



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

PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.

Miguel Alfredo Batres Salazar

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ALFREDO BATRES SALAZAR

ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODÍNEZ BAUTISTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 12 de octubre de 2012.



Miguel Alfredo Batres Salazar



Guatemala, 05 de noviembre de 2014.
REF.EPS.DOC.1111.11.2014.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Miguel Alfredo Batres Salazar**, Carné No. **200715185** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseña a Todo"
Inga. Sindy Masriel Godínez de Dávila
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Inga. Sindy Masriel Godínez Bauhista
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

SMGB/ra



Guatemala, 05 de noviembre de 2014.
REF.EPS.D.654.11.2014

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

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Miguel Alfredo Batres Salazar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario Miguel Alfredo Batres Salazar, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, noviembre de 2014.

/mgp

Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 11 de marzo de 2015
Ling.6/15

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Miguel Alfredo Batres Salazar**, con número de carné: **2007-15185** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.**



Licenciada Rosa Arriena González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Miguel Alfredo Batres Salazar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquízú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Miguel Alfredo Batres Salazar,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sica García
Decano



Guatemala, 8 de abril de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por llenarme de bendiciones y ser mi fortaleza en momentos difíciles que me han ayudado a crecer y ser mejor persona.
Mi madre	Rosa Odilia Salazar Rodas (q.e.p.d.), razón de mi vida, mujer invencible, a ella le debo todo lo que soy y lo que lograré, porque su presencia nunca desaparecerá.
Mi hermano	Mario Batres, por siempre brindarme su ayuda y ser un verdadero ejemplo para mí.
Mi familia	Por brindarme su apoyo, estando a mi lado en todo momento.
Mis amigos	Porque sé que nunca he estado solo enfrentando los desafíos de la vida. Gracias, especialmente a quién fuera como un hermano, José Luis Zea (q.e.p.d.).
Familia	Concuán Motta, por ser parte especial en mí vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por proporcionarme lo conocimientos que serán aplicados cada día en el ámbito laboral.

**Polímeros y Tecnología,
S. A.**

Por darme la oportunidad de iniciar mi vida profesional, en especial a Carlos Flores y Mario Tol. Además, de todo el personal que conforma el departamento de mantenimiento.

Inga. Sindy Godínez

Por su valiosa asesoría para terminar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. INFORMACIÓN GENERAL DE POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.2. Historia	2
1.3. Visión	3
1.4. Misión	3
1.5. Política de calidad.....	3
1.6. Valores de la empresa.....	4
1.7. Localización.....	5
1.8. Organigrama.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.....	9
2.1. Situación actual	9
2.1.1. Análisis FODA	9
2.1.2. Funciones del Departamento de Mantenimiento	16

2.1.3.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento..	17
2.1.4.	Flujograma de mantenimiento correctivo.....	19
2.1.5.	Flujograma de mantenimiento preventivo.....	20
2.1.6.	Otros procesos interrelacionados con las operaciones de mantenimiento	23
2.1.7.	Maquinaria.....	24
2.1.8.	Repuestos	25
2.1.9.	Lubricantes	28
2.1.10.	Normas y políticas de seguridad establecidas por la empresa	29
2.1.11.	Diagnóstico del Departamento de Mantenimiento	37
2.1.11.1.	Análisis de indicadores en planta	37
2.1.11.1.1.	MTTR.....	37
2.1.11.1.2.	MTBF	40
2.1.11.2.	Factores que afectan las operaciones de mantenimiento	43
2.1.11.3.	Análisis de fallas en planta.....	44
2.1.11.3.1.	Diagrama de Pareto global planta.....	45
2.1.11.3.2.	Cumplimiento de mantenimiento preventivo	47
2.1.11.3.3.	Análisis de fallas en el área de extrusión....	49
2.1.11.3.4.	Diagrama de Pareto, fallas en extrusoras	49
2.1.11.3.5.	Análisis para los equipos de coextrusión.....	51

2.2.	Plan para la prevención de fallas en equipos de coextrusión	56
2.2.1.	Recursos requeridos.....	56
2.2.1.1.	Recursos humanos.....	56
2.2.1.2.	Herramientas	57
2.2.1.3.	Repuestos e insumos	58
2.2.2.	Acciones a realizar según componentes de máquina	59
2.2.2.1.	Abastecimiento de materias primas y registro de carga.....	59
2.2.2.2.	Dosificación gravimétrica y regulación de paso	61
2.2.2.3.	Extrusora	64
2.2.2.4.	Cabezal soplador.....	75
2.2.2.5.	Calibración de láminas	77
2.2.2.6.	Medición de espesor de lámina	79
2.2.2.7.	Tracción de láminas reversible	81
2.2.2.8.	Embobinador	83
2.2.2.9.	Elementos neumáticos	85
2.2.2.10.	Elementos hidráulicos.....	86
2.2.2.11.	Instrumentos de medición.....	87
2.2.2.12.	Motores eléctricos.....	89
2.2.3.	Programa de mantenimiento preventivo	91
2.2.3.1.	Visitas e inspecciones	91
2.2.3.1.1.	Control de visitas e inspecciones.....	94
2.2.3.2.	Revisiones	96
2.2.3.2.1.	Sustitución de piezas..	96
2.2.3.3.	Lubricación periódica.....	98
2.2.3.3.1.	Puntos a lubricar	98

	2.2.3.3.2.	Fichas de lubricación .	98
	2.2.3.3.3.	Normalización de lubricantes.....	100
	2.2.3.4.	Limpieza.....	102
2.2.4.		Rutina de mantenimiento.....	103
	2.2.4.1.	Diaria.....	103
	2.2.4.2.	Semanal	105
	2.2.4.3.	Mensual.....	106
	2.2.4.4.	Semestral	112
	2.2.4.5.	Anual.....	114
	2.2.4.6.	Control de mantenimiento	116
2.2.5.		Seguridad industrial.....	118
	2.2.5.1.	Condiciones inseguras	118
	2.2.5.2.	Actos inseguros.....	119
2.2.6.		Inversión requerida.....	121
2.2.7.		Evaluación del plan de prevención de fallas.....	122
2.3.		Propuesta para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento.....	123
	2.3.1.	Medición de indicadores.....	123
	2.3.2.	Mantenimiento correctivo	125
	2.3.3.	Mantenimiento preventivo	127
	2.3.3.1.	Mantenimiento operativo	129
	2.3.4.	Mantenimiento predictivo.....	130
	2.3.5.	Sistema de información de mantenimiento.....	134
	2.3.5.1.	Historial de trabajos de mantenimiento.....	135
	2.3.5.2.	Historial de fallas	135
	2.3.6.	Evaluación del personal	138
	2.3.7.	Control de inventarios.....	139

2.3.7.1.	Stock mínimo necesario	141
2.3.7.2.	Períodos de renovación.....	142
2.3.8.	Costos estimados	142
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ÁREAS PRODUCTIVAS.....	145
3.1.	Diagnóstico del consumo de energía eléctrica	145
3.2.	Propuesta para el uso eficiente de la energía eléctrica	148
3.2.1.	Evaluación técnica	149
3.2.2.	Evaluación financiera.....	149
3.2.3.	Costo de la propuesta.....	150
3.2.4.	Monitoreo.....	151
4.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. CAPACITACIÓN DEL CAPITAL HUMANO	153
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación	153
4.2.	Programa de capacitación	156
4.3.	Costos	158
4.4.	Evaluación de resultados.....	159
	CONCLUSIONES	161
	RECOMENDACIONES.....	163
	BIBLIOGRAFÍA.....	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de la empresa.....	5
2.	Organigrama de la empresa.....	7
3.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	18
4.	Mantenimiento correctivo	19
5.	Mantenimiento preventivo	21
6.	MTTR global planta 2012	38
7.	Diagrama de árbol MTTR.....	39
8.	MTBF global planta 2012	41
9.	Diagrama de árbol MTBF	42
10.	Diagrama de árbol de los factores que afectan las operaciones de mantenimiento.....	43
11.	Diagrama de Pareto del total de fallas	46
12.	Diagrama de Pareto por fallas en extrusoras	50
13.	Diagrama de Ishikawa por fallas en coextrusoras	55
14.	Abastecimiento de materias primas y registro de carga.....	60
15.	Dosificador DOTEKO	63
16.	Estación de dosificación INOEX.....	64
17.	Diseño general de una extrusora	65
18.	Aparato atemperador	67
19.	Datos hidrológicos para el agua de refrigeración del aparato atemperador	68
20.	Cambiador de filtros hidráulico	71
21.	Montaje de tamices	73

22.	Cabezal soplador	75
23.	Cesta de calibración	78
24.	Vista inferior del rodillo de estirado y rodillo de presión de goma	82
25.	Dispositivo de tracción de láminas reversible	83
26.	Tratado corona.....	84
27.	Embobinador vista lateral	85
28.	Formato de control de visitas e inspecciones	95
29.	Formato para sustitución de piezas	97
30.	Formato de limpieza diaria.....	104
31.	Formato de control de trabajos de mantenimiento.....	117
32.	Registro de actos inseguros	120
33.	Bitácora de trabajos pendientes	126
34.	Formato de barrido de defectos	128
35.	Gráfica de modelo de control de inventarios.....	139
36.	Diagrama de Ishikawa por alto consumo de energía eléctrica.....	147
37.	Diagrama de árbol, control de registros	154
38.	Diagrama de árbol, software interno	156
39.	Examen de evaluación de resultados	159

TABLAS

I.	Matriz de interacciones entre Fortalezas y Oportunidades	11
II.	Matriz de interacciones entre Fortalezas y Amenazas.....	12
III.	Matriz de interacciones entre Debilidades y Oportunidades	12
IV.	Matriz de interacciones entre Debilidades y Amenazas.....	13
V.	Matriz FODA	15
VI.	Cantidad de máquinas por área.....	25
VII.	Repuestos actuales	26
VIII.	Incumplimiento a normas o políticas establecidas por la empresa	36

IX.	Resultados de MTTR (horas)	38
X.	Resultados de MTBF (horas)	40
XI.	Total de fallas 2012	44
XII.	Tabla de Pareto del total de fallas	45
XIII.	Ejemplo de <i>check list</i>	47
XIV.	Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento preventivo	48
XV.	Tabla de Pareto por fallas en área de extrusión.....	49
XVI.	Herramientas básicas.....	57
XVII.	Repuestos e insumos.....	58
XVIII.	Limpieza del abastecimiento de materias primas y registro de carga ..	61
XIX.	Tiempo de calentamiento del cabezal soplador sin material fundido ...	77
XX.	Tiempo de calentamiento del cabezal soplador con material fundido ..	77
XXI.	Ficha de lubricación general	99
XXII.	Rutina de mantenimiento semanal	105
XXIII.	Rutina de mantenimiento mensual	107
XXIV.	Rutina de mantenimiento semestral	112
XXV.	Rutina de mantenimiento anual.....	114
XXVI.	Costos estimados por mantenimiento de coextrusoras	121
XXVII.	Indicadores para la evaluación de resultados	122
XXVIII.	Indicadores propuestos	123
XXIX.	Historial de fallas en planta (2012)	136
XXX.	Costos estimados de repuestos comunes.....	143
XXXI.	Consumo estimado por iluminación actual.....	148
XXXII.	Consumo estimado por iluminación LED	149
XXXIII.	Costo estimado por iluminación actual.....	150
XXXIV.	Ahorro anual estimado por iluminación	150
XXXV.	Costo por cambio de luminarias	151
XXXVI.	Programa de capacitación.....	157
XXXVII.	Costos por capacitaciones	158

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
IBC	Control automático de ancho
°C	Grados Celsius
Hz	Hercio
Hrs	Horas
kHz	Kilohercio
Vapor Mg.	Luminaria de vapor de mercurio
mAh	Medida de carga eléctrica, miliamperio-hora
°dH	Medida de dureza del agua en grado alemán (<i>Deutsche Härte</i>) equivalente a 17,9 mg CaCO ₃ /l.
mts	Metros
µm	Micras
mg/l	Miligramos por litro
mm	Milímetros
ms/m	Milisiemens por metro
min	Minuto
%	Porcentaje
Q	Quetzal
PMU	Unidad de parametrización
bar	Unidad de presión equivalente a 100 000 pascales
V	Voltio
VA	Voltios amperios

GLOSARIO

Aceite	Se obtiene a partir de la refinación del petróleo crudo (aceite mineral), entre sus propiedades se encuentran el espesor y la fluidez. El espesor interviene en la resistencia a la penetración, debido a la aplicación de fuertes cargas, lo que permite conservar la película en toda la superficie. La fluidez se refiere a la dificultad con que puede circular el aceite a través de los canales y orificios.
Aditivos	Compuestos químicos utilizados para mejorar el rendimiento de los lubricantes.
BOPP	Polipropileno biorientado.
Bujes	Son utilizados para fijar en un eje diferentes componentes.
Chumacera	Dispositivo que proporciona un soporte para permitir la rotación de un eje.
Coextrusión	Técnica de extrusión que consiste en unir dos o más películas plásticas con distintas características.
Descalcificación	Procedimiento realizado por medios mecánicos, químicos o electrónicos para el tratamiento de agua,

con el objeto de evitar o reducir el contenido de sales minerales que forman incrustaciones en las paredes de las tuberías o bien pueden bloquear casi la totalidad de la sección.

Dosificación	Método que consiste en graduar una cantidad de sustancia que se tiene que añadir en una etapa de un proceso.
EPP	Equipo de protección personal.
Extrusión	Transformación de resinas de plástico por medio de un tornillo extrusor con alta temperatura para fundir el material y obtener una película plástica embobinada.
Filtro	Accesorio utilizado para la retención de impurezas.
Grasa	Se compone de 90 % de aceite mineral o sintético y un espesante, la grasa presenta mejor adhesión, protege contra la humedad y/o contaminantes en el ambiente.
Hidráulica	Consiste en una red equilibrada para la transmisión de energía, permitiendo hacer funcionar diversos mecanismos, normalmente se utilizan aceites especiales. El funcionamiento consiste en aumentar la presión del fluido por medio de elementos de un circuito hidráulico.

Indicador	Expresión cuantitativa utilizada para medir los resultados de un proceso, con ello se podrá medir el grado de cumplimiento de objetivos.
Ión	Átomo o molécula que presenta ganancia o pérdida en su carga, se dividen en dos tipos, aniones (carga negativa) y cationes (carga positiva).
Laminación	Proceso que adhiere dos películas plásticas por medio de un adhesivo sin solvente, con el objeto de lograr propiedades de sellabilidad, barreras al vapor de agua, al oxígeno o a las tintas.
Luminaria	Aparatos para la conexión a la red eléctrica de las lámparas.
MP	Materia prima.
MTBF	Tiempo promedio entre fallas (Mean time between failures).
MTTR	Tiempo promedio entre reparaciones (Mean time to repair).
Neumática	Se emplea para la transmisión de energía para hacer funcionar diferentes mecanismos por medio de aire comprimido.

<i>Outsourcing</i>	Ejecución temporal o permanente de una función de una organización por un proveedor de servicios externo.
Presión	Magnitud que mide la fuerza que actúa sobre una superficie.
<i>Slitter</i>	Corresponde al proceso en el que bobinas con un determinado ancho se dimensionan en un ancho con diámetro final, obteniéndose diversas bobinas.
VOSO	Ver, oír, sentir y oler.

RESUMEN

Polímeros y Tecnología, S. A. es una empresa dedicada a la fabricación de empaque flexible, provee materia prima a una diversidad de sectores empresariales dentro y fuera del país. Con el transcurso del tiempo para ser competitivos se requiere contar con procesos que permiten generar productos con la calidad requerida por los clientes.

Internamente para mejorar el desempeño es necesaria la reducción del desperdicio ya que impacta considerablemente los costos de operación. Se debe buscar continuamente implementar estrategias para mejorar la eficiencia en cada área, reduciendo tiempos muertos atribuidos a problemas operaciones o fallas en la maquinaria.

Un factor que puede afectar en las diferentes áreas es la falta de procedimientos, o bien la falta de actualización de los mismos, ya que las decisiones que se tomen por el personal administrativo puede afectar al desempeño global.

En el área de extrusión se produce lo que es polietileno de baja y alta densidad, material termoencogible para embotelladoras o aplicaciones especiales, así como materiales destinados a la agricultura. Las maquinas pueden proporcionar una capa de material, a diferencia de las coextrusoras con que cuenta la empresa, estas proveen 3 capas de producto final, en cada capa se cuenta con los materiales y porcentajes de acuerdo a la aplicación de los clientes. Estos equipos generan la mayor cantidad de kilos diarios producidos, lo que hace importante que se encuentren en las mejores

condiciones, ya que el tiempo perdido por paros no programados genera grandes atrasos en todo el programa de producción, reducción de la eficiencia global, incremento del desperdicio, entre otros.

Para medir el desempeño del Departamento de Mantenimiento se utilizan dos indicadores MTBF, que es el tiempo promedio entre fallas y el MTTR, que es el tiempo promedio entre reparaciones. Actualmente la mayor cantidad de actividades de mantenimiento se enfocan en el mantenimiento correctivo, es necesario incorporar las actividades de prevención. Para ello se buscó información de los equipos en los manuales de fabricante así como en la experiencia de los técnicos para desarrollar un plan de ejecución de actividades de inspección, lubricación y limpieza de los equipos de coextrusión durante intervalos de tiempo.

OBJETIVOS

General

Reducir fallas de los equipos de coextrusión tricapa por medio de un plan de prevención y mejorar la gestión de las actividades de mantenimiento.

