que toma todas las decisiones dentro de la fábrica.

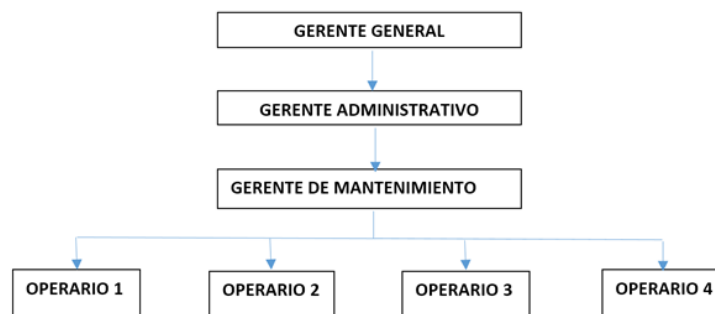
1.3. Estructura organizacional

La estructura organizacional con que cuenta Polifaz es muy básica y fue proporcionada por el gerente de mantenimiento.

1.3.1. Organigrama

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa.

Figura 1. Organigrama de taller de Polifaz



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Descripción de puestos

Gerente general: es el encargado de la dirección de la fábrica y de la tienda distribuidora. Fija los objetivos numéricos y estratégicos de la empresa.

Gerente administrativo: es el encargado de la gestión de los temas legales de la empresa, como lo son, pagos de nóminas, aprobación de periodos de vacaciones del recurso humano. Asimismo, es el encargado del control de gastos dentro la empresa y de la aprobación de todo tipo de compras a realizarse dentro de la planta de producción.

Gerente de mantenimiento: Tiene la función de administrar al recurso humano que ejercen de operadores de la maquinaria instalada en la empresa. Determina las actividades que cada operario debe realizar durante el turno, en función de la cantidad y tipo de demanda existente. Se encarga de la coordinación de todo tipo de mantenimiento preventivo y correctivo, realizado a la maquinaria. Es responsable directo de mantener toda la maquinaria en óptimo estado de funcionamiento.

Personal operativo: operan directamente la maquinaria. Su función principal es cumplir las metas de producción asignadas y llevar a cabo cada uno de los procesos propios de la extrusión, cumpliendo con la calidad y tiempos requeridos.

1.4. Costos

Para profundizar en el tema de costos dentro de la empresa, es necesario presentar las definiciones más importantes. A continuación, se definirá ampliamente:

1.4.1. Definición de costo

El costo dentro de Polifaz se puede describir como lo que es gastado en dinero o capital para llevar a cabo la fabricación de los productos o los servicios que preste la empresa. Solo teniendo definido el costo de la producción se podrá establecer un precio de venta adecuado para cada uno de los productos o servicios.

El costo de determinado artículo esta siempre conformado varios precios, como lo son la materia prima, la mano de obra tanto directa como indirecta y el costo de depreciación de los edificios y la amortización que se tenga destinada para la maquinaria.

1.4.2. Características del costo

Los costos tienen muchas características importantes, sin embargo se puede resumir a 4 factores, los cuales son fundamentales:

- **Veraces:** es indispensable que los costos sean ser veraces y que puedan ser determinados con una manera correcta y fiable. En este punto hay que prestar atención, ya que frecuentemente se puede prestar a manipulación de costos, con el fin de entregar resultados supuestamente buenos, pero repercute en daños catastróficos para cualquier empresa. Los costos deben investigarse las veces que sean necesarias para evitar cometer errores en la toma de decisiones.
- **Comparables:** debemos señalar la poca comparabilidad que se puede encontrar en los costos que se generan de manera aislada, los cuales solo sirven en su mayoría para realizar un proceso de inventario o para

fijar un precio para determinado artículo. La mejor manera de realizarlo, para garantizar la estandarización de los costos, es comprar el costo nuevo con el costo anterior. Resulta vital el comparar los datos que se obtengan con datos anteriores, solo así se puede ver si se está mejorando o empeorando respecto a fechas pasadas.

- Útiles: en Polifaz los costos planificados le rinden varios beneficios sobre todo a la gerencia general como a los mandos intermedios que trabajan directamente en la operación, no tanto a los departamentos administrativos.

Con ellos la gerencia tienen una visibilidad de como varían sus costos fijos y variables y como los mismos repercuten en la utilidad final de la empresa.

- Claros: la persona encargada de determinar los costos debe enfocarse en el hecho de que esos datos deben ser compartidos para que sean entendidos por otras personas dentro de la organización que puede que no tengan un conocimiento tan amplio del sistema de costos. Por lo anterior, estos datos deben ser presentados de forma clara y de fácil lectura con el fin de que no se presente a confusión.

Para efectuar un bajado de información de costos se debe hacer uso de las herramientas que sean necesarias para garantizar que los datos que se mostrarán, serán entendidos por todos los presentes, de la forma en que se entienda el mensaje, de la misma manera será el actuar respecto a ese entendimiento.

1.4.3. Tipos de costo

Existen diversos criterios de clasificación de los costos, a continuación, enumeraremos los más importantes:

- Según su naturaleza:
 - Materias primas y otras provisiones
 - Productos o servicios que sean contratados de forma externa
 - Trabajadores de la planta, mano de obra ya sea directa o indirecta
 - Incluyen las amortizaciones, de las cuales se debe indicar que se derivan al utilizar cualquier activo fijo en la operación. Financieros, derivados del uso de recursos financieros externos.
 - Costos de oportunidad, los cuales son producto de haber dejado de hacer algún tipo de inversión o estrategia, la cual hubiera proporcionado más utilidades o menos gastos a la empresa.
 - Costos incurridos de forma indirecta en la fabricación.

- Costos explícitos e implícitos:

Es importante realizar una diferenciación entre los costos implícitos y explícitos, con base en la forma en que se toman las decisiones de inversión dentro de la empresa, si se enfoca directamente en la parte contable que solo toma en cuenta las transacciones de carácter monetario.

- Se entiende como costo explícito como el costo que puede ser tratado en términos contables o monetarios.

- En cuanto al costo implícito, se tratará principalmente del costo de oportunidad, o cualquier costo que no sea tratado o expresado en forma contable o monetaria.

Se debe hacer también una clasificación en función del tipo de factores que tienen que ver con la producción:

Con base en los factores mencionados se pueden clasificar en costos directos e indirectos.

- Costos directos: la principal característica de este tipo de costos es la certeza en la asignación de valores o cálculos a un artículo o producto.
- Costos indirectos: en este tipo de costos ocurre lo inverso que a los costos directos, ya que este tipo de costo directo no afecta directamente sobre un artículo en particular, sino que lo hace de manera global e integral sobre todo el proceso en si, por lo que debe ser distribuido en una clasificación de reparto previamente establecida.
- Costos fijos y variables:

Se puede hacer una clasificación de costos según la forma en que varían en los distintos niveles de actividad.

- Costo variable: se puede definir como aquellos costos que van a cambiar en función de la cantidad y velocidad de producción.
- Costo fijo: se pueden definir como aquellos costos que no dependen de la cantidad producida o velocidad de producción, ya

que se mantendrán estables sin que sean afectados por los factores mencionados. Se debe hacer la salvedad que estos costos se comportan de esa manera en corto plazo y que al hacer el análisis a largo plazo se puede percatar de que toman una forma variable en su comportamiento, acá entran por ejemplo los alquileres o pago de servicios públicos.

1.5. Lubricación

Se abordarán los principales conceptos de lubricación, con el fin de tener un panorama más preciso del tema que nos compete en este capítulo. Asimismo, se dará un panorama actual de la empresa, con el fin de dar a conocer cualquier deficiencia en este ámbito.

Figura 2. **Imagen de lubricación**



Fuente: *Aceite industrial*. <http://english.samajalive.in/industrial-oils-ease-in-lacklustre-trade/>. Consulta: 14 de junio de 2018.

1.5.1. Definición

Actualmente el tema de lubricación es de mucha relevancia para Polifaz, ya que como se verá en los capítulos posteriores, es un tema de mucha importancia y de alto impacto en la operación.

En los últimos seis meses ha venido en aumento la cantidad de fallos de maquinaria y el cambio de componentes de las extrusoras, esto debido a los altos índices de desgaste que se están presentando en los componentes sujetos a lubricación.

Este tipo de padecimiento dentro de la planta de producción ha generado un aumento de gastos por reparaciones y a su vez un aumento en los gastos generales del taller debido a los paros no programados de maquinaria. También se producen muchos atrasos en la producción, lo que ha llevado en varias ocasiones a no cumplir con las fechas de entrega pactadas con los clientes, y en otras oportunidades a llevado a incurrir en pago de horas extra para cumplir con la demanda de producción.

Existen varias definiciones de lubricación, sin embargo, en este trabajo vamos a utilizar la siguiente: definir a la lubricación como un procedimiento que se utilizará con el fin de minimizar el roce entre superficies que se encuentren muy próximas entre si y que a su vez estén ejerciendo un movimiento entre ellas, y para lograr esa reducción de roce se utiliza un lubricante, el cual será el encargado de soportar la carga que se genere entre las superficies previamente mencionadas. El lubricante que se utilice puede ser líquido, sólido o en algunas ocasiones puede ser incluso un gas.

La importancia de la lubricación en el taller radica en que va a permitir que el funcionamiento de las partes mecánicas dentro de los equipos se produzca de forma continua y sin forzar los motores.

Cuando la lubricación no es la adecuada, se comienzan a producir los roces entra las superficies de las partes sujetas a lubricación, y comienza a manifestarse en el desgaste de los componentes y esto a su vez va a reducir la eficiencia en la operación, ya que se aumentarán las unidades defectuosas, y la maquinaria se estará destruyendo, llegando a causas un daño mucho mayor e incluso la pérdida total de la maquinaria.

La ciencia que estudia la fricción, lubricación y desgaste se llama tribología.

1.5.2. Características de la lubricación

La lubricación tiene varias características importantes, de las cuales sobresalen la viscosidad, el índice de viscosidad y el punto de fluidez, las cuales serán de mucha relevancia en este estudio, se enumerarán a continuación:

- Viscosidad: Es sin duda la propiedad más importante de las enumeradas con anterioridad y se conoce como la resistencia que tiene todo fluido a fluir. La importancia radica en que de ella depende la formación de la capa de lubricante que queda entre superficies. Asimismo, se sabe que la viscosidad se comporta de forma variable en función de la temperatura a la que sea sometida, es decir, a menor temperatura la viscosidad será mayor y al incrementarse dicha temperatura la viscosidad disminuye.

En lo anterior esta la importancia de hacer pruebas a los distintos lubricantes, para determinar su comportamiento al ser sometido a diferentes temperaturas y de ese modo elegir el adecuado para cada maquinaria en función del tipo de actividad que ejecute y el grado de calor que se produzca de dicha actividad.

- Índice de viscosidad: este índice no es más que un método que consiste en dar un valor de forma numérica al cambio que ocurre en la viscosidad en función de la temperatura.

Se denominará el índice de viscosidad con la abreviatura (IV).

Así pues, a un rango relativo bajo de viscosidad en función de la temperatura, le corresponderá un alto índice de viscosidad (IV). Y a un rango relativo alto de viscosidad en función de la temperatura, le corresponderá un bajo índice de viscosidad (IV).

En Polifaz este tema toma mucha relevancia, si se parte del hecho de que la elección del lubricante es vital para el correcto funcionamiento de la maquinaria. Es importante que el gerente de mantenimiento conozca la forma en que se comportara el lubricante elegido, al ser sometido a diversos rangos de temperaturas en operación.

Una elección equivocada del índice de viscosidad puede desencadenar en una serie de problemas de funcionamiento y eficiencia de operación, problemas que posteriormente serán reflejados en altos costos de mantenimiento, sobre todo correctivo.

- Punto de fluidez: para entender mejor el punto de fluidez se debe señalar que a determinadas temperaturas el aceite lubricante dispuesto sobre las superficies se mantendrá sin movimiento, y en otros rangos de temperaturas este mismo aceite va a fluir, es decir, estará en movimiento.

Entonces el punto de fluidez va a ser la temperatura mínima necesaria para que este aceite lubricante empiece a fluir, es decir, salga de su estado sin movimiento. Todo lo anterior ocurre debido a la estructura interna de los aceites, lo cuales tienen componentes llamados ceras, que se disuelven o se unen formando cadenas según sea la temperatura a la cual sean sometidos.

El gerente de mantenimiento o el encargado de la parte de lubricación deben conocer estos valores, para saber la forma en que se comportará el lubricante en cada instante del proceso productivo.

1.5.3. Tipos de lubricante

En el taller en estudio y más específicamente en los motores de las extrusoras se utiliza el lubricante líquido.

Sin embargo, existen otros tipos de lubricante, se dará una breve explicación sobre cada uno de ellos:

- Líquidos: los lubricantes clasificados como líquidos son elaborados de base vegetal o mineral. Es el lubricante más utilizado en el taller, debido a la cantidad que se utiliza por cada extrusora. Ya que los lubricantes líquidos son los comúnmente utilizados en los motores y en la industria en general.

- Semisólidos: los lubricantes semisólidos son más conocidos en el mercado como grasas, y al igual que los lubricantes líquidos, también son de base mineral o vegetal, también es frecuente que los convienen con otros compuestos o lubricantes sólidos.
- Sólidos: este tipo de lubricante tiene altas condiciones de lubricación debido a que por su composición contiene mínima resistencia de manera molecular y por lo regular no hace falta agregarles o aportarles ningún lubricante líquido o semisólido.

Este tipo de lubricante también puede ser formado por materiales metálicos, pero aún son escasos los casos en los que se utiliza.

1.5.3.1. Aceites minerales puros

Es considerado un aceite de bajo precio. No se puede definir como un producto en sí mismo, sino más bien como un subproducto, ya que es el resultado de la destilación del petróleo. Físicamente es carente de color y es transparente.

Son ampliamente utilizados, debido a que tienen muchos usos en la industria y está disponible en varios grados.

1.5.3.2. Aceites minerales de extrema presión (EP)

Se debe tener en cuenta los tipos de carga en el uso de sistemas de engranajes, los cuales se caracterizan por ser de funcionamiento lento y con altas cargas, esto a su vez produce desgaste adhesivo entre las superficies. Por lo anterior se hace necesario que la película lubricante que se elija, sea lo

suficientemente eficiente para proteger del desgaste a los engranajes, por ello se da el uso de aditivos de extrema presión denominados por la abreviatura (EP), con el fin de minimizar el desgaste entre las superficies de los engranajes. Este tipo de aditivos solo se deben utilizar cuando el aceite ya no es suficiente para soportar las cargas y no puede suministrar la capa óptima de lubricante entre las superficies.

1.5.3.3. Grasas

Se define a la grasa lubricante como una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Consiste en una mezcla de aceite mineral o sintético (85 % -90 %) y un espesante. Al menos en el 90 % de las grasas, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso.

Cuando la grasa tiene que contener propiedades especiales, se incluyen otros constituyentes que actúen como inhibidores de la oxidación y mejoren la resistencia de la película. Existe otro tipo de aditivo: los estabilizadores. Cambiando el jabón, aceite o aditivo, se pueden producir diferentes calidades de grasas por una amplia gama de aplicaciones.¹

1.5.3.4. Aceites sintéticos

Este tipo de lubricante es el más utilizado en los motores actuales, ya que ofrecen la mejor protección en motores de alto desempeño. A todos aquellos aceites o lubricantes, de los que se puede afirmar que su fabricación o desarrollo fue llevada a cabo por proceso de síntesis en el laboratorio se les denomina aceites sintéticos. Este tipo de aceite no es extraído de componentes naturales como por ejemplo el petróleo. Este tipo de lubricante es utilizado en

¹ Monografías. *Grasas lubricantes*. <https://www.monografias.com/trabajos16/grasas-lubricantes/grasas-lubricantes.shtml>. Consulta: 20 de junio de 2018.

su mayor parte en motores de alto desempeño o en máquinas en general pero que también son de alto desempeño, debido a esto, este tipo de lubricante es considerado de alto costo y dependiendo de la cantidad que sea requerida en la planta, puede ser un fuerte costo directo de fabricación.²

1.6. Caja reductora

A continuación, se muestra en la figura 3 la caja reductora.

Figura 3. **Caja reductora para extrusión**



Fuente: Alibaba Spanish. *Caja reductora de extrusión*. <https://spanish.alibaba.com/p-detail/de-alta-calidad-estirador-de-solo-tornillo-reductor-del-engranaje-caja-de-cambios>.

Consulta: 15 de septiembre de 2018.

1.6.1. Definición

Se puede definir a la caja reductora como un grupo de engranajes que trabajando juntos son un mecanismo que sirve para mantener la velocidad de salida a una velocidad que se acerque mucho a la ideal para que el generador pueda trabajar con total eficiencia.

² Wikipedia. *Aceites sintéticos*. https://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_sint%C3%A9tico. Consulta: 16 de septiembre de 2018.

Comúnmente las cajas reductoras cuentan entre sus mecanismos con un tornillo sin fin, el cual se utiliza para reducir la velocidad.

Es precisamente este tipo de cajas del cual es preciso conocer sus principales características, ya que son las que se utilizan actualmente en Polifaz, específicamente de la marca Plastimac.

Se nombrarán los tipos de cajas reductoras que hay, así como sus principales características.

Figura 4. **Vista externa de la caja reductora de extrusora Plastimac**



Fuente: Polifaz. *Área de extrusión.*

1.6.2. Características de las cajas

Para la correcta elección de los reductores de velocidad se debe tener en cuenta muchos aspectos, que influenciaran en la decisión de que caja utilizar. Los principales aspectos que se deben tener en cuenta son:

- El par motor: es definido básicamente como la potencia o torque que es capaz de transmitir un determinado motor en este caso en el proceso de extrusión.
- “Par nominal: es el par transmisible por el reductor de velocidad con una carga uniforme y continua; está íntimamente relacionado con la velocidad de entrada y la velocidad de salida. Su unidad en el SI es el N m (Newton metro).”³
- Par resistente: su importancia radica en que es el aspecto requerido para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria que será utilizada a modo de acople para la caja reductora.
- Par de cálculo: es el resultado del producto del par resistente por el factor de servicio que es requerido por la extrusora a la cual le será acoplada la caja reductora. Su unidad de medida es el Newton-metro (Nm) en el sistema internacional de medida.
- Potencia: es correcto expresar la potencia eléctrica en dos factores internos distintos, siendo estos, la potencia útil y la potencia eléctrica aplicada a la maquinaria. La potencia útil es el resultado de multiplicar la potencia aplicada por cada uno de los pares de engranajes contenidos en el reductor de velocidad.
- Potencia térmica: la potencia perdida en forma de calor debe ser disipada del cuerpo de los reductores de velocidad. Es importante este aspecto ya

³ Wikipedia. *Reductores de velocidad*. https://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad. Consulta: 20 de septiembre de 2018.

que el calor puede provocar que los reductores de velocidad trabajen a un nivel óptimo.⁴

1.6.3. Tipos de cajas reductoras

Existen diversas maneras de clasificar las cajas reductoras, en esta oportunidad se hablará solo de los relevantes para esta investigación y que son utilizados en Polifaz.

- Clasificación por tipo de engranajes:
 - Reductores de velocidad de Sin fin-Corona: es el tipo de reductor de velocidad de funcionamiento más básico, sirve para reducir la velocidad de salida, la razón de reducción es que a una vuelta del tornillo sin fin, se provocará el avance de un diente de la corona. El material más utilizado para la fabricación de los tornillos sin fin es el bronce con un eje de acero en su interior.⁵

Este mecanismo es utilizado en las cajas reductoras que operan actualmente en el taller. Requieren una especial atención, tanto en su mantenimiento como en su funcionamiento. Este tipo de mecanismo es el que presenta el mayor costo en cuanto a cambio de piezas se refiere y también genera la mayor cantidad de atrasos cuando se produce el fallo por rotura.

- Reductores de velocidad de engranajes: son realizados siempre por dos pares de engranajes, a excepción de los que son basados en el tornillo sin fin. Se sabe y se logra determinar que poseen un mejor rendimiento

⁴ Wikipedia. *Reductores de velocidad*. https://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad. Consulta: 20 de septiembre de 2018.

⁵ *Ibíd.*

de energía y otro aspecto importante es que requieren menor mantenimiento.

- Reductores cicloidales
 - El reductor de velocidad sólo tiene tres partes móviles

El eje de entrada de alta velocidad con una leva excéntrica integral y un conjunto de cojinete de rodillo.

El disco cicloidal y el conjunto del eje de salida de baja velocidad. La acción de rodamiento progresiva y pareja de los discos cicloidales eliminan la fricción y los puntos de presión de los engranajes convencionales.

“Todos los componentes que transmiten el par de torsión de Cicloidal ruedan y están dispuestos en forma simétrica alrededor del eje para una operación equilibrada.⁶”

1.6.4. Engranajes

Los engranajes, tienen una importancia grande en la actividad de extrusión, específicamente en lo que a caja reductora se refiere.

1.6.4.1. Definición de engranaje

Existen muchas definiciones para engranaje, sin embargo, para fines prácticos del trabajo y aplicables a Polifaz, se definirá como un mecanismo cuyo

⁶ Wikipedia. *Reductores de velocidad*. https://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad. Consulta: 20 de septiembre de 2018.

fin es el de transmitir potencia de un componente hacia otro, el tipo de potencia que se transmite es potencia mecánica. Básicamente los engranajes están conformados por ruedas dentadas, dos en este caso, una mayor denominada corona y una rueda menor denominada piñón. El tipo de movimiento producido por un sistema de engranajes es movimiento circular el cual se produce debido al contacto de las ruedas dentadas⁷.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocida como rueda motriz y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina rueda conducida.

Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren⁸.

Actualmente se usan una amplia variedad de engranajes, en el área de extrusión dentro de Polifaz, los cuales cuentan con características diferentes, lo que hace necesario profundizar un poco en el detalle de las características, las cuales detallamos a continuación.

⁷ Wikipedia. *Engranajes*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Engranaje>. Consulta: 22 de septiembre de 2018.

⁸ *Ibíd.*

1.6.4.2. Características

Son muchas las características con las que cuentan los engranajes, acá se describirá solo las más visibles, las más elementales, que ayudan a dar un panorama general de los mismos.

Las principales características de un engranaje son las siguientes:

- Diente de un engranaje: son los que tienen a su cargo realizar la transmisión de potencia y a su vez realizar el denominado esfuerzo de empuje.
- Módulo: Es básicamente la relación que existe entre el número de dientes y la medida del diámetro primitivo.
- Circunferencia primitiva: es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes.
- Paso circular: es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.
- Espesor del diente: es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.
- Número de dientes: es el número de dientes que tiene el engranaje.

1.6.4.3. Tipos de engranaje

Los engranajes son utilizados dentro de las cajas reductoras en las extrusoras utilizadas en Polifaz, y es ellas donde precisamente se han presentado un aumento de fallas en los últimos seis meses, debido a la lubricación ineficiente y a las faltas de revisión.

La importancia actual de los engranajes en el taller de extrusión es altísima, sobre todo si se toma en cuanto que son los encargados de accionar todo tipo de maquinaria y motores.

Se utilizan de manera general para realizar movimientos giratorios, pero si se logra acoplar los engranajes correctos con algún tipo de piezas planas dentadas se pueden realizar movimientos alternativos, lo que hace de los engranajes elementos de mucha importancia de la industria en general y en la extrusión particularmente, debido a la importancia del reductor de velocidad que transmite el movimiento al sistema de extrusión.

Diferentes tipos de engranajes según su forma:

Con base en su forma así será el tipo de movimiento que generen los engranajes.

A continuación, se presentará un gráfico en donde se puede observar con mayor precisión los tipos básicos de engranaje, clasificados según la forma que tienen y de este modo entender de mejor manera el tipo de movimiento que cada uno de ellos puede llegar a ejecutar.

Figura 5. Tipos de engranajes



Fuente: Slideshare. *Tipos de engranajes*. <https://es.slideshare.net/alexartigas/engranajes-de-dientes-rectos47931941>. Consulta: 23 de septiembre de 2018.

1.6.4.4. Desgaste en engranajes

Una de las fallas más comunes en los engranajes es el desgaste, y Polifaz no es ajena a este tipo de fallas. Se sabe que el desgaste se puede presentar en una o varias formas y cada una de ellas tendrán una causa según el tipo de uso y cuidado que se la ha brindado al engranaje. Un factor muy importante a tener en cuenta es el deslizamiento que exista entre las superficies de contacto, ya que de esto depende totalmente el desgaste que ocurre en las superficies. Este tipo de contacto y roce no se puede evitar, y de hecho es necesario para generar el movimiento que se necesita para ejecutar el trabajo requerido, por lo

mismo se hace necesario que estos componentes estén bien protegidos, con la capa de lubricante apropiada para cada tipo de contacto, ya que el contacto entra las superficies es bastante alto y se genera mucho esfuerzo en las cargas aplicadas. Todo esto va a generar que el lubricante sufra deterioro, así como las superficies a las cuales está protegiendo. Las partículas de material que se van desprendiendo provocan contaminación en el lubricante, lo que hace que empiece a perder sus propiedades de protección, a la vez que estas partículas provocan otro tipo de desgaste por el choque de las mismas con otras superficies.