Específicos

1. Analizar los procedimientos involucrados en la realización de las actividades de mantenimiento.
2. Establecer los puntos a lubricar en los equipos de coextrusión tricapa.
3. Desarrollar propuestas para la reestructuración de las operaciones que intervienen en la gestión de las actividades de mantenimiento.
4. Programar la rutina de mantenimiento que debe realizarse a los equipos de coextrusión tricapa.
5. Controlar el inventario de recursos que utiliza el departamento de mantenimiento.
6. Realizar un estudio del consumo de energía eléctrica, seleccionar estrategias para la reducción del costo e impacto ambiental.
7. Crear un plan de capacitación para el personal de la empresa.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos que se realizan por mantenimiento comúnmente no se valoran como se debería, ya que no forman parte del flujo normal del proceso de producción. Es importante determinar los puntos de equilibrio para la realización de mantenimiento preventivo y la búsqueda de estrategias que permitan la reducción del tiempo entre reparaciones.

Este proyecto se enfoca en mejorar el tiempo entre fallas de las coextrusoras por medio de una revisión del plan de mantenimiento actual y la investigación de actividades que se deberían incluir de acuerdo a la información que proporcionan los fabricantes en manuales físicos y digitales, así como la experiencia del personal.

La rutina de mantenimiento está integrada por revisiones periódicas, limpieza y lubricación. La periodicidad con que se realizan los trabajos puede ser afectada por alta carga de producción, por lo que se deben incluir directamente en el programa de pedidos para no afectar el tiempo de producción, tiempo de entrega o afectar directamente a la planificación de los clientes.

Se carece de un control de insumos por medio de herramientas estadísticas por falta de datos históricos, por lo que se requiere iniciar con la recopilación de información para estimar el consumo y controlar los gastos.

Las fallas en la maquinaria no se atribuyen únicamente al Departamento de Mantenimiento, por lo que es necesario implementar un programa de mantenimiento operativo, esto incluye principalmente limpieza de superficies. La suciedad impacta a los componentes electrónicos, contamina la lubricación por ejemplo en rodamientos y cadenas, se sobrecalientan los motores por suciedad en la ventilación, entre otros impactos. Se necesita contar con limpieza de moldes, ya que es la parte que da forma al producto final, con esto se puede evitar defectos como variación de calibre o rayas en el material.

Además de los indicadores numéricos MTBF (tiempo promedio entre fallas) y MTTR (tiempo promedio entre reparaciones) utilizados actualmente, es necesario incorporar indicadores financieros, ya que la reducción de costos y la venta de productos con especificaciones que generen utilidades es la meta de toda organización.

Implementar estrategias de producción más limpia contribuye a reducir el impacto ambiental, incrementando la productividad de las empresas. En el capítulo tres se realizará un análisis del consumo de energía eléctrica, estimando el consumo de kilowatts por mes para obtener el costo estimado por iluminación actual, después se comparará con los consumos y costos estimados por implementar sistemas de iluminación LED, además del costo de la propuesta, para después obtener el ahorro estimado y el tiempo de retorno de la inversión. Es importante conservar el estado de los sistemas de iluminación para prolongar la vida útil, para ello se detallarán algunas de las actividades de monitoreo que se deberían realizar, la limpieza general de los sistemas de iluminación constituye un factor importante en el desarrollo de auditorías de buenas prácticas de manufactura.

El capital humano es el principal recurso para lograr alcanzar los objetivos de toda organización, por lo que es necesario incrementar las habilidades y conocimientos del personal constantemente. Para la fase de enseñanza-aprendizaje se impartieron dos capacitaciones. Se realizó una capacitación respecto al correcto control de registros, con el objetivo de garantizar la trazabilidad de los diferentes procesos que conforman el sistema de gestión de calidad. La otra capacitación impartida fue acerca de los módulos básicos del sistema informático de la empresa, permitiendo a los usuarios conocer como se relacionan los diferentes módulos, desde el listado maestro de productos, rutas de proceso, parámetros de calidad, órdenes de producción y certificados de calidad.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.

1.1. Descripción de la empresa

La empresa Polímeros y Tecnología, S. A. atiende tres sectores de mercado:

- Industrial: especializándose en la producción de laminaciones de 2 y 3 capas, utilizando adhesivos sin solvente para empaques de alto desempeño en llenadoras automáticas, coextrusiones de 3 capas, impresiones de hasta 8 colores, termoencogibles impresos y sin impresión, bolsas tipo *doypack*, *flow pack* y *pouches*, así como empaques secundarios.
- Agro-Industrial: como películas para invernaderos, túneles, macrotúneles, *mulch* o acolchonados plásticos, pita plástica, bolsas de protección y empaque, embalaje, manejo y transporte de cualquier cultivo, tuberías de riego y accesorios, etc., empaque, protección y acolchados, para banano, café, cardamomo, hule, melón, flores, tomates, fresas y verduras en general. Se incluyen prácticamente todos los cultivos que requieran empaques.
- Comerciales: que incluyen toda clase de bolsas, películas y materiales de empaque para el comercio, con y sin impresión, tales como bolsas para boutique, empaque para regalos y una exclusiva línea de bolsas de basura en rollo con sello tipo estrella.

1.2. Historia

Polímeros y Tecnología, Polytec, inició sus actividades en julio de 1989, con la idea de ofrecer al mercado una nueva alternativa en la fabricación de empaques plásticos flexibles. La idea principal era, como todavía lo es hoy, disponer de la tecnología más reciente, tanto en materiales como en maquinaria, y combinar estos recursos con una filosofía de profundo compromiso con el cliente, de manera que este sea, en realidad, la razón de ser de la compañía.

El 15 de enero del 2008 se fundó una empresa hermana, Polytec Internacional, para encargarse del mercado internacional y en diciembre de ese mismo año, se adquirieron las empresas Geoplast, una empresa dedicada también a la producción de toda clase de empaques de plástico flexible y Lacoplast, una de las empresas con más prestigio y capacidad (600 MT mensuales) dedicada a envases de plástico soplado. Estas empresas comprenden lo que es el Grupo Polytec. La parte flexible del grupo la conforman Polytec, Polytec Internacional y Geoplast.

Desde su fundación, el Grupo Polytec, pasó de una capacidad de 40 toneladas (cuando solo existía Polytec) por mes a 1 850,00 toneladas, actualmente (Polytec, Polytec Internacional y Geoplast), 750 toneladas de ellas impresas. Este crecimiento se debe a que el Grupo Polytec se rige por sólidos principios éticos, que garantizan su seriedad y honestidad, y que, de la mano de una administración eficiente y flexible, le han permitido sobresalir en servicio, precio y calidad.

De cubrir originalmente solo el mercado guatemalteco, se ha pasado a exportar a toda Centroamérica, Panamá, México, el Caribe y Estados Unidos.

1.3. Visión

“Ser la empresa de referencia en empaques flexibles en Centroamérica, México y el Caribe a través de la creación continua de valor para cada uno de sus clientes y accionistas y la generación de oportunidades de desarrollo para sus trabajadores”.¹

1.4. Misión

“Contribuir al éxito de nuestros clientes, haciendo que sus productos lleguen a los consumidores de una manera segura, atractiva, cómoda eficiente y económica.

Esta mezcla nos obliga a entender sus diferentes necesidades y a través de la tecnología, la mejora continua y la dedicación a la calidad, encontrar soluciones integrales, a precio razonable que satisfagan sus requerimientos.

Tenemos un compromiso con la satisfacción de nuestros clientes”.²

1.5. Política de calidad

“Estamos comprometidos en satisfacer las necesidades y requerimientos de nuestros clientes, a través del mejoramiento continuo de nuestros productos, procesos y servicio.

Valoramos y capacitamos a nuestro recurso humano y buscamos desarrollar relaciones de largo plazo con clientes y proveedores.

¹ Polytec.

² Ibid.

Aceptamos el compromiso de establecer y mantener un sistema de calidad certificado”.³

1.6. Valores de la empresa

- “Estamos centrados en el cliente: nos comprometemos con su éxito, mediante una atención personalizada, tanto en la definición de necesidades como en la innovación en la propuesta de soluciones y en el seguimiento completo de nuestro desempeño.
- Siempre damos la cara: siempre asumiremos nuestra responsabilidad, plantearemos con certeza nuestros pensamientos y tomaremos la acción que garantice el beneficio mutuo. Además de hacerlo internamente, rendiremos cuentas de nuestras acciones ante los clientes, empleados, proveedores, la comunidad, el país y los accionistas.
- Nunca nos damos por satisfechos: estamos comprometidos con la excelencia. No debemos ni queremos conformarnos con el éxito actual. Apenas alcanzamos una meta, ya estamos buscando un reto nuevo.
- Nos preocupamos genuinamente por nuestra gente: las personas son antes que todo. Nos sentimos valorados y respetados en nuestro trabajo y generamos un ambiente que nos permite desempeñarlo con pasión.
- Lo que hacemos lo hacemos con integridad: somos consecuentes en el cumplimiento de estos valores: nuestra actitud de vida y nuestra forma de ser implican el compromiso, la honradez y el apego a la verdad”.⁴

³ Polytec.

⁴ Ibid.

1.7. Localización

Polímeros y Tecnología se encuentra ubicada en 1ra calle 2-68 zona 2 Colonia San José Villa Nueva, Guatemala. Ver figura 1.

Figura 1. Localización de la empresa



Fuente: <https://maps.google.com.gt/>. Consulta: noviembre de 2012.

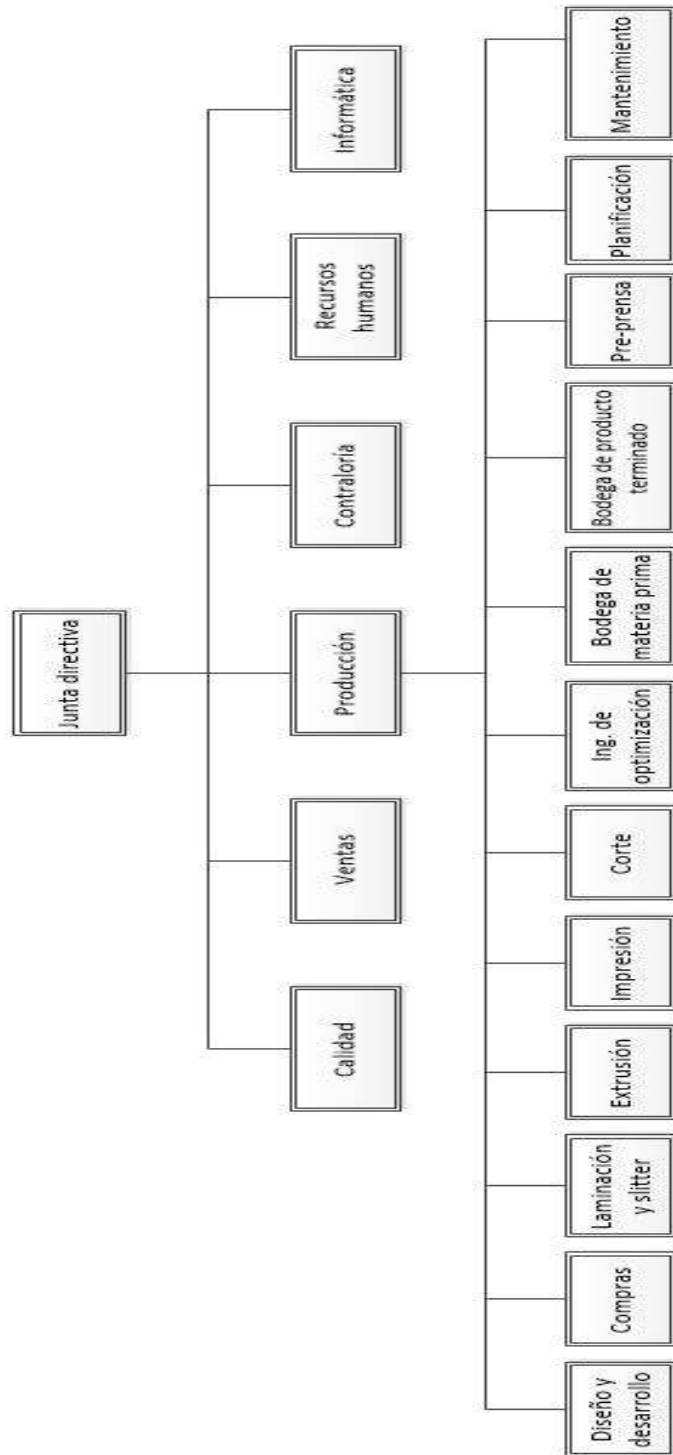
1.8. Organigrama

La empresa Polímeros y Tecnología, S. A., cuenta con una estructura organizacional funcional, ya que las actividades que se realizan se agrupan por medio de departamentos, los conocimientos y experiencias del personal se desempeñan de acuerdo a tareas comunes, esto permite la especialización de las habilidades de los colaboradores y mejora la coordinación de los recursos. El control del funcionamiento de los departamentos se realiza por medio de una jerarquía vertical, estableciendo a un miembro específico para la toma de decisiones.

Entre los aspectos negativos de la organización funcional están: conflicto en la comunicación y coordinación entre departamentos, esto se debe al enfoque en objetivos individuales en lugar de globales.

La representación gráfica de la organización (organigrama) por su ámbito se considera general lo que es equivalente por su contenido a un organigrama integral, los departamentos se relacionan por medio de jerarquía o dependencia, siendo la junta directiva la de mayor autoridad, a partir de esta se encuentran los diferentes departamentos ubicados en forma escalonada.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

La toma estratégica de decisiones está a cargo de la junta directiva y de los gerentes del siguiente nivel jerárquico. La administración de los recursos la realiza los jefes de los diferentes departamentos, mientras que las decisiones del control operativo las realizan supervisores, operadores y técnicos de mantenimiento.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. PLAN PARA LA PREVENCIÓN DE FALLAS EN EQUIPOS DE COEXTRUSIÓN TRICAPA DE SOPLADO PARA EMPAQUE FLEXIBLE, Y PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA POLÍMEROS Y TECNOLOGÍA, S. A.

2.1. Situación actual

El estudio de la situación actual de la empresa se realizará por medio de un método deductivo, iniciando con un análisis FODA, continuando con herramientas de análisis más específicas, de acuerdo a lo detectado por medio de observación directa, entrevistas no estructuradas y registros.

2.1.1. Análisis FODA

Para la realización del análisis FODA de la empresa Polímeros y Tecnología, S. A., se llevo a cabo por medio de observación directa, entrevistas no estructuradas con algunos jefes de área, además de la estar presente en reuniones de productividad en las que se conocen los resultados globales de la empresa, así como los resultados por departamento. A continuación se detalla en análisis realizado.

Fortalezas:

- F1. Solidez durante largo tiempo en el mercado de empaque flexible.
- F2. Contar un gran número de clientes.

- F3. Ser una empresa exportadora.
- F4. Poder atender diversos sectores de mercado: industrial, comercial y agroindustrial.
- F5. Contar con una diversidad de maquinaria para la producción de una variedad de productos.

Oportunidades:

- O1. Incremento de la tendencia de la utilización de empaque flexible como alternativa de sostenibilidad, respecto a otros tipos de materiales para empaçado.
- O2. Mayor empleo en procesos productivos de tecnologías para la reducción del consumo energético.
- O3. Aumento de la demanda de plástico reciclado.
- O4. Inclinación de los clientes hacia empaques con estructuras aptas para el reciclado.

Debilidades:

- D1. Elevado porcentaje de desperdicio por corrida de producción.
- D2. Falta de trabajos de mantenimiento para un alto número de máquinas.

- D3. Falta de equipos y herramientas complementarias en algunas áreas de trabajo.
- D4. Resistencia al cambio.

Amenazas:

- A1. Incremento mundial del precio del petróleo.
- A2. Pérdida de confianza por parte de los clientes al no entregar algunos productos según fechas estipuladas.
- A3. Crecimiento de la competencia.
- A4. Baja calidad en la compra de materias primas.
- A5. Modificaciones en las regulaciones no arancelarias en el mercado internacional.

Matrices de interacciones

Tabla I. **Matriz de interacciones entre Fortalezas y Oportunidades**

	FORTALEZAS					
		F1	F2	F3	F4	F5
OPORTUNIDADES	O1	+	+	0	+	0
	O2	+	0	0	0	+
	O3	0	+	0	0	0
	O4	+	+	+	+	+

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Matriz de interacciones entre Fortalezas y Amenazas**

	FORTALEZAS					
		F1	F2	F3	F4	F5
AMENAZAS	A1	+	+	0	+	+
	A2	0	+	+	0	0
	A3	+	+	0	+	0
	A4	+	0	+	0	0
	A5	0	0	+	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Matriz de interacciones entre Debilidades y Oportunidades**

	DEBILIDADES				
		D1	D2	D3	D4
OPORTUNIDADES	O1	0	0	0	+
	O2	0	+	0	+
	O3	+	0	0	0
	O4	0	0	0	+

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Matriz de interacciones entre Debilidades y Amenazas**

	DEBILIDADES				
		D1	D2	D3	D4
AMENAZAS	A1	+	0	0	0
	A2	0	+	0	+
	A3	+	0	+	+
	A4	+	0	0	0
	A5	0	0	0	+

Fuente: elaboración propia.

Estrategias.

Maxi-Maxi (Fortalezas y Oportunidades)

- Estudio de factibilidad para la sustitución de materia prima con propiedades que reduzcan el impacto ambiental. (F1, F4, O1, O3, O4)
- Implementación de máquinas y equipos con tecnologías que permitan el incremento de la eficiencia energética. (F1, F2, F4, O1, O2)

Maxi-Mini (Fortalezas y Amenazas)

- Identificar las restricciones que afectan en la entrega tardía de los productos a los clientes. (F1, F2, A2, A3)

Mini-Maxi (Debilidades y Oportunidades)

- Estrategia de promoción del empleo de empaque flexible para la contribución al desarrollo sostenible. (D4, O1, O3, O4)

Mini-Mini (Debilidades y Amenazas)

- Implementación de nuevas técnicas de muestreo y criterios de aceptación para el control calidad. (D3, D4, A3, A5)

Después de la formulación de estrategias, en la tabla V, se puede analizar la Matriz FODA.

Tabla V. **Matriz FODA**

FACTORES INTERNOS FACTORES EXTERNOS	<p>Lista de Fortalezas F1. Solidez durante largo tiempo en el mercado de empaque flexible. F2. Contar un gran número de clientes. F3. Ser una empresa exportadora. F4. Poder atender diversos sectores de mercado: industrial, comercial y agroindustrial. F5. Contar con una diversidad de maquinaria para la producción de una variedad de productos.</p>	<p>Lista de Debilidades D1. Elevado porcentaje de desperdicio por corrida de producción. D2. Falta de trabajos de mantenimiento para un alto número de máquinas. D3. Falta de equipos y herramientas complementarias en algunas áreas de trabajo. D4. Resistencia al cambio.</p>
<p>Lista de Oportunidades O1. Incremento de la tendencia de la utilización de empaque flexible como alternativa de sostenibilidad, respecto a otros tipos de materiales para empacado. O2. Mayor empleo en procesos productivos de tecnologías para la reducción del consumo energético. O3. Aumento de la demanda de plástico reciclado post-consumo. O4. Inclinação de los clientes hacia empaques con estructuras aptas para el reciclado.</p>	<p>FO (Maxi-Maxi)</p> <ol style="list-style-type: none"> Estudio de factibilidad para la sustitución de materia prima con propiedades que reduzcan el impacto ambiental. (F1, F4, O1, O3, O4) Implementación de máquinas y equipos con tecnologías que permitan el incremento de la eficiencia energética. (F1, F2, F4, O1, O2) 	<p>DO (Mini-Maxi)</p> <ol style="list-style-type: none"> Estrategia de promoción del empleo de empaque flexible para la contribución al desarrollo sostenible. (D4, O1, O3, O4)
<p>Lista de Amenazas A1. Incremento mundial del precio del petróleo. A2. Pérdida de confianza por parte de los clientes al no entregar algunos productos según fechas estipuladas. A3. Crecimiento de la competencia. A4. Baja calidad en la compra de materias primas. A5. Modificaciones en las regulaciones no arancelarias en el mercado internacional.</p>	<p>FA (Maxi-Mini)</p> <ol style="list-style-type: none"> Identificar las restricciones que afectan en la entrega tardía de los productos a los clientes. (F1, F2, A2, A3) 	<p>DA (Mini-Mini)</p> <ol style="list-style-type: none"> Implementación de nuevas técnicas de muestreo y criterios de aceptación para el control calidad. (D3, D4, A3, A5)

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Funciones del Departamento de Mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento se encarga de realizar las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria de la planta de producción, se busca principalmente reducir el tiempo muerto de producción por fallas en la maquinaria o equipos, para ello se utiliza un sistema planificado y controlado por registros.

Entre otras atribuciones que tiene el Departamento de Mantenimiento están: controlar las diferentes plagas que puedan afectar el entorno de las instalaciones, mantener limpias y seguras las instalaciones y edificios, garantizar que los equipos de precisión se encuentren en los rangos que se requieren, contribuir a la reducción de accidentes, además de contribuir al sistema de gestión de calidad respecto a calibraciones y mantener los estándares de calidad de los productos procesados.

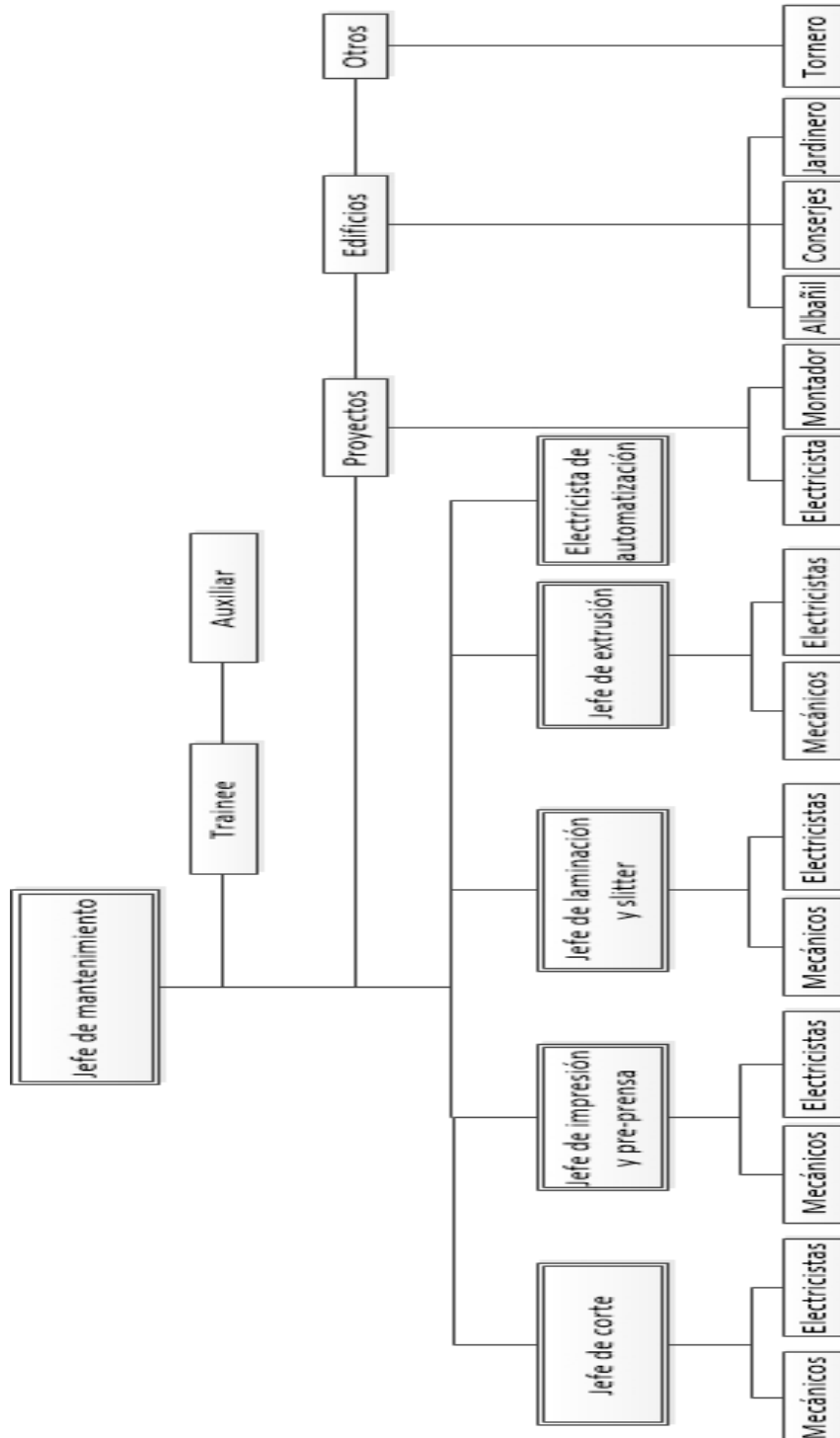
2.1.3. Organigrama del Departamento de Mantenimiento

La estructura organizacional del Departamento de Mantenimiento es funcional ya que las operaciones se dividen de acuerdo a los departamentos productivos.

La cadena de mando inicia con el jefe de mantenimiento, siendo el de mayor autoridad en el departamento, siguiendo con los jefes de mantenimiento por áreas productivas, por lo que los electricistas y mecánicos les reportan directamente. Todo lo concerniente a trabajos de edificios también se atribuye al departamento de mantenimiento así como el desarrollo de proyectos de montaje y automatización.

El organigrama para el Departamento de Mantenimiento por su ámbito se considera como específico debido a que representa únicamente al área, ver figura 3.

Figura 3. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



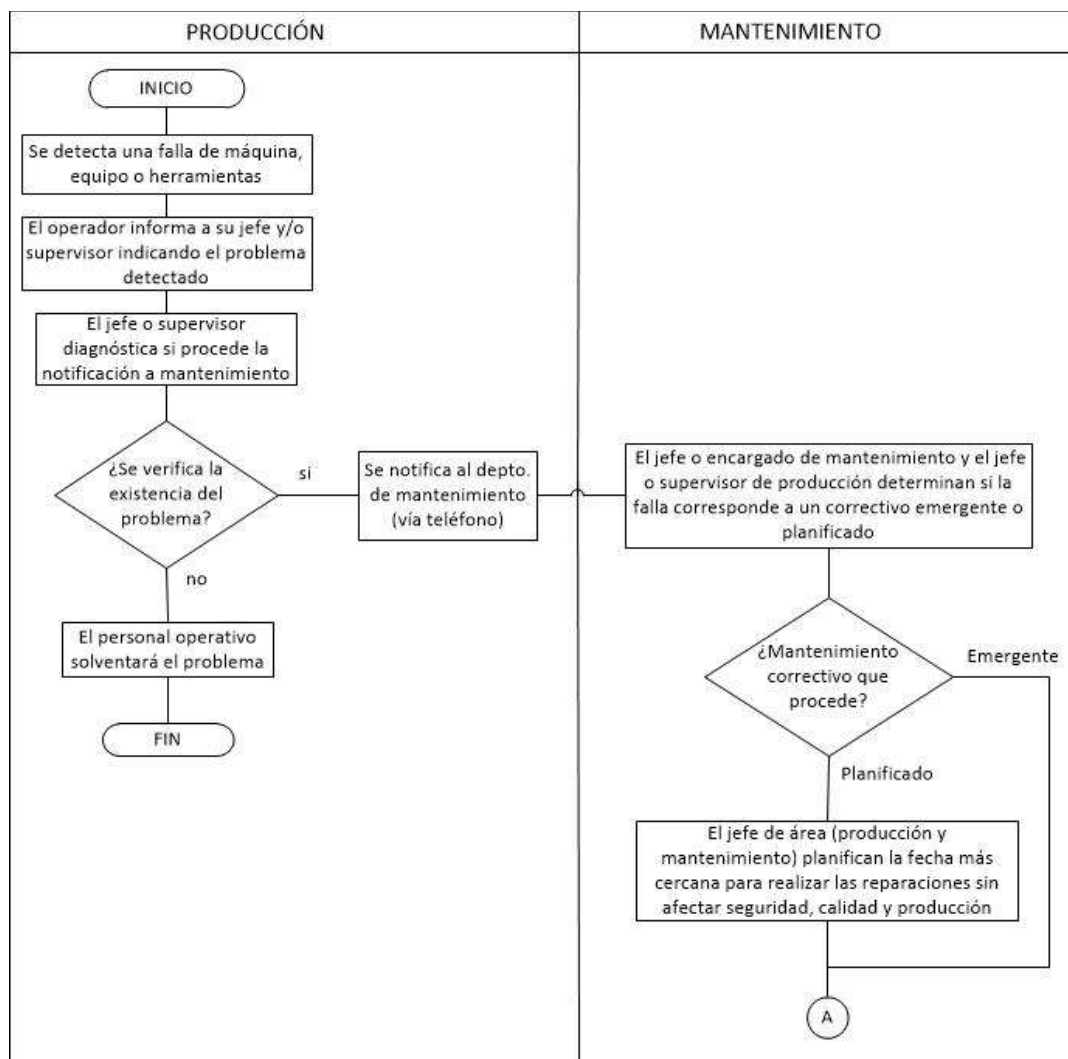
Fuente: Polytec, Departamento de Mantenimiento.

2.1.4. Flujograma de mantenimiento correctivo

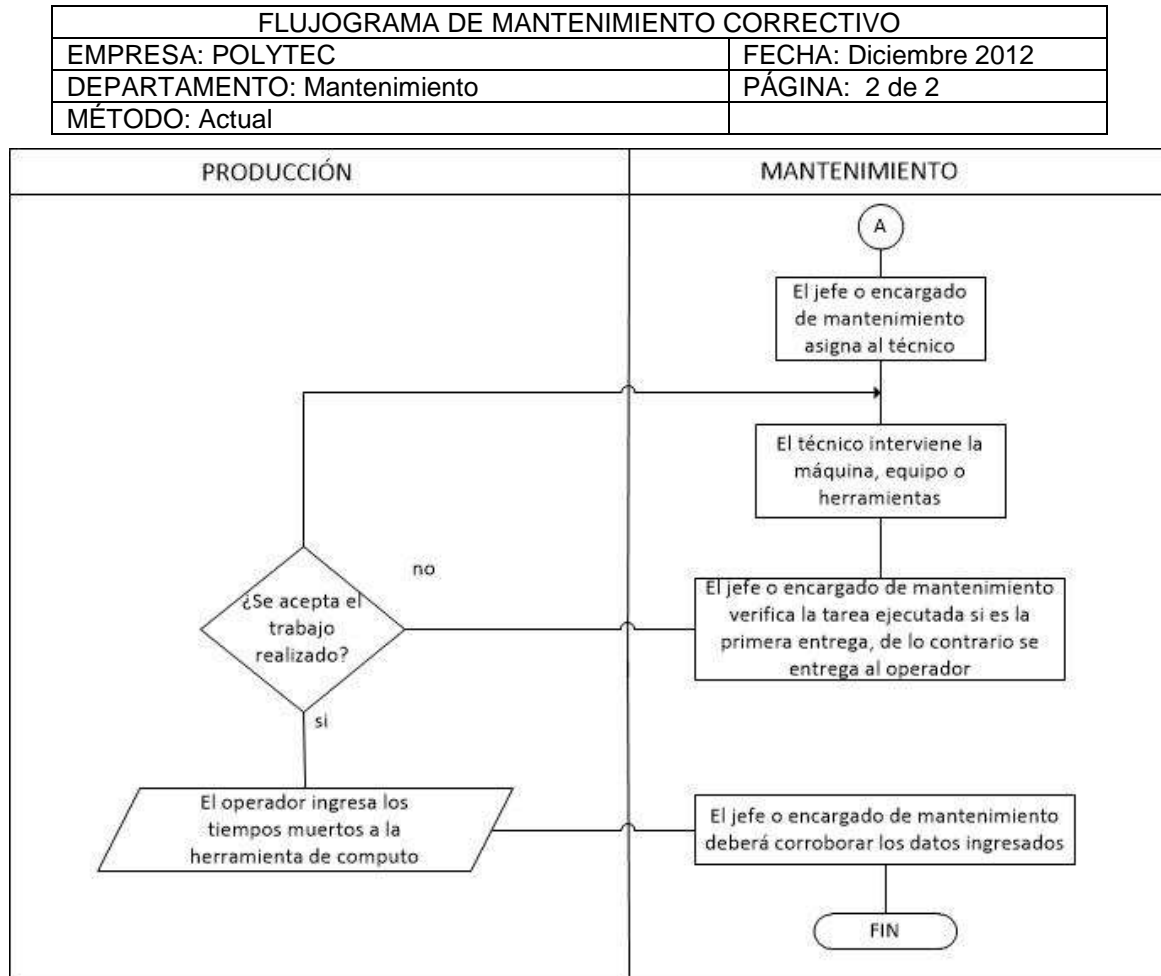
Para realizar las intervenciones por medio del mantenimiento correctivo se debe seguir un procedimiento que forma parte del sistema de gestión de calidad, su representación gráfica se muestra en el siguiente flujograma.

Figura 4. **Mantenimiento correctivo**

FLUJOGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	
EMPRESA: POLYTEC	FECHA: Diciembre 2012
DEPARTAMENTO: Mantenimiento	PÁGINA: 1 de 2
MÉTODO: Actual	



Continuación de la figura 4.

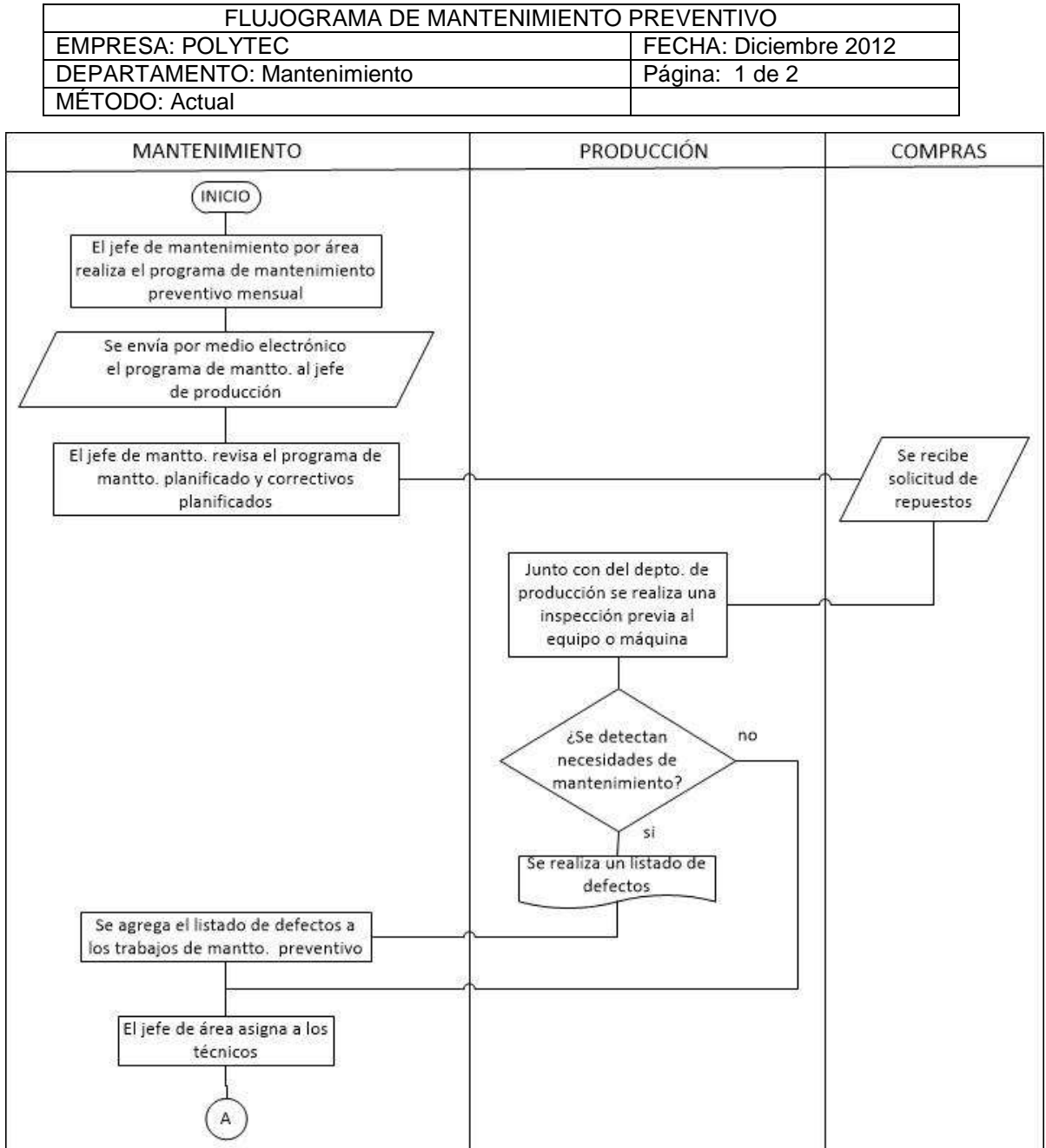


Fuente: elaboración propia.