- Desgaste abrasivo: se sabe que la velocidad que se ejerce en el deslizamiento del contacto de los dientes, no es uniforme, lo cual a su vez, va a provocar que el desgaste producido en los engranajes no se uniforme en un inicio, pero debido al cambio que ocurre en los radios de curvatura debido al desgaste, el mismo se hará uniforme en función del tiempo.
- Desgaste por pulido: si los aditivos de extrema presión en el lubricante son demasiado reactivos químicamente, pueden causar pulido de las superficies de los dientes del engranaje, hasta que alcancen una terminación tipo pulido espejo.⁹
- Rayado: este tipo de desgaste es muy usual en componentes mecánicos que tienen una lubricación pobre e inadecuada, se presenta cuando ocurre un desgaste de forma rápida y pierde mucho material. Esto provoca que aparezcan unas rayas verticales, se podría decir muy finas y que se distribuyen a lo largo del diente del engranaje, las cuales

⁹ Monografías. *Desgaste de pulido*. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/fallas-superficiales-transmisiones-engranajes-metalicos/fallas-superficiales-transmisiones-engranajes-metalicos.shtml>. Consulta: 24 de septiembre de 2018.

paulatinamente se van expandiendo y pueden provocar grietas en las superficies.

- Falla por desgaste por erosión: este tipo de desgaste suele ocurrir en los componentes cuyo lubricante tiene abrasivos, y estos abrasivos impactan las superficies del diente, provocando a su vez pequeños orificios o cráteres en dichos dientes, los cuales regularmente se producen en los extremos del diente.

De allí la importancia de eliminar o evitar este tipo de residuos en el aceite lubricante que se use en la planta.

- Falla por desgaste debido a la cavitación: se trata del desprendimiento de pequeños fragmentos del material de la superficie del diente, lo que a su vez también provoca deformación. Al chocar las burbujas de vapor o lubricante con estas paredes es que se produce este desgaste.

Actualmente no se tienen un sistema de revisión que permita al taller poder detectar a tiempo cualquier tipo de desgaste presente y que pueda llevar a ocasionar fallas en la maquinaria, causando atrasos en la producción e insatisfacción en los clientes por las demoras.

- Falla por desgaste debido a la corrosión: este tipo de desgaste ocurre en muchos casos debido a la contaminación en el lubricante, el cual puede contener ácidos o agua. También puede ser causada por el uso de aditivos que suelen ser muy reactivos.

Afortunadamente este tipo de desgaste se puede prevenir o eliminar, cambiando el lubricante, por uno que esté libre de contaminantes. Pero no

basta solo con el cambio del aceite lubricante, sino de someterlo a un control, riguroso, es decir, someterlo a revisiones constantes planificadas dentro de un plan integral de mantenimiento preventivo basado en el análisis de lubricación.

No se puede prevenir el desgaste en su totalidad, pero si se puede reducirlo a la vez que alargamos la vida útil, tanto de la maquinaria como del lubricante, buscando en todo momento la reducción de costos de operación, la cual es una de las finalidades del análisis de este tema.

La labor del encargado de mantenimiento es crucial para la implementación de todos estos controles, y su posterior seguimiento para hacer del plan de mantenimiento, un plan sostenible en el tiempo y no solo algo que se intentó hacer una vez. Como en todo, la disciplina jugara un papel clave en conseguir los objetivos de mantenimiento deseados.

Figura 6. **Fallas en engranajes**



Desgaste por abrasión



Fatiga y fractura

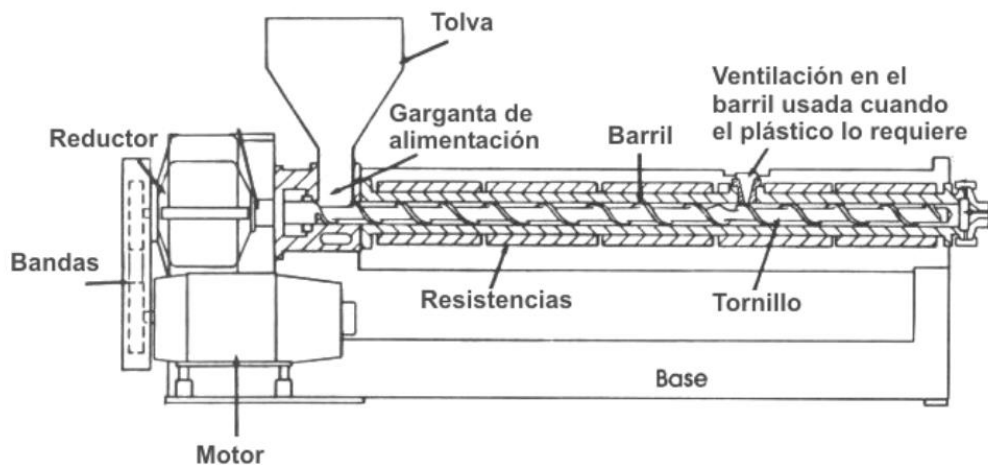
Fuente: SENA. *Fallas en engranajes*.

https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol15/volumen15.html#. Consulta:
septiembre de 2018

1.7. Mantenimiento de la extrusora

Profundizarnos en los diversos tipos de mantenimiento que son aplicados a la actividad comercial de Polifaz, los cuales se detallan a continuación.

Figura 7. Diagrama típico de una extrusora de tornillo simple



Fuente: Catarina S. A. *Extrusora de tornillo simple*.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo3.pdf. Consulta: 30 de Julio de 2018.

1.7.1. Definición

Existen muchas definiciones para mantenimiento, para fines prácticos se define como todo el conjunto de acciones que tienen como fin primordial conservar, reparar o restaurar un artículo para que este pueda cumplir a cabalidad y eficientemente las funciones para las cuales fue fabricado. Para

lograr este fin, se disponen de diversas acciones administrativas y de carácter técnico.

Partiendo de lo anterior, el mantenimiento en las extrusoras debe ser un factor prioritario para la empresa. Se comete el error de considerar el mantenimiento, como un gasto. Sin embargo, es a mediano y largo plazo en donde se verán los resultados positivos de ejecutar un programa de mantenimiento adecuado.

1.7.2. Lineamientos

Cuando se pone en práctica una política de mantenimiento, esta requiere de la existencia de un plan, el cual debe ser conocido por todos y debe haber sido aprobado previamente por las autoridades de la organización, en este caso por el área gerencial de Polifaz.

Contar con este plan trae muchas ventajas a la empresa y da la guía que se debe seguir para llevar a cabo la ejecución de los objetivos de mantenimiento, esto es de forma ordenada y con descripción muy precisa de forma tal que sea comprendida por todos los involucrados en el proceso de ejecución del plan. Este plan debe ser muy exacto y elaborado metódicamente, debe contar con hora, lugar y nombre del responsable de la ejecución de cada una de las tareas que conformen dicho plan. A continuación se enumeran algunos lineamientos que debe seguir el plan:

- Personal designado por gerencia a cargo de ejecutar el plan.
- Tipo de mantenimiento o tarea que cada persona debe ejecutar.
- Descripción precisa y no negociable de fecha y hora de realización de cada tarea.

- Debemos determinar de la manera más exacta la cantidad de horas que la maquinaria estará detenida sin trabajar, desde el inicio de la tarea hasta el final de la misma.
- Elección acertada de equipos que serán sometidos a mantenimiento.
- Antes de empezar el programa de mantenimiento, se debe realizar un inventario de repuestos con los que se cuenta en la planta, y reaccionar comprando lo que haga falta, y así evitar pérdidas de tiempo posteriores.
- Se debe tener a la mano toda la información referente a modelos y números de serie de los equipos, asimismo, cualquier información como diagramas que puedan servir para una adecuada clasificación.
- Lo más importante en la ejecución de un plan, es garantizar la seguridad de cada uno de los ejecutores del mismo, por ello se debe contar con un plan en caso de emergencia por accidente dentro de la planta.

1.7.3. Tipos de mantenimiento

A continuación, se describen los conceptos más importantes sobre mantenimiento, tratando los diferentes tipos y sus principales características, para que sirva de introducción para el posterior análisis que se estará desarrollando.

1.7.3.1. Mantenimiento preventivo

Hoy en día este tipo de mantenimiento es más mencionado debido a la importancia que ha tomado y de la cual se han percatado todos dentro la industria.

Es un tipo de mantenimiento que debe ser planificado, de allí que también se le pueda conocer con ese nombre. El objetivo de este mantenimiento es que

debe ocurrir antes de que exista una falla en la maquinaria, el cual debe ser realizado en condiciones que estén bajo control en donde no existan impedimentos por el sistema o por algún otro factor.

Usualmente este tipo de manteniendo es realizado con base en la experiencia y conocimiento que el personal a cargo del mismo posea y ellos deciden cual es el mejor momento para llevar a cabo cada una de las tareas con las que cuenta el mantenimiento preventivo. Sin embargo, también se recomienda seguir las indicaciones del fabricante de la maquinaria, quien en base a los manuales técnicos de la maquinaria puede determinar los tiempos necesarios para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.

Es en este tipo de mantenimiento en que enfocará debido a que, aunque requiere de más trabajo, control y disciplina, los resultados obtenidos de este tipo de mantenimiento superan con creces a cualquier inversión que se realice.

Sin embargo, a mediano y largo plazo resulta ser la mejor herramienta con la que podemos contar, ya que permite anticiparnos a cualquier tipo de inconveniente o falla del equipo de extrusión.

1.7.3.2. Mantenimiento correctivo

Contar con este tipo de mantenimiento como el único mantenimiento dentro de la planta, es un gran error. Este tipo de mantenimiento se produce solo por reacción como su nombre lo indica. Es decir, que se llevara a cabo solamente cuando ocurre un desperfecto o falla en la maquinaria, por lo mismo al tenerlo como la única opción de mantenimiento en la planta, no permite la detección de riegos potenciales por fallas y se verán obligados a que exista un desperfecto para poder ver lo que estaba mal desde antes.

Atenerse a este tipo de mantenimiento tiene las siguientes deficiencias:

No se puede predecir en qué momento se deberán detener los procesos de producción dentro de la planta y esto genera improductividad ya que se estará produciendo menos cantidad de lo que se tenía previsto producir en determinado lapso de tiempo, produciendo a su vez atrasos en toda la línea de producción hasta que se corrija el incidente o falla en los equipos.

Genera gastos sorpresivos, es decir no programados, dichos gastos pueden ser por compra de repuestos o algún tipo de reparación. Por lo mismo al ser sucesos no planificados, no existe un presupuesto asignado para este tipo de incidente, y puede ocurrir que por no contar con recursos en ese instante, se deban detener los equipos más tiempo del debido.

Por lo anterior, este tipo de mantenimiento es el menos indicado, por carecer de susceptibilidad ante el control de las áreas gerenciales. Se puede tomar incluso como una ausencia de un plan de mantenimiento. Es improductivo y genera atrasos en la operación.¹⁰

1.7.3.3. Mantenimiento proactivo

Este tipo de mantenimiento lo que busca es unir a toda la organización en la búsqueda de un objetivo común de mantenimiento, se basa en que cada individuo juega un rol importante en el programa de mantenimiento. Se requiere de mucha comunicación y sobre todo información exacta y accesible para cada uno de los miembros, con el fin de que todos conozcan el estado actual de la

¹⁰ Energiza. *Mantenimiento de engranajes.*
http://www.energiza.org/index.php?option=com_content&view=article&id=581&catid=19&Itemid=348. Consulta: 25 de septiembre de 2018.

maquinaria instalada en la planta productiva, desde el área operativa hasta el área administrativa.

En este tipo de mantenimiento todos tienen un rol asignado que se debe complementar con los demás roles de todas las personas involucradas. Se le da prioridad a atender y ver el mantenimiento como algo fundamental dentro de la organización.

1.7.3.4. Mantenimiento predictivo

Se busca con este mantenimiento tener una actualización constante del estado general de la maquinaria instalada dentro de la planta, permite conocer su estado tanto técnico como físico real de los componentes de las maquinas en uso.

Este mantenimiento se debe llevar a cabo conjuntamente con el mantenimiento preventivo, aunque no se debe sustituir uno por otro. Una singularidad que tienen este mantenimiento es que las mediciones se realizan cuando la maquinaria está en su funcionamiento normal, por lo que se deben programar dichas mediciones para que sean tomadas con la mayor exactitud posible.

El éxito de este mantenimiento se debe reflejar en la disminución de las paradas por mantenimiento preventivo, y de ese modo reducir a su vez los costos de mantenimiento asociados a este tipo de paros. Cabe resaltar que la implementación del mantenimiento predictivo requiere de personal altamente calificado y de utilización de instrumentos y equipos más especializados, por lo que se prevé que en un inicio pueda ser más caro que los anteriores.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL AREA DE EXTRUSION DE LA EMPRESA POLIFAZ

2.1. Departamento de producción

Se ha presentado en los últimos 5 meses un incremento en los gastos de mantenimiento correctivo. Lo anterior debido a los paros no planificados de maquinaria, lo cual provoca atrasos en la producción.

Asimismo, la calidad de la producción se ha visto afectada, debido a que algunos componentes de las extrusoras no están trabajando de forma óptima, lo cual es resultado del desgaste interno de dichos componentes.

Otro problema que se ha presentado en aumento es la cantidad merma, tanto reutilizable como noreutilizable. Lo anterior debido a que se están produciendo demasiadas unidades con defectos y hay por momentos un sobrecalentamiento de la maquinaria, lo cual provoca una mayor cantidad de merma dura, que no se puede reutilizar.

También se evidencia que no se llevan controles adecuados tanto en cantidad como en calidad, en los que se puedan medir verazmente el estado actual de cada una de la maquinaria con la cual se está trabajando.

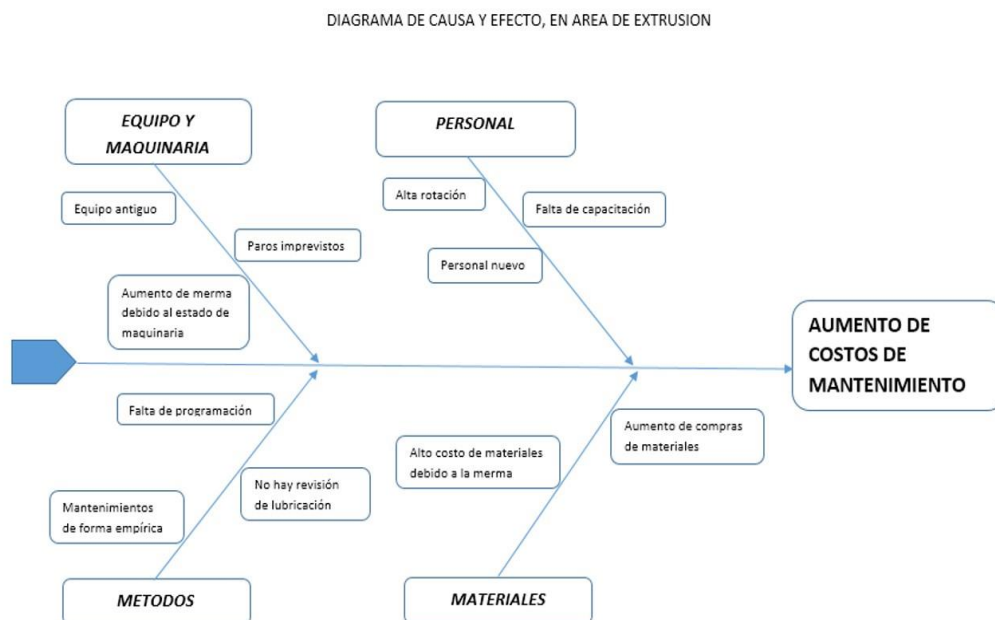
No se llevan registros de cambio de aceite lubricante en las extrusoras, y tampoco del estado diario o semanal de la cantidad y estado del lubricante en cada una de las extrusoras que están en operación.

Se realizó un diagrama de causa y efecto para determinar cada uno de los problemas que se están presentando y sus posibles causas. Dicho diagrama fue de mucha utilidad para ordenar dichos problemas y sus causas.

Este diagrama fue elaborado después de realizar una revisión de toda el área y obteniendo la información específica sobre personal y tiempos de cambio de aceites y piezas, con el gerente de mantenimiento.

La información obtenida se ordenó en un diagrama de causa y efecto, el cual se muestra en la figura 8.

Figura 8. **Diagrama causa y efecto, situación actual en Polifaz**

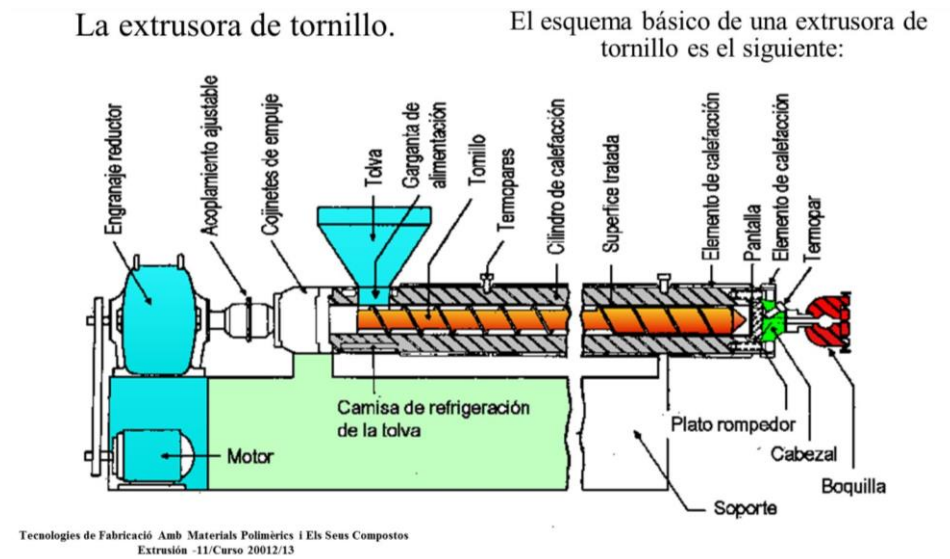


Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Maquinaria

Actualmente la empresa cuenta con ocho extrusoras de plástico, de diferente modelo, aunque todas son de la marca PLASTIMAC. Estas máquinas están en operación simultáneamente, solo para temporada alta, en donde la demanda de producto es muy alta. En temporada baja, la empresa logra satisfacer su demanda solo con 2 extrusoras en simultáneo. El presente estudio se le realizará a una extrusora Plastimac modelo 1985 serie ER 25.

Figura 9. Esquema básico de una extrusora mono husillo



Fuente: Blog del plástico. *Esquema extrusora mono husillo.*

<http://elblogdelplastico.blogs.upv.es/category/blog/procesado-depolimeros/page/2/>. Consulta: 5 de julio de 2018.

2.1.2. Recurso humano

Se cuenta con ocho operarios de extrusión. Cuatro de ellos trabajan en el turno de día y cuatro en el turno de la noche.

El recurso humano dentro de la empresa, sobre todo en el área de operación, es relativamente de nuevo ingreso. Esto se debe a la alta rotación de personal con la que actualmente se cuenta en la planta. Dicha rotación se debe en su mayoría a mejores oportunidades laborales fuera de la empresa, sobre todo mejores oportunidades económicas.

El ambiente de trabajo es bastante sano, en el sentido que hay un buen ambiente laboral en donde los empleados son tratados con respeto. Además, se les brinda el tiempo que corresponde por ley para consumir sus alimentos.

También tienen acceso a sanitarios dentro de la empresa, los cuales se encuentran en buen estado.

El único aspecto considerado como negativo por parte del personal operativo, es el bajo salario, ya que actualmente devengan el salario mínimo, lo que genera la búsqueda de mejores oportunidades de ingresos en otros lugares de trabajo.

2.1.3. Horas de trabajo

La fábrica opera durante las 24 horas del día. El proceso de extrusión no se detiene. Lo único que varía son las extrusoras en uso.

Lo anterior hace necesario aumentar los controles internos y revisión de maquinaria constante, ya que debido a la cantidad de uso, se reducen los tiempos de vida de los componentes de la maquinaria.

2.2. Tipo de maquinaria

Se describen los aspectos técnicos más destacados del tipo de extrusoras que se utiliza actualmente en Polifaz.

Aunque en sus instalaciones cuentan con diferentes tipos de maquinaria, será en las extrusoras en donde se mantendrá el enfoque.

Cabe hacer mención que las extrusoras con las que se cuenta en la empresa son bastante antiguas, ya que la mayoría son de los años 80, sin embargo, como me informa el gerente de mantenimiento, son extrusoras de alta calidad, que han soportado el paso de los años en constante actividad y requiriendo solamente los cambios de piezas propios de un desgaste lógico y usual en este tipo de maquinaria.

Las extrusoras utilizadas en la planta son de la marca PLASTIMAC.

2.2.1. Extrusora PLASTIMAC MODELO 1985 SERIE ER25

La extrusora en estudio es una extrusora de fabricación italiana marca PLASTIMAC, modelo 1985 serie ER25 utilizada para fabricar bolsas plásticas de baja densidad a base de polipropileno.

Este tipo de extrusoras fueron elegidas por Polifaz, debido a la alta calidad de sus componentes internos y externos, lo que la convierte en maquinaria de alta confiabilidad y relativamente de bajo costo de mantenimiento.

Tabla I. **Ficha técnica de extrusora Plastimac 1985 ER 25**

	Plastimac 1985 er25
Diámetro de tornillo	55 mm
Largo del tornillo	25:1
Motor	15 kw
Ancho del rodillo	800 mm
Motor embobinado	0.75 kw
Soplador de aire	2.2 kw
Ancho del pliego	120 – 650 mm
Espesor de pliego	0.02 – 0.1 mm
Producción	20 – 45 kg/hora
Dimensiones	4.5 x 2.5 x 4.3 m

Fuente: elaboración propia.

2.3. Controles de calidad

A continuación, se muestran los controles de calidad en base a las bitácoras técnicas.

2.3.1. Bitácoras técnicas

Se lleva a cabo una supervisión de estado de las extrusoras, mediante el uso de bitácoras técnicas de estado general. Con estas bitácoras se revisan varios puntos a considerar, como lo son:

- Está en funcionamiento la extrusora
- Hay fugas de lubricante
- Calidad de producto
- Temperatura de operación

- Limpieza del producto virgen
- Ruidos o vibraciones

Las bitácoras se llenan a diario por la mañana y archivan en un archivo en la oficina administrativa. Si se encontrara algún problema de operación, el departamento de mantenimiento le da el seguimiento correspondiente.

2.3.2. Muestreo aleatorio

Se efectúa un muestreo de lubricante aleatorio, semanalmente, para revisar el color, nivel y estado general del lubricante.

Sin embargo, estos muestreos resultan insuficientes para lograr un diagnóstico acertado del estado actual del lubricante de cada una de las extrusoras. También hace falta una revisión de color y olor del lubricante, la cual puede ser de mucha utilidad para dar un primer indicio de algún desgaste del aceite.

2.4. Controles de mantenimiento

Actualmente los controles se están llevando de forma no programada y sin un registro adecuado de cada uno de estas revisiones.

Se hacen en su mayoría en forma empírica y se está siendo muy permisivo con el estado actual de los componentes internos y el lubricante, dejando que a veces trabajen estos componentes más allá de su vida útil, lo cual provoca daños mayores y un costo mucho más elevado.

La falta de un registro diario de cada una de las revisiones provoca que muchos de los hallazgos queden simplemente olvidados y sin solución.

2.4.1. Responsable del área

Actualmente el gerente de mantenimiento es el único responsable del mantenimiento de toda la maquinaria instalada en la planta.

2.4.2. Bitácoras de mantenimiento

Las bitácoras de mantenimiento las realiza el gerente de mantenimiento, se registran todos los mantenimientos menores y mayores que ha sufrido la maquinaria, asimismo, se registra el tipo de corrección o prevención que se realizó.

2.4.3. Seguimiento e indicadores

Durante los recorridos efectuados por el responsable de mantenimiento, se irán encontrando oportunidades, las cuales dependiendo de su importancia deben ser resueltas inmediatamente o planificarlas para hacerlas en un tiempo prudente. El gerente de mantenimiento le da seguimiento a todos estos puntos. Se encarga de coordinar la compra de repuestos si fuera necesario, pidiendo la autorización del gerente administrativo para poder realizar la compra.