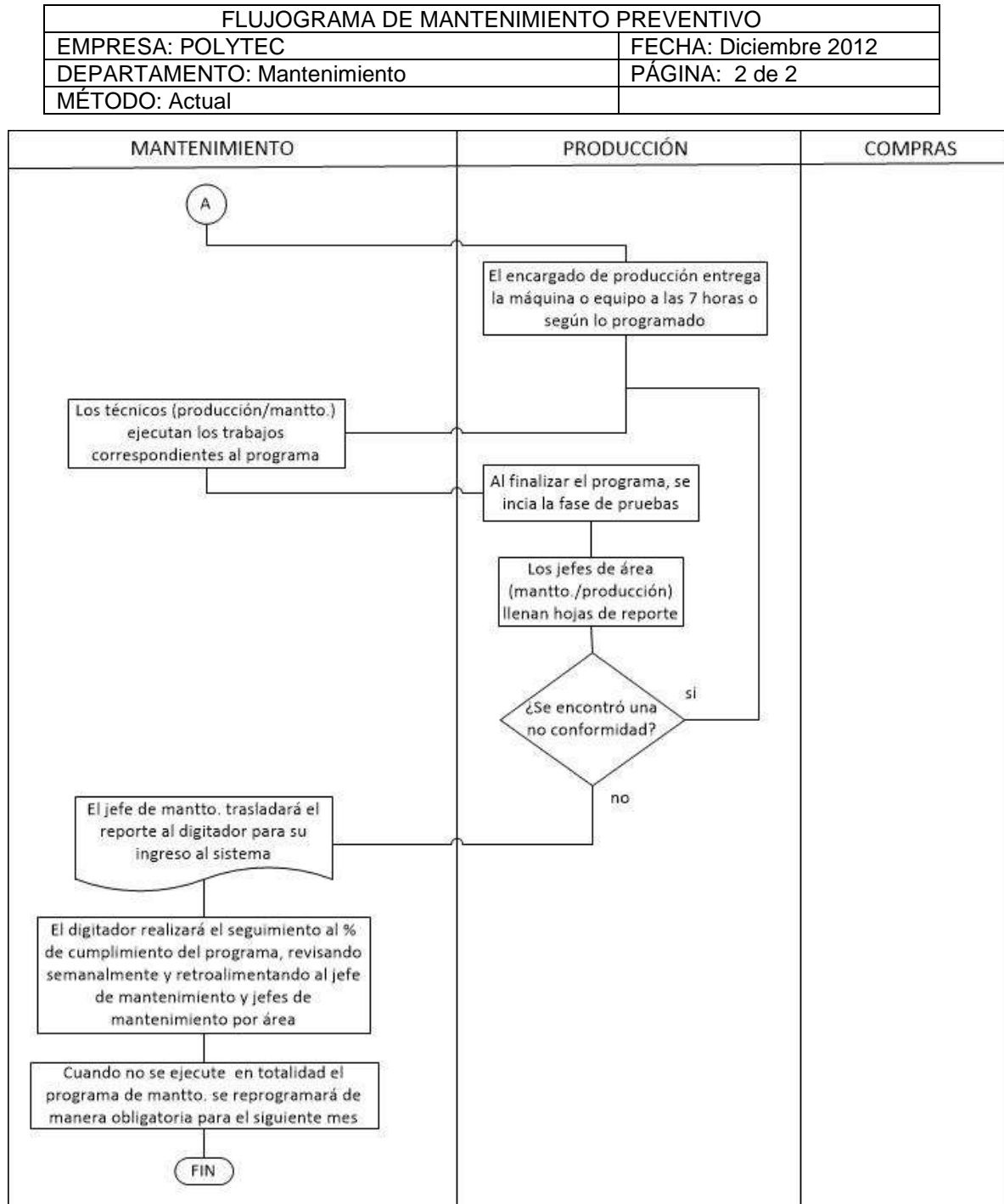
2.1.5. Flujograma de mantenimiento preventivo

Los trabajos de mantenimiento preventivo se deben planificar y realizarse de acuerdo al procedimiento establecido, con el fin de no afectar el programa de producción y conservar los equipos en condiciones de operación y seguridad.

Figura 5. **Mantenimiento preventivo**



Continuación de la figura 5.



Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Otros procesos interrelacionados con las operaciones de mantenimiento

El proceso de compras interviene considerablemente en el desempeño de las operaciones del Departamento de Mantenimiento. Por medio del Departamento de Compras se realizan las transacciones con proveedores nacionales, a diferencia de las transacciones que se realizan en el extranjero de las que se ocupa el mismo Departamento de Mantenimiento. La compra de insumos, principalmente los repuestos impacta al porcentaje de cumplimiento de mantenimiento preventivo mensual, así como mantenimientos correctivos emergentes o planificados, en los que en ocasiones se utilizan repuestos adquiridos de acuerdo al costo más bajo, sin tomar en cuenta aspectos técnicos, en un futuro cercano estos pueden provocar inconvenientes en el funcionamiento de la maquinaria en planta. Debería existir mejor coordinación entre ambos departamentos, para adquirir los insumos correctos en el menor tiempo de entrega.

Todo lo relacionado a seguridad industrial esta atribuido al Departamento de Mantenimiento, como lo son: entrenamientos al personal, equipo de protección personal, extintores, mantenimiento de edificios, entre otros.

Referente a los procesos de calidad, el Departamento de Mantenimiento está involucrado en tareas relacionadas con las buenas prácticas de manufactura respecto a: control de plagas, conservación de lavamanos dentro de la planta de producción, limpieza de vestidores y baños, jardinería, limpieza de lámparas, mantenimiento de edificios.

2.1.7. Maquinaria

La planta de producción se dividen en cinco áreas: extrusión, impresión, laminación, *slitter* y corte.

En el proceso de extrusión de película soplada se emplea máquinas extrusoras para material de polietileno de baja densidad y alta densidad, el polietileno de baja densidad puede estar conformado por una capa o producirse por medio de máquinas coextrusoras de 3 capas, las bobinas de producto procesado se distribuyen a los otros procesos internos de acuerdo a la ruta de producción, o como producto terminado para los clientes.

El proceso de impresión es por flexografía, consiste básicamente en depositar la tinta sobre una plancha de material flexible que presiona directamente al material a imprimir, en el área se puede trabajar hasta un máximo de ocho colores.

En las máquinas laminadoras un rodillo aporta adhesivo continuamente a cierto material, después se realiza un secado en una cámara de calentamiento y en una estación de laminado se une con otro material, internamente se trabajan productos con dos o tres materiales.

En el área de *slitter* se encuentran cortadoras rebobinadoras, por medio de un sistema de corte se obtiene el ancho total de bobinas terminadas a partir de una bobina madre, pudiendo ser impresas, extruidas, coextruidas o laminadas.

En el área de corte se puede obtener por medio de las máquinas cortadoras bolsas de todo tipo: gabacha, sello lateral, sello fondo, *doy pack*,

flow pack, pouch además de otros productos como mangas perforadas, rollos precortados y cintas.

La siguiente tabla muestra la cantidad de máquinas distribuidas en cada área.

Tabla VI. **Cantidad de máquinas por área**

ÁREA	No. MÁQUINAS	DESCRIPCIÓN
IMPRESIÓN	8	Impresoras flexográficas
LAMINACIÓN	2	Máquinas laminadoras
SLITTER	7	Cortadoras-rebobinadoras
EXTRUSIÓN	25	Extrusoras y coextrusoras
CORTE	44	Máquinas cortadoras
TOTAL	86	

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Repuestos

Por medio de un *stock* de repuestos, el Departamento de Mantenimiento puede mejorar el servicio a los clientes internos, reduciendo el tiempo en el desarrollo del mantenimiento correctivo, pero se requiere contar con una cantidad mínima para que la empresa no incurra en altos costos almacenados.

Tener los repuestos necesarios puede contribuir favorablemente a reducir tiempos muertos, pero se requiere que estos sean adquiridos tomando en cuenta las condiciones de operación, no adquirirse únicamente por el costo, ya que existen ocasiones que los repuestos utilizados fallan en corto tiempo.

Se requiere también llevar un mejor control de los repuestos para cada área, con ello se podrían manejar estadísticas sobre el comportamiento de los componentes de máquina, tiempo en que operó el repuesto antes de fallar, marca del repuesto, costo, entre otros.

Entre los repuestos que se tienen actualmente están:

Tabla VII. **Repuestos actuales**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Manguera para vapor 1 ½ diámetro interno	25 metros
Chumacera UCFC212	2
Resistencias tipo cartucho 20mm de diámetro x 280 mm de largo 1200 W 240VAC	4
Pirómetros 48x48	6
Manga siliconada, diámetro 4"	5 metros
Tornillo allen M16 x 60 rosca corrida	4
Retenedor 160x200x15	4
Retenedor 150x180x15	3
Retenedor 85x110x10	6
Reguladores de presión neumáticos	2
Pernos de anclaje de 3/8 x 4"	20
Correa dentada 6.5T5 abierta	15 metros
Retenedor 85x110x10	5
Retenedor 88x110x12	2
Retenedor 110x130x12	2
Retenedor 110x140x12	2
Retenedor 150x180x15	1
Rodamiento 6001	10
Rodamiento 6005	7

Continuación de la tabla VII.

Rodamiento 6008	8
Rodamiento 6009	5
Rodamiento 6302	10
Rodamiento 6303	7
Rodamiento 6304	8
Rodamiento 6305	4
Rodamiento 6306	7
Rodamiento 6307	8
Rodamiento 6308	2
Rodamiento 6206	10
Rodamiento 6200	12
Rodamiento 6201	9
Rodamiento 6203	12
Rodamiento 6204	11
Rodamiento 6205	7
Rodamiento 6207	8
Rodamiento 6211	1
Rodamiento 1202	8
Rodamiento 1205	9
Tornillo allen M12x90	18
Tornillo allen M12x30	21
Tornillo allen M12x60	14
Tornillo allen M6x30	40
Tornillo allen M6x16	44
Tornillo allen M5x20	37
Tornillo allen M8x16	25
Tornillo allen M10x30	28
Tornillo allen cabeza plana M8x20	31
Tornillo allen M16x70	7
Tornillo allen M16x50	13
Tornillo allen M16x140	9

Continuación de la tabla VII.

Tornillo allen M16x100	15
Tornillo allen M16x80	8
Tuercas 6 mm	55
Tuercas 4 mm	48
Tuercas 5 mm	42
Tuercas 8 mm	39
Manga siliconada de 1 198 mm de largo x 118,3 mm de diámetro	1
Abrazadera 2 ½	25
Manómetro de 2 1/2" de carátula raíz 1/4 0-100 bar para sistema hidráulico	1
Faja dentada T5/455 ancho 10 mm	3
Fusibles 160A 500V	4
Relay 888HN1 CHFC 12Vdc	4
Faja BX 106	2
Faja BX 99	2
Faja BX 103	3
Faja BX 108	4
Fajas Bx85	2

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Lubricantes

Por medio de consulta directa con los jefes de mantenimiento acerca de la utilización de los lubricantes, se conocen cuales son empleados de acuerdo a cierta clasificación interna contribuyendo a la reducción de costos.

Se destina la grasa Alvania EP para mecanismos mecánicos diversos, como cojinetes, ejes, chumaceras, cadenas, engranajes. Para los sistemas hidráulicos se emplea el aceite Tellus, mientras que para cajas reductoras el aceite Alpha SP.

El grado de utilización se debe monitorear así como su almacenamiento, evitando contaminación, de acuerdo a información proporcionada por el departamento de mantenimiento se invierte un promedio estimado de Q. 10 000,00 en lubricantes al mes.

2.1.10. Normas y políticas de seguridad establecidas por la empresa

Actualmente la documentación referente a seguridad industrial no se encuentra unificada, por lo que se realizó una revisión para extraer lo más importante además de incluir aspectos relevantes.

- Principios en la seguridad y salud ocupacional

“Lo más importante en la empresa es la seguridad y la salud de los trabajadores.

- a) Todo accidente y enfermedad relacionada con el trabajo puede y debe ser prevenidos.
- b) La capacitación y el compromiso de los empleados es esencial.
- c) El trabajar de manera segura es condición de empleo.
- d) La salud y seguridad deben estar integradas en todos los procesos del negocio”.⁵

⁵ Polytec.

- Reglas generales
 - a) “Todo personal que realice cualquier trabajo dentro de las instalaciones, deberá haber tomado el curso de inducción de seguridad establecido.
 - b) Efectúe su trabajo de una forma correcta, si no sabe cómo realizar con seguridad alguna actividad, preguntar al supervisor o jefe, no correr riesgos.
 - c) Identifique e informe inmediatamente a su jefe cualquier condición o práctica insegura que detecte en su área de trabajo.
 - d) No ingresar alhajas en las manos, brazos, orejas, cuello y otra parte visible del cuerpo, ejemplo: reloj, aretes, pulseras, cadenas, anillos, collares típicos, promocionales, brazaletes médicos, porta gafetes (el gafete no debe ir colgado al cuello), además de ropa suelta que pueda poner en riesgo la integridad al estar operando, manipulando o realizando actividades en equipos o maquinaria en movimiento dentro de las instalaciones.
 - e) Si se encuentra bajo un tratamiento médico que le obligue a consumir algún medicamento que modifique su estado físico o mental, deberá informarlo al supervisor o jefe inmediato.
 - f) Deberá respetar y cumplir con lo establecido en las normas o señalizaciones preventivas, restrictivas, prohibitivas e informativas dentro de las instalaciones.
 - g) Se prohíbe el uso aire comprimido y equipos de oxicorte para retirar el polvo de la ropa de trabajo.

- h) Se prohíbe el uso de solventes para limpiar la ropa o el cuerpo”.⁶
- Equipo de protección personal (EPP)
 - a) “El personal, contratistas, clientes, proveedores y visitas, sin excepción, deberán utilizar el EPP establecido en cada área, tanto para ingresar en las instalaciones como para permanecer y salir de ellas. En cada área existen señalizaciones donde se especifica el EPP obligatorio.
 - b) Es obligatoria la correcta utilización del EPP y del uniforme. Está prohibido darle un uso indebido o inadecuado el EPP, así como modificar cualquier característica del mismo.
 - c) El EPP debe mantenerse en perfectas condiciones de uso. Si presenta daños, deberá ser reemplazado. El reemplazo del EPP se debe coordinar con el jefe del área”.⁷
 - Orden y limpieza
 - a) “Conservar el orden y la limpieza en las áreas de trabajo es fundamental para evitar accidentes. Depositar la basura y los desperdicios en los recipientes específicos para tal fin.
 - b) Los pisos y las áreas de tránsito deben estar libres de obstáculos, así como de aceites, grasas y productos químicos. En caso de obstrucción o derrames reportarlo al jefe inmediato.

⁶ Polytec

⁷ Ibid.

- c) Se debe tener solo lo necesario para trabajar y entregar el lugar de trabajo en excelentes condiciones al turno siguiente.
- d) Si ocurre algún derrame, si es agua, limpiar de inmediato, si es químico, solvente o líquido inflamable, avisar al jefe de área inmediatamente”.⁸
- Uso de herramientas manuales
 - a) “Antes de utilizar la herramienta, verifique el estado y las condiciones, de no estar en condiciones adecuadas, no utilizarla e informe al supervisor o jefe inmediato.
 - b) La improvisación y el uso de herramientas inadecuadas son dos de las principales causas de accidentes, por lo tanto, se prohíbe modificar la herramienta o darle un uso diferente para el que fue diseñada.
 - c) Únicamente deberá utilizar herramientas autorizadas por la empresa.
 - d) Las herramientas manuales eléctricas deberán estar conectadas a tierra. Los contactos, las clavijas y conexiones deben emplearse conforme a las normas. Los cables no deben tener uniones improvisadas.
 - e) Si maneja herramienta, equipos y materiales, no deben arrojarse. Cuando los pase a otra persona, hágalo de mano a mano o por medio de cuerdas.
 - f) Las herramientas deberán ser transportadas únicamente en portaherramientas autorizadas.

⁸ Polytec.

- g) La herramienta debe mantenerse donde no se dañe ni represente accidentes.
- h) Queda prohibido alterar los dispositivos de seguridad del diseño de las herramientas”.⁹
- Trabajos en alturas
 - a) “Cuando se realicen trabajo en alturas y no se tenga barandal o punto de apoyo fijo o firme, se deberá utilizar un arnés de seguridad de cuerpo completo con línea de sujeción. Queda prohibido el cinturón de seguridad tipo liniero.
 - b) Deben colocarse señalizaciones en la parte inferior y acordonarse el área de trabajo para que no cruce personal por los puntos de operación. Si el área de trabajo hay productos, equipos o materiales que puedan sufrir daños, estos deberán ser retirados o protegidos con plástico, lonas, entre otros”.¹⁰
- Trabajos sobre andamios
 - a) “Los andamios se deberán ubicar sobre una superficie pareja y sólida. Si el andamio es móvil, las ruedas deberán estar en perfectas condiciones y contar con frenos.
 - b) Si los trabajos a realizar exceden de tres metros de altura, el andamio debe contar con rodos especiales y con freno cada uno de ellos o bien no tener ningún tipo de rodos. La altura del andamio sobrepasará por lo

⁹ Polytec

¹⁰ Ibid.

menos 1,5 metros del nivel donde se realice el trabajo. El trabajador deberá enganchar la línea de sujeción de su arnés de seguridad a la línea de vida o a un punto de anclaje independiente al andamio en el que trabaja”.¹¹

- Uso de escaleras
 - a) “Al trabajar con escaleras, deberán estar firmes a una superficie pareja y sólida. El trabajador está obligado a utilizar arnés de seguridad completo.
 - b) Las escaleras deberán ser de fábrica y estar en perfecto estado. Tendrán que contar con fijadores de goma o bien con anclaje en caso de usarse en piso de tierra.
 - c) Para el uso de escaleras que cuentan con pasamanos o barandal, el trabajador deberá sujetarse a ellos al menos con una mano. Cuando se trate de escalera vertical, deberá hacerlo con ambas manos y de frente a la escalera”.¹²

- Bloqueo de fuentes de energía
 - a) “El bloqueo de fuentes de energía es un procedimiento de prevención y control que evita la liberación no planeada de energía eléctrica, mecánica, neumática o hidráulica. Se efectúa a través de la desconexión o apertura de interruptores de fuerza y el cierre de válvulas y controles que alimentan equipos, máquinas o procesos.

¹¹ Polytec

¹² Ibid.

- b) Antes de emplear cualquier equipo, es necesario conocer el tipo y la magnitud de los riesgos, así como los dispositivos de control de la fuente de energía, a fin de aplicar el procedimiento establecido para tal efecto.
 - c) Solamente personal de la empresa, jefes de mantenimiento, electricistas del área pueden bloquear o liberar las fuentes de energía del equipo a emplearse. Ningún contratista podrá realizar esta actividad”.¹³
- Manejo de sustancias químicas
 - a) “Es necesario que toda persona que esté en contacto con químicos conozca las fichas técnicas de los productos que maneja o almacena.
 - b) Se consideran sustancias químicas elementos como gases, líquidos, sólidos, compuestos, residuos o mezclas de ellos, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, son capaces de ocasionar daño al personal, instalaciones y al medio ambiente.
 - c) Asegurarse de conocer la identidad de las sustancias químicas que se van a utilizar. Leer la hoja de seguridad del producto, así como las instrucciones y las señalizaciones alusivas a su peligrosidad (rombos de identificación). Nunca trabaje sin conocer estos datos.
 - d) Es obligatorio el uso de EPP específico, indicado en la “Hoja de Seguridad” del químico que será manejado.

¹³ Polytec.

- e) Las sustancias químicas requieren ser almacenadas en contenedores diseñados especialmente para evitar su emisión, fuga, incendio o explosión. Nunca improvise recipientes”.¹⁴

En la tabla siguiente se detallan las normas que difieren en el cumplimiento actual de los trabajadores:

Tabla VIII. Incumplimiento a normas o políticas establecidas por la empresa

NORMA O POLÍTICA	INCISO	DESCRIPCIÓN DEL INCUMPLIMIENTO
Reglas generales	a)	Al ingresar un trabajador nuevo a la empresa recibe el curso de inducción de seguridad días posteriores al iniciar el trabajo adentro de la planta de producción.
	d)	Es común encontrar personal operativo sin las playeras de trabajo dentro del pantalón.
	f)	Como señal preventiva se encuentra el uso de tapones de oídos, se puede apreciar personal que no los utiliza.
Equipo de protección personal (EPP)	a)	Se presentan casos en los que personas ajenas a la empresa ingresan sin EPP.
Orden y limpieza	c)	Al realizarse el cambio de turno se puede evidenciar en algunas áreas que el personal del turno anterior no realiza la limpieza de su lugar de trabajo.
Uso de herramientas manuales	f)	Algunos miembros del personal utilizan bolsas para el transporte de sus herramientas manuales en lugar del portaherramientas autorizado.
Manejo de sustancias químicas	a)	No se proporciona capacitación al personal que maneja sustancias químicas acerca de las fichas técnicas.

Fuente: elaboración propia.

¹⁴ Polytec.

2.1.11. Diagnóstico del Departamento de Mantenimiento

El diagnóstico del desempeño del Departamento de Mantenimiento se inicia por medio de la recopilación de información, por medio de historial de fallas y análisis de indicadores para posteriormente evaluar el entorno para la utilización de herramientas de análisis, y así, determinar oportunidades de mejora.

2.1.11.1. Análisis de indicadores en planta

Para evaluar el rendimiento de los trabajos que realiza el Departamento de Mantenimiento, se miden los indicadores MTTR y el MTBF. Se realiza una medición por cada máquina, proporcionando un soporte en la toma de decisiones respecto a las estrategias de mejora que se deberían implementar. Para realizar el análisis de los resultados de ambos indicadores se utilizará la herramienta del diagrama de Pareto.

2.1.11.1.1. MTTR

El MTTR corresponde al tiempo promedio entre reparaciones, este indicador refleja el grado de efectividad en que se realiza el mantenimiento correctivo, se busca que sea un valor reducido, por ser el tiempo en que se corrigen las fallas en la maquinaria.

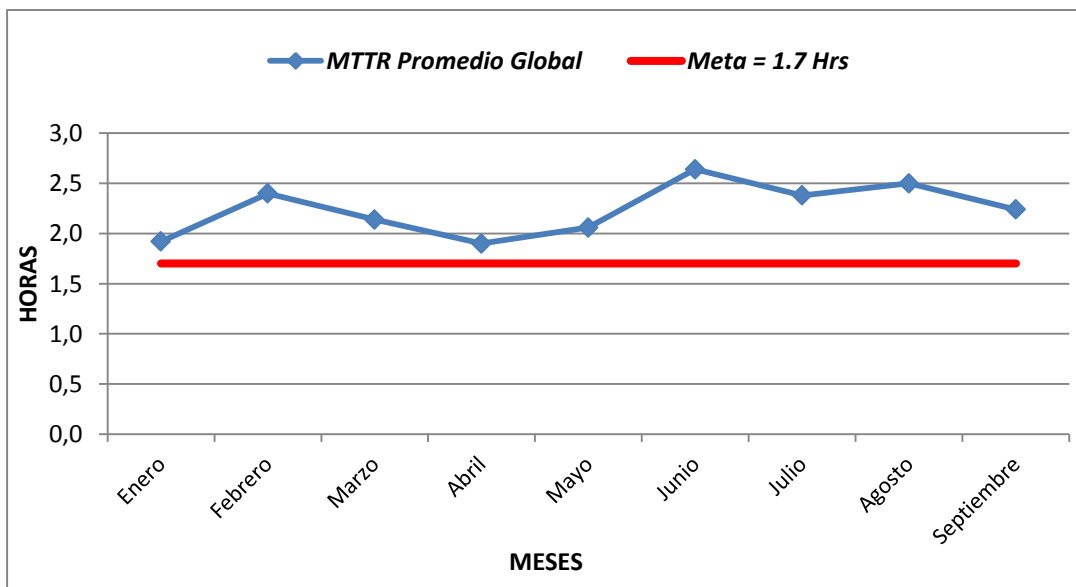
Al Departamento de Mantenimiento se le ha impuesto una meta por área como global de 1,7 horas, esta ha sido definida por la empresa. La siguiente tabla muestra el historial de MTTR obtenido durante el año, (de enero a septiembre), por cada área en planta y el MTTR promedio global planta para cada mes:

Tabla IX. Resultados de MTTR (horas)

MES	IMPRESIÓN	LAMINACIÓN	SLITTER	EXTRUSIÓN	CORTE	PROMEDIO
Enero	1,7	1,3	1,2	3,3	2,1	1,9
Febrero	2,1	2,6	1,2	3,6	2,5	2,4
Marzo	1,5	2,2	1,2	3,0	2,8	2,1
Abril	1,6	1,7	1,6	2,0	2,6	1,9
Mayo	1,7	1,8	2,4	2,0	2,4	2,1
Junio	1,7	3,8	2,9	2,3	2,5	2,6
Julio	1,3	4,1	1,8	2,2	2,5	2,4
Agosto	2,3	3,5	1,8	2,2	2,7	2,5
Septiembre	1,6	2,4	2,0	2,9	2,3	2,2
PROMEDIO	1,7	2,6	1,8	2,6	2,5	2,2

Fuente: sistema Toriflex.

Figura 6. MTTR global planta 2012



Fuente: elaboración propia.

Para evaluar la incidencia de no cumplir con la meta de MTTR se realiza un diagrama de árbol.

Figura 7. Diagrama de árbol MTTR



Fuente: elaboración propia.

2.1.11.1.2. MTBF

Este valor mide el tiempo promedio entre fallas, se busca que este indicador sea lo más alto posible, ya que es el tiempo que transcurre entre la ocurrencia de una falla y la próxima. Por medio de las diferentes operaciones de mantenimiento se busca incrementar el tiempo de operación de los equipos, actualmente la meta por área como global definida por la empresa es de 150 horas.

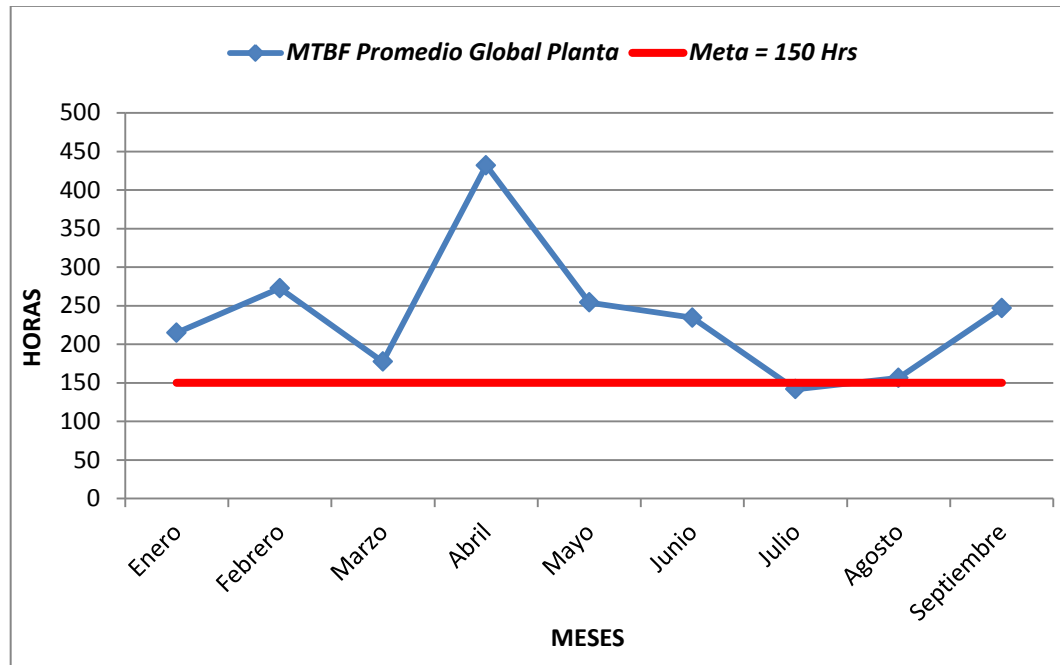
La siguiente tabla muestra el historial de MTBF obtenidos durante el año 2012 (de enero a septiembre), por cada área en planta y el MTBF promedio global planta para cada mes:

Tabla X. **Resultados de MTBF (horas)**

Mes	Impresión	Laminación	Slitter	Extrusión	Corte	Promedio
Enero	56,00	195,00	457,00	163,00	204,00	215,00
Febrero	37,00	104,00	839,00	212,00	171,00	273,00
Marzo	68,00	63,00	503,00	123,00	130,00	177,00
Abril	51,00	62,00	1 678,00	204,00	164,00	432,00
Mayo	50,00	137,00	837,00	138,00	109,00	254,00
Junio	62,00	131,00	716,00	133,00	130,00	234,00
Julio	57,00	67,00	278,00	201,00	106,00	142,00
Agosto	84,00	110,00	263,00	202,00	123,00	156,00
Septiembre	92,30	94,00	692,00	211,00	145,00	247,00
Promedio	61,92	107,00	695,89	176,33	142,44	236,72

Fuente: sistema Toriflex.

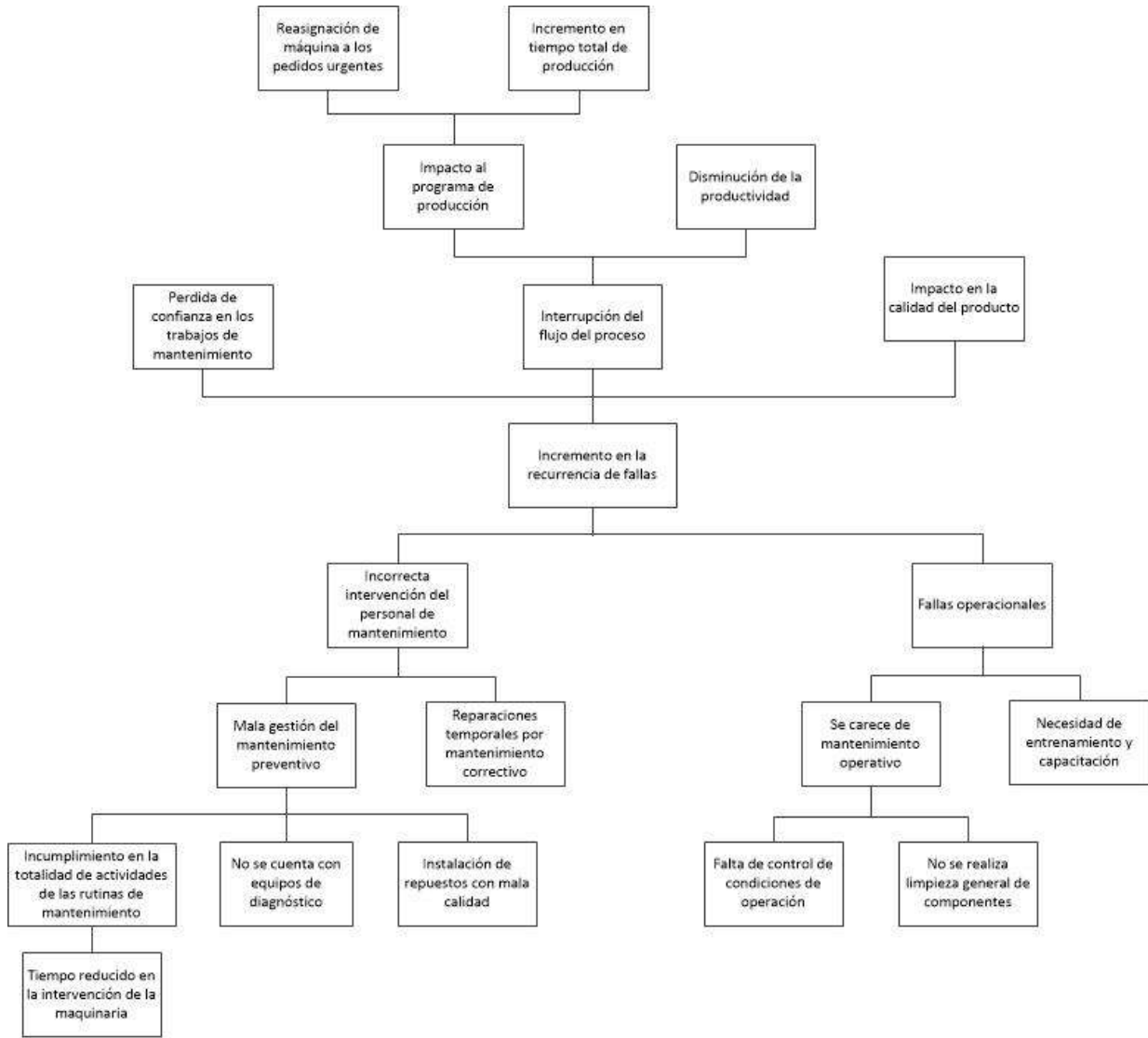
Figura 8. **MTBF global planta 2012**



Fuente: elaboración propia.

Respecto al indicador MTBF se ha logrado estar por encima de la meta de 150 horas durante los meses de año, se realiza un diagrama de árbol analizando factores que puedan permitir mejorar el indicador.