El principal indicador de una adecuada gestión de mantenimiento es el costo mensual producto de los mantenimientos realizados. Aquí radica la importancia de un adecuado mantenimiento preventivo.

2.5. Descripción del proceso de extrusión

Se realizará una descripción de los diferentes procesos de extrusión y sus principales características.

2.5.1. Responsables

Los encargados de operar las extrusoras son los operarios específicos para realizar esta función. El gerente de mantenimiento es el responsable de garantizar que las extrusoras estén produciendo con la calidad requerida y en el tiempo estimado.

2.5.2. Tiempos de proceso

Los procesos en la maquina extrusora van a variar dependiendo del tipo de producto que se fabrica. Las bolsas de menor tamaño tardan menos en ser producidas, por lo tanto, la cantidad producida por hora será mayor que una producción de bolsas más grandes, las cuales tomarán más tiempo en su fabricación. Actualmente la extrusora tiene una capacidad de producción de 450 lb o 204 kg aproximadamente.

2.6. Lubricantes en uso

Dos son los tipos de lubricante utilizados en Polifaz:

2.6.1. Tipo de lubricante

El lubricante que usa actualmente la extrusora puede ser uno de los siguientes:

- Engralub 220 PDV: es un aceite mineral altamente refinado que contiene aditivos, especialmente de extrema presión, que le imparten una excelente capacidad de carga y una buena resistencia al desgaste. Este aceite llena los exigentes requerimientos de la especificación AISEE 224 de la Asociación de Ingenieros del Hierro y Acero (Association of Iron and Steel Engineers) y la AGMA 9005-D94 y de la norma venezolana COVENIN 987-1 y posee el sello de calidad NORVEN.

Figura 10. **Presentación de 5 galones, Engralub 220**



Fuente: Lubridelta. *Cubeta de 5 galones.*

<http://www.lubridelta.com/productos/grafitada/#.W6bEg3tKiUk>. Consulta: 17 de agosto de 2018.

Tabla II. Especificaciones técnicas del Engralub PDV

Grado de Viscosidad		ISO 68(*)	ISO 100(*)	ISO 150	ISO 220	ISO 320	ISO 460	ISO 680	ISO 1000
Grado AGMA		2EP	3EP	4EP	5EP	6EP	7EP	8EP	9EP
Viscosidad @ 40 °C	cSt	68	100	150	220	320	460	680	1000
Viscosidad @ 100 °C	cSt	8.5	11.5	14.5	19.0	24.0	30.0	36.0	45.4
Índice de Viscosidad		95	95	95	95	95	95	95	85
Punto de Fluidez	°C	- 12	-6	-6	- 3	- 3	- 3	-3	- 3
Punto de Inflamación	°C	220	220	220	230	230	240	240	245
Densidad Relativa @ 15.6 °C -		0.880	0.880	0.890	0.900	0.900	0.900	0.920	0.930
Protección herrumbre	Adm.	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Corrosión al cobre	Clas.	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b
Protección al desgaste (1)	mm	0.25	-	-	0.25	-	-	-	-
Timken, OK	Lbs	60	-	-	60	-	-	-	-
FZG	Etapas	12	-	-	12	-	-	-	-
Demulsibilidad									
Agua libre	mL	87.0	-	-	87.0	-	-	-	-
Emulsión	mL	0.0	-	-	0.0	-	-	-	-
Agua en aceite	%	0.3	-	-	0.6	-	-	-	-
Espuma									
Secuencia I	ml/ml	0/0	-	-	0/0	-	-	-	-
Secuencia II	ml/ml	10/0	-	-	0/0	-	-	-	-
Secuencia III	ml/ml	0/0	-	-	0/0	-	-	-	-
Estabilidad oxidación (2)									
Aumento viscosidad	%	2.0	-	-	3.4	-	-	-	-
N° precipitación		0	-	-	0	-	-	-	-

Fuente: http://www.lubridelta.com/productos/engralub-ep/#.W6P7_ntKiUk. Consulta: agosto de 2018.

- SHELL OMALA S2 G220: es un lubricante de extrema presión, de calidad superior, diseñado ante todo para la lubricación de engranajes industriales para servicios severos. Su alta capacidad de carga y sus características antifricción, se combinan para ofrecer un desempeño superior en engranajes.

Figura 11. Presentación de 5 galones de lubricante Shell Omala S2



Fuente: Lubritec. *Cubeta 5 galones lubricante Shell.*

<https://www.lubritec.com/tienda/lubricantes/lubricantes-industriales/shell-omala-s2-g-220/#prettyPhoto>. Consulta: 18 de agosto de 2018.

Tabla III. Especificaciones técnicas del Shell Omala S2 G220

Características Típicas

Shell Omala S2 G		68	100	150	220	320	460	680
Grado de Viscosidad ISO	ISO 3448	68	100	150	220	320	460	680
Viscosidad Cinemática	ISO 3104							
@ 40°C	mm ² /s	68	100	150	220	320	460	680
@ 100°C	mm ² /s	8.7	11.4	15.0	19.4	25.0	30.8	38.0
Índice de Viscosidad	ISO 2909	99	100	100	100	100	97	92
Flash Point (PMCC)	°C ISO 2592	236	240	240	240	255	260	272
Punto de Escurrecimiento	°C ISO 3016	-24	-24	-24	-18	-15	-12	-9
Densidad @ 15°C	kg/m ³ ISO 12185	887	891	897	899	903	904	912

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

Fuente: Shell Guatemala. *Especificaciones Shell Omala.*

http://www.chughes.cl/archivos/productos/Omala_S2_G.pdf. Consulta: 18 de agosto de 2018.

2.6.2. Cantidad de lubricante por extrusora

La capacidad de lubricante por extrusora es de 6 galones. Dicha cantidad se debe mantener a ese nivel, para evitar que los componentes sujetos a lubricación corran riesgo de trabajar en seco.

2.6.3. Cambio de lubricante

Los cambios de lubricante son planificados de forma empírica, por experiencia en el conocimiento de la maquinaria y del lubricante. Se realizan en función de la necesidad de cambio que presenten las extrusoras, al efectuarles la revisión de condiciones generales del lubricante.

2.7. Seguridad a recurso humano

Uno de los aspectos a tener muy en cuenta en toda planta industrial es el uso adecuado del equipo de protección personal, con el fin de salvaguardar la integridad física de todos los trabajadores, sobre todo a los que están más expuestos al riesgo de accidentes, quienes en este caso son los operadores de maquinaria.

Existen varios aspectos a tener en cuenta cuando se habla de seguridad, y a tocar los temas más relevantes sobre este tema.

Actualmente la empresa no ofrece las mejores prácticas de seguridad e higiene industrial, ya que hacen falta herramientas que puede ayudarles a tener una mejor operación estando dentro del marco de seguridad que exige la ley y el cual es necesario para salvaguardar la integridad física de cada uno de los miembros de la empresa.

Se observa y posteriormente se comprobó que el equipo de protección personal es limitado y no se encuentra en las condiciones óptimas. A lo anterior, se debe agregar que no existe una cultura de utilización de herramientas en la planta de producción, lo que provoca que en la mayoría de los casos, el equipo no sea utilizado.

Se debe mencionar que la señalización y rotulación es prácticamente inexistente en la planta.

2.7.1. Señalización

Hay mucha oportunidad en tema de señalización industrial. La planta no cuenta con ningún tipo de señalización de prohibición, obligación, precaución o información. Dentro del plan de mantenimiento se deberá programar la implementación de la señalización de la planta.

Asimismo, no existe señalización en el piso de la planta, ni están adecuadamente señalados donde se encuentran los extintores. Lo que hace que sea difícil de ver en donde se encuentran ubicados.

2.7.2. Herramientas de protección personal

Las herramientas de protección personal utilizadas por los operarios, son guantes y lentes de seguridad industrial.

Sin embargo, debemos apuntar que actualmente no se tiene la disciplina de usar estas herramientas en el taller. Lo que puede conllevar a sufrir algún tipo de accidente, si no se normaliza el uso de las mismas.

Se debieran imponer normas de uso de equipo de protección personal, y no dejar laborar a quien no las porte. Es por seguridad de los empleados, ya que por el tipo de operación están propensos a sufrir quemaduras o a que alguna partícula de material pueda ingresar en sus ojos, nariz o boca.

2.7.3. Extinguidores o extintores

La planta cuenta con 12 extintores, adecuadamente distribuidos. Sin embargo, hace falta más seguimiento a la revisión de los mismos, ya que una tercera parte de los mismos se encuentran descargados.

El gerente de mantenimiento ya gestionó el llenado de los mismos, sin embargo, se le debe dar más prioridad a ello.

Los extintores con los que cuenta la planta son de CO₂, los cuales son aptos para tipos de incendio A, B y C. Ya que el gas no conduce la electricidad los hace los más prácticos para usar en la planta. Ya que el uso de extintores a base de agua provocaría pérdidas materiales más altas que el incendio en sí mismo.

Se debe hacer una reinstalación de extintores en toda la planta, de forma tal que logren abarcar todo el lugar.

También se debe señalar el piso en el lugar en donde se coloque un extintor, esto con el fin de que sean fácilmente identificables y también sirva de advertencia para que no pasen golpeando los extintores al pasar con materia prima.

3. PROPUESTA PARA REDUCIR LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO EN AREA DE EXTRUSION

3.1. Departamento de producción

La propuesta se implementará en el área de producción y repercutirá en todas las áreas de la empresa luego de su aplicación.

3.1.1. Lista de antecedentes

Se enumerarán a continuación los antecedentes relevantes a tener en cuenta, previo a la ejecución de la propuesta.

- Atrasos en producción
- Falta de cumplimiento en entregas
- Aumento de fallas de maquinaria
- Aumento de mantenimientos correctivos
- Aumento de merma

Se utilizó la herramienta de diagrama de causa y efecto para lograr una adecuada clasificación de los problemas y causas, en la planta de producción.

3.1.1.1. Tiempo transcurrido entre cambios de lubricante

El cambio de aceite lubricante de la extrusora analizada, se lleva a cabo cada 6 meses. Este tiempo entre cambios de lubricante, es calculado de forma

empírica, tomando como base solamente la experiencia previa y análisis visual. No se está tomado en consideración lo sugerido por el fabricante del aceite lubricante, el cual es de cada tres meses para temperaturas mayores a 200 °C.

El intervalo de temperatura de operación de la extrusora actual es de 250 °C – 300 °C.

Se debe incluir dentro del recorrido semanal, el análisis de calidad del lubricante para determinar las condiciones del mismo.

La falta de una lubricación oportuna conlleva a problemas mayores de operación, como lo son el desgaste de las piezas y baja en el rendimiento de la extrusora.

3.1.1.2. Tiempo transcurrido entre cambios de engranajes

Los cambios de engranajes se efectúan en promedio una vez al año, y en un 60 % de los casos es debido a un mal uso del equipo. El daño en los engranajes se debe principalmente a fallas eléctricas y por arrancar la maquinaria sin el calentamiento previo de la misma. En un 40 % se debe al desgaste producido al no existir una adecuada lubricación en la caja reductora, es decir, por mantener en uso el lubricante luego de cumplir su vida útil y por no tener la cantidad óptima de lubricante en la caja reductora.

3.1.1.2.1. Tiempo ocioso de la extrusora

El tiempo ocioso de la extrusora es de 60 horas semanales, que son el tiempo en que la extrusora no se encuentra en operación. Este intervalo de

tiempo comprende desde las 18 horas del día viernes hasta las 06 horas del día lunes, debido a que el taller no labora estos días. El resto del tiempo de la semana la extrusora trabaja de corrido 24 horas sin detenerse, es decir, de las 06 horas del día lunes hasta las 18 horas del día viernes, que es cuando se apagan todos los equipos.

3.2. Fallas críticas en la extrusora

Las fallas críticas en la extrusora, van a ser aquellas fallas que provoquen que se detenga la producción hasta la reparación del elemento que sufrió la falla. Si bien es cierto que hay variedad de fallas, y no todas generan el mismo gasto, también se puede afirmar que casi todas son críticas en función de los atrasos que generan en la producción.

Existe una amplia gama de fallas que pueden ocurrir en cualquier planta de producción, sin embargo, en este capítulo se ahondará en las que son de aparición más frecuente dentro del taller, y que a su vez son más identificables, debido a la alta ocurrencia de las mismas.

A continuación, se presentan las fallas más usuales, pero no por ello menos dañinas, que se presentan sobre todo en la extrusión de plástico.

3.2.1. Fallas por desgaste

Debido al paso del tiempo y a la cantidad de uso en los elementos mecánicos, es normal que se produzca un desgaste natural en los componentes mecánicos.

La criticidad de este tema, es que es uno de los mayores costos cuando se habla de fallas de maquinaria, es el tipo de falla más común. Este desgaste

se va presentado paulatinamente por lo regular en tres fases, pero no siempre tienen el mismo comportamiento, siempre existirán variables de una máquina a otra, ya que no son siempre los mismos componentes los que provocan este tipo de falla.

En la primera fase la cantidad y velocidad de desgaste tiende a ser muy alta y notoria, usualmente en esta fase no repercute en muchos problemas de funcionamiento, pero si empiezan a presentarse.

Luego se tiene la segunda fase, en donde el desgaste se da de manera constante es decir, se va dando el desgaste casi a la misma velocidad, sin cambios abruptos. Es en esta fase en donde es conveniente realizar una evaluación completa de los componentes mecánicos con el propósito de pronosticar la vida útil de los mismos y medir la cantidad de daño real que ya se encuentra presente.

La tercera fase es cuando ya se presenta un nivel muy alto de desgaste en los componentes, y se hace necesario la sustitución de una o varias piezas, según sea el caso y ya se puede observar un alto grado de desgaste presente en el equipo.

Por lo anterior es muy importante mantener los niveles óptimos, tanto de calidad como de cantidad del aceite que se está utilizando y de esa manera alargar el tiempo de vida de los componentes sujetos a lubricación. Se recomienda en la tercera fase realizar análisis físicoquímicos para determinar el estado real actual del lubricante y tomar la decisión de cambiarlo o no.

3.2.2. Fallas por fatiga superficial

Este tipo de falla es la que más comúnmente se presenta en elementos de máquina sometidos a esfuerzos constantes, asimismo, se sabe que es el tipo de falla que más se presenta en los motores, ya que están expuestos a un funcionamiento continuo y cíclico. Los esfuerzos dentro de los motores están expuestos a esfuerzos que son aplicados de forma repetitiva. Es común que el daño o falla inicie en los puntos en los cuales se concentra la mayor cantidad de presión para luego abarcar otras áreas dentro del componente. Este tipo de daño es conocido como daño estructural, ya que sufre fractura la maquinaria o sus componentes.

Esta además indicar que este tipo de falla, conlleva a altos costos de reparación o incluso cambios completos de maquinaria, cuando el daño ya no se puede reparar. Es de prestarle mucha atención y darle la importancia que se merece la falla por fatiga.

En el proceso de extrusión este tipo de falla no es muy común y es muy difícil de predecir. Se deben evitar vibraciones del equipo y se debe estar atento a cualquier tipo de ruido anormal dentro de la estructura de la extrusora para evitar que algún elemento no se encuentre debidamente ajustado y pueda provocar falla por fatiga en otra superficie debido al golpeteo constante.

Aunque presenta dificultad para anticipar esta falla, si se podría predecir con cierto grado de exactitud, si se llevaran a cabo revisiones profundas y rutinarias de la maquinaria.

En este caso se debe hacer uso del análisis visual, del análisis de ruido y por supuesto del análisis de vibraciones, ya que una variación en alguno de

estos ámbitos será un indicio de que algo no está bien dentro de la extrusora y esto debe ser una alerta para efectuar una revisión más profunda y prevenir en el mejor de los casos una falla mayor y de mayor impacto económico.

3.2.3. Fallas por fractura

Las fallas por fractura en el taller, aunque si se han presentado, no se puede decir que sean muy recurrentes. La falla por fractura se da exclusivamente en los engranajes o en el tornillo de extrusión, siendo esta fractura la más perjudicial para la operación, sobre todo por la cantidad de tiempo que debe pasar detenida la maquinaria hasta que sea reemplazada la pieza.

Otro factor que hace que este tipo de falla sea muy perjudicial, es el alto costo del tornillo utilizado y la falta de repuesto en inventario.

Usualmente la fractura, ocurre debido a fatiga, es decir que fue sufriendo la fractura en distintas fases, iniciando en donde se concentran la mayor cantidad de esfuerzos. Estos esfuerzos provocan que el área se debilite continuamente, hasta que ya no sea posible soportar la carga aplicada.

Uno de los factores que más daño le puede ocasionar al tornillo de extrusión, son las paradas súbitas de la maquinaria, así como los arranque de igual manera súbitos, ya que esto genera una carga altísima de trabajo en un tiempo muy corto, también la solidificación de los residuos de materia prima que queden luego de una parada súbita, son un factor para provocar una fractura del tornillo, ya que al enfriarse se solidifican y termina pegando el tornillo con el barril, y al encender súbitamente la maquinaria se provocaran esfuerzos que no

son propios del proceso normal. La falta de alineación entre los componentes de la extrusora, es otro factor que puede llevar a una fractura del tornillo.

Son varias formas en las que se puede producir este tipo de falla, la mayoría causadas por un exceso de fuerza de torsión o bien por fatiga, siendo esta segunda la más usual.

Aunque es muy difícil pronosticar el momento exacto cuándo ocurrirá la fractura, si se puede tener indicios o fechas aproximadas, si se tiene un adecuado plan de mantenimiento preventivo, que incluya entre las rutinas ya sea semanales o mensuales, la revisión de la integridad del tornillo, así como posibles fuentes de esfuerzo adicional sobre el mismo.

3.3. Causas de atrasos

En toda actividad se presentan atrasos, los cuales se traducen en perdidas para la empresa, las principales causas de atrasos las descubriremos a continuación.

3.3.1. En área de producción

En el área de producción se producen diversos tipos de atrasos en la operación, lo que constituye una baja en los niveles de producción y por ende puede conllevar a tener atrasos de entrega de producto terminad, tanto al cliente interno como al cliente externo, ya que cuentan con una distribuidora de sus propios productos.

A continuación, se detallarán los atrasos más comunes y con mayor incidencia en la correcta operación del taller, específicamente del área de

extrusión de plástico. Siendo estos la falta de conocimiento del personal, la falta de repuestos, la falta de personal en algunos periodos del año, los paros de maquinaria para mantenimiento y los cambios de aceite lubricante.

Cabe señalar que existe otra variedad de atrasos pero que no son tan comunes en su ocurrencia y los efectos pueden ser despreciables.

3.3.1.1. Falta de conocimiento del personal

Actualmente hay una rotación de dos personas al mes en el área de extrusión, lo cual afecta los niveles de producción y la cantidad de merma en el taller, todo esto debido a la curva de aprendizaje de los nuevos operarios.

Los nuevos trabajadores necesitan constante supervisión y evaluación del trabajo desempeñado. Se deben hacer herramientas de apoyo, tanto técnicas como teóricas para usarlas como material de consulta y evaluación a los nuevos trabajadores, para de esta forma llevarlos al nivel que se espera de ellos.

3.3.1.2. Falta de repuestos

Existen reparaciones a la extrusora que necesitan repuestos que se deben traer del extranjero, en este caso a Italia, ya que la extrusora en estudio es de origen italiano y solo allí se consiguen esos repuestos. Este tipo de fallas no son comunes y tienen un ciclo de ocurrencia de dos años. Sin embargo, en los últimos dos años estas fallas han aumentado significativamente debido al desgaste producido en estas piezas, debido a un plan de lubricación ineficiente, en el cual se alargan los ciclos entre cambios de lubricante. Cuando ocurre provoca atrasos bastante críticos, y tiempos de espera de repuestos de hasta

un mes. El taller ya ha realizado pruebas en tratar de mandar a maquilar ese tipo de repuestos acá en Guatemala, pero por el grado de complejidad de la forma y fabricación de los mismos, no se ha podido llevar a cabo esta estrategia.

La compra de los repuestos se debe efectuar en pares debido a que es la cantidad mínima que la fábrica en Italia está dispuesta a enviar. Se debe tener un correcto inventario de estos repuestos, para garantizar la suplencia de los mismos cuando fuere necesario y planificar dentro del presupuesto anual este tipo de compra.

3.3.1.3. Falta de personal

Debido a la rotación de personal que tiene actualmente la del taller, se presentan periodos en donde se evidencia escasez de personal, siendo estos periodos en época de alta demanda o los inicios de dicha demanda. Aunado a esto, la falta de conocimiento de los nuevos operarios, producen una perdida en la eficiencia de producción y aun aumento significativo en la merma que se produce a diario.

La empresa no cuenta con un departamento de recursos humanos, por lo que se evidencia la falta de perfiles listos para suplir las vacantes propias de la rotación actual. Esto hace que el proceso de contratación sea más tardado. Cuando el taller se enfrenta a problemas de falta de personal se hace necesario el empleo de horas extras por parte de los trabajadores o si fuera necesario se ven obligados a laborar el día sábado, día que usualmente es de descanso en el taller.

La rotación de personal se debe principalmente a cambio de empleo por parte de los operarios, que encuentran nuevas oportunidades fuera del taller, ya sea por cercanía a sus residencias o un mejor salario.

3.3.1.4. Paro de maquinaria para mantenimiento

En un taller de extrusión de plástico, uno de los problemas más serio que se pueden tener es el paro no programado de una o varias máquinas. El costo que conlleva esta situación es altísimo, si se habla en términos de atrasos en la producción y en el pago de horas extras posteriores para cumplir con las fechas de entrega previamente programadas. Por lo anterior es importante que el taller cuente con un programa de mantenimiento integral, en donde se pueda hacer una revisión constante y programada de los aspectos básicos de la planta industrial, entre ellos la lubricación de los componentes, para garantizar su adecuado funcionamiento y de este modo aumentar su tiempo de vida útil. También se debe incluir una revisión general de la maquinaria, de forma estructural y eléctrica.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores se verán reducidos los paros en la maquinaria, y se mejorará en la reducción de costos de operación y en la satisfacción final de los clientes, así como un ahorro significativo en la compra de repuestos, una reducción continua de la merma, mejores tiempos de entrega a los clientes, reducir horas extras por atrasos en la producción, eliminar la incertidumbre.

En fin la mejora será integral al reducir los paros de maquinaria no planificados.

Se definirá al mantenimiento en un taller de extrusión como todas aquellas acciones que tengan como fin, preservar la maquinaria instalada garantizando a su vez su correcto desempeño y llevando al mínimo las fallas de la maquinaria y de esta manera alcanzar la vida útil para la cual fueron diseñadas.

La vida útil proporcionada por los fabricantes debe ser un parámetro o guía para el gerente de mantenimiento, y debe utilizarlos para hacer una comparación real entre lo que está ocurriendo contra lo que debería estar ocurriendo realmente.

En un taller de extrusión, los paros por mantenimiento tienen un nivel de criticidad que depende en gran medida de la demanda actual y de la cantidad de extrusoras en operación. Asimismo, cobra relevancia la adecuada programación de paros para mantenimientos preventivos y de esta forma estar preparados para apalancar estos atrasos con otra maquinaria.

El principal problema de Polifaz en este rubro es que no tienen un programa de mantenimiento preventivo planificado y por lo mismo los paros de maquinaria son imprevistos, lo que conlleva a atrasos y provoca una elevada dificultad para distribuir el trabajo de la extrusora en reparación, entre otra u otras extrusoras.

Se debe implementar un programa de rutinas diarias de inspección de cada uno de los elementos críticos para la correcta operación de las extrusoras.

Entre esos elementos críticos, se debe incluir como prioridad el tema de la lubricación, la cual se ha descuidado y no se le ha dado la importancia que tiene para el correcto desempeño de la maquinaria.

No se hacen revisiones diarias de aceite, por lo que es muy difícil determinar el estado actual del lubricante. Se desconoce el grado de desgaste o contaminación que posee.

3.3.1.5. Cambio de aceite lubricante

Los cambios de aceite lubricante dentro del taller, no se llevan a cabo mediante un método o planificación. El cambio de aceite lubricante se realiza de forma empírica con base en la experiencia del gerente de mantenimiento en este caso. No se utilizan análisis de laboratorio ni mediciones diarias de calidad y cantidad del aceite, es decir que los cambios de lubricante se van realizando cuando haga falta.