Figura 9. Diagrama de árbol MTBF

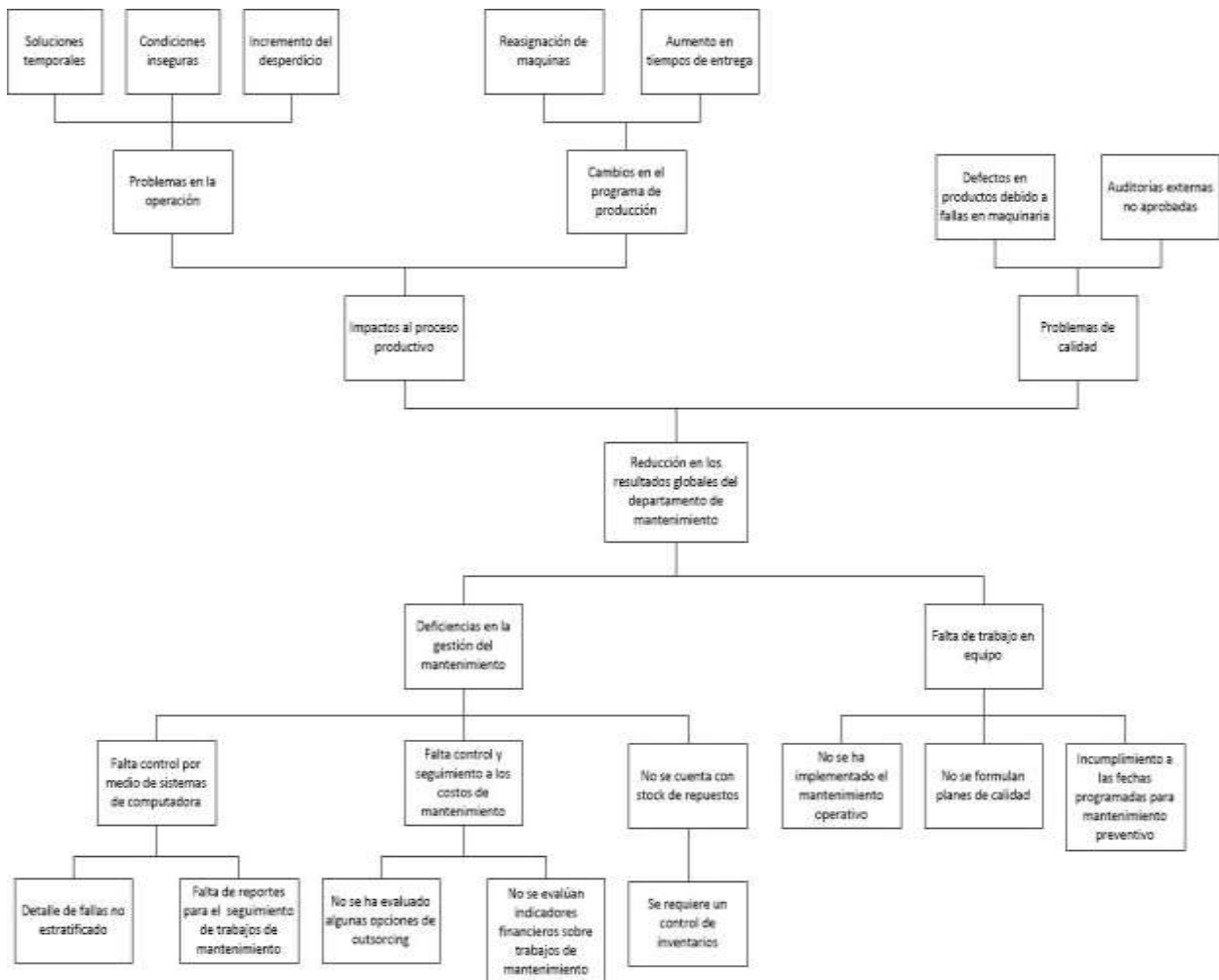


Fuente: elaboración propia.

2.1.11.2. Factores que afectan las operaciones de mantenimiento

Para llevar a cabo en análisis de los factores que afectan a las operaciones realizadas por el Departamento de Mantenimiento, se muestra el siguiente diagrama de árbol.

Figura 10. Diagrama de árbol de los factores que afectan las operaciones de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

2.1.11.3. Análisis de fallas en planta

En la tabla XI se encuentra contabilizadas las fallas ocurridas en cada área durante el 2012 (de enero a septiembre). Información extraída del software Toriflex, el análisis de datos se realiza por medio del diagrama de Pareto.

Tabla XI. **Total de fallas 2012**

	MES	EXTRUSIÓN	CORTE	IMPRESIÓN	LAMINACIÓN	SLITTER	TOTAL MES
2012	Enero	104,00	147,00	66,00	4,00	11,00	332,00
	Febrero	80,00	174,00	84,00	12,00	6,00	356,00
	Marzo	137,00	228,00	81,00	15,00	10,00	471,00
	Abril	84,00	182,00	83,00	21,00	3,00	373,00
	Mayo	123,00	271,00	104,00	12,00	6,00	516,00
	Junio	128,00	228,00	73,00	9,00	7,00	445,00
	Julio	85,00	284,00	82,00	9,00	18,00	478,00
	Agosto	88,00	241,00	67,00	13,00	19,00	428,00
	Septiembre	84,00	206,00	61,00	15,00	12,00	378,00
	TOTAL	913,00	1 961,00	701,00	110,00	92,00	
	PROMEDIO	101,44	217,89	77,89	12,22	10,22	

Fuente: sistema Toriflex.

De acuerdo a la información anterior se utiliza en el siguiente inciso la herramienta de análisis del diagrama de Pareto.

2.1.11.3.1. Diagrama de Pareto global planta

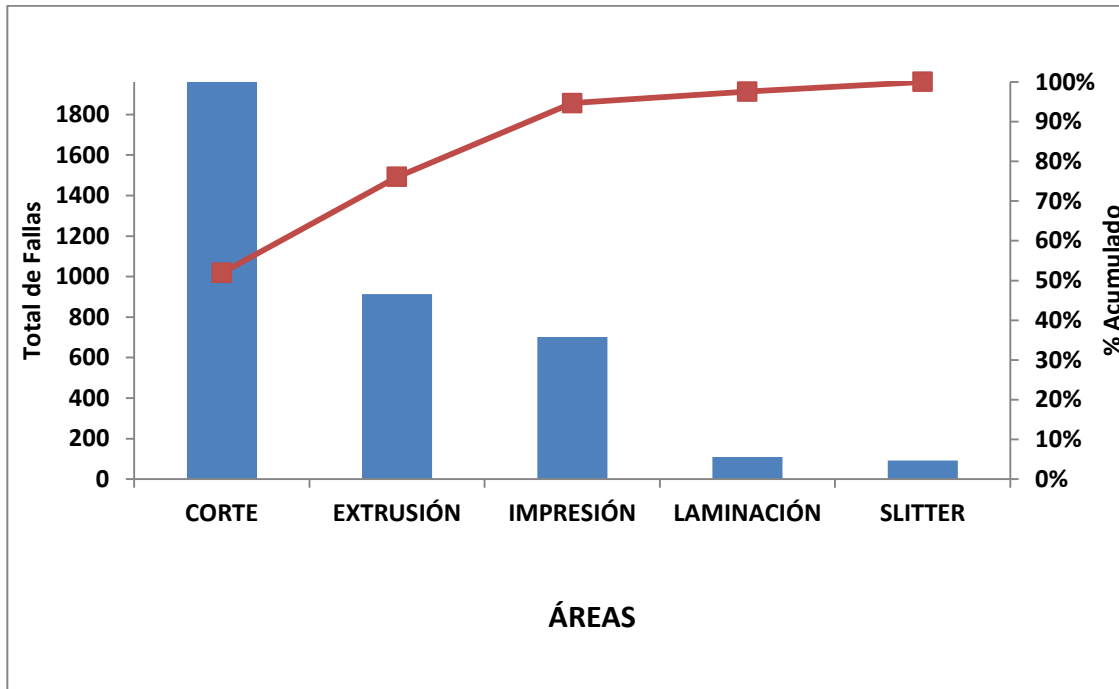
El análisis de Pareto se realiza de acuerdo a la totalidad de fallas presentadas por área durante el año. La tabla siguiente muestra el porcentaje que representa las fallas por área respecto al total, continuando con su representación gráfica.

Tabla XII. **Tabla de Pareto del total de fallas**

ÁREA	Fr (Total de fallas)	%	% Ac
CORTE	1 961,00	52	52
EXTRUSIÓN	913,00	24	76
IMPRESIÓN	701,00	19	95
LAMINACIÓN	110,00	3	98
SLITTER	92,00	2	100

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de Pareto del total de fallas



Fuente: elaboración propia.

El 76 % de las fallas totales se concentran en las áreas de extrusión y corte, debido a la mayor presencia de maquinaria respecto a las otras áreas. Para mejorar los resultados globales se debe formular estrategias de mejora principalmente en las máquinas que tienen a fallar con mayor regularidad.

Comparando los procesos de extrusión y corte, el primero presenta mayor complejidad, en cada paro de máquina se genera mayores kilogramos de desperdicio impactando a los costos de la organización, ya que operacionalmente debe fluir mayor cantidad de material para el ajuste en el ancho total de la bobina, calibre y apariencia principalmente.

2.1.11.3.2. Cumplimiento de mantenimiento preventivo

En cada mes se programan las máquinas a las que se le debe realizar mantenimiento preventivo y el detalle de los trabajos que se deben desarrollar, estos se encuentra en un formato por máquina por lo que al finalizar las intervenciones de mantenimiento se ejecuta un *check list* para medir el porcentaje de cumplimiento.

Tabla XIII. Ejemplo de *check list*

	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	RESPONSABLE	FRECUENCIA
	RUTINA		
Marca:	Limpieza general	Operario	Semanal
Luigi Bandera	Verificar indicadores de control	Operario	Semanal
Fabricación:	Verificar fugas de aceite	Operario	Semanal
Italia	Verificar fugas de aire	Operario	Semanal
Modelo:	Lubricación general	Operario	Semanal
Coextrusora	Limpieza filtros aspiradoras	Operario	Semanal
Tricapa	Reaprete anclajes y pernos	Mantenimiento	Mensual
	Verificación de fajas	Mantenimiento	Mensual
	Verificación niveles de aceite	Mantenimiento	Mensual
	Limpieza de gabinetes eléctricos	Mantenimiento	Mensual
	Verificar alineación	Mantenimiento	Mensual
	Verificar resistencias y ventiladores de los cañones	Mantenimiento	Mensual
	Limpieza de tratador (electrodos)	Mantenimiento	Mensual
	Verificar estado de rodamientos, bujes, engranes	Mantenimiento	Trimestral
	Verificar barras neumáticas	Mantenimiento	Trimestral
	Limpieza de cámara medidora de Calibre	Mantenimiento	Trimestral
	Verificar gargantas de enfriamiento	Mantenimiento	Trimestral
	Verificar cableado	Mantenimiento	Semestral
	Verificar rodillos de hule	Mantenimiento	Semestral
	Limpieza tubería IBC	Mantenimiento	Semestral
	Limpieza molde y tornillo	Mantenimiento	Anual
	Mantenimiento de motores extrusoras	Mantenimiento	Anual
	Limpieza Anillo de Enfriamiento	Mantenimiento	Anual

Fuente: Polytec.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de cumplimiento de mantenimiento preventivo, únicamente comparando las áreas de corte y extrusión por ser las áreas que presentan la mayor concentración de fallas, de acuerdo al anterior análisis de Pareto.

Tabla XIV. **Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento preventivo**

	MES	CUMPLIMIENTO MP	
		EXTRUSIÓN	CORTE
2012	Ene	65%	80%
	Feb	100%	96%
	Mar	64%	100%
	Abr	95%	100%
	May	77%	100%
	Jun	77%	96%
	Jul	60%	92%
	Agosto	100%	40%
	Sep	70%	80%
	PROM	83%	87%

Fuente: Polytec.

Para el área de corte solo se cuenta con un mecánico para realizar mantenimiento preventivo, para cada mes se programan dos máquinas. Es necesario involucrar al personal con conocimientos de electricidad con el objeto de llevar a cabo un trabajo más profundo.

En el área de extrusión no se cumple con la totalidad del programa de mantenimiento preventivo, un factor considerable es la alta cantidad de órdenes de producción, principalmente en las coextrusoras. Además, la manipulación de los componentes de la maquinaria impacta al tiempo programado para mantenimiento preventivo, el cual puede prolongarse.

2.1.11.3.3. Análisis de fallas en el área de extrusión

Se analiza por medio del diagrama de Pareto el historial de fallas para 8 máquinas del área, incluyendo eléctricas, mecánicas y por sistema de enfriamiento IBC, debido a que estas presentan la mayor cantidad durante el año 2012 (desde enero hasta septiembre). Información obtenida del sistema Toriflex.

En la tabla siguiente se encuentra la cantidad de fallas por maquina con el porcentaje que representa respecto al total, así como el porcentaje acumulado.

Tabla XV. **Tabla de Pareto por fallas en área de extrusión**

Código Máquina	Fr (No. Fallas)	%	% Ac
EXT-27	170	28%	28%
EXT-23	92	15%	43%
EXT-26	83	13%	56%
EXT-49	67	11%	67%
EXT-50	55	9%	76%
EXT-04	54	9%	85%
EXT-45	50	8%	93%
EXT-25	45	7%	100%

Fuente: elaboración propia.

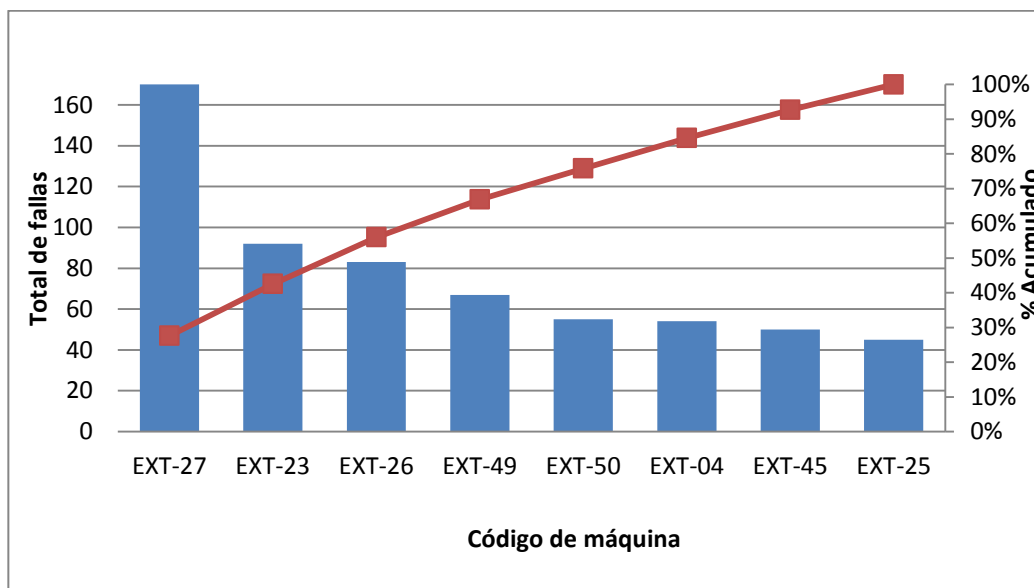
2.1.11.3.4. Diagrama de Pareto, fallas en extrusoras

Entre fallas eléctricas comunes que pueden presentarse en las máquinas extrusoras está el sobrecalentamiento de motores eléctricos, variación de los

perfiles de temperatura, problemas con la potencia del tratador. Respecto a fallas en componentes mecánicos se pueden encontrar desgaste en rodamientos de motores y rodillos, fallas en mecanismos de transmisión de movimiento como fajas y engranes, fugas de aceite en cajas reductoras. Los problemas ocurridos en sistemas hidráulicos y neumáticos se incluyen dentro de las fallas mecánicas.

A partir de la tabla XV se realiza el análisis de las fallas en el área de extrusión por medio del diagrama de Pareto.

Figura 12. **Diagrama de Pareto por fallas en extrusoras**



Fuente: elaboración propia.

La EXT-27, EXT-23 y EXT-26 presentan la mayor cantidad de fallas durante el año, con un total de 345, siendo el 56 % del porcentaje acumulado.

Estos códigos de máquina corresponden a las coextrusoras del área, el diseño de estas máquinas presentan más complejidad respecto a las extrusoras restantes. Además, son las de mayor producción, procesan productos delicados como termoencogibles, mulch, material para el envasar líquidos, entre otros. De acuerdo a los resultados anteriores el proyecto se enfocó en la prevención de fallas de las coextrusoras, por medio de rutinas de mantenimiento que deben realizarse en intervalos periódicos.

2.1.11.3.5. Análisis para los equipos de coextrusión

Para la elaboración del análisis se realizaron encuestas no estructuradas al personal operativo, técnicos de mantenimiento y jefaturas. Además, observación directa de las condiciones de trabajo y revisión de los registros escritos de mantenimiento

- Mano de obra

El personal operativo puede influir directamente en la ocurrencia de fallas, debido a la falta de conocimiento de algunos de los componentes o los módulos de operación de los equipos. Un factor que es necesario mejorar es la falta de mantenimiento operativo o autónomo, esto incluye la limpieza de rodillos, dosificadores, boquilla (salida de material), anillo de enfriamiento y algunos puntos de lubricación.

Respecto al personal de mantenimiento se cuenta con seis técnicos, dos electricistas y dos mecánicos para mantenimiento correctivo, así como un electricista y un mecánico para mantenimiento preventivo, al realizarse trabajos

de mantenimiento preventivo el personal de correctivo también debería intervenir en la ejecución de diversas tareas.

- Maquinaria

El área de extrusión se cuenta con máquinas extrusoras de una capa ya sea de polietileno de baja densidad o alta densidad, además de las coextrusoras de tres capas.

Las coextrusoras cuentan con mayor tecnología a diferencia de una extrusora monocapa. Las coextrusoras permiten una mayor cantidad de producción, además de mejor calidad de película, mayor tamaño, disponen de una variedad de componentes: hidráulicos, neumáticos, mecánicos, eléctricos, electrónicos, se tiene que controlar el ancho de la burbuja de película por medio del sistema de enfriamiento y el IBC. El tiempo que operan el prolongado, es necesario monitorear el desgaste que puedan tener ciertos componentes como: cojinetes, rodillos, ejes, instalaciones eléctricas, suciedad en variadores de frecuencia y motores eléctricos, entre otros.

- Materiales

El área materia prima se encarga de suministrar los materiales requeridos en las ordenes de producción a las coextrusoras, para la obtener una película de material que cumpla las especificaciones de calidad necesaria. La materia prima se deposita en toneles plásticos. Las coextrusoras extraen el granulado por medio de un sistema automático de abastecimiento de materia prima, los gránulos se funden en la extrusora, después un dispositivo de cambio de tamiz se encarga de filtrar la contaminación que pueda existir en el material fundido, este componente cuenta con una serie de tamices que se deben cambiar

regularmente y colocar de acuerdo a los que establece el manual de fabricante. Las actividades de limpieza se deben efectuar a intervalos periódicos para evitar la contaminación de material y el desgaste.

Las materias primas utilizadas son: las resinas bases polietileno de baja densidad o alta densidad, así como los polietilenos lineales empleados para brindar al material diferentes características como sellado y resistencia. Se utilizan aditivos como los agentes deslizantes (*slip*) que permiten al material deslizarse sobre las superficies reduciendo el coeficiente de fricción, otro aditivo importantes es el antiblock que evita que el material de adhiera dificultando la abertura de una bolsa o la separación del material de una bobina de producto terminado, también se procesan materiales pigmentados, (de color).

- Métodos

El Departamento de Mantenimiento establece un programa de mantenimiento preventivo, pero este se ve afectado por los requerimientos de producción, que conlleva en aplazar lo planificado, o bien de no realizarse. Actualmente las actividades de mantenimiento preventivo que se realizan a las coextrusoras se efectúan de acuerdo a la experiencia, pero no con la periodicidad requerida y las operaciones indicadas en los manuales del fabricante, no se encuentran especificados los puntos lubricación y el tipo de lubricante a aplicarse.

- Medio ambiente

La temperatura es muy elevada en el las áreas de trabajo y mayor en el área de extrusión, esto conlleva al desgaste del personal e impacta a la temperatura del aire que se requiere para el soplado de la burbuja de material

provocando inestabilidad y disminución de la producción. Se puede detectar presencia de polvo en algunas partes de la maquinaria, esto puede generar fallas debido a la contaminación de componentes eléctricos o electrónicos.

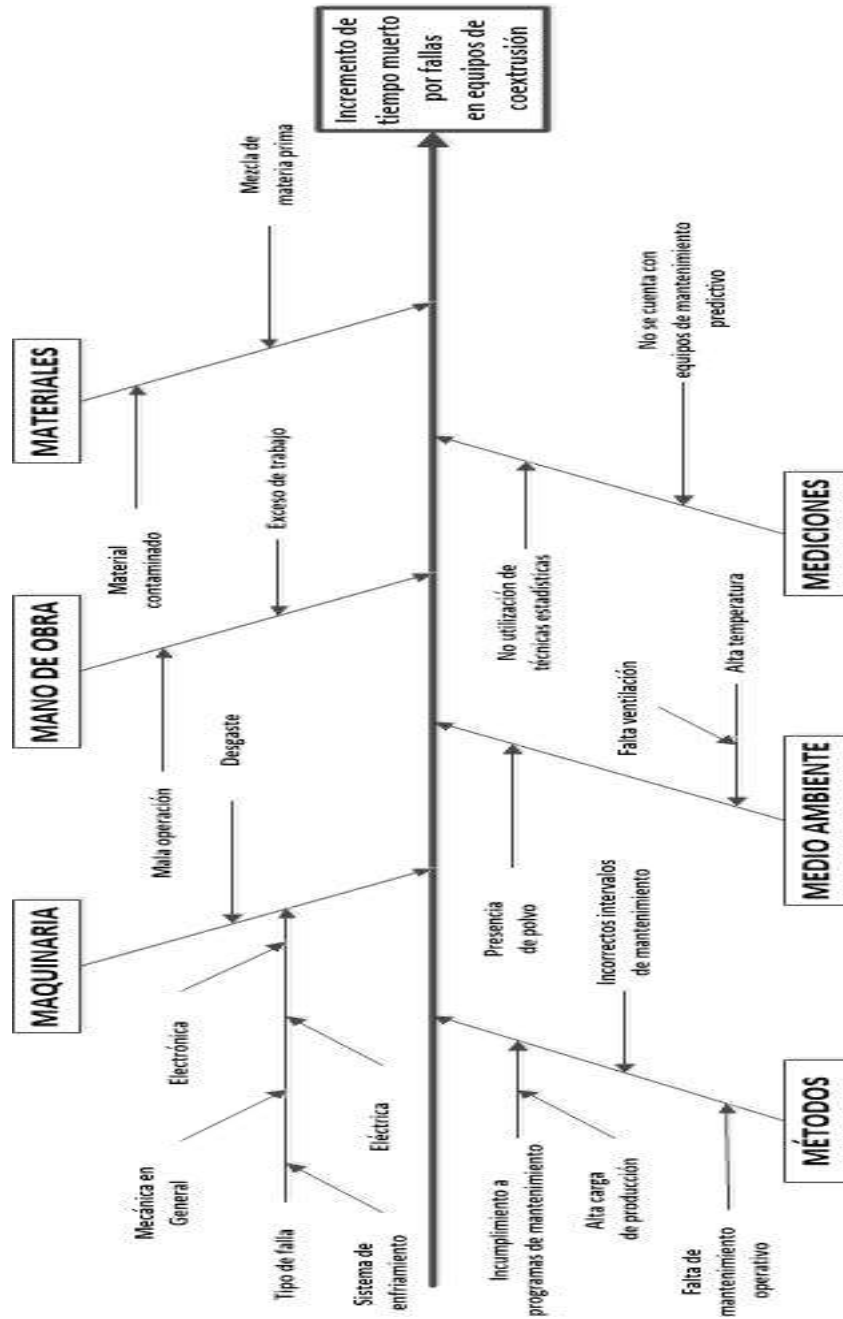
- Mediciones

Para llevar a cabo un mejor seguimiento respecto a la ocurrencia de fallas en diversos componentes es de utilidad las herramientas estadísticas, por lo que puede tener un mejor control, esto puede contribuir a la toma de decisiones, respecto a la compra de repuestos, análisis de costos, recurrencia de fallas entre otros. No se cuenta con mediciones por medio de equipos de mantenimiento predictivo, esto para conocer el estado actual de los componentes, ayudando a estimar cuando puede ocurrir una falla y permitiendo organizar los mantenimientos preventivos, haciéndolos más efectivos.

- Diagrama de Ishikawa, fallas en coextrusoras

De acuerdo a la información descrita en los puntos de mano de obra, maquinaria, materiales, métodos, medio ambiente y mediciones se procede con la realización de un diagrama de Ishikawa o conocido también como espina de pescado.

Figura 13. Diagrama de Ishikawa por fallas en coextrusoras



Fuente: elaboración propia.

2.2. Plan para la prevención de fallas en equipos de coextrusión

Dentro del plan de prevención de fallas se encuentran las diferentes actividades de mantenimiento que se deben realizar a los componentes, especificando los recursos necesarios y los intervalos de tiempo recomendados.

2.2.1. Recursos requeridos

Para mejorar los resultados de toda organización se logra principalmente por medio del recurso humano. Para ello es necesario brindarles las herramientas e insumos necesarios para la realización de sus actividades, ya sea para el personal de producción o los técnicos de mantenimiento.

2.2.1.1. Recursos humanos

Los técnicos encargados de los trabajos de mantenimiento de las coextrusoras deberían contar con las habilidades y conocimientos necesarios para realizar dichas funciones. Entre los conocimientos que deben poseer están: electricidad, neumática, hidráulica, partes mecánicas en general y conocimientos básicos acerca de resinas. Es necesario incorporar cada área a la matriz de conocimientos y habilidades del personal, esto permitirá contar con trabajadores capacitados para la resolución de diferentes tipos de problemas.

Para no incrementar inicialmente al personal técnico de mantenimiento preventivo, los encargados de mantenimiento correctivo pueden apoyar en lo referente a trabajos de mantenimiento preventivo, así como el encargado de montaje y el electricista de automatización.

Las actividades de limpieza general de los equipos deben ser atribuidas a los operadores y sus dos auxiliares.

2.2.1.2. Herramientas

El personal debe contar con las herramientas básicas que permitan realizar correctamente cada trabajo de mantenimiento.

Tabla XVI. **Herramientas básicas**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Juego de llaves corona
1	Juego de llaves allen
1	Barreno
4	Cadenas
1	Polipasto
1	Juego de destornilladores
2	Espátula de cobre
1	Multímetro
1	Llave ajustable
1	Llave inglesa
1	Torquímetro
1	<i>Rache</i>
1	Brocha
1	Juego de copas
1	Alicate
1	Maneral
3	Argollas
1	Par de guantes protectores
1	Cortadora de alambre
2	Galones de jabón industrial
1	Galón de líquido para limpieza
1	Caja de esponjas
1	Metro
1	Cepillo de cobre
1	Cepillo de alambre
1	Lima
1	Caja de cinta para alta temperatura
4	Pliegos de lija de cada numeración
1	Equipo de calentamiento por gas

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3. Repuestos e insumos

Al intervenir los equipos para los trabajos de mantenimiento es necesario contar con repuestos comunes, además de diferentes insumos como los son: lubricantes, equipo de protección personal e insumos para la realización de actividades de limpieza. La siguiente tabla muestra un detalle sobre los repuestos e insumos que deben agregarse a los recursos actuales.

Tabla XVII. Repuestos e insumos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Fusible 160A 500V 120KA	10
Cilindro neumático de doble efecto 50x50	2
Cilindro neumático de doble efecto 40x50	2
Contactador 12 a 20 Amperios. Bobina 220V	4
Manguera para alta presión de 4"	10 pies
Cepillo espiral de bronce de para limpieza interior de tubería 1"x6"	2
Juego de brocas HSS de 1/16" hasta 1/2"	2
Juego de llaves allen en mm punta de bola force 9PzS	6
Broca 3/8 para concreto larga	2
Broca de tungsteno de ¼	2
Limpiador de cristales	2
Guantes	15 pares
Lentes	10
Arnés	2

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Acciones a realizar según componentes de máquina

De acuerdo a las diferentes zonas con que cuentan las coextrusoras se debe incorporar acciones que permitan reducir la ocurrencia de fallas en los diversos componentes, incluyendo procedimientos, herramientas, insumos y la periodicidad con que se debería realizar cada actividad.

2.2.2.1. Abastecimiento de materias primas y registro de carga

Este componente permite transportar por succión la reserva de materias primas ubicadas en recipientes de plástico, esto se logra por medio de un tubo de aspiración, cada extrusora cuenta con sistema individual. Por medio de celdas de carga se mantiene constante la cantidad de material que debe abastecerse de acuerdo a lo programado por el operador.

Como parte de las acciones de mantenimiento que se tienen que realizar a este componente, incluye una limpieza profunda por medio de aire comprimido, trapos y jabón industrial, se recomienda realizarse con una periodicidad mensual. Es importante que el operador o auxiliares limpien los filtros al menos una vez por semana, ya que la suciedad puede provocar problemas en el abastecimiento de materiales.





Figura 14. **Abastecimiento de materias primas y registro de carga**



Fuente: Polytec.

En la siguiente tabla se muestran los pasos en que se debe efectuar la limpieza.

Tabla XVIII. **Limpieza del abastecimiento de materias primas y registro de carga**

COMPONENTE	IMAGEN
Filtro central (1) y depósito recolector de polvo (2)	
Separador de material (1) y filtro de compensación (2)	
Superficie del separador de material (1) y placa del filtro (2)	
Superficie exterior de la válvula reguladora de presión (1) y el cartucho del filtro (2)	

Fuente: manual de fabricante Windmoller & Hoelscher Corporation.

2.2.2.2. **Dosificación gravimétrica y regulación de paso**

La dosificación y regulación de paso permite garantizar un espesor de película constante y reproducible a través del tiempo, lo que implica realizar un ajuste del peso por metro corriente, donde se pesa el componente principal (materia prima) con los componentes secundarios (aditivos), para mantener

constante el peso de metro corriente de la película se realiza una regulación de la velocidad de un tornillo sin fin.

Para las coextrusoras que utilizan dosificadores DOTEKO, se recomienda lo siguientes acciones para prevenir la ocurrencia de fallas.

- Para el control de las celdas de carga se requiere vaciar las tolvas del *batch* y del mezclador, se debe utilizar un peso de muestra, para ello se utilizan masas de 2,5 kg, 5 kg, o 7 kg, se coloca el peso de muestra apoyado en la tolva pesada, se verifica la lectura del valor detectado por la celda de carga, si este no detecta el peso de muestra correctamente, será necesario realizar una calibración.
- Es necesario controlar el estado de las compuertas neumáticas, estas deben deslizarse sin presentar algún tipo de inconveniente, en caso contrario verificar que los tubos de aire no se encuentren obstruidos y que la presión neumática se encuentre en un rango entre 6 a 8 bar. Se debe verificar que no se encuentre material en las guías de la compuerta, además, se tiene que controlar el desgaste de las partes que componen la compuerta, especialmente el buje deslizante.
- Los anillos de retención ubicados en el reductor del mezclador se deben controlar, evitando que presente pérdidas de lubricante, de ser así estos se tienen que reemplazar, la vida útil de los anillos depende de diversos factores como la temperatura y las condiciones ambientales.

Figura 15. **Dosificador DOTECO**



Fuente: <http://www.vetein.com/productos/accesorios/dosificador-gravimetrico.php>. Consulta: abril de 2012.

Para el mantenimiento de la estación de dosificación INOEX se deben realizar las siguientes acciones:

- Para los dispositivos electrónicos de la estación de dosificación, el motor y el engranaje de los transportadores no requieren mantenimiento especial. Regularmente de acuerdo a las condiciones de operación se tiene que realizar la limpieza de la estación de dosificación, considerando la sensibilidad de las celdas de carga teniendo un cuidado especial.
- Se debe revisar y limpiar el filtro de agua de la regulación de presión, para esto no se recomienda un intervalo de tiempo determinado, dependerá de la calidad de la instalación de aire, esto es de acuerdo al grado de impurezas ya sea polvo, aceite, humedad, este monitoreo aún no se ha realizado, por lo que se propone contactar a una empresa de servicio externo para realizar la evaluación respectiva.

Figura 16. **Estación de dosificación INOEX**

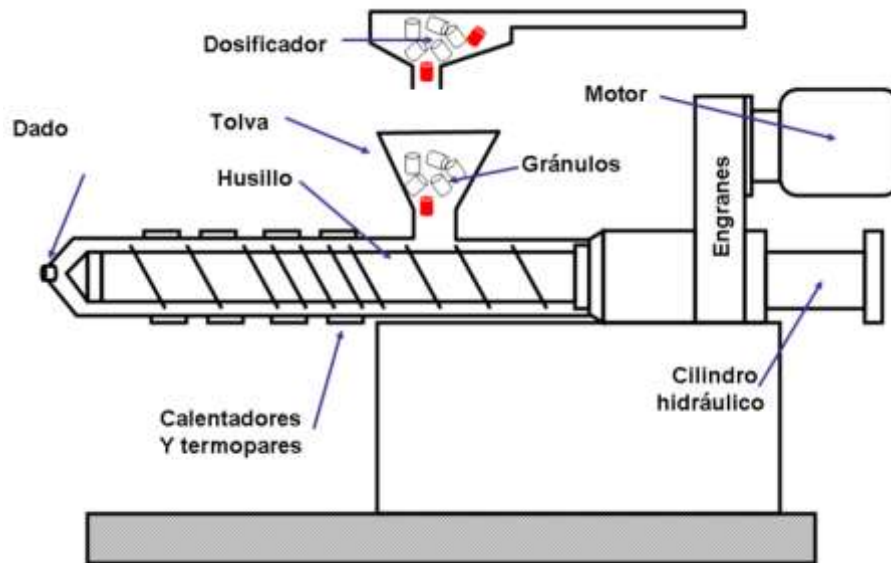


Fuente: Polytec.

2.2.2.3. Extrusora

Para equipos de coextrusión las materias primas en forma de gránulos se suministran en las extrusoras, también se les denomina cañones. Para la producción de películas sopladas se emplea en cada extrusora un tornillo sin fin encargado de transportar en altas temperaturas el material fundido obteniéndose una mezcla homogénea.

Figura 17. **Diseño general de una extrusora**



Fuente:<http://profecarolinaquinodoz.com/principal/?tag=videos-sobre-plasticos>. Consulta: abril de 2013.

Las acciones que se deben llevar a cabo son las siguientes:

El operador debe tomar en cuenta que la temperatura máxima permitida en las extrusoras es de 250 °C, mientras que la presión máxima de la masa fundida en la extrusora no debe superar los 600 bar. Si la presión se encontrase en 550 bar se accionará una alarma previa, si la presión alcanza los 600 bar se acciona la alarma principal, desconectando automáticamente el accionamiento de la extrusora.

Las intervenciones de limpieza en las zonas de alta temperatura se tienen que efectuar con la superficie caliente para poder remover la suciedad con facilidad, para ello, utilizar espátulas de material dúctil, por ejemplo: cobre, bronce, aluminio, no se debe utilizar herramientas de metales abrasivos o

acerosos. El personal debe utilizar guantes de protección para altas temperaturas, ropa ajustada, mascarilla debido a gases nocivos procedentes de plástico y gafas protectoras.

Se debe controlar el nivel de aceite de la caja reductora cada semana, si es necesario rellenarse, el control se realiza por medio de un indicador montado lateralmente al tornillo sin fin, utilizando una mirilla, el nivel de aceite debe llegar a la mitad. El aceite envejecido se purga en caliente después de haber destornillado el tapón roscado, después del purgado, tener cuidado de no contaminar el interior de la caja reductora.