Lo anterior provoca paros imprevistos, aunque necesarios de la extrusora, y por consiguiente aumento de costos por mantenimiento, ya sea directamente por el cambio del lubricante como por fallas de otros elementos causadas por el alargamiento de la vida útil del lubricante. De esta forma se puede afirmar que para lograr una eficiencia superior en la operación, se debe tener en cuenta no solo el tipo de lubricante que se use, sino también cobra relevancia la manera en que será usado dicho lubricante, lo anterior resulta vital en el proceso de extrusión, ya que se está hablando de procesos continuos y de muy largo tiempo.

Los cambios de aceite lubricante se están realizando en un rango de entre 3 a 6 meses, según la cantidad de uso que le ha dado a la extrusora. El uso dependerá de la demanda de producción que se tenga, la cual varía según la época del año, ya que es en época de fin de año cuando se incrementa la demanda, es decir, en los meses de septiembre a diciembre.

Sin embargo, los intervalos entre cambios de lubricante no están previstos y ocurre que se hacen los cambios mucho después de haber concluido la vida útil del lubricante. El régimen de lubricación de las extrusoras debe estar incluido en un programa de mantenimiento planificado, con rutinas de revisión semanal para garantizar la cantidad y calidad del lubricante en operación.

Debido al aumento de las fallas de maquinaria y al aumento de la merma por mala calidad del producto, se deben realizar análisis de lubricación en laboratorio para tener un mejor dato del desgaste actual de las extrusoras.

3.3.2. Fallas mecánicas

Las fallas mecánicas en la extrusión pueden ser de dos tipos: por falta de mantenimiento o por falla inesperada independiente del mantenimiento.

Existen formas de determinar que algo está fallando en la extrusora, siendo las señales más visibles, el calor, el ruido y las vibraciones.

Diremos del calor que es tan solo una de las principales consecuencias que conlleva el no tener los niveles óptimos de lubricante en la maquinaria. Se sabe que la falta de lubricante ya sea total o parcialmente, deviene en que los componentes que deben ser sujetos a un régimen de lubricación queden desprotegidos ya sea totalmente o parcialmente, esto provocará que las superficies que deberían estar protegidas por la película lubricante, aumenten su contacto entre sí, y lógicamente esto provocará un aumento de calor, y esto será una de las claras señales de que algo no está funcionando adecuadamente.

Otra de las señales, a la que se debe prestar atención son las vibraciones presentes en operación, se debe revisar minuciosamente la maquinaria para detectar cualquier cambio en la vibración, por sutil que esta sea, esta también puede ser una señal de que se tienen una lubricación deficiente. Si se ataca la lubricación a tiempo, se puede prevenir el posterior aumento de calor por aumento de fricción.

Por último, se debe prestar atención al ruido que se genere en la maquinaria al estar en operación, este será un indicador de que ha aumentado el roce entre componentes de la misma. Un experto que conozca la maquinaria con la que trabaja, no tendrá complicaciones en detectar cualquier variación de ruido dentro del sistema o la aparición de ruidos nuevos dentro de la misma.

3.3.2.1. Falta de mantenimiento

La falta de un adecuado programa de mantenimiento preventivo en el taller, ha producido que las fallas mecánicas se incrementen y por ende los costos asociados a dichas fallas. Muchas de las fallas mecánicas en la extrusora pudieron predecirse y evitarse si se realizarán rutinas diarias basadas en observación y análisis de laboratorio de lubricante que proporcionen un diagnóstico más exacto del estado de los componentes internos de la extrusora sujetos a lubricación. El mantenimiento actual es correctivo, lo que hace que las fallas sea inesperadas y por ende de difícil solución inmediata. Se sabe que el mantenimiento correctivo no es el adecuado para ningún tipo de producción, ya que es totalmente reactivo y no permite anticiparse a las fallas.

Actualmente las revisiones se ejecutan por el gerente de mantenimiento, quien es la persona con más experiencia y conocimiento de las maquinarias. Sin embargo, no se llevan controles de los mantenimientos realizados ni de

fechas ni de gastos propios de estos mantenimientos. De esta manera es difícil llevar un histórico del tipo de falla que se ha presentado.

Se puede afirmar que el mantenimiento es en su mayoría realizado de forma empírica, solo en base a la experiencia. Y de este modo lo que se puede prevenir es muy escaso en comparación con lo que toca corregir.

3.3.2.2. Falla inesperada

Existen fallas en el taller que son inesperadas y se deben en la mayoría de los casos a problemas con el motor o por desgaste o fractura de algún componente. Pueden producirse por varios factores, siendo el más frecuente por falta de energía eléctrica producido por algún apagón o corte de luz.

El problema reside en que cuando la energía eléctrica se reestablece, algunas de las extrusoras no encienden debido a problemas con el motor. Otro tipo de fallo se debe a la fractura inesperada de algún engranaje debido a problemas de fabricación de los mismos, ya que se han encontrado burbujas de aire dentro de los engranajes propios de una mala producción.

Este tipo de falla es uno de las más dañinas tanto a la operación como a la maquinaria. Provoca muchos atrasos en la producción y causa daños difíciles y caros de reparar en la maquinaria.

Uno de los principales problemas radica en que al ser inesperada la falla, es muy común que no se tengan los repuestos necesarios a la mano, entonces se debe esperar a que estos sean comprados, y no todos son fáciles de comprar, ya que hay algunos que hay que mandar a pedir al extranjero.

3.4. Materia prima

Actualmente el taller utiliza varios tipos de materia prima en su proceso de extrusión, el tipo de materia prima a utilizar dependerá íntegramente del producto que se necesita producir. A continuación, se detallarán los distintos tipos de materia prima utilizados y los usos que se la dan a cada tipo.

3.4.1. Aplicaciones de la materia prima

Las aplicaciones de la extrusión de plástico son muy diversas y tienen una amplia gama de aplicaciones. Para cada uso que se desea se deberá usar distintos tipos de materia prima.

A continuación, se enlistan los principales productos o más comunes que son fabricados mediante la extrusión:

- Películas de forma tubular
- Las bolsas comunes usadas en almacenes y supermercados.

También las bolsas usadas de forma casera en diversas aplicaciones, tales como guardar comida.

Tuberías para usar en plomería.

Todo tipo de mangueras utilizadas en los jardines de las casas, o bien en los hospitales.

También se fabrica el recubrimiento del alambre que se usa en electricidad.

3.4.2. Tipos de materia prima utilizados

Polifaz utiliza cuatro materiales en su proceso, los cuales son utilizados para fabricar bolsas de empaque. Siendo estos materiales los siguientes: Polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polietileno lineal de baja densidad, polipropileno y material polímero biodegradable.

Aunque la producción en Polifaz se basa casi en su totalidad en la fabricación de bolsas, no siempre tienen las mismas consistencias, esto varía de acuerdo a los requerimientos de los clientes, según el uso para el que serán destinadas. Esto hace necesario que existan mezclas de materia prima en ocasiones.

Actualmente, existe un gran debate sobre el uso de plástico a nivel mundial, ya que el impacto se está viendo en el ambiente del planeta. Existen diversas organizaciones que luchan por reducir el uso de plástico y darle énfasis al uso de materiales biodegradables. Sin embargo, esto no es del todo conveniente para las empresas sobre todo visto desde el punto de vista financiero, debido a que aún la producción de compuestos biodegradables es de muy alto costo, y por ende esto encarece los productos finales de cara al consumidor final, quien es al final el que debe pagar esa diferencia de precios, ya que las empresas no van a sacrificar sus márgenes actuales.

A pesar del alto costo que tienen los compuestos biodegradables, se puede afirmar que su uso va en aumento, y cada vez más son las empresas que quieren tener una producción más responsable aunque esto conlleve a costos mayores de fabricación.

Polifaz no es ajena a esta tendencia, y ya tienen un porcentaje considerable de producción biodegradable, aunque por supuesto solo lo trabajan bajo pedido de algunos clientes.

A continuación, se definirá qué son cada uno de ellos y sus principales características.

- Polietileno de baja densidad: este polietileno es usado en Polifaz, sobre todo para la producción de bolsas plásticas, es un termoplástico que puede ser reciclado.

Se puede usar solo o mezclado con otros polietilenos que tengan otra densidad, para lograr los grosores requeridos por los clientes.

Figura 12. **Polietileno de baja densidad**



Fuente: *Polietileno de baja densidad*. <http://www.catalogodelempaque.com/ficha-producto/Polietileno-de-baja-densidad-lineal-metaloceno+111040>. Consulta: 26 de septiembre de 2018.

- Polietileno de alta densidad: este polietileno es el de más usado a nivel mundial por la gran cantidad de aplicaciones que tiene, como juguetes, botellas y diversidad de objetos domésticos. Este polietileno también es usado en Polifaz, sobre todo para mezclarlo con el de baja densidad para producir bolsas más resistentes.
- Polietileno lineal de baja densidad: tiene una amplia gama de aplicaciones, pero se usa principal aplicación en el taller es la fabricación de grandes películas de plástico soplado.

Sin embargo, también se le usa en otros ámbitos como en la industria farmacéutica, en la fabricación de envases contenedores de medicamentos.

- Polipropileno (PP): el polipropileno es utilizado en el taller principalmente para elaborar bolsas que contendrán alimentos. Este material es cristalino.

Tiene varias aplicaciones aparte de la ya mencionada. Se puede utilizar también en la industria automotriz, para la fabricación de varios componentes, también en la fabricación de envases y pachones.

Figura 13. **Algunos productos a base de polipropileno**



Fuente: Asipla. *Productos de polipropileno*. <http://www.asipla.cl/como-reciclar-plastico/>.

Consulta: 28 de septiembre de 2018.

- Polímeros biodegradables: el polímero biodegradable, tal como su nombre indica, se descompone naturalmente luego de que ya cumplió con su objetivo de uso.

Actualmente, este material es utilizado en el taller solo por pedido de algunos clientes, ya que aún resulta caro en comparación de los otros compuestos utilizados regularmente.

Sin embargo, el uso de este polímero ha venido en aumento y se espera que continúe de esa forma, ya que a raíz de la atención que se le está dando a los problemas del cambio climático, muchas empresas han decidido cambiar sus empaques que eran de polietileno a empaques de materiales biodegradables. El principal problema de su uso es por el alto costo que aun

representa, lo que lo convierte en un producto no tan accesible como los anteriormente mencionados.

Los polímeros biodegradables son un tipo específico de polímero que se descompone después de cumplir su propósito para resultar en subproductos naturales como gases, agua, biomasa, y sales inorgánicas. Estos polímeros se encuentran tanto naturalmente como fabricados sintéticamente, y en gran parte consisten de grupos funcionales de éster, amida, y éter. Sus propiedades y mecanismo de ruptura están determinados por su estructura exacta. Estos polímeros son a menudo sintetizados por reacciones de condensación, polimerización por apertura de anillo, y catálisis por metales. Existe una gran cantidad de ejemplos y aplicaciones de polímeros biodegradables.

Otro factor que se puede observar sobre los polímeros biodegradables, es que al ser biológicos requieren un almacenamiento especial, debido a que atraen insectos, y además es muy susceptible a que se pueda mojar o contaminar con facilidad.

3.4.3. Características de la materia prima utilizada

Cada uno de los materiales utilizados en Polifaz, tiene características únicas, para cada tipo de bolsa que es producido.

Ya que actualmente se producen muchos tipos de bolsas para diversas aplicaciones, el taller utiliza uno o varios tipos de polímeros para la fabricación de los mismos. También se utilizan continuamente mezclas de diferentes polímeros con distintas densidades, para lograr los grosores y resistencias que son solicitadas por los clientes.

Los materiales utilizados deben cumplir con los estándares adecuados para poder ser utilizados, como lo son la limpieza del producto, es decir, que el material no contenga residuos de ningún tipo, que puedan alterar la calidad de los productos finales. Asimismo, se hace necesario realizar pruebas de resistencia antes de ejecutar pedidos grandes.

El producto final debe ser capaz de soportar el uso para el cual fueron producidos, recordando que estos productos también deben soportar condiciones de embalaje y transporte por parte de las empresas que las solicitaron.

Con base en las distintas densidades que se manejan en el taller, asimismo, serán variables las capacidades de flexibilidad, resistencia al calor o la resistencia a ser pintados por diversos tipos de tintas utilizadas en las imprentas industriales, las cuales también se encuentran en la planta de producción. Es mucho más fácil el manejo de los polietilenos de baja y alta densidad, debido a que tienen mayor resistencia y son más fáciles de manipular.

En el caso de los polímeros biodegradables es más complicada su manipulación y su transformación, debido principalmente a que son susceptibles a varios factores naturales, como el agua, el calor, o la humedad. Asimismo, su tiempo de vida será más corto en relación a los otros compuestos.

El gerente de mantenimiento es el responsable de efectuar la revisión de los materiales a utilizar, así como de hacer el cálculo de las partes que serán utilizadas de cada material cuando se trata de mezclas.

Sin embargo, este tipo de revisión no toma demasiado tiempo, ya que trabajan desde hace mucho tiempo con los mismos proveedores, por lo que ya se tiene un conocimiento amplio de la calidad que los mismos proveen. Sin embargo, se recomienda siempre hacer la revisión del producto.

La materia prima es recibida bajo la supervisión del gerente de mantenimiento quien es a su vez el encargado de comparar los datos facturados con lo físico.

Entre las revisiones que hace de la materia prima están:

- Materia prima correcta
- Cantidad correcta de cada tipo de materia prima
- Verifica el buen estado de los sacos que contienen la materia prima.
- Revisa si están libres de humedad y contaminantes.
- Revisión de lo facturado contra cantidad física real.
- Coordinar el traslado hacia bodega
- Verificar el correcto almacenamiento

La materia prima como se puede ver debe cumplir con varios parámetros, para que pueda cumplir con los estándares solicitados por los clientes del taller. En resumen, se puede afirmar que la materia prima debe cumplir los criterios de calidad, precio, apariencia y resistencia.

Figura 14. Clasificación de los plásticos

CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Los plásticos que encontramos en el mercado suelen diferenciarse mediante un número del "1" al "7", ubicado dentro de un triángulo en la parte inferior, cuya finalidad es facilitar su clasificación para el reciclado.

Esta es la clasificación de la Sociedad de Industrias del Plástico (SPI en inglés), que ha sido adoptada en todo el mundo.

Número	Nombre	Abreviatura	Apariencia	Usos más comunes
	Poliétileno Tereftalato	PET	<ul style="list-style-type: none"> Color transparente, verde o ámbar. Presenta buen brillo superficial. Productos sin costura. 	Envases para refrescos, agua purificada, cosméticos, mayonesas, salsas, medicamentos, fibras textiles, envases al vacío, cintas de video y audio, herrajes, palancas, juguetes, bases para computadora, bolsas, suelas para zapatos, tñacos, etc.
	Poliétileno de Alta Densidad	PEAD	<ul style="list-style-type: none"> Su coloración natural es blanca, lechosa u opaca. Muy bajo brillo. Se puede tefir en cualquier tono opaco. 	Productos lácteos, shampoo, suavizantes, detergentes, bolsas para supermercados, telefonía, tubería para agua potable, riego, drenaje y uso sanitario, conducción de gas, etc.
	Cloruro de Polivinilo	PVC	<ul style="list-style-type: none"> Color transparente y opaco. Las botellas tienen costura y la señal del molde por soplado tienen semejanza a una sonrisa. 	Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, tarjetas de crédito, tubos aislantes, envolturas para golosinas, cables, catéteres, balones, hules, artículos para oficina, etc.
	Poliétileno Baja Densidad	PEBD	<ul style="list-style-type: none"> Sólo en láminas delgadas llega a ser casi transparente. Coloreado en translúcido u opaco. 	Bolsas para supermercados, boutiques, grandes sacos industriales, bolsas para suero, tuberías para riego, cubetas para hielo, etc.
	Polipropileno	PP	<ul style="list-style-type: none"> Su tonalidad natural va desde ligeramente transparente hasta opaca. Se puede tefir en muchos colores. 	Jeringas desechables, tapas en general, aspas para lavadora, fibras textiles para tapicería, cubrecamas, pañales desechables, alfombras, cajas de batería, hieleras, etc.
	Poliestireno	PS	<ul style="list-style-type: none"> Transparente con alto brillo superficial. Coloreado en todos los tonos, en translúcido y opaco. 	Botes para lácteos (yogurt, postres, helados), anaqueles, platos desechables, ganchos para ropa, recipientes para el hogar, peines, cepillos de dientes, bolígrafos, etc.
	Otros plásticos	Otros	<ul style="list-style-type: none"> Varios. 	Lentes, teléfonos celulares, computadoras, discos compactos, productos de línea blanca, biberones, equipos e instrumentos quirúrgicos, partes automotrices, de la industria y construcción, etc.

Fuente: Edad del plástico. *Clasificación de plásticos*.

<http://vengodelaedaddelplastico.blogspot.com/2013/11/>. Consulta: 29 de agosto de 2018.

3.5. Eficiencia de operación

Es muy importante tener un taller eficiente, entendiendo por ello, el uso óptimo de los recursos para producir lo esperado. A continuación, se detallan cifras significativas en el área de extrusión de Polifaz.

3.5.1. Cantidad producida

Actualmente el taller tiene una producción de 700 libras por turno en total. Dicha producción es utilizada para realizar todos los tipos de bolsa de empaque que comercializa Polifaz.

3.5.2. Tiempo de producción

Se tienen dos turnos de 12 horas cada uno. Los turnos están comprendidos de las 6 am. A 6 pm el turno diurno y de 6 pm. A 6 am el turno nocturno.

3.5.3. Calidad de producción

La calidad de producción dependerá de varios factores como lo son: la lubricación de las máquinas extrusoras, la adecuada calibración de la maquinaria, la experiencia del operario y el funcionamiento adecuado de la maquinaria en general.

El encargado de hacer las revisiones de calidad es el gerente de mantenimiento en sus recorridos durante toda su jornada.

Se evalúan varios parámetros que debe cumplir la producción, como los son el tamaño que se requiere, el espesor requerido e imperfecciones en la producción como grumos o piezas incompletas.

Al detectar que no se cumple con alguna especificación, el gerente de mantenimiento detiene el proceso para evaluar la causa origen del problema y procede brindar la solución correspondiente.

3.6. Costos de producción de la extrusora

En este inciso se analizará el costo de materia prima utilizada en la extrusora en estudio, así como también el costo de energía eléctrica consumida para la operación. Cabe señalar que los costos van a variar dependiendo del tiempo de utilización de la extrusora, en este capítulo se asumirá el costo tomado en cuenta una operación continua de 24 horas.

3.6.1. Costo de materia prima

Se utilizan cinco tipos de materia prima, cada uno con diferente costo, se enumeran a continuación:

Tabla IV. **Costo de materia prima**

Núm.	Tipo de materia prima	Costo por saco (q)	Cantidad por saco (kg)
1	Polietileno de baja densidad	275	25
2	Polietileno de alta densidad	179	25
3	Polietileno lineal de baja densidad	275	25
4	Polipropileno	308	25
5	Polímero biodegradable	220	25

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Costo de energía eléctrica

El kwh es la unidad de medida que utilizan las empresas eléctricas para cobrar lo que consumen los usuarios y la forma conveniente de expresar un consumo energético, en todos los casos se refiere a la cantidad de energía consumida durante un periodo determinado.

Para la extrusora en análisis se tiene un consumo de energía eléctrica de 29 Kwh.

En 24 horas de operación, el consumo será de 696Kwh.

El proveedor del servicio de energía eléctrica es EEGSA y el costo por Kwh es de Q 1,11.

El costo de energía eléctrica por día de operación es de Q 773,00.

3.7. Merma de materia prima

En toda industria el tema de la merma es prioritario, debido a que una gran parte del costo de oportunidad se escapa en forma de merma. Por lo anterior se hace necesario tener y aplicar un correcto programa de reducción de merma.

Actualmente en Polifaz se está trabajando con una alta merma debido a un deficiente sistema de lubricación, lo cual está afectando la producción final en temas de calidad. Lo anterior contribuye a tener un aumento en las cantidades mermadas.

Uno de los factores que se deben tener en cuenta es el nivel del aceite ya que muchas aplicaciones con depósito húmedo requieren de un estricto control del nivel de aceite.

Se logró determinar que se está usando un aceite con baja viscosidad y muchos mecanismos alimentadores de aceite se ven perjudicados cuando la viscosidad del aceite es muy baja, la cual se puede deber al uso de aceite erróneo o alta temperatura. Los engranajes pueden formar canales en el aceite espeso, frío, interfiriendo con el salpique y en el funcionamiento de los dispositivos alimentadores.

La lubricación deficiente está produciendo un aumento de temperatura en la extrusora, lo que causa que se modifique el espesor de la producción de plástico y por ende la cantidad inyectada para producir la bolsa de empaque y un aumento en la llamada merma dura, la cual es producto de un goteo que se produce por algún tipo de filtración. Es normal tener una cantidad de merma dura en el proceso, sin embargo, las cantidades han aumentado desde hace seis meses.

Se debe realizar un análisis de laboratorio, para determinar si el aceite que se está usando es el adecuado y si todavía se encuentra dentro de su vida útil.

En el taller se producen 2 tipos de merma, la reutilizable que constituye el 20 % del total de merma y la no reutilizable (merma dura) que constituye el 80 % de la merma total.

Actualmente la merma es de 7 libras por cada 100 libras de materia prima utilizada.

Es decir que se producen 1,4 libras de merma que se puede reutilizar y 5,6 libras de merma no reutilizable.

3.7.1. Merma reutilizable

La cantidad de merma reutilizable que es producida actualmente en el taller corresponde al 20 % de la merma total, la cantidad reutilizable es de 1,4 libras de merma por cada 100 libras de materia prima, es decir, un 2 % de merma reutilizable. Este dato es muy alto si tenemos en cuenta que la meta de merma reutilizable debe ser del 40 % de la merma total. Cabe decir que estos rangos son los fijados por Polifaz para su manejo de merma.

Esta merma comprende específicamente el producto defectuoso producido por la extrusora y que no puede ser despachado a los clientes.

Este producto defectuoso es triturado y reutilizado. Sin embargo, solo puede ser reutilizado una vez por norma interna, ya que la calidad y propiedades del material se van perdiendo al ser sometido a calor.

3.7.2. Merma no reutilizable

Se produce un tipo de merma que no es reutilizable, es la denominada merma dura, y constituye el 80 % de la merma total, la cual se produce por goteo debido a algún tipo de filtración o por los remanentes que quedan en la extrusora luego de finalizar la producción.

La cantidad de merma dura producida es actualmente de 5,6 libras por cada 100 libras de materia prima utilizada.

El porcentaje aceptable de cantidad de esta merma debiera estar en 60 % de la merma total producida. Este rango de aceptación también es proporcionado por Polifaz.

Figura 15. **Merma dura no reutilizable**



Fuente: Polifaz. *Área de extrusión.*

3.7.3. Propuesta de reducción de costos, mediante un análisis de lubricación en área de extrusión.

Se realizará un programa sistemático de lubricación en las extrusoras utilizadas en el taller. Se realizarán análisis de laboratorio, para determinar la cantidad, calidad y vida útil del aceite lubricante, en dicho análisis también se dará un diagnóstico de desgaste de los componentes sujetos a lubricación.

El gerente de mantenimiento realizará una revisión rutinaria diaria para detectar el estado del lubricante en las extrusoras y detectar cualquier anomalía en el proceso de extrusión propio de un mal funcionamiento de la maquinaria.

Se capacitará al personal, para detectar cualquier funcionamiento anormal de la maquinaria, con el fin de detectar cualquier problema a tiempo y reducir la cantidad de merma producida.

3.7.3.1. Plan de acción

El plan a ejecutar deberá tener los siguientes aspectos como obligatorios, pero no limitándose solo a ellos:

- Revisión integral de todas las extrusoras en la planta.
- Detección de fallas potenciales en la maquinaria.
- Programar fechas para cambios de elementos que lo ameriten.
- Asignación de mano de obra para realizar los cambios.
- Realizar inventario de repuestos y determinar que se cuente con los necesarios para la implementación del plan.
- Solicitar la compra de los repuestos que fueren necesarios.
- Realizar toma de muestra de lubricante de todas las extrusoras.
- Enviar muestras de lubricante al laboratorio.
- En base a los resultados obtenidos determinar cuáles extrusoras necesitan cambio inmediato de lubricante.
- Supervisar ejecución del plan.
- Seguimiento al plan.

3.7.3.1.1. Revisión integral de extrusoras

Se debe realizar un recorrido completo, que abarque todas las extrusoras en operación. Lo anterior con el fin de tener claridad del estado actual de toda la maquinaria instalada. Este recorrido lo deberá hacer el gerente de mantenimiento, acompañado de la persona a quien será delegada parte de la supervisión de la ejecución del plan.

Se deberá dejar plasmado en papel todos los hallazgos encontrados en cada extrusora.

3.7.3.1.2. Detección de fallas potenciales

El objetivo del recorrido por toda la planta, es la detección de oportunidades o fallas potenciales que se encuentren presentes en la maquinaria. Esto permitirá tener exactitud de lo que se debe abarcar en el plan.

Ayuda también a elaborar el presupuesto de la herramienta y recursos necesarios para la ejecución, así como una estimación del tiempo que se deberá invertir.

3.7.3.1.3. Programación de fechas para cambios

En este punto de debe tener especial atención, ya que de una correcta elección de las fechas, depende en gran medida el cumplimiento de los planes de producción de la planta. Se deben elegir fechas de bajo movimiento,

previendo la cantidad de extrusoras que no estarán en operación cada uno de esos días.

3.7.3.1.4. Asignación de mano de obra

Con base en la cantidad de oportunidades o fallas detectadas se deberá realizar la asignación de la mano de obra necesaria para ejecutar el plan, en el tiempo previsto. La asignación del personal, la realizara el gerente de mantenimiento, eligiendo a los operarios más experimentados y con mayor conocimiento de los elementos sujetos a cambio o mantenimiento.

3.7.3.1.5. Realizar toma de muestras de lubricante

En punto central en nuestra propuesta se centra en el adecuado análisis de lubricación, para determinar los tiempos correctos entre cambios de lubricante. Luego de recibir los resultados de laboratorio, se deben realizar los cambios inmediatos que fueren necesarios.

3.7.3.1.6. Supervisión de la ejecución del plan

Durante la ejecución del plan se deben supervisar las tareas que se estén realizando, con el fin de evitar una ejecución errónea o incompleta. También se verificará que se estén cumpliendo con los tiempos asignados para cada tarea.

3.7.3.1.7. Seguimiento al plan

Una vez finalizada la ejecución del plan, se deberá dar seguimiento a las tareas de revisión permanentes. Se seguirán con las rutinas acordadas para reducir al mínimo los mantenimientos correctivos y aumentar los preventivos.

3.8. Corriente eléctrica en proceso de extrusión

La corriente eléctrica en el proceso de extrusión juega un papel sumamente crítico en el correcto funcionamiento de la maquinaria.

Se han presentado algunos problemas debido a apagones, los cuales son muy dañinos para la operación y para la maquinaria.

A continuación, se detallará brevemente el tipo de corriente eléctrica que se usa, así como las principales características de dicha corriente.

3.8.1. Tipo de corriente eléctrica

Los motores incorporados en las líneas de extrusión son eléctricos y operan con voltajes de 220 V.

3.8.2. Características de la corriente eléctrica

Las extrusoras Plastimac 1985, vienen equipadas con motores AC de alta eficiencia, han sido creados para trabajar las 24 horas del día, con bajo consumo de energía, alta productividad, costos de mantenimiento reducidos y fácil operación. Por lo que en el taller se utiliza corriente alterna para operar las extrusoras.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Ejecución del plan de acción

Se ejecutará el plan de acción descrito en el capítulo 3, con la finalidad de tener un control programado de actividades con el único fin de alargar la vida útil de cada uno de los componentes internos de la extrusora, y de este modo aumentar la rentabilidad de la operación, mediante una reducción de costos de mantenimiento correctivo, propios de un inadecuado plan de lubricación de los componentes susceptibles a lubricación y que al final conllevan problemas mayores en el resto de los componentes de la extrusora.

El cumplimiento del plan de acción deberá ser supervisado por el gerente de mantenimiento, y ejecutado por el mismo y su personal operativo.

4.1.1. Área de extrusión

La implementación del plan de acción se llevará a cabo en el área de extrusión. Área en la cual operan 8 extrusoras, todas de marca Plastimac con similares características.

Para este fin, es necesario contar con la supervisión del gerente de mantenimiento y con la colaboración de todos los operadores de las extrusoras.

La preparación del área y la disponibilidad de herramientas para elaborar el plan de acción, serán garantizadas por el gerente de mantenimiento, quien es la persona con más experiencia y conocimiento de toda la maquinaria en la

fábrica y quien a su vez supervisara que se ejecute según lo acordado y en los tiempos para cada fin.

Figura 16. **Extrusora Plastimac**



Fuente: Polifaz. *Área de extrusión.*

4.1.1.1. Herramientas necesarias

Para la realización del plan de acción se hará uso de algunas herramientas de trabajo, las cuales serán suministradas por el gerente de mantenimiento, se utilizará lo siguiente:

- Cuaderno de apuntes
- Cámara fotográfica
- Recipientes para muestras
- Personal capacitado
- Datos técnicos del aceite lubricante

- Datos técnicos de la extrusora en estudio

Luego de garantizar cada una de las herramientas, se procede a realizar el plan adecuado a la operación del taller.

4.2. Análisis de lubricación

El análisis de lubricación como herramienta para toma de decisiones es extremadamente útil permite tener un panorama preciso del estado actual de cada una de las partes que componen la maquina extrusora. Con base en los datos obtenidos en el análisis se podrán tomar las acciones necesarias ya sea de reparación o cambio para cada uno de los componentes que lo ameriten.

Tal como se menciona en apartados anteriores, el análisis de lubricación debe estar compuesto de etapas, como lo son las etapas de inspección integral, inspección enfocada en algún componente en particular y su posterior reparación. Acá entrar a cobrar relevancia las revisiones de ruido, vibraciones o las variaciones de calor.

Lo que se busca al realizar un análisis completo de lubricación es, reducir sistemáticamente las fallas en la maquinaria y sobre todo evitar que dichas fallas repercutan en daños mayores que no puedan ser solucionados y requieran el cambio total.

Ayudará también a tener un control completo de cada una de las maquinas, permite saber cuándo será necesario efectuar los cambios de lubricante, cuando será necesario cambiar una pieza. Esto permite adelantar a los hechos y preparar con programación de la producción al efectuar paros planificados, permite estar preparados con la cantidad de repuestos oportuna.

Es necesario incluir dentro del análisis de lubricación, un análisis químico que permita detectar el estado microscópico del aceite lubricante, sobre todo su vida útil dependiendo de la cantidad de contaminantes por partículas que se encuentren, este análisis debe ser realizado en un laboratorio que opere con este fin. En el caso de Polifaz las muestras pueden enviarse al laboratorio de uno de los proveedores de aceite.

Cabe señalar también el beneficio económico que conlleva a mediano y largo plazo. Se reducen las fallas de maquinaria, por ende se reducen las compras de repuestos. Se reducen los paros imprevistos, y se reducen a su vez las horas extras para poder cumplir con la producción. Se alarga la vida útil del aceite, por lo que se realizaran menos cambios de lubricante.

4.2.1. Tipo de análisis

El análisis que se ejecuto es un análisis de lubricación en laboratorio, el cual da un parámetro de las condiciones del aceite en utilización, que incluye la interpretación de los resultados, con los que se podrá tomar decisiones que para remediar el desgaste excesivo de la maquinaria en una etapa temprana o alargar los periodos de cambio de aceite mediante la utilización del aceite adecuado para este tipo de operación.

4.2.1.1. Inspección olfativa y visual

Al hacer las rutas de inspección a través del taller, los sentidos pueden decir mucho sobre las condiciones del lubricante. La forma más rápida de hacer un análisis es utilizando nuestros sentidos de la vista y olfato, con el fin de detectar algún tipo de anomalía en el lubricante.

- Olfativa

Un olor a quemado es un indicador de que el lubricante está experimentando algún problema de carácter térmico. Cuando el aceite ha comenzado a oxidarse genera un olor muy particular que puede ser detectado, este olor puede ser muy irritante y este es un indicio de que el lubricante ya no está en su estado óptimo. La inspección olfativa es muy importante y se le debe dar el lugar que le corresponde para poder detectar a tiempo cualquier tipo de contaminación que pueda estar ocurriendo.

- Visual

El sentido de la vista es el primer apoyo que tenemos en los recorridos de inspección. Se puede identificar fácilmente la mayoría de veces, colores o espesuras, así como diferentes tonalidades que esté tomando el aceite.

También es posible detectar con la vista, la presencia de sedimentos que puedan estar contaminando el lubricante, y que puedan adherirse a las paredes de los componentes y puedan provocar algún tipo de desgaste.

La inspección visual debe estar presente en cada uno de los recorridos que se ejecuten en el taller, no se puede dejar de lado.

Otro aspecto que debemos revisar visualmente es la cantidad de aceite, es decir, revisar que estén los niveles adecuados de lubricante en cada maquinaria.

4.2.1.2. Diagnóstico de estado de lubricante en laboratorio

La base del diagnóstico consiste en medir los parámetros que caracterizan el estado técnico del lubricante en la extrusora; parámetros que permitirán establecer el estado real del lubricante en una extrusora en particular y determinar su posible tiempo de operación, hasta el momento en que alcance su estado límite.

4.2.2. Características del análisis

Un análisis de lubricante realizado en el área de extrusión del taller debe reunir varias características para que sea efectivo el proceso. Cobra relevante importancia el análisis de los resultados obtenidos y la interpretación que se les dé a los mismos, ya que la adecuada interpretación servirá de base para el bajado de información hacia el área operativa. Los resultados de los análisis son proporcionados por un laboratorio calificado que tiene maquinaria con tecnología actualizada y de alta confiabilidad.

El resultado que aporta el laboratorio sirve como una guía para tomar las decisiones que sean pertinentes en la planta, por lo que serán los expertos dentro del taller los que deberán dar la mejor interpretación a los resultados, ya que ellos son los que en verdad conocen el tipo de maquinaria que están operando. Los datos que proporciona el laboratorio se enfocan principalmente en hacer mediciones de la cantidad de contaminantes metálicos presentes en el lubricante, así como del grado de viscosidad con que cuenta actualmente dicho lubricante.

4.2.2.1. Análisis físico

Los lubricantes tienen una serie de características físicas, dependiendo estas características del tipo de lubricante y al uso para el cual fueron destinados, por lo que el análisis físico va a variar entre lubricantes. Las principales características del análisis físico las resumiremos a tres, las cuales son:

- Análisis de color

El color del lubricante puede dar información importante del estado del aceite, sin embargo, no se puede confiar al 100 % en este método ya que el color puede ser modificable con aditivos.

Este análisis no es muy útil para darnos una alerta temprana de si estuviera ocurriendo algún tipo de desgaste o si existe contaminación presente en el aceite lubricante.

- Densidad

La densidad se define como la relación que existe entre el peso del volumen de una determinada sustancia (en este caso aceite lubricante) y un volumen igual de agua. La densidad también está relacionada con la naturaleza del aceite crudo de origen y se refiere también al grado de refinamiento.

- Viscosidad

La viscosidad es una propiedad física con mucha importancia en un lubricante.

Se puede definir a la viscosidad como la resistencia de un líquido a fluir. Dicha resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido.

La fricción entre moléculas genera calor; la cantidad de calor generado está en función de la viscosidad.

4.2.2.2. Análisis químico

Al hablar de un análisis químico de un lubricante se enfocará en la acidez o alcalinidad, ya que es una característica de mucha importancia en todo aceite lubricante, y requiere especial atención. En los aceites en uso aporta datos sobre su nivel de degradación, es decir, su oxidación, contaminación y estado de sus aditivos, asimismo, puede alertar sobre posibles problemas en el sistema de lubricación.

En un análisis de aceite se pueden tener simultáneamente datos de acidez y alcalinidad. Esto se puede determinar debido al carácter ácido y básico de sus componentes.

- Acidez

Se debe tener en cuenta que todo lubricante va a contener cierta cantidad de sustancias que le provocan acidez, sin embargo, haya ciertos límites por lo regular proporcionados por el lubricante.

Es importante mantener los niveles adecuados de acidez en el lubricante, para evitar que se produzca desgaste en los componentes, debido a los cambios que se producen en el aceite que se oxida. Esto a su vez provoca que

los aditivos que se encuentren presentes en el aceite pierdan periódicamente sus propiedades.

La acidez que va a tolerar el aceite depende mucho del tipo de aceite que se esté utilizando, así como de la función que este aceite desempeñe en la operación. La acidez se incrementará a la vez que se produzcan mayores esfuerzos en su operación, así como a trabajar con elevadas temperaturas.

4.2.2.3. Costo del análisis

La elección del laboratorio que realizará un análisis de lubricación no se debe tomar a la ligera, es muy importante que el laboratorio tenga buena reputación en el sector, esto con el fin de tener un adecuado diagnóstico, el cual no debe ser sesgado con la intención de vender un lubricante.

En esta oportunidad se elige hacer la prueba de laboratorio en Oroshell S.A., la cual es una empresa de amplia trayectoria a nivel nacional y a su vez es uno de los proveedores de Polifaz.

El costo del análisis de lubricación es de 25 dólares estadounidenses. Sin embargo, en esta oportunidad logre acordar con el asesor técnico de Oroshell que el estudio lo hicieran sin costo por deberse a fines académicos.

El costo del estudio es bastante accesible si se ve aplicado en una sola extrusora, sin embargo, este costo puede ser muy significativo cuando ya se aplica a toda la maquinaria instalada en el taller.

Sin embargo, el beneficio que se va a obtener de este análisis es muy valioso, por lo que resulta indispensable incluir un análisis efectuado de manera cíclica a cada una de las extrusoras utilizadas en el taller.

Costo de análisis en laboratorio = \$25 = Q195 (tomando como base el cambio del día, \$1 = Q7,8)

4.3. Implementación del plan

El plan de acción que se desarrolla en el taller comprende una serie de tareas, con el único fin de dar un orden de tareas y mediante la ejecución del plan, lograr una reducción de costos a mediano y largo plazo, logrando de esta forma una operación más eficiente, con parámetros de medición establecidos, con facilidad de implementación y seguimiento.

Las tareas que comprenden nuestro plan de acción son las siguientes:

- Toma de muestras del lubricante
- Envío de muestras al laboratorio
- Análisis del estado del lubricante mediante el diagnóstico recibido
- Análisis del estado de los componentes de la extrusora, mediante el diagnóstico recibido.
- Comunicación del diagnóstico a los diferentes niveles de la empresa.

4.3.1. Responsable de implementación

Si bien es cierto que la gerencia general tiene un papel muy importante en la implementación del proyecto, es realmente el gerente de mantenimiento quien tiene la responsabilidad de la administración y ejecución. Además, el

gerente de mantenimiento es quien cuenta con toda la experiencia y el tiempo en planta para poder realizar esta labor.

Así es correcto afirmar que la responsabilidad de la implementación es compartida entre la gerencia general y el gerente de mantenimiento.

4.3.1.1. Costo de mano de obra

El costo necesario de la implementación fue discutido en conjunto con el gerente de mantenimiento.

En realidad, el costo de implementación se puede traducir en inversión de tiempo y recurso. Este costo comprende principalmente las horas hombre utilizadas para hacer posible la puesta en marcha del proyecto.

La adecuada administración del tiempo hace posible que la implementación tenga un costo no significativo.

El taller cuenta con una bodega de repuestos bastante completa, por lo que no hay necesidad de comprar ningún tipo de repuestos para la implementación. Asimismo, cuentan con lubricante para realizar los cambios que fueren necesarios.

Por lo anterior, el único costo a tomar en cuenta son las horas hombre necesarias para realizar las capacitaciones correspondientes.

Se cuentan con 8 operarios de extrusora, divididos en dos turnos de trabajo, es decir, 4 operarios por turno, además se cuenta con el gerente de mantenimiento, haciendo un total de 9 personas en la planta.

Se necesitan tres horas de capacitación por operario, ya que será 1,5 horas de capacitación teórica y 1,5 horas de capacitación práctica.

Entonces: 3 horas por operario * 8 operarios= 24 horas invertidas.

Costo por hora = Q 12,5

Costo de horas totales invertidas= $Q12,5 * 24 = Q 300,00$

A lo anterior debemos sumar las horas invertidas por el gerente de mantenimiento.

Tiempo invertido al proyecto = 3 horas por semana durante 6 semanas= 18 horas.

Tiempo invertido en la capacitación = 6 horas (3 por turno)

Tiempo total invertido por el gerente = 24 horas

Costo por hora del gerente= Q 25,00

Costo total invertido por gerente= Q 600,00

Inversión total = $Q300,00+Q600,00 = Q 900,00$

En este caso no hubo costo de producción, debido a que la implementación se llevó a cabo en época de baja demanda, por lo que no hubo atrasos en la producción.

4.3.1.2. Recurso humano necesario para implementación

Para realizar la implementación, se cuenta con las ocho personas encargadas de operar las extrusoras y con el gerente de mantenimiento quien será el encargado de dar la capacitación teórica practica a todo el grupo.

4.3.2. Toma de muestra de lubricante

Tomar la muestra de lubricante, no es más que un paso dentro del proceso del análisis de lubricación, sin embargo, este paso no se debe tomar a la ligera, ya que la obtención de forma correcta de la muestra puede repercutir en los resultados posteriores que nos entregue el laboratorio.

Las muestras que se recolecten no pueden ser tomadas en cualquier lugar del sistema de lubricación. El mejor lugar para tomar las muestras es en zonas que no estén en reposo, es mejor tomarlas en zonas en movimiento, con turbulencia.

Las extrusoras cuentan con un sistema simple de drenado en la inferior de la caja, sin embargo, no es recomendable tomar la muestra en esta parte, ya que las sustancias contaminantes que se encuentran en el lubricante se tienden a asentar en un lugar en particular, y eso puede causar que la muestra no sea la adecuada, y nos pueda arrojar resultados inexactos sobre el estado del lubricante.

Se recomienda que las muestras que se tomen sean enviadas pronto al laboratorio para que el resultado sea real, ya que al dejar que pase mucho

tiempo, el aceite de la muestra se seguirá degradando y dará resultados equivocados.

Luego de determinar el mejor lugar para tomar la muestra se procedió a realizar los siguientes pasos:

- Se realizó el muestreo en zona turbulenta y en operación
- Se purgaron las válvulas de muestreo
- Se tuvieron listos los accesorios de muestreo y botellas limpias
- Se recopilaron datos de las horas de uso del aceite
- Se enviaron las muestras inmediatamente al laboratorio.

El análisis de lubricación brinda muchos beneficios si es realizado y utilizado adecuadamente. Al asegurarse que la muestra ha sido tomada de forma correcta, los resultados son más fáciles de analizar y de establecer sus tendencias. Analizar los resultados obtenidos del análisis es una parte clave que debe ser incluida dentro los pasos de un programa integral de lubricación.

La toma de muestra se planificó junto con el gerente de mantenimiento, se hizo en un horario de baja producción, ya que se estaba cargando la tolva de la extrusora con materia prima. La muestra fue tomada de la extrusora en análisis, la cual es una extrusora Plastimac 1985 ER 25. El aceite es de la marca PDV ENGRALUB 220.

Figura 17. Toma de muestra del lubricante



Fuente: Ventec. *Muestra de drenaje*. <https://es.slideshare.net/CHCV/4-analisis-de-lubricantes>.
Consulta: 15 de agosto de 2018.

4.3.2.1. Tiempo utilizado para toma de la muestra

El tiempo que se utilizó para tomar la muestra del lubricante fue de apenas tres minutos, si se habla específicamente del acto de colocar el aceite en el envase limpio. Sin embargo, la mayor parte del tiempo invertido fue en la planeación y búsqueda del mejor momento para realizar esta toma. Asimismo, se deben tener a mano las herramientas necesarias para realizar la toma.

4.3.3. Envío de muestras al laboratorio

El envío de las muestras al laboratorio debe reunir varias condiciones de información, siendo estas:

- ID de la maquinaria
- Punto de muestreo
- Fecha de muestreo
- Condiciones de operación
- Horas desde la última muestra
- Fecha de cambio de aceite
- Cantidad de aceite de relleno
- Fecha del último cambio de aceite
- Fecha de la última reparación o servicio mayor

El laboratorio al que fue enviada la muestra, fue al laboratorio de Oroshell S.A., por cumplir con todos requisitos necesarios para confiarle la muestra.

4.3.3.1. Laboratorio de Oroshell S. A.

Para tomar la decisión de cuál es el mejor laboratorio al que se debe mandar las muestras de laboratorio, se debe tener en consideración muchos factores. El objetivo es tener un análisis confiable, y que dé un resultado objetivo y de fácil interpretación, que permita tomar las mejores decisiones en operación.

- Principios de selección

Para conseguir el alcance deseado en la evaluación de un laboratorio de análisis de lubricantes, los principios de selección se pueden agrupar en cinco categorías: preparación, regulación, interpretación, comunicación y evaluación.

- Preparación

En esta etapa se debe tener en cuenta lo siguiente:

- No retrasar el envío al laboratorio.
- Contar con recipientes listos y adecuados.
- Conocimiento técnico para efectuar la toma de la muestra.

En esta etapa se debe incluir también todo tipo de utensilios que sean necesarios para poder ejecutar el muestreo y poderlas enviar al laboratorio.

Es preferible que sea el laboratorio quien provea de los recipientes para efectuar las muestras, ya que así se evitara cualquier tipo de contaminación dentro del taller.

Se deben tomar en cuenta todas las observaciones técnicas que haga el laboratorio, sobre la forma adecuada de obtener las muestras, todo con el fin de garantizar la fiabilidad de las pruebas al lubricante, asimismo, se debe tener cuidado de no utilizar utensilios o materiales que no sean los adecuados para la toma.

- Regulación

Debe cumplir criterios de regulación dados por asociaciones o instituciones internacionales como lo son las dadas por la ASTM e ISO. De allí que se recomiende utilizar laboratorios que cumplan con este tipo de regulaciones, y no caer en malos manejos de muestras o en resultados poco fiables.

Partiendo de lo anterior se puede dar cuenta que no es fácil cumplir con las regulaciones, pero si es muy importante hacerlo, así como respetar los métodos que sean los más indicados para realizar este procedimiento.

El gerente de mantenimiento debe garantizar que se cumpla con todos estos parámetros dentro de la planta y debe reportar cualquier anomalía en la misma.

- Interpretación

Esta etapa debe ser realizada por personal experto en la maquinaria instalada, en este caso deberá ser realizada por el gerente de mantenimiento de Polifaz, quien es el más capacitado para dar una interpretación precisa de los resultados enviados por el laboratorio.

Ante cada muestra obtenida en el laboratorio se deberá hacer su respectiva interpretación, para tomar las decisiones correctas para cada extrusora en análisis.

Se recomienda llevar un registro histórico de datos, para ver cómo han mejorado en el transcurso del tiempo. También sirve para realizar pronósticos de desempeño en función de los hallazgos encontrados en las muestras.

En muchas oportunidades el laboratorio proporciona ayuda en la interpretación, lo que resulta muy provechoso para el gerente de la planta, ya que al tener una mayor interpretación se le facilitará su labor. En este caso Oroshell S.A. proporciona el servicio de soporte técnico además de proveer el aceite lubricante. Este asesor brinda su interpretación de resultados basado en los factores más importantes que son la cantidad de desgaste, el estado general de la maquinaria y el grado de contaminación presente en la muestra, luego procede a hacer sus recomendaciones.

- Comunicación

Esta etapa se debe realizar posterior a la interpretación de los resultados por parte de la gerencia.

Se debe tener en cuenta que esta información se debe trasladar al personal operativo, quienes no cuentan en su mayoría con el conocimiento técnico ni manejan el vocabulario utilizado por el laboratorio o la gerencia, debido a ello la labor de comunicación se debe trasladar de la forma más clara y simple que se pueda, utilizando palabras que sean de fácil entendimiento para los operadores de maquinaria.

Se debe hacer énfasis en las oportunidades detectadas en el análisis y de los pasos a seguir de ahora en adelante para prevenir que dichas oportunidades se presenten nuevamente.

Sería muy conveniente que se pudiera mostrar la información con el uso de gráficos o imágenes para que sea mucho más amigable la comunicación de los resultados.

- Evaluación

En esta etapa se debe hacer un análisis de los posibles factores que pudieron provocar las oportunidades encontradas en el análisis, es decir la causa raíz de los problemas.

Las decisiones que se tomen deben ser sostenibles en el tiempo, no hacer solo correcciones momentáneas.

Este tipo de pruebas se deben incluir de forma cíclica en el plan de mantenimiento, para que permita llevar un control a través del tiempo de la variación que se ha tenido en cada análisis recibido.

Cabe destacar que todos los anteriores puntos fueron cumplidos por el laboratorio de Oroshell S.A., quienes brindaron en soporte necesario en cada fase del estudio, mediante un asesor técnico.

4.3.4. Estado físico de lubricante en diagnóstico recibido

A continuación, se muestra el diagnóstico emitido por el laboratorio, en el cual se evidencian varios factores negativos que se deben tomar en cuenta inmediatamente, ya que el obviarlos repercutirá en daños mayores a corto y mediano plazo. Se evidencia que existe un desgaste excesivo de los engranajes sujetos a lubricación dentro de la caja reductora.

Asimismo, el diagnóstico muestra que el estado físico del lubricante no es el adecuado ya que se encuentra excesivamente bajo.

Desde que se realizó la toma de muestra, se podía observar que el color del lubricante no era el ideal, su color estaba muy oscuro, seña de que había cumplido su ciclo de vida.

Acá se puede evidenciar la necesidad que existe en el taller, de tener un plan de mantenimiento bien administrado y que incluya un mantenimiento programado de lubricación.

Tabla V. Reporte de análisis de lubricante de extrusora Plastimac ER25



Reporte de Análisis de Lubricante
North America: +1-877-808-3750

0	1	2	3	4
Normal	Leve	Medio	Grave	Crítico

Severidad General del Reporte

Información de Cuenta	Información del Componente	Información de muestra
Número de cuenta: 608001-0000-0000 Nombre de Compañía: OROSHELL CENTRAL LUBRICANTES Contacto: CARLOS RODAS Dirección: 7A CALLE 10-26 ZONA 11 COLONIA ROOSEVELT, GUATEMALA GT Teléfono: 502-2245-1800	ID de Componente: 856 EST BB ID Secundaria: Filtro de tipo de componente: GEAR BOX/GEAR SYSTEM Fabricante: Información solicitada Modelo: Información solicitada Aplicación: OFF-HIGHWAY Capacidad de sumidero:	Número de Huella: 00006412310 Número de laboratorio: G-394136 Localización de Laboratorio: Guatemala City Analista de Datos: EAD Tomada: 2018 Recibido: 03-sep-2018 Completado: 05-sep-2018
Información de filtro	Información Misceláneo	Información del Producto
Tipo de filtro: Información solicitada Índice de Micrón: 0		Fabricante del PDV Producto: Nombre del Producto: ENGRALUB Grado de Viscosidad: ISO 320
Comentarios: SUGERIMOS LA INSPECCIÓN de este equipo por desgaste excesivo del casquillo/empuje; SUGIERA LA INSPECCIÓN del conjunto del engranaje y/o de cojinete por desgaste excesivo; El NÚMERO ÁCIDO se encuentre SEVERAMENTE ALTO; El contenido de metal del buje/empuje se encuentre a NIVEL SEVERO; La viscosidad se encuentra SIGNIFICATIVAMENTE BAJA; Es el grado identificado correcto? Por favor verifique. Por favor de proveer la unidad del Fabricante/Modelo para comparar los datos a los estándares apropiados para esta unidad; El TIEMPO del LUBRICANTE no fue proporcionado para esta unidad; Remuestre a la mitad de tiempo del intervalo de cambio;		

Muestra #	Metales de Desgaste (ppm)										Metales Contaminantes		Fuente de Varios Metales (ppm)					Metales Aditivos (ppm)						
	Hierro	Cromo	Níquel	Aluminio	Cobre	Plomo	Estaño	Cadmio	Plata	Vanadio	Silice	Sodio	Potasio	Titanio	Molibdeno	Antimonio	Manganeso	Litio	Boro	Magnesio	Calcio	Bario	Fósforo	Zinc
1	2722	23	13	16	389	24	34	0	0	0	95	24	7	2	5	3	16	14	7	2	56	0	164	28

Muestra #	Información de muestra					Contaminantes			Propiedades de líquido							
	Fecha de toma	Fecha de recibo	Tiempo de Aceite h	Tiempo de unidad h	Cambio de Aceite	Aceite Agregado L	Cambio de Filtro	Dilución de Combustible % de Vol	Hollín % de Vol	Agua % de Vol	Viscosidad 40 °C cSt	Viscosidad 100 °C cSt	Número de Acido mg KOH/g	No. Básico DAT39 mg KOH/g	Oxidación abs/cm	Nitración mm
1	N/A	03-sep-2018	0	4500	Unk	0	Unk			<.1 - FTIR	228		1.65		3	2

Muestra #	Cuento de Partículas (partículas/mL)								Análisis Adicionales	
	Código ISO	> 4 µm	> 6 µm	> 10 µm	> 14 µm	> 21 µm	> 38 µm	> 70 µm	> 100 µm	Método de prueba
1	II									

Los comentarios son un consultivo y se basan en el supuesto de que la muestra y los datos presentados son válidos. Lubricante o ausencia de tiempo del componente limita la evaluación. Ninguna garantía expresada o implícita. La incertidumbre de la medición está disponible bajo solicitud.

Comentarios
Históricos

Fuente: Oroshell S. A. POLARIS.

4.3.5. Estado de desgaste de componentes en diagnóstico recibido

Como se muestra en el diagnóstico, existe un significativo desgaste de los engranajes dentro de la caja reductora, esto debido a un deficiente programa de lubricación. Lo cual provoca que no exista la protección necesaria para los componentes internos de la caja reductora.

Se debe tomar acción en base al diagnóstico:

- Drenar inmediatamente el aceite lubricante en la caja
- Revisar cada uno de los engranajes, para determinar el grado de desgaste actual y asegurarse que el contacto entre dientes sea el adecuado.
- Realizar ajustes si fuere necesario
- Colocar nuevo lubricante en la caja reductora.
- Registrar fecha de cambio en bitácora
- Registrar en bitácora el tipo de mantenimiento realizado
- Realizar revisiones periódicas de funcionamiento de la extrusora.

4.3.5.1. Desgaste de engranajes

El desgaste encontrado en el diagnóstico es producido por partículas abrasivas presentes en las superficies de contacto entre engranajes. Es originado por la contaminación del lubricante con partículas que tienen alta dureza, las cuales se producen cuando existe un picado extremo. Lo anterior se produce debido a que el trabajo realizado por el lubricante no es efectivo para reducir el contacto entre metales.

La operación de una caja de engranajes sin la lubricación correcta conduce a la falla de la extrusora.

Debido a que las cajas de engranajes son dispositivos esenciales para reducir la velocidad y producir el torque en una gran variedad de aplicaciones, es importante verificar que son lubricadas con el lubricante apropiado y en la cantidad correcta. Lubricar adecuadamente no es complicado, pero si es muy importante. El encargado de mantenimiento en el taller deberá asegurar alargar la vida de las cajas de engranajes en operación.

4.3.6. Comunicar diagnóstico a gerente de mantenimiento

Los resultados del análisis fueron entregados al gerente de mantenimiento y se realizó un análisis del diagnóstico de los mismos.

Con base en los resultados obtenidos se deberán tomar las medidas pertinentes, mediante la elaboración de un plan de acción que pueda ser ejecutado de forma eficiente. Se deberá planificar la ejecución de forma objetiva y debe ser incluida dentro del programa de mantenimiento preventivo del taller.

El plan debe ser compartido con el personal operativo, ya que son ellos las personas que tienen un contacto directo con las extrusoras y de quienes depende la correcta utilización de las mismas.

4.4. Diagnóstico de análisis del lubricante

Según los resultados del diagnóstico, el aceite lubricante no se encuentra en las condiciones ideales de operación. De hecho se encuentra en un estado de desgaste crítico. Esto se debe a que no se han llevado los cambios de

lubricante en el tiempo debido, lo que hace que una importante parte del tiempo se opere con un lubricante que no brinda la protección adecuada a los componentes internos de la caja reductora y que a la vez produce desgaste de los engranajes, contaminando el aceite con partículas duras que al tener contacto con las superficies de los otros engranajes van produciendo desgaste.

4.4.1. Desgaste del aceite lubricante

Si bien es cierto que en el lubricante siempre se podrán encontrar presentes indicios de desgaste, también lo es el hecho de que puede ser prevenido y reducido a cantidades aceptables según el tipo de operación al cual este sujeto.

Dicha reducción se dará como consecuencia de un adecuado plan de mantenimiento integral en la maquinaria, que por supuesto incluya las revisiones rutinarias de mantenimiento, esto dentro de las etapas de revisión de mantenimiento preventivo y proactivo.

Se puede observar en el diagnóstico que aparecen partículas de dos elementos que sobresalen en el resultado, los cuales son el hierro y el cobre.

El hecho de encontrar partículas de hierro nos da un indicio claro de que existe un grado de desgaste que está ocurriendo en los componentes internos. Se deben tomar las medidas pertinentes, las cuales pueden ser sustituir el lubricante y revisar físicamente los componentes para evaluar el cambio de alguno de ellos.

De igual manera se encontraron residuos en alta cantidad de cobre, indicio claro de presencia de corrosión.

4.4.2. Acciones a tomar

Con base en los resultados de laboratorio y para tener un mejor control de mantenimiento de ahora en adelante, se deben tomar acciones preventivas y correctivas, encaminadas a lograr una operación eficiente, previendo fallas y pérdidas de tiempo en operación, las cuales se traducen en pérdida de dinero para el taller.

Se debe establecer un programa de mantenimiento que sea de fácil interpretación y posterior ejecución, ya sea por parte del gerente de mantenimiento o por parte del personal operativo. Se debe lograr que el mantenimiento preventivo sea la base en la cual se actúa y no se debe ver como un gasto sino como una inversión a mediano y largo plazo, la cual ayudará a disminuir los mantenimientos correctivos en las extrusoras.

4.4.2.1. Acciones preventivas

Se tienen varios objetivos específicos al realizar las acciones preventivas entre las cuales se encuentran los siguientes:

- Minimizar los paros de maquinaria por fallas imprevistas
- Lograr que la maquinaria no sufra deterioro excesivo o prematuro
- Aumentar la vida útil de las extrusoras
- Optimizar los costos de mantenimiento

El listado de acciones preventivas quedara de la siguiente manera:

- Verificar la no existencia de fugas, picaduras o quebraduras en las superficies.

- Ajustar los pernos de anclaje si es necesario
- Asegurar la lubricación de la caja de rodamientos
- Garantizar la lubricación del plato adaptador
- Verificar la lubricación del engrane de transmisión
- Verificar la lubricación general de la caja reductora
- Verificar la lubricación del sello de caja de rodamientos
- Determinar si existe ruido anormal.
- Medir que la corriente, tensión y rpm, estén en los parámetros normales de operación.

4.4.2.2. Acciones correctivas

Se deben realizar algunas acciones correctivas:

- Ajustar los pernos de anclaje
- Sustitución de lubricante de la extrusora Plastimac 1985 serie ER25
- Realizar limpieza general superficial de las extrusoras

4.5. Área de bodega de repuestos y materia prima

Es necesario señalar el grado de importancia que tiene la bodega en donde se almacenan los repuestos y la materia prima usada en Polifaz. En dicha bodega se almacenan cantidades adecuadas de repuestos sobre todo engranajes, así como los sacos de materia prima que será utilizada en el área de producción, por lo mismo se hace necesaria una adecuada gestión de dicha bodega para reducir el deterioro o la pérdida por desorden de los insumos. La bodega es un elemento que si no se le presta el tiempo e importancia necesaria, puede llegar a ser una fuente de pérdidas para la planta de producción.

No se debe enfocarnos solo en el aspecto físico de la bodega, sino crear todo un sistema que haga fácil y fluida la salida de mercadería o repuestos hacia el taller, un sistema que facilite el trabajo de los involucrados en buscar la mercadería en la bodega, que sea fácilmente identificable y cuantificable. También se debe hacer la salvedad que un factor que siempre debe estar presente es la seguridad humana en la bodega, que lo que este almacenado sea cómodo de manipular para los encargados de la misma.

El taller cuenta con un área de repuestos y un área de materia prima.

La bodega de materia prima está ubicada en la entrada de la planta al lado izquierdo. En ella se almacenan los distintos tipos de polietileno y polímeros utilizados en el proceso. En general el orden es el adecuado, con una muy buena accesibilidad a la materia prima.

Cabe destacar que no presentan problemas de desabastecimiento.

En el caso de la materia prima están trabajando actualmente con 15 días inventario y la bodega no se ve saturada. Presenta un adecuado tránsito y zonas libres para clasificar el producto.

La oportunidad que se observa en la bodega es la ausencia de señalización de rutas de evacuación y que no existe un lugar específico para cada tipo de materia prima.

Figura 18. **Almacenaje de materia prima**



Fuente: Polaris. Área de almacenaje.

4.5.1. Responsable de bodegas

La administración de una bodega de repuestos y materia prima es un tema complejo, y el responsable de la misma debe ejecutar varias actividades con el fin de hacer del manejo de la misma, algo fluido y eficiente.

La persona a cargo de la gestión de la bodega debe tener un conocimiento integral de todo lo que allí se almacena, y saber la ubicación de todo lo almacenado para surtir al taller en el momento en que fuera requerido. Asimismo, es responsable del orden y limpieza de la misma y de evitar la merma por deterioro o por mal manejo.

Algo de mucha importancia es que se lleve una bitácora en donde se registre todo lo que entra a la misma y todo lo que salga hacia la planta de producción y que además registre quien fue la persona que ingreso el producto y el que la saco también.

El responsable general de las bodegas es el gerente de mantenimiento de Polifaz, quien es el encargado de revisar que las cantidades que ingresan al taller sean las correctas según comparación con el pedido realizado.

4.5.1.1. Auxiliar de bodega

El taller no cuenta con un auxiliar de bodega. El responsable total del manejo de la misma es el gerente de mantenimiento. Se encarga de la rotación, de los despachos, de la recepción de materia prima y repuestos, y del almacenamiento e inventario de los mismos.

La bodega es de tamaño mediano y se encuentra en muy buenas condiciones de orden y acomodo, lo que hace que se facilite su administración.

4.5.2. Inventario

Se realiza un inventario mensual en la bodega, dicho inventario es responsabilidad del gerente de mantenimiento.

Este inventario es muy importante para determinar el abasto que se tiene de repuestos y poder anticiparse ante cualquier circunstancia. Al igual que los otros conteos, este es ejecutado por el gerente de mantenimiento quien se hace ayudar por otra persona.

Los pedidos disminuyen unos días antes del inventario, con el fin de tener la bodega con la cantidad óptima de materia prima y facilitar su conteo. El conteo no toma más de 2 horas, ya que toda la materia prima se encuentra en sacos, lo que ayuda a su fácil conteo. Lo que toma más tiempo es contar las cantidades que se encuentran surtidas en las extrusoras en operación.

En el caso de la bodega de repuestos toma un poco más de tiempo, puede demorar hasta 3 horas, y se requiere que esté ordenada previamente para facilitar el conteo, los artículos que se cuentan son los siguientes:

- Engranajes
- Resistencias
- Terminales de alta temperatura
- Pirómetros
- Cables de asbesto
- Contactares
- *Relays*
- Variadores de frecuencia
- Aceite lubricante

Figura 19. **Engranajes en bodega**



Fuente: Polaris. Área de almacén de repuestos.

4.6. Compra de repuestos

La compra de repuestos se da conforme se dé la necesidad de comprarlos, no existe una compra cíclica de los mismos. Se cuenta con el inventario necesario para realizar los mantenimientos correctivos que se presenten, por lo que la compra de repuestos es casi en su totalidad para reponer las piezas tomadas de la bodega.

4.6.1. Responsable de compra de repuestos

El responsable de realizar las solicitudes de compra de repuestos, es el gerente de mantenimiento, quien a su vez hace llegar dicha solicitud al gerente general de la empresa, que a su vez toma la decisión de compra.

Cabe destacar que estas compras siempre son autorizadas debido a que los repuestos son necesarios para la operación de las extrusoras y por ello estas compras se consideran de total prioridad.

4.6.2. Tipo de repuestos a cotizar

La mayoría de repuestos son comprados en el extranjero y el gerente de mantenimiento es el encargado de realizar dichas cotizaciones, ya que es la única persona con el conocimiento técnico necesario para realizar dichas compras.

Lo que hace el encargado es realizar comparaciones de precio y calidad, luego realiza el proceso de compra con la empresa que llene los requisitos.

Estas empresas a las cuales se les compran los repuestos, son por lo regular empresas dedicadas a la venta de una sola línea de maquinaria.

4.6.2.1. Realizar cambio de repuestos

Realizar el cambio de algún repuesto en la extrusora debe ser realizado por una persona calificada y con experiencia previa, para garantizar el correcto acoplamiento de las partes a ser cambiadas y para detectar posibles fallas de fábrica en los componentes que fueron comprados.

El cambio debe realizarse de forma eficiente, ya que todo paro de maquinaria provoca atrasos en la producción. El tiempo destinado para el cambio de repuestos debe ser contemplado desde el momento en que se efectúa la compra, para poder hacer una correcta distribución de la producción de ese día, entre las otras extrusoras que se encuentren en operación.

En Polifaz el cambio de los repuestos lo debe realizar el gerente de mantenimiento, siendo la única persona calificada para efectuar dichos cambios.

Luego de realizar el cambio del repuesto defectuoso, es necesario realizar las pruebas pertinentes a la extrusora. Se debe verificar el adecuado funcionamiento de la maquinaria, que no existan ruidos anormales en la operación, que no existan vibraciones y que los criterios de calidad y especificaciones del producto terminado se cumplan.

4.7. Compra de lubricante

La correcta elección del aceite a usar en extrusión es determinante en óptima ejecución de las extrusoras.

Una buena selección de lubricante se debe basar en las propiedades y las aplicaciones que tendrá dicho aceite lubricante y no solamente tomar en cuenta la marca del aceite.

Otro factor a tomar en cuenta en la elección del aceite es la temperatura a la que estará trabajando, ya que se sabe que la viscosidad del lubricante varía en función de la temperatura.

La correcta lubricación de las extrusoras permite que estas alcancen la vida útil para la cual fueron fabricadas y de esta manera garantizar que el equipo este siempre disponible, esto ayudará en gran medida a reducir notoriamente los costos asociados a lubricación y mantenimiento correctivo, ya que se disminuyen las fallas en las extrusoras. El gerente de mantenimiento es en encargado de seleccionar el lubricante adecuado para las extrusoras,

asimismo, también se encarga de todas las revisiones referentes a lubricación. Si bien es cierto que toma en cuenta las recomendaciones del fabricante, la mayoría de veces realiza los mantenimientos con base en su experiencia y conocimiento de la maquinaria instalada. El conocimiento de la maquinaria es factor muy importante, pero existen otros parámetros que se están dejando de lado como lo son el medio ambiente o temperaturas de operación, ya que no existen mediciones asociadas a estos temas.

Optimizar la cantidad de lubricante a utilizar es una parte muy importante para el diseño y mantenimiento de un programa efectivo de lubricación. Las ventajas de optimizar el uso del lubricante son muchas, entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- Reducir los niveles de inventario requerido
- Una menor posibilidad de tener problemas de disponibilidad
- Menos órdenes de compra
- Menor probabilidad de una aplicación errónea
- Reducción de los costos del lubricante al comprar menos productos en volúmenes grandes.

Así pues la elección y uso del lubricante es un tema prioritario, y se le debe dar la importancia que tiene. Debe ser siempre elegido por una persona experta en el funcionamiento de las extrusoras y en sus condiciones de operación.

4.7.1. Responsable de la compra del lubricante

El responsable de la compra del lubricante debe tener amplia experiencia en el tipo de proceso que se está ejecutando, así como de las máquinas

extrusoras que se utilizan para dichos procesos. Debe también tener un conocimiento claro las propiedades que necesita cumplir el lubricante adecuado para el proceso para el cual será utilizado.

En el taller, la compra del aceite la realiza el gerente de mantenimiento, por ser el único que reúne la experiencia y conocimiento de todos los componentes susceptibles a lubricación, así como los datos técnicos de las extrusoras.

4.7.2. Tipo de lubricante a cotizar

Como se mencionó en un enunciado anterior, las extrusoras que operan actualmente en el taller trabajan con dos marcas de lubricante, siendo estas:

- ENGRALUB 220 PDV: es un aceite mineral altamente refinado que contiene aditivos, especialmente de extrema presión, que le imparten una excelente capacidad de carga y una buena resistencia al desgaste. Este aceite llena los exigentes requerimientos de la especificación AISEE 224 de la Asociación de Ingenieros del Hierro y Acero (Association of Iron and Steel Engineers) y la AGMA 9005-D94 y de la Norma venezolana COVENIN 987-1 y posee el sello de calidad NORVEN.
- SHELL OMALA S2 G220: es un lubricante de extrema presión, de calidad superior, diseñado ante todo para la lubricación de engranajes industriales, para servicios severos. Su alta capacidad de carga y sus características antifricción, se combinan para ofrecer un desempeño superior en engranajes.

4.7.3. Cotizaciones

El responsable de realizar las cotizaciones del aceite lubricante es el gerente de mantenimiento.

Al tener ya realizada la cotización, procede a pedir autorización del gasto al gerente general de la empresa.

Los precios de los dos lubricantes utilizados son los siguientes:

Tabla VI. **Precios de lubricante utilizados**

	Marca	Precio (cubeta de 5 galones)
1	Engralub 220 pdv	Q. 576,00
2	Shell omala s2 g220	Q. 790,00

Fuente: elaboración propia.

La cantidad de lubricante utilizado por la extrusora es de 6 galones.

Debido a que el lubricante solo es adquirido por cubeta, se hace necesario en algunas oportunidades comprar dos cubetas para poder complementar los 6 galones que utiliza la extrusora, dejando lo que no se use en la bodega de repuestos adecuadamente resguardado para ser utilizado en el próximo cambio.

De esta manera se puede determinar el costo del lubricante, al calcular el precio equivalente por galón:

ENGRALUB 220 PDV:

Precio por galón = $Q576 / 5 = Q 115,2$

Costo por extrusora = $Q 115,2 \times 6 = Q 691,2$

SHELL OMALA S2 G220:

Precio por galón = $Q790 / 5 = Q 158,00$

Costo por extrusora = $Q 158,00 \times 6 = Q 948,00$

4.7.4. Responsable de realizar el cambio de lubricante

Debido a la importancia que tiene la correcta aplicación del lubricante en las extrusoras, el cambio del lubricante es realizado íntegramente por el gerente de mantenimiento del taller.

4.7.4.1. Gerente de mantenimiento

El gerente de mantenimiento del taller, cuenta con la experiencia y capacidad de realizar todo el mantenimiento de las máquinas de extrusión utilizadas actualmente. Cuenta con muchos años de experiencia, operando este tipo de extrusoras. Sin embargo, debe estructurar un plan de mantenimiento cíclico, el cual pueda ser ejecutado con eficiencia y del cual se haga fácil el seguimiento diario, semanal o mensual según el tipo de revisión.

4.8. Proyección de tiempo invertido de mantenimiento preventivo en caja reductora

A continuación, se muestra el proyecto de tiempo invertido de mantenimiento preventivo en caja reductora en la tabla VII.

Tabla VII. **Inversión de tiempo en revisiones de mantenimiento preventivo en caja reductora**

Operación a revisar	Tiempo utilizado (minutos)	Diario	Semanal	Mensual	Observaciones
Bomba de lubricación	45		X		
Limpieza de caja y cambio de aceite	90			X	
Rodamientos	20		X		Revisión general
Revisión de piñones	20		X		
Sistema de enfriamiento	25			X	Revisión general
Revisión de retenedores	15		X		

Fuente: elaboración propia.

4.8.1. Costos mensuales

Actualmente en el taller existen dos tipos de costos mensuales de mantenimiento, siendo estos los de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Sin embargo, no se lleva una estadística o algún tipo de registro de estos mantenimientos, ya que no existe un programa como tal. El mantenimiento actual es basado en la experiencia y no hay tiempos asignados para la revisión periódica.

A continuación, se determinarán los costos de mantenimiento preventivo propuestos para la caja reductora.

En el caso de los mantenimientos correctivos, es muy difícil hacer una proyección, ya que son eventos imprevistos que suceden de pronto y requieren acción inmediata, sin embargo, describiremos los más usuales y su costo.

4.8.1.1. Costo mensual de mantenimiento preventivo

Con base en el cuadro del inciso 4.8, se determina que el tiempo invertido en revisión de la caja reductora es el resultado de la sumatoria de cada una de las revisiones, dando como resultado: 215 minutos o 3,6 horas mensuales, para una extrusora.

4.8.1.1.1. Costo de horas hombre invertidas

Para llevar a cabo el mantenimiento preventivo, hay dos costos de tiempos invertidos, los cuales son el tiempo del gerente de mantenimiento y el de un operario que lo acompaña en la revisión.

Los operarios tienen un salario de Q 3 000,00 mensuales.

El gerente de mantenimiento tiene un salario de Q 9 000,00 mensuales.

Si se invierten 3,6 horas mensuales de un operario y 3,6 horas mensuales del gerente, debemos proceder a calcular el salario por hora de cada uno de ellos.

Se tomará un mes de 30 días para hacer el cálculo.

Operario: 8 horas diarias
 $Q\ 3\ 000/30 = Q\ 100,00$ por día
 $Q\ 100/8 = Q\ 12,5$ por hora

Gerente: 12 horas diarias
 $Q\ 9\ 000/30 = Q\ 300$ por día
 $Q\ 300/12 = Q\ 25,00$ por hora

Entonces:

Operario: $3,6 * Q\ 12,5 = Q\ 45,00$ al mes
Gerente: $3,6 * Q\ 25,00 = Q\ 90,00$ al mes

Costo total mensual de la revisión de una caja reductora: Q 135,00

4.8.1.1.2. Costo por paro de maquinaria

Otro costo que se tiene al efectuar el plan de mantenimiento preventivo, es el costo de oportunidad de tener la extrusora sin producir durante la revisión.

Como mencionamos anteriormente se tiene una producción de 700 libras por turno en total.

Durante un mes, la extrusora procesa diferentes tipos de materia prima, según la demanda requerida por los clientes. Cada uno de los tipos de materia prima tiene un costo diferente, pero se usa en partes iguales según datos proporcionados por el taller. Entonces se calculará un costo de materia prima promedio.

Tabla VIII. Costo por saco de materia prima

Núm.	Tipo de materia prima	Costo por saco (q)	Cantidad por saco (kg)
1	Polietileno de baja densidad	275	25
2	Polietileno de alta densidad	179	25
3	Polietileno lineal de baja densidad	275	25
4	Polipropileno	308	25
5	Polímero biodegradable	220	25

Fuente: elaboración propia.

Costo promedio por saco de 25 Kg: $(275+179+275+308+220) / 5 =$
Q 251,4

Como el ritmo de producción nos lo dan en libras, vamos a pasar el dato a precio por libra:

$$25\text{kg} * 2,2 = 55 \text{ libras}$$

$$Q251.4 / 55 = Q 4,6 \text{ por libra.}$$

Si se tiene una producción de 700 lb por turno de 12 horas:

Entonces en 3,6 horas de tiempo invertido para mantenimiento preventivo, se dejará de producir:

$$700 \text{ Lb} / 12 = 58,33 \text{ Lb por hora}$$

$$3,6 \text{ horas/mes} * 58,33 \text{ Lb/hora} = 210 \text{ Lb / mes}$$

$$\text{El costo sería: } 210 \text{ Lb / mes} * Q4,6 / \text{Lb} = Q 966 / \text{mes}$$

Se debe señalar que este costo por mantenimiento es aplicable a la temporada alta de producción, en donde todas las extrusoras están trabajando las 24 horas.

En temporada de demanda media o baja, la producción que se deje de realizar por mantenimiento se le puede asignar a otra extrusora, ya que con este tipo de demanda no se usan todas.

Por lo anterior este costo de mantenimiento solo se aplica en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Si se multiplica $Q966 * 3 \text{ meses} = Q 2 898$

Pero este dato se debe dividir en todo un año para tener una provisión mensual del costo, ya que en los demás meses no aplica.

Entonces queda $Q 2 898 / 12 = Q 241 / \text{mes}$.

4.8.1.2. Costo mensual de mantenimiento correctivo

El costo del mantenimiento correctivo en un año puede llegar en promedio a los Q 900 por mes, si hablamos solo de compra de repuestos, según datos aportados por el departamento de mantenimiento.

Al sumarle el costo del tiempo de paro de la maquinaria, las horas hombre utilizadas para la reparación y la merma provocada por el mal funcionamiento de la extrusora cuando falla, este dato crece hasta llegar a los Q 2 000,00 al mes por extrusora.

4.8.2. Reducción de costos

Al realizar un adecuado mantenimiento preventivo que incluya un adecuado seguimiento a la lubricación en cada una de las extrusoras, el dato de costo de mantenimiento correctivo se va a reducir considerablemente.

La mayoría de fallas y por ende los costos en la caja reductora son debido al desgaste de los engranajes y su posterior falla y cambio de los mismos. Tomando en cuenta este punto se da cuenta que el desgaste producido en la extrusora es debido a una ineficiente lubricación de los componentes sujetos a la misma.

Al hablar de una lubricación ineficiente se está refiriendo a que el aceite lubricante en las extrusoras no se está sustituyendo en su momento ideal, sino que se están alargando los ciclos entre cambios de aceite, lo que está provocando que los componentes internos de la caja reductora, no se encuentren protegidos la mayor parte del tiempo.

En el caso de la extrusora en estudio se pudo determinar que se estaba duplicando el tiempo recomendado de cambios de aceite lubricante. Esto hace que las superficies de contacto de los engranajes sufran una falla por desgaste y a su vez contaminan el aceite con partículas muy duras, las cuales desgastan otras piezas de la caja reductora.

El 80 % de las fallas en la caja reductora se deben al desgaste de los engranajes, los cuales han acortado su vida útil a la mitad en los últimos años, partiendo de la base de que los engranajes en promedio se cambiaban cada 18 meses en el taller. Actualmente los engranajes se están sustituyendo cada 8 o 9 meses, por ello es el dato tan elevado en reparaciones.

Al implementar un sistema de mantenimiento preventivo adecuado se espera llegar a reducir hasta en un 30 % el costo de los mantenimientos correctivos en un plazo no mayor a un año.

Sin embargo, las reducciones de costos se verán reflejadas periódicamente, conforme se vaya implementando el plan de mantenimiento.

4.9. Gerencia general

Para llevar a buen término la implementación del plan de mantenimiento se hace necesario el involucramiento de la gerencia general, debido a su papel de alta dirección dentro de la empresa. Será la gerencia general la encargada de definir las directrices de seguimiento para lograr obtener los resultados deseados en el tiempo estimado.

Actualmente, la gerencia general no tiene mucha influencia en las decisiones que se toman en la planta. Siendo dichas decisiones tomadas casi en su totalidad por el gerente de mantenimiento.

Sería muy valioso el involucramiento de la gerencia general, sobre todo en la parte de capacitaciones. Lo anterior con el fin de demostrarles a los operarios el grado de compromiso e importancia que tiene el mantenimiento preventivo en la operación diaria.

También la gerencia general puede tomar una alta relevancia en el tema de salarios y seguridad e higiene industrial dentro de la planta, ya que al final es el gerente quien debe dar el visto bueno para autorizar cualquier gasto que fuere necesario.

4.9.1. Gerente de mantenimiento

El gerente de mantenimiento llevará a cabo la labor de capacitación teórica y práctica a todo el personal.

En la capacitación teórica se utilizará la sala de reuniones y la parte práctica se llevará a cabo en el área de producción.

El gerente de mantenimiento tiene el conocimiento técnico necesario para realizar la capacitación de buena manera y de manera eficiente.

Le dará a conocer al grupo a su cargo, algunas bases teóricas sobre el equipo que operan y su posterior aplicación en el área de producción.

4.9.1.1. Operadores de las extrusoras

Las ocho personas encargadas de operar las extrusoras poseen un buen conocimiento técnico de la maquinaria que están operando, sin embargo, muestran deficiencia en la parte teórica sobre la maquinaria.

Asimismo, desconocen la importancia a mediano y largo plazo de un buen programa de mantenimiento llevado a cabo en las extrusoras.

La capacitación del personal es por lo tanto necesaria y muy importante para lograr los resultados esperados.

Los operarios dedicaran 3 horas de su tiempo para ser capacitados.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que la mayor parte de los operarios son de reciente ingreso, por lo que aún están en proceso de adecuación y aprendizaje. Con estos operarios se tiene una oportunidad de enseñarles la importancia del mantenimiento en la maquinaria que operan.

4.9.2. Capacitación del personal

Hoy en día es fundamental tener la organización capacitado para efectuar las tareas para las cuales fue contratado. Y cada vez cobra más relevancia por la cantidad de cambios y la velocidad con que ocurren en todo tipo de contexto.

Debido a estos cambios se hace necesario lograr adaptar al personal de la empresa para que siga siendo eficiente y productivo.

El éxito de la implementación de este estudio dependerá del conocimiento, habilidades y destrezas de los operarios.

Se puede afirmar que es fundamental capacitar a los empleados para poder darles las actitudes, conocimientos y destrezas que requieren para lograr un desempeño óptimo en su lugar de trabajo.

Las herramientas utilizadas para la implementación son las capacitaciones teóricas y las capacitaciones prácticas, realizadas a todo el personal que opera las extrusoras.

Para medir la comprensión de las capacitaciones se coordinan evaluaciones teóricas y prácticas para evaluar lo aprendido en las capacitaciones.

Las evaluaciones deben tener un papel importante dentro de la operación para garantizar los conocimientos a cada uno de los trabajadores. Muchas veces no se le presta la atención necesaria a este rubro, y sucede más a menudo en las empresas pequeñas o medianas.

Las empresas grandes tienen más desarrollada esta área, ya que entienden que en la capacitación de su personal radica el crecimiento de la misma empresa.

Estas evaluaciones se llevarán a cabo al finalizar la parte teórica y la parte práctica, también se seguirán ejecutando en la fase de seguimiento.

4.9.2.1. Capacitaciones teóricas

La capacitación teórica sigue siendo de mucha importancia para el objetivo de dar a conocer un tema específico y brindar un panorama amplio de lo que se expone. Sirve para brindarle a todo el personal la oportunidad de aprender nuevas herramientas que le ayuden a realizar de mejor manera su actividad diaria, a la vez que desarrollan un conocimiento más técnico de la maquinaria que operan, esto les ayuda a conocer y comprender mejor el funcionamiento de las mismas, y los convierte en los principales aliados para detectar cualquier condición anormal de operación.

Siempre es de motivación para los empleados que se les tome en cuenta para asistir a las capacitaciones organizadas por la empresa y les da un mensaje de pertenencia a la misma.

En estas capacitaciones se abordarán conceptos básicos sobre las extrusoras y la extrusión en sí misma. Se hace énfasis en la aplicación del

mantenimiento preventivo aplicado a las extrusoras y como ellos juegan un papel clave en la implementación del mismo.

Se les explica en como ellos pueden ser los primeros en detectar condiciones no usuales de operación.

4.9.2.2. Capacitaciones prácticas

En la parte práctica de la capacitación, el gerente de mantenimiento les enseña en el área de producción las buenas prácticas de operación de las extrusoras, así como les enseña los principales componentes que componen la extrusora y su importancia en el proceso.

Se les indica los principales elementos a revisar o prestar atención cuando se esté en operación, se les indica la forma en que deben operar y los principales indicadores de que algo no está funcionando de forma óptima.

La única forma de volver a los operarios expertos en su actividad, es con la práctica constante, teniendo siempre supervisión a la mano, que los ayude a guiarse y les ayude a resolver cualquier duda en el día a día.

4.9.3. Coordinar evaluaciones

Las evaluaciones se llevan a cabo al finalizar cada una de las capacitaciones, tanto teórica como práctica.

Se dará un tiempo de 10 minutos para contestar las preguntas teóricas, esto con el fin de evaluar si el mensaje que se da fue comprendido. El gerente de mantenimiento es quien diseña las preguntas que serán realizadas.

Las evaluaciones deberán ser garantizadas y coordinadas por el gerente de mantenimiento. Dicha coordinación debe tener en cuenta los tiempos efectivos de producción para decidir cuál es la mejor fecha para llevar a cabo las mismas sin afectar la operación y los tiempos de entrega.

Las evaluaciones deben ser realizadas de forma periódica, con el fin de mantener siempre presentes los conocimientos, para ello es necesario tener mucha disciplina, para no dejar de realizarlas.

4.9.3.1. Evaluaciones teóricas

La prueba teórica, consiste en una evaluación de conceptos, será de fácil comprensión y con el objetivo de medir el grado de aprendizaje en la capacitación.

La herramienta constará de solo seis preguntas de conocimientos básicos que debería saber un operador de extrusora, y se hace con el fin de medir el grado de involucramiento y atención con que el personal cuenta, y de responder cualquier duda o inquietud que pueda tener el personal.

Este tipo de evaluaciones se deben realizar periódicamente, para asegurar que los conocimientos siempre estén actualizados y los operadores tengan presente en todo momento los conceptos aprendidos.

La importancia de la evaluación teórica, depende en gran medida de la evaluación práctica y viceversa.

Todos los conocimientos prácticos obtenidos deben de aplicarse en operación, ya que de lo contrario esos conocimientos serán inútiles y solo serán una pérdida de tiempo valioso.

A continuación, se adjunta la evaluación.

Figura 20. **Evaluación teórica de extrusión**

NEGOCIOS UNIDOS POLIFAZ

FECHA: _____

NOMBRE: _____

TURNO: DIURNO: _____ NOCTURNO: _____

EVALUACION TEORICA
CONOCIMIENTOS BASICOS DE EXTRUSION

Conteste con lapicero lo que se le pide a continuación:

1. *Con sus palabras defina lo que es la extrusión de plástico:*
2. *Mencione 3 tipos de materia prima utilizados en la extrusión:*
3. *Hay dos tipos de lubricante utilizados en las extrusoras de su taller, mencione uno:*
4. *¿Porque es importante el mantenimiento preventivo en las extrusoras?*
5. *¿En que afectan al taller las fallas de maquinaria?*
6. *¿Qué tipo de inspección puedo realizar en mi lugar de trabajo?*

Fuente: elaboración propia.

4.9.3.2. Evaluaciones prácticas

La evaluación práctica se llevará a cabo en el área de extrusión y consistirá en preguntas de forma oral a cada uno de los operarios, donde deben señalar los componentes que se les pregunten y su función dentro la extrusora. También se les realizarán preguntas de mantenimiento preventivo en las extrusoras y preguntas de que harían ellos en diversas situaciones problemáticas que se presenten en la maquinaria.

La evaluación práctica tiene como objetivo poner en práctica los conocimientos teóricos aprendidos en la primera parte de la capacitación y de cómo los pueden aplicar día a día en su lugar de trabajo, que es donde ellos tienen total incidencia.

Estas evaluaciones también deben realizarse de forma periódica para mantener siempre actualizados los conocimientos, y que se vuelva parte de la inducción de los nuevos empleados.

4.10. Consolidado de costos de implementación

A continuación, se presenta un consolidado de los costos proyectados para la implementación y ejecución del plan de acción.

Los datos fueron obtenidos en Polifaz, y fueron la base para realizar cada uno de los cálculos realizados en este capítulo. Se tomó como criterio los salarios y costos de insumos en el momento del cálculo, los cuales van a ser variables, en función del valor de mercado de los insumos descritos y del aumento anual del salario mínimo, el cual está vigente al concluir este trabajo de graduación.

Es importante señalar que no se debe confundir los costos de implementación con los costos de seguimiento posteriores a la implementación. Los costos de implementación se dan una única vez y de allí lo que corresponde es el seguimiento a dicha implementación.

Así pues la tabla IX consolidada queda de la siguiente manera:

Tabla IX. **Consolidado de costos de implementación**

Tipo de costo	Costo en quetzales	Inciso de referencia
Costo del análisis en laboratorio	195	4.2.2.3
Costo de mano de obra	900	4.3.1.1
Costo de lubricante por extrusora (engralub 220 pdv)	691,2	4.7.3
Costo de lubricante por extrusora (shell omala s2 g220)	948	4.7.3
Costo mensual de revisión de mantenimiento preventivo por extrusora	135	4.8.1.1.1
Costo mensual por paro de maquinaria para mantenimiento preventivo	241	4.8.1.1.2

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla consolidada se puede ver un desglose de los costos directos a los cuales está sujeta la implementación del plan de acción descrito en el capítulo 3. Cabe destacar que toda la información utilizada para realizar los cálculos correspondientes fue brindada por el gerente de mantenimiento.

En la tabla se incluye también el inciso de referencia para cada costo, para verificar el paso a paso, de cómo se llegó al resultado final de cada uno de los costos.

Estos costos van a ser variables en función del costo de los insumos necesarios, que fueron descritos en el presente trabajo de graduación.

Asimismo, se espera que al tener un adecuado seguimiento al plan, se puedan reducir los costos paulatinamente.

Para llevar a buen término la implementación se debe tener:

- Involucramiento
- Comunicación
- Cooperación
- Disciplina
- Trabajo en equipo
- Herramientas necesarias
- Seguimiento

El seguimiento es una parte muy importante para lograr los resultados esperados, dicho seguimiento al plan lo analizaremos más a detalle en el capítulo 5.

5. SEGUIMIENTO AL PLAN DE REDUCCIÓN DE COSTOS EN ÁREA DE EXTRUSIÓN

5.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos de la implementación se reflejan en una operación más fluida, disminución de los fallos en maquinaria y personal mejor capacitado en su lugar de trabajo.

A través de un adecuado seguimiento al plan de mantenimiento preventivo en el área de extrusión y sobre todo en la caja reductora, el gerente de mantenimiento puede reducir los distintos tipos de desgaste que puedan estar ocurriendo en los componentes internos, alargando de este modo su tiempo de vida y evitando el mantenimiento correctivo, que como se ha mencionado genera un elevado costo y tiene un impacto negativo en la producción.

La principal ventaja de la implementación de mantenimiento preventivo es prevenir situaciones sustituyendo a tiempo los componentes con deterioro, preservando y revisando todas las piezas necesarias.

Además de lo mencionado, se tienen las siguientes ventajas:

- Una mejora notable en el estado de la maquinaria.
- Reducción del desgaste por falta de lubricación.
- Prevenir los riesgos de falla o paros no programados de las extrusoras.
- Permite programar las revisiones sin afectar la producción.

- Realizar las reparaciones de manera programada, utilizando los momentos de baja producción.
- Una reducción consistente en los costos de mantenimiento y en costos de reparaciones.
- Alargar la vida útil de la maquinaria instalada y del lubricante utilizado.
- Mejora en los tiempos de entrega de productos a los clientes.

Un plan de mantenimiento preventivo en extrusión es muy necesario cuando todas las partes involucradas en el mantenimiento son capaces de evitar cualquier avería en sus equipos o de prever y programar para que esa avería tenga el menor impacto posible.

5.1.1. Interpretación

El programa de mantenimiento preventivo propuesto da las acciones necesarias, para alargar la vida útil de las extrusoras previniendo la suspensión de la producción por cualquier tipo de imprevistos. Un propósito importante es el de planificar los periodos de paro de maquinaria en momentos oportunos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, y con ello evitar o disminuir las reparaciones imprevistas.

El proceso de extrusión, el mantenimiento preventivo es de vital importancia sobre todo en lo relacionado a la ejecución de las operaciones en el taller.

De una adecuada implementación del programa de mantenimiento, depende el correcto funcionamiento de las extrusoras y es fundamental llevarlo a cabo con disciplina para conseguir el objetivo de hacer que los equipos

tengan periodos de vida útil más duraderos, manteniéndose en el gasto presupuestado para el mantenimiento.

Se busca reducir al mínimo posible el mantenimiento correctivo. Se sabe que el mantenimiento correctivo nos hace incurrir en unos costos elevados, pérdidas de producción, deficiencias en la calidad del producto terminado, tiempos ociosos y por ende pérdida de ganancias.

5.1.2. Aplicación

La aplicación del programa de mantenimiento preventivo se realizará aplicando las siguientes técnicas:

- El mantenimiento programado

Las revisiones se realizan por tiempo. Así se sabe que las revisiones programadas a las extrusoras se realizarán con base en la cantidad de horas de operación en algunos elementos y en otros casos se realizara de forma diaria, semanal o mensual.

- El mantenimiento predictivo

Determinará el momento óptimo en el cual se deben efectuar cualquier tipo de reparación mediante un seguimiento programado para proyectar el periodo máximo de utilización antes de necesitar una reparación.

- El mantenimiento de oportunidad

Se realizará aprovechando los periodos de baja demanda, con el fin de evitar los paros en las extrusoras cuando están en operación. Esto es importante para estar preparado cuando empiece la época de alta demanda, en donde se hace preciso tener las extrusoras en óptimas condiciones de funcionamiento.

5.2. Ventajas competitivas

Las ventajas que se obtienen de establecer un plan de mantenimiento preventivo son muchas, e impactan favorablemente en los resultados de los procesos propios de la extrusión de plásticos, las principales ventajas que se puede observar son que previene fallas de las extrusoras, reducción de los costos de operación, reduce los tiempos de paros de maquinaria debido a reparaciones, alarga la vida de las extrusoras, y permite tener disponibilidad de equipos al en temporadas de alta demanda, le proporciona al gerente de mantenimiento y el operario conocer a fondo sus equipos, previene defectos en el producto terminado y asimismo previene cualquier tipo de contaminación en la materia prima. También permite reducir considerablemente la cantidad de merma producida en el proceso y por ende bajar el costo de fabricación por unidad.

Lo anterior le proporciona al taller herramientas para seguir siendo competitivo ante una demanda cada vez más exigente y una competencia que se está tecnificando día a día.

5.2.1. Mejora en tiempos de entrega de producto terminado

Cuando el taller realiza la entrega de un producto al cliente final, lo que busca la empresa es conseguir que el producto solicitado llegue en las mejores condiciones posibles y en los tiempos que el cliente ha solicitado. Sin embargo, en muchas ocasiones, ocurren atrasos en el área de producción y esto produce retrasos en la entrega de los productos, lo cual siempre suelen traer quejas y disgustos por parte de los clientes, lo que a la larga puede repercutir negativamente en la imagen de Polifaz.

La capacidad de cumplir con los tiempos de entrega estimados y la velocidad de producción son dos aspectos con mucha importancia y que ayudaran a mantener altos estándares de servicio y de operación. Si la empresa le brinda la importancia que tiene este factor, se conseguirá que los clientes no realicen una sola compra, sino que regresen constantemente, al tener confianza en la calidad y velocidad de entrega de los productos solicitados.

Para lograr este fin, es indispensable contar con un buen mantenimiento preventivo de las extrusoras y una adecuada manipulación.

Al mejorar en flujo de producción y al reducir considerablemente la merma producida, los tiempos de producción van a reducirse y paulatinamente se pueden ofrecer mejores tiempos de entrega, lo cual resulta de gran valor para los clientes.

Al mejorar los tiempos de entrega, el taller estará siendo muy competitivo contra empresas similares y a su vez le permitirá absorber una mayor cantidad de pedidos y con ellos subir su número de clientes, sus ventas y su rentabilidad.

5.2.2. Disminución de rotación de personal

Se sabe que es normal que en una empresa exista la rotación del personal y que esta se clasifica en alta, media o baja. La rotación en la empresa va a depender de la situación de la misma y de sus necesidades, y con base en ellas, tanto la baja rotación y la alta rotación poseen desventajas y ventajas.

La alta rotación de personal tiene muchas desventajas para la empresa y más si esta se da cuando están involucradas decisiones, ya sea de carácter económico o en algunos casos familiar. También si la situación económica de la empresa es buena o mala, afectará en mayor o menor medida el índice de rotación. Mantener altos índices de rotación es usualmente un signo de inestabilidad laboral.

En Polifaz la alta rotación se produce por el tema de los sueldos, ya que deciden buscar mejores oportunidades en otros lugares y es en ese momento en donde deciden abandonar la empresa. El efecto más negativo de esta alta rotación es el incremento de costos laborales, porque los empleados que se van de la empresa deben ser reemplazados y eso conlleva inversión de tiempo y recursos, asimismo, conlleva a un tiempo de aprendizaje del nuevo trabajador en donde no va a cumplir con la productividad que se necesita. Esto es un gasto bastante alto para la empresa, ya que el capacitar al nuevo personal requiere de inversión de tiempo y además, afectará el ritmo de producción, ya que un empleado nuevo no rinde de la misma manera que un empleado experimentado.

Un factor muy importante que se produce por la alta rotación es el incremento de la merma producida en las extrusoras, debido a mala

manipulación del nuevo operario, llegando incluso a duplicar la merma promedio en el taller.

Otra repercusión muy importante que tiene la alta rotación es en la imagen que la empresa proyecta en la sociedad, y que a la larga puede afectarle en que las personas no quieran ser parte de la empresa.

La alta rotación de personal puede ser una ventaja solo en algunos casos muy específicos, cuando existen condiciones no favorables a nivel país o mundial para determinados productos, como lo puede ser la inflación o una caída en los precios.

Otra ventaja de mantener baja la rotación radica en es posible desarrollar a los empleados para que posteriormente puedan optar a mejores puestos dentro de la organización.

Actualmente, existe una alta rotación en el taller y eso está afectando la rentabilidad de la empresa. Mucha de esa rotación se debe a que el operario busca una mejor oportunidad salarial fuera del taller o son despedidos por no tener un desempeño adecuado.

Mediante un buen programa de capacitación del personal, se busca que el operario aprenda nuevas áreas y nuevos procesos y con ello incrementar su productividad en el taller para que tengan oportunidades de crecimiento, reduciendo de este modo la alta rotación.

5.3. Beneficios

La implementación de un plan de lubricación, en las extrusoras del taller tendrá un beneficio a mediano y largo plazo, el cual tendrá un impacto positivo en los costos asociados a la producción, siendo los más significativos, la reducción de costos de mantenimientos correctivos y la disminución de horas extras en época de alta demanda.

5.3.1. Disminución de costos de mantenimiento correctivo

Como ya se ha ampliado, la utilización de un programa preventivo de mantenimiento, ayudará al taller a mantener bajo control los tiempos y costos aplicados al mantenimiento correctivo, los cuales son de alto impacto en la rentabilidad del taller.

La importancia radica en la disciplina y seguimiento que se le de al programa de mantenimiento preventivo, para lograr los resultados esperados.

Al eliminar la incertidumbre que supone una falla inesperada, bajarán también los costos por reparaciones y permitirá planificar estos costos con mayor exactitud.

5.3.2. Disminución de pago de horas extra en alta demanda

El pago de horas extras es de gran impacto en la operación del taller, sin embargo, se mantienen bajo control la mayor parte del año. Es en los meses de alta demanda cuando una falla de las extrusoras provoca que se tengan que pagar horas extras no planificadas para suplir la demanda y cumplir con fechas de entrega acordadas con los clientes.

Dentro de una adecuada programación es necesario programar la mayoría de mantenimientos preventivos en las épocas de baja demanda, con el fin de que en los meses de alta demanda las fallas de maquinaria sean casi nulas.

5.4. Metodología de realización de mantenimiento preventivo

Para la ejecución del programa de mantenimiento preventivo en la caja reductora se utilizará una metodología dividida en mantenimiento diario y mantenimiento programado.

5.4.1. Diario

El mantenimiento diario se refiere a todas las rutinas de mantenimiento preventivo que requieren de inspección diaria para garantizar la adecuada operación de los componentes sujetos a dicha revisión.

Entre los factores a revisar en este mantenimiento diario, se le dar énfasis a la limpieza general, a la inspección de ruido, a la inspección olfativa, a la calidad de producción y a los niveles de lubricante y fugas del mismo.

5.4.2. Programado

Dentro de las rutinas de mantenimiento programado, se programarán los cambios de aceite lubricante en función de las horas de trabajo de la extrusora, se programará cualquier cambio de repuesto que sea necesario detectado con anterioridad en las rutinas diarias de mantenimiento.

Asimismo, se programarán los paros de maquinaria para limpieza o revisiones programadas.

5.5. Capacitaciones en área de extrusión

Se debe contar con un programa de capacitaciones para todo el personal del taller, en donde aprendan nuevos conceptos teóricos y prácticos relacionados a la función que desempeñan en el taller y al tipo de proceso que ejecutan. Es importante definir dentro del programa de capacitaciones, las fechas y los temas que se expondrán en las mismas, con el fin de informar con tiempo a todo el personal.

Este programa de capacitaciones también ayuda a planear la producción en los días en que haya capacitación, con el fin de no provocar atrasos de producción.

5.5.1. Capacitaciones cíclicas

Las capacitaciones que se programen en el taller deben realizarse forma cíclica, es decir, no se deben realizar una sola vez, sino que deben realizarse cada cierto tiempo, el cual deberá ser decidido en este caso por el gerente de mantenimiento, quien es el que tiene el control total de todas las actividades llevadas a cabo en el taller.

El fin de que las capacitaciones sean cíclicas es para mantener vigente todo el aprendizaje de los conceptos expuestos en las capacitaciones. Asimismo, ayudará a que los nuevos empleados aprendan todos estos conceptos al ser nuevos para ellos en muchos casos.

5.5.2. Evaluaciones cíclicas

Toda capacitación debe contar con un método de medición del aprendizaje obtenido en dicha capacitación. El mejor método para lograr esto, son las evaluaciones de conceptos y de aplicación práctica.

Estas evaluaciones al igual que las capacitaciones deben de efectuarse de manera cíclica, y deben medir de forma objetiva cada uno de los conceptos tratados en cada taller.

Las evaluaciones deben efectuarse tanto en el lugar en donde se realiza la capacitación, como en el área de producción para demostrar físicamente lo aprendido.

El uso de evaluaciones ayuda también a mejorar la atención de los presentes en la capacitación al saber que serán evaluados.

Las evaluaciones a realizar son realizadas por el gerente de mantenimiento, y se basan en conceptos platicados en cada capacitación o conceptos que por la naturaleza del proceso, ya debieran saberlos los empleados.

5.6. Estadísticas en área administrativa

Es importante medir todas las actividades que se realicen en una planta productiva y en este caso la extrusión no es ajena a ello.

Sobre todo en mantenimiento es necesario llevar varios registros de todo lo que se ejecuta, ya que solo se puede mejorar lo que podemos medir.

Además, estos registros dan visibilidad del estado general de la maquinaria, así como también sirve para pronosticar cuando pueden ocurrir sucesos que puedan afectar más adelante.

5.6.1. Bitácora de fallas

Para el adecuado registro y control de las fallas en el área de extrusión se llevara un control de fallas, con el fin de dejar documentado todo mantenimiento ejecutado:

Figura 21. Ficha técnica para registro de fallas en la extrusora

				REPORTE PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO	FORMATO	No. 0000	
FECHA	D	M	A	MAQUINA:			HORA DE DAÑO:
SOLICITADO POR:					TIPO DE MANTENIMIENTO	CORRECTIVO	PREVENTIVO
DESCRIPCION DEL DAÑO							
FIRMA DE OPERADOR					RECIBIDO POR:		
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO							
REPUESTOS UTILIZADOS							
CANTIDAD	DESCRIPCION				CANTIDAD	DESCRIPCION	
FECHA	D	M	A	HORA INICIAL DE REPARACION		HORA FINAL DE REPARACION	
OBSERVACIONES							
REPARADO POR:					JEFE DE MANTENIMIENTO:		

Fuente: elaboración propia.

5.7. Auditorías de procesos

Es importante realizar auditorías en cada uno de los procesos que se efectúan en el taller, esto con el fin de mantener un control estricto del estado de las extrusoras y de la calidad que se está produciendo.

Si bien es importante realizar revisiones diarias incluidas dentro del programa de mantenimiento preventivo, también lo es el realizar auditorías completas dentro de la empresa, que entren a profundidad en los procesos que se están realizando. Este tipo de auditoría en el caso de Polifaz, se recomienda sea interna y se ejecute de forma planificada y cíclica.

5.7.1. Auditoría interna

La auditoría interna buscará obtener un diagnóstico mediante una evaluación inicial del nivel de productividad de un proceso o línea de extrusión.

La importancia de realizar estas auditorías internas radica en identificar de manera rápida y objetiva los factores que puedan afectar la productividad en el taller, y luego de establecer este diagnóstico, brindar las acciones a seguir para corregir cualquier causa.

Esto le servirá a la empresa tanto para medir la calidad de procesos que se realizan, como para tomar las decisiones pertinentes para solucionar lo que fuere necesario. Las auditorías deben de ir de la mano de las evaluaciones que se realicen al personal.

Con esto se busca mantener altos estándares de producción a la vez que se alarga la vida de las extrusoras, al ser adecuadamente manipuladas.

Se deben verificar varios factores:

- Equipo de protección personal
- Limpieza general de los componentes
- Manipulación de materia prima
- Nivel de lubricación
- Calidad del aceite
- Estado de los engranajes en caja reductora
- Calidad del producto terminado
- Tipo y cantidad de merma producida

Con base en los resultados de estas auditorías se debe tomar la decisión de realizar más capacitaciones o retroalimentaciones que fueren necesarias para el personal que lo requiera.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo, ayudará a reducir los costos de operación, al minimizar las fallas imprevistas en los equipos de extrusión y por ende los tiempos muertos por paro de maquinaria.
2. La inclusión de un programa de lubricación dentro del plan de mantenimiento preventivo, proporcionará un control eficiente de la calidad y cantidad del lubricante en operación. Asimismo, alargará el tiempo de vida útil de los componentes.
3. La correcta calibración de la maquinaria proporciona un mejor rendimiento de la materia prima e insumos utilizados en la operación, lo cual a su vez, se traduce en menores gastos de operación.
4. El aumento de costos de mantenimiento correctivo se ha visto fuertemente influenciados por la falta de control de lubricación en las extrusoras, lo que provoca que se esté operando con aceite lubricante deteriorado.
5. Los costos de mantenimiento deben tener una reducción consistente, Aunque nunca serán eliminados, si se pueden reducir a solo lo necesario debido al desgaste natural de los componentes.

6. El desgaste de los componentes internos de la caja reductora, se evidencio en el análisis de laboratorio efectuado al aceite lubricante, ya que presentó contaminación por partículas metálicas en el lubricante.
7. El realizar los cambios de lubricante en el tiempo oportuno le proporcionará a los componentes internos de la caja reductora una adecuada protección de sus superficies, reduciendo al mínimo el desgaste por rozamiento de superficies en los engranajes.
8. El aumento de la merma en Polifaz ha venido en aumento debido en su mayor parte a la alta rotación de personal, lo que conlleva a una mala manipulación de las extrusoras, lo cual provoca un aumento en la merma tanto reutilizable como merma dura (no reutilizable).
9. En el capítulo cuatro se muestra la relación de costos proporcionales que se tiene de mantenimiento preventivo comparado con el correctivo, y da un para metro de lo que se podría reducir el costo al utilizar la prevención en mantenimiento de las extrusoras.
10. Las rutinas de mantenimiento implementadas diarias, semanales y mensuales permiten al gerente de mantenimiento tener claridad del estado de todo el equipo instalado en la planta de producción y le sirve para tomar decisiones acertadas en su planificación.

RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento diario a las rutinas de mantenimiento preventivo por parte del área de mantenimiento, con el fin de tener una visión clara del estado actual de la maquinaria instalada y llevar un registro actualizado de todo el mantenimiento ejecutado.
2. Elaborar y llevar a diario un registro de fallas corregidas y pendientes de corregir, con el fin de planificar los paros de maquinaria que fueran necesarios sin afectar el ritmo de producción y tiempos de entrega.
3. Realizar un análisis de lubricación a todas las extrusoras de la planta, para determinar el nivel de desgaste de los componentes internos de las cajas reductoras. Esto ayudará a proyectar fallas posteriores en la maquinaria y planificar los paros que fueren necesarios, con un tiempo prudencial para su ejecución.
4. Realizar el cambio de lubricante al cumplir su tiempo de vida límite, ya que esto ocasiona que el lubricante pierda sus propiedades físicas y químicas y no pueda brindar a los componentes la protección necesaria. Se deben verificar que los niveles de lubricante siempre sean los adecuados, para evitar que algunos componentes internos de la caja reductora trabajen en seco o sin la cantidad de lubricación necesaria.
5. Darle continuidad a las capacitaciones cíclicas y planificadas a todo el personal operativo del área de extrusión, sobre los conceptos básicos

de operación de las extrusoras y su correcta manipulación con el objetivo de reducir las fallas por mala operación.

6. Utilizar los meses de baja demanda para realizar la mayoría de todos los mantenimientos correctivos planificados, los cuales se planificarán con base en un programa de mantenimiento preventivo diario, semanal y mensual, esto para no afectar la producción en los meses de alta demanda debido a paros no planificados o planificados.

BIBLIOGRAFIA

1. BiB Mx. *Engranajes y mantenimiento*. [en línea]. <<http://www.bib.uia.mx/gsd/docdig/didactic/Ingenierias/dem023.pdf>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
2. BOWDEN, Tabor. *Friction and Lubrication of Solids*. Inglaterra: Oxford Clarendon Press, 1950. 183 p.
3. Comercial Mendoza. *Omala S2G220*. [en línea]. <<http://www.comercialmendoza.es/wp-content/uploads/2016/12/OMALA-S2-G-220.pdf>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
4. E. Bueno Campos, I.; CRUZ ROCHE, J. J.; DURÁN HERRERA. *Pirámide, economía de la empresa. Análisis de las decisiones empresariales*. México: Pirámide, 2007. 120 p.
5. Energiza. *Mantenimiento de plantas*. [en línea]. <<http://www.energiza.org/mantenimiento-de-plantas/19-mantenimiento-de-plantas/581-tipos-y-politicas-de-mantenimiento>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
6. GARCÍA VILLAREJO, Avelino; SALINAS SÁNCHEZ, Javier. *Manual de hacienda pública, general y de España*. España: Tecnos, 2003. 139 p.

7. Inter Empresas. *Máquina de extrusión*. [en línea]. <<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/5001-Maquinaria-de-extrusion.html>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
8. JONES, J. R. *Lubrication, Friction, and Wear*. Estados Unidos: NASA, 1971. 75 p.
9. KLEIS, I. KULU, P. *Solid Particle Erosion*. Inglaterra: Springer-Verlag, 2008. 206 p.
10. Lubricantes wgm. *Reductores*. [en línea]. <<https://www.wgmlubricantes.com/reductores.html>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
11. Monografías S. A. *Engranajes metálicos*. [en línea]. <<https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/fallas-superficiales-transmisiones-engranajes-metalicos/fallas-superficiales-transmisiones-engranajes-metalicos.shtml>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
12. _____. *Manual de costos*. [en línea]. <<https://www.monografias.com/trabajos82/manual-costos/manual-costos5.shtml>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
13. Motion components. *Tipos de engranajes*. [en línea]. <<http://www.mootio-components.com/blog/es/tipos-de-engranajes-cual-necesito/>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].

14. Multi Ingeniería. *Lubricación y mantenimiento*. [en línea]. <<https://www.mltingenieria.net/single-post/2017/02/01/importancia-de-la-lubricacion-en-el-mantenimiento>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
15. PDV. *Engranajes industriales*. [en línea]. <<http://pdv.com.gt/Archivos/Industrial/PDV%20Engralub%20EP.pdf>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
16. Plásticos S. A. *Minimizar costos y maximizar rentabilidad*. [en línea]. <<http://www.plastico.com/temas/Como-seleccionar-equipos-para-minimizar-costos-y-maximizar-la-rentabilidad+3053598>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
17. Prezi. *Engranajes*. [en línea]. <https://prezi.com/_bswlugvbtij/engranajes-definicion-y-caracteristicas-generales/>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
18. Wikipedia. *Extrusión de polímero*. [en línea]. <https://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n_de_pol%C3%ADmero>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
19. UPC. *Lubricantes y viscosidad*. [en línea]. <<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621453/tesis%20final%20PDF.pdf?sequence=5&isAllowed=y>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2018].
20. ZUM GAHR K. H. *Microstructure and wear of materials*, Países Bajos: Elsevier, 1987. 560 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Vista panorámica del área de extrusión en Polifaz



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Coeficientes de fricción en engranajes, cojinetes y rodamientos

Mecanismo	Coeficiente de fricción									
	Sólida f_s		Fluida f_f		EHL f_c					
	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Generación					
					1ra		2da		3ra	
Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	Min.	Sint.	
Rodamientos										
- Rígido de bolas.	0,015	0,013	0,0085	0,00765	0,011	0,010	0,009	0,008	0,008	0,007
- Bolas cont. angular.	0,020	0,018	0,0090	0,00800	0,014	0,012	0,012	0,011	0,011	0,010
- Bolas a rótula.	0,010	0,009	0,0080	0,00720	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006
- Axial de bolas.	0,013	0,011	0,0083	0,00740	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007
- Rodillos cilíndricos.	0,011	0,009	0,0081	0,00720	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006
- Rodillos cónicos, esféricos y a rótula.	0,018	0,016	0,0088	0,00790	0,013	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009
- De agujas.	0,022	0,019	0,0095	0,00850	0,015	0,013	0,013	0,012	0,012	0,011
Engranajes										
- Cilíndricos de dientes rectos y helicoidales.	0,045	0,040	0,0100	0,00900	0,027	0,024	0,024	0,022	0,022	0,020
- Sinfin-Corona. (1)	0,065	0,058	0,0200	0,01800	0,042	0,038	0,038	0,034	0,036	0,032
- Cojinetes lisos	0,060	0,054	0,008 (2)	0,00720	0,034	0,030	0,030	0,027	0,028	0,025
Notas:										
(1) Por lo regular los engranajes sinfin-corona no trabajan bajo condiciones de lubricación hidrodinámica.										
(2) Este coeficiente de fricción se calcula más exactamente a partir del Número de Sommerfeld.										
(3) El coeficiente de fricción equivalente f_e para aceite salpicado por engranajes es de 0,010 y para aceite aplicado a presión es de 0,005.										

Fuente: Reliability. *Coeficiente de fricción*. <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-del-ahorro-de-energia-por-menor-friccion/>. Consulta: 20 de septiembre de 2018.

Anexo 2. Propiedades típicas de aceites lubricantes en Norma ISO

Propiedad Físico-Química	Método de Ensayo		Unidades	Cifras Típicas								
	Covenin	ASTM		Grado AGMA	ISO 68(*)	ISO 100(*)	ISO 150	ISO 220	ISO 320	ISO 460	ISO 680	ISO 1000
Viscosidad @ 40° C	424	D 445	cSt	68	100	150	220	320	460	680	1000	
Viscosidad @ 100 ° C	424	D 445	cSt	8.5	11.5	14.5	19.0	24.0	30.0	36.0	45.4	
Índice de Viscosidad	889	D 2270	Adm	95	95	95	95	95	95	95	85	
Punto de Fluidez	877	D 97	° C	- 12	- 6	- 6	- 3	- 3	- 3	- 3	- 3	
Punto de Inflamación	372	D 92	° C	220	220	220	230	230	240	240	245	
Densidad Relativa @ 15.6 °C	1143	D 1298	Adm	0.880	0.880	0.890	0.900	0.900	0.900	0.920	0.930	
Protección herrumbre	-	-	Adm.	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	
Corrosión al cobre 3h @ 100° C	872	D 130	Clas.	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	1b	
Protección al desgaste (1)	-	-	mm	0.25	-	-	0.25	-	-	-	-	
Timken, OK	-	-	Lbs	60	-	-	60	-	-	-	-	
FZG	-	-	Etapas	12	-	-	12	-	-	-	-	
Demulsibilidad												
Agua libre	1393	D 2711	mL	87.0	-	-	87.0	-	-	-	-	
Emulsión			mL	0.0	-	-	0.0	-	-	-	-	
Agua en aceite			%	0.3	-	-	0.6	-	-	-	-	
Espuma												
Secuencia I	1389	D 892	mL/mL	0/0	-	-	0/0	-	-	-	-	
Secuencia II			mL/mL	10/0	-	-	0/0	-	-	-	-	
Secuencia III			mL/mL	0/0	-	-	0/0	-	-	-	-	
Estabilidad oxidación (2)												
Aumento viscosidad	-	D 943	%	2.0	-	-	3.4	-	-	-	-	
Nº precipitación				0	-	-	0	-	-	-	-	

Fuente: El Retono. *Lubricantes y engranajes*.

<http://www.elretono.com.ve/productos/lubricantes/engranajes>. Consulta: 24 de septiembre de 2018.

Anexo 3. **Tabla de equivalencias entre diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad**

Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad						
Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		OW, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W-90
320,320EP	1500	6,6EP				85W-140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C			250	

Fuente: Widman. *Equivalencia entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad.*

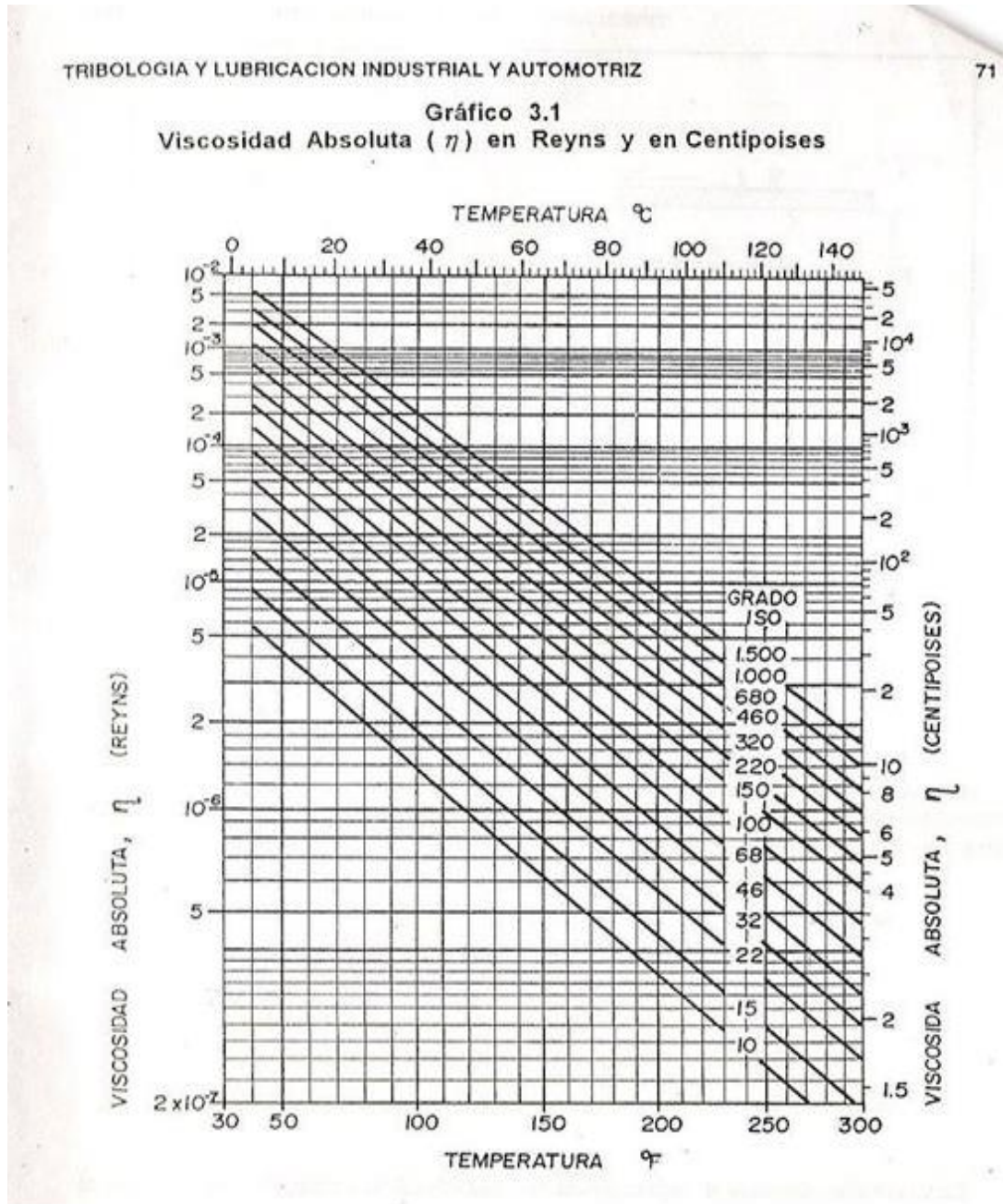
<https://www.widman.biz/boletines/2.html>. Consulta: 27 de septiembre de 2018.

Anexo 4. **Tabla de límites de viscosidad de aceites lubricantes a ciertas temperaturas**

Grado ISO	Límites de viscosidad					
	cSt/40°C		SSU/100°F		SSU/210°F	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2	1,98	2,42	32,8	34,4		
3	2,88	3,52	36,0	38,2		
5	4,14	5,06	40,4	43,5		
7	6,12	7,48	47,2	52,0		
10	9,00	11,00	57,6	65,3	34,6	35,7
15	13,50	16,50	75,8	89,1	37,0	38,3
22	19,80	24,20	105,0	126,0	39,7	41,4
32	28,80	35,20	149,0	182,0	43,0	45,0
46	41,40	50,60	214,0	262,0	47,1	49,9
68	61,20	74,80	317,0	389,0	52,9	56,9
100	90,00	110,00	469,0	575,0	61,2	66,9
150	135,00	165,00	709,0	871,0	73,8	81,9
220	198,00	242,00	1047,0	1283,0	90,4	101,0
320	288,00	352,00	1533,0	1881,0	112,0	126,0
460	414,00	506,00	2214,0	2719,0	139,0	158,0
680	612,00	748,00	3298,0	4048,0	178,0	202,0
1000	900,00	1100,00	4864,0	5975,0	226,0	256,0
1500	1350,00	1650,00	7865,0	9079,0	291,0	331,0

Fuente: Widman. *Límites de viscosidad*. <https://www.widman.biz/boletines/2.html>. Consulta: 28 de septiembre de 2018.

Anexo 5. **Gráfico de viscosidad absoluta vs. Temperatura**



Fuente: Slide Player. *Lubricación y viscosidad*. <https://slideplayer.es/slide/25742/>. Consulta: 30 de septiembre de 2018.