Un casquillo ranurado atemperado se sitúa a continuación de la zona de introducción de materia prima a cada extrusora, se encuentra con una temperatura inferior a la zonas de fundido posteriores, para evitar el fundido prematuro del granulado, lo que ocasionaría obstrucción en el suministro de materia prima, para el ajuste de la temperatura se utiliza un aparato atemperador que trabaja por medio de un circuito cerrado de refrigeración por medio de agua. El sistema de agua refrigerante puede verse afectado, debido a cal, corrosión e incrustaciones, por lo que como consecuencia, puede ocurrir mayor desgaste, rendimiento deficiente y detención de la instalación, por lo que es necesario un control evitando la obstrucción del circuito de agua, es importante realizar la limpieza periódica del circuito de agua, como punto de partida se debería realizar mensualmente, ya que la periodicidad podría variar de acuerdo a las condiciones de operación.

Figura 18. **Aparato atemperador**



Fuente: Polytec.

En la entrada y en el retorno del agua de refrigeración del aparato atemperador se ubican unos filtros para captar la suciedad, ya que puede contribuir al desgaste de la instalación del aparato, cada mes los filtros se deben limpiar, para ello es necesario abrir el filtro para realizar esta operación.

El aparato atemperador funciona adecuadamente con 90 °C de temperatura del agua de enfriamiento. Aproximadamente cada 4 semanas se deberá realizar una descalcificación, el fabricante aconseja incluir una sustancia protectora contra la corrosión. También es necesario verificar el correcto funcionamiento de las válvulas.

Para llevar a cabo la descalcificación se tiene que utilizar un apropiado aparato de descalcificación, esta operación se debe realizar en lugares ventilados. Los períodos para la descalcificación de los atemperadores podrían variar de acuerdo a la dureza del agua, esta puede medirse por medio de un medidor fotométrico para dureza de agua.

Para no afectar la eficiencia de la maquinaria es importante garantizar la calidad del agua de refrigeración, entre los factores que pueden afectar se encuentra la suciedad en general y un mal diseño de la instalación, actualmente se cuenta con un encargado para realizar el tratamiento del agua, de acuerdo a las recomendaciones e insumos de un proveedor externo.

Para contar con un correcto funcionamiento de la instalación de refrigeración idealmente el agua que no se debería desviar en gran escala de los datos hidrológicos siguientes:

Figura 19. **Datos hidrológicos para el agua de refrigeración del aparato atemperador**

Datos hidrológicos	máx.	Unidades
Valor del pH	7,5 – 8,5	-
Conductancia	<150	ms/m
Dureza total	<15	°dH
Dureza de carbonatos	<4	°dH
Dureza de carbonatos en caso de estabilización de dureza	< 20	°dH
Clorid CL	<100	mg/l
Sulfato So4	<150	mg/l
Amoniu NH4	<1	mg/l
Hierro Fe	<0,2	mg/l
Manganeso	<0,1	mg/l
exento de materias sólidas		

Fuente: manual de fabricante, Windmoeller & Hoelscher Corporation.

De acuerdo a la figura 19, el valor de pH del agua corresponde a una sustancia alcalina (pH > 7). El valor de conductividad usualmente se mide en S/m (siemens por metro), es directamente proporcional a la cantidad de iones presentes.

La dureza total del agua es la concentración total de iones alcalinotérreos principalmente calcio y magnesio, comúnmente se mide en mg CaCO₃/l (miligramos de carbonato de calcio por litro).

A la dureza de carbonatos también se le denomina dureza temporal, representa la mayor parte de la dureza total, ya que es la cantidad de magnesio y calcio que se pueden asociar a iones bicarbonato (HCO₃⁻).

Si la calidad del agua difiere de los valores especificados por el fabricante, se debe consultar al proveedor del servicio de tratamiento del agua, consultar a otra empresa especializada, o bien, enviar una muestra de agua al fabricante para que este realice el análisis.

Para la realización de la limpieza química se debería utilizar el ácido mineral descalcificante y desoxidante ACITOL S, este limpiador se introduce debajo de las incrustaciones y las separa parcialmente de la base metálica, se recomienda un intervalo de limpieza de 1 000 horas de operación del equipo. La concentración utilizable es del 20 % (80 litros de agua más 20 kg de descalcificante y desoxidante) con una temperatura máxima de trabajo de 50 °C. El proceso de limpieza en marcha se puede comprobar a base de la aparición de burbujas en la manguera de retorno. Cuando ya no se detectan burbujas, la incrustación estará disuelta, o la solución se habrá agotado. El procedimiento de limpieza es el siguiente:

- Acoplar las mangueras de flujo y retorno de la bomba a las conexiones roscadas correspondientes para la entrada y la salida del agua refrigerante.

- Cargar el depósito de la bomba con el agente limpiador de acuerdo a la concentración antes mencionada.
- Hacer funcionar la bomba y para que circule el agente limpiador. El período máximo de actuación asciende a 8 horas. Si es preciso, repetir el proceso con una nueva solución.
- Después de la limpieza del casquillo ranurado, realizar un lavado a fondo.
- Seguidamente llenar el circuito de agua con un agente neutralizador, el fabricante recomienda utilizar NEUTRILIN, dejarlo actuar y luego repetir el lavado de nuevo.
- Tomar en cuenta que los serpentines refrigerantes y termocambiadores en el aparato atemperador se limpian del mismo modo como el casquillo ranurado atemperado por agua con el equipo descalcificador.

Como medida de protección anticorrosiva para los sistemas de agua cerrados y semiabiertos contra diversos materiales metálicos: acero, cobre, aleaciones de aluminio y cobre, es aconsejable que se añada un agente anticorrosivo, tomar en cuenta lo siguiente:

- Es independiente del grado de dureza del agua.
- Está garantizada dentro de un margen de pH de 7,5 a 10.
- Surte efecto hasta una temperatura del agua de 150 °C y una temperatura de pared de hasta 300 °C.

El fabricante recomienda añadir como agente anticorrosivo el Varidos 1 Plus 1 al circuito de refrigeración del casquillo ranurado, para obtener una protección anticorrosiva duradera, bastará con una sola dosificación. Tomar en cuenta que se tiene que renovar la protección anticorrosiva después de toda descalcificación y lavado.

Un cambiador de filtros hidráulico se ubica entre la extrusora y el cabezal soplador, este cuenta con un paquete de tamices que tienen como función retener impurezas que pudiesen introducirse en el granulado, lo que pudiera causar obstrucción en el trayecto del material fundido, daño a los componentes del equipo o contaminar la composición de la película plástica.

Figura 20. **Cambiador de filtros hidráulico**



Fuente: empresa Polytec.

Los paquetes de tamices deben sustituirse continuamente en intervalos cortos, según el manual de fabricante debería ser cada 100 horas, entre otros factores que determinan la necesidad del cambio de los tamices están:

- Aumento de la presión de la masa fundida, medida antes del paquete de tamiz en la brida de conexión.

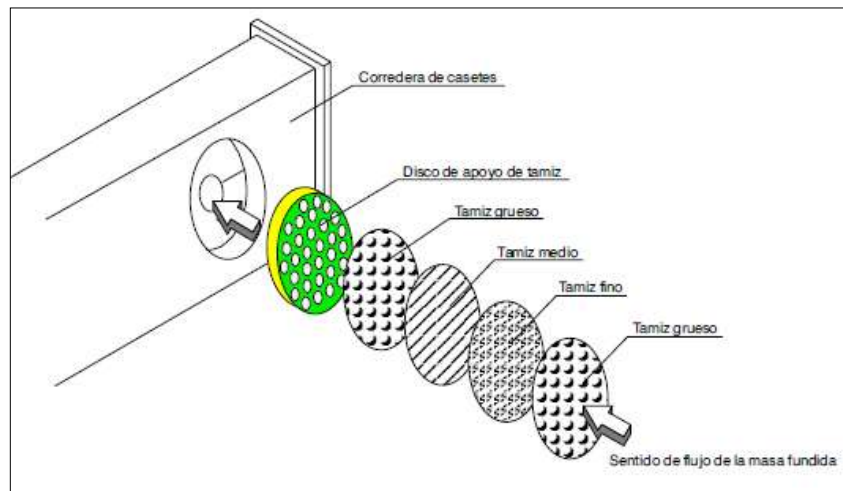
- Aumento de la temperatura de masa, medida después del paquete de tamiz en la brida de conexión.
- Cuando se reduzca el rendimiento de la producción.
- Al ocurrir un aumento de la corriente eléctrica del motor principal de la extrusora.

El juego de tamices consta de varias amplitudes de malla:

- Tamices gruesos, amplitud de malla 1,0 mm, diámetro de alambre 0,5 mm.
- 1 tamiz medio, amplitud de malla 0,5 mm, diámetro de alambre 0,32 mm.
- 1 tamiz fino, amplitud de malla 0,25 mm, diámetro de alambre 0,16 mm.

La forma correcta de montar el juego de tamices en el sentido del flujo de masa fundida es: grueso, fino, medio, grueso, disco de apoyo. El disco de apoyo permite la sujeción del paquete de tamices debido a la presión de la masa fundida.

Figura 21. **Montaje de tamices**



Fuente: manual de fabricante, Windmoeller & Hoelscher Corporation.

El cambio de tamices es parte de las atribuciones del personal de producción, se necesitará de las siguientes herramientas: cepillo de alambre de latón, espátula de cobre, rascador de madera y lana de limpieza, el procedimiento consiste en lo siguiente:

- Detener la producción, desconectar la extrusora
- Dejar caer la presión de masa fundida a 0 bar.
- Desplazar la corredera de casetes del dispositivo de cambio de tamiz con el mecanismo hidráulico o bien manualmente.
- Retirar la masa fundida del compartimiento del tamiz, después retirar el paquete de tamices.

- Si se cuenta con un tiempo de parada prologando se debe desmontar y limpiar el disco de apoyo.
- Eliminar los residuos de masa fundida de la apertura del tamiz y de las superficies de deslizamiento de la corredera de casetes con el rascador, o con el cepillo.
- Insertar el disco de apoyo con el paquete de tamices nuevo.
- Regresar la corredera de casetes a la posición de trabajo.

Las operaciones de limpieza del dispositivo de cambio de tamiz también se atribuyen al personal de producción, es necesario contar con las siguientes herramientas: cepillo de alambre de latón, espátula de cobre, rascador de madera y lana de limpieza, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Elevar la temperatura en el dispositivo de cambio de tamiz (temperatura máxima 260-270 °C).
- Desmontar el dispositivo de cambio de tamiz en partes individuales.
- Limpiar cuidadosamente cada superficie.
- Verificar que cada parte de dispositivo de cambio de tamiz no se encuentre con daños, de lo contrario se debe evaluar si es necesario sustituir algún componente.

Revisar el estado de las mangueras hidráulicas como mínimo una vez por año, si se encontrasen defectos, inmediatamente se deben eliminar. Las

mangueras hidráulicas están limitadas respecto a su tiempo de utilización, por lo que se deben sustituir como máximo después de 4 años.

2.2.2.4. Cabezal soplador

El cabezal soplador convierte el flujo de plástico fundido proveniente de cada extrusora en una película compuesta por varias capas, (3 capas para los equipos de coextrusión de la empresa).

El cabezal cuenta con un anillo que permite el enfriamiento de la película fundida, la distribución del aire se genera con alta presión por medio de un ventilador radial, la repartición uniforme de aire alrededor del anillo se logra por medio de unos tubos largos flexibles ubicados entre una caja repartidora de aire instalada debajo del carro del cabezal soplador.

Figura 22. **Cabezal soplador**



Fuente: http://www.wuh-cee.com/es/products/retrofit_program_test_desc.html.

Consulta: abril de 2013.

Después de toda actividad que amerite la detención de los equipos se debe respetar el procedimiento de calentamiento del cabezal soplador recomendado por el fabricante, según las tablas XIX y XX, siendo esta última la que debe considerar el personal operativo, ya que en cada paro prolongado el material fundido se encuentra dentro del cabezal soplador.

Las tablas muestran las etapas que se deberían realizar de acuerdo a la temperatura que debe ingresar el operador (en °C) y el tiempo que debe transcurrir para continuar con la siguiente etapa de calentamiento.

La tabla XIV amerita en caso de realizarse una limpieza general del cabezal soplador, ya que no se tendría material fundido dentro del mismo, la limpieza no se realiza con regularidad, debido a que se necesita de un tiempo prolongado, se ha ejecutado cuando se ha tenido algún defecto en el producto final que no se ha podido eliminar. De realizarse la limpieza del cabezal soplador el tiempo de calentamiento se divide en tres etapas iniciando con 8 horas con una temperatura de 100 °C, la segunda etapa es de 6 horas con 140 °C, y la última etapa de calentamiento es de 4 horas con una temperatura de 180 °C.

Cuando el cabezal soplador se encuentra con material fundido se necesita de dos etapas, iniciando con una temperatura de 100 °C durante 5 horas, la segunda etapa tiene una duración de 3 horas con una temperatura de 180 °C.

Tabla XIX. **Tiempo de calentamiento del cabezal soplador sin material fundido**

Cabezal soplador sin material fundido						
1. Etapa		2. Etapa		3. Etapa		
(hrs)	(°C)	(hrs)	(°C)	(hrs)	(°C)	Tiempo total (hrs)
8	100	6	140	4	180	18

Fuente: manual de fabricante, Windmoeller & Hoelscher Corporation.

Tabla XX. **Tiempo de calentamiento del cabezal soplador con material fundido**

Cabezal soplador con material fundido						
1. Etapa		2. Etapa		3. Etapa		
(hrs)	(°C)	(hrs)	(°C)	(hrs)	(°C)	Tiempo total (hrs)
5	100	3	180	-	-	8

Fuente: manual de fabricante, Windmoeller & Hoelscher Corporation.

Después de transcurrir el tiempo total por etapas con la temperatura requerida el cabezal soplador está apto para la producción.

2.2.2.5. Calibración de láminas

En extrusión de película soplada se cuenta con una cesta de calibración que permite guiar y apoyar la burbuja debido a la inestabilidad con que sale del

cabezal soplador ayudando al transporte de la burbuja a la parte superior de la instalación.

Las coextrusoras cuentan con sensores ultrasónicos que permiten mantener constante el suministro de aire interior en la burbuja, por lo que se obtiene un diámetro de burbuja con menor variación de acuerdo a lo requerido en orden de producción.

Figura 23. **Cesta de calibración**



Fuente: Polytec.

La limpieza general de la cesta de calibración es cada 6 meses, para ello se debe utilizar jabón industrial, lana de limpieza, cepillo, también puede utilizarse aire comprimido. Esta operación debe realizarla el personal operativo, esto ayudará a evitar la formación de arrugas el producto final.

El tablero de control se puede ajustar la altura que se encuentra la cesta respecto al cabezal, por lo que es necesario realizar un reajuste de las tuercas roscadas, esto puede realizarse de forma semestral, de acuerdo al siguiente instructivo:

- Determinar la medida entre la capota protectora y el marco portante de la cesta, para los tres husillos roscados.
- Levantar cuidadosamente el dispositivo de calibración con un equipo elevador en la medida que lo permita el juego entre los husillos roscados y las tuercas roscadas.
- Realizar de nuevo la medida entre la capota protectora y el marco portante, la diferencia entre ambos valores corresponde al desgaste de la rosca en la respectiva tuerca roscada. En caso de que el desgaste de una tuerca roscada sea igual o mayor a 2 milímetros, se debe sustituir todas las tuercas roscadas.

2.2.2.6. Medición de espesor de lámina

Durante el trayecto de la burbuja de plástico por encima de la cesta de calibración se encuentra una cámara giratoria que controla el calibre de la película, se cuenta con una tecnología que permite por medio de un sensor enviar un señal a unos cartuchos ubicados en el cabezal que regulan de forma térmica el grosor, modificando la viscosidad del material fundido, permitiendo controlar el calibre del material durante todo el proceso, las variaciones se pueden consultar en el sistema de mando. Otros equipos cuentan con otra tecnología para regular el calibre, esta consiste en controlar las revoluciones de las turbinas de aire, por lo que el suministro de aire y la temperatura son los parámetros que proporcionaran un calibre estable.

Como parte del mantenimiento para prevenir la ocurrencia de fallas es necesario una limpieza periódica, para ello se debe tomar en cuenta las siguientes instrucciones para evitar daños al dispositivo:

- Desconectar de la fuente de tensión del sistema de medición de espesor.
- Nunca se debe utilizar herramientas que puedan causar algún daño al dispositivo, por ejemplo: cuchillos, destornilladores, cepillos raspadores, entre otros.
- No utilizar solventes.

Los intervalos de limpieza se describen a continuación:

- Limpieza semanal:
 - Limpiar la superficie de contacto del sensor de espesor con un paño suave, como algodón y un poco de alcohol.
 - Limpiar el sensor ultrasónico con un paño limpio y algo de alcohol.
- Limpieza mensual:
 - Limpiar la unidad telescópica en la posición extendida.
 - Eliminar cualquier contaminación considerable en la superficie.
 - Realizar la limpieza del trayecto de avance de la cámara.
- Especificaciones técnicas:
 - Suministro de voltaje: 230 VAC \pm 10%, 50-60 Hz.

- Consumo de energía máximo: 200 VA
- Corriente normal: 0,5 A.
- Corriente máxima: 1,5 A.
- Temperaturas ambientales:
 - Procesador de datos: máx. 55° C.
 - Electrónica de medición: máx. 70° C.
 - Medición de la cabeza: máx. 120 °C.
 - Frecuencia de medición: 400 kHz.
 - Rango de medición: 0 a 300 μm .

2.2.2.7. Tracción de láminas reversible

Este dispositivo se ubica en la parte superior de la instalación, se divide en un dispositivo de colocación plana y un dispositivo de estirado, de forma general se encarga de formar el ancho total de la película a embobinar, además de la distribución óptima de las tolerancias en el espesor del material.

La inspección y limpieza de los rodillos puede realizarse cada 3 meses, durante la inspección se busca detectar en la superficie de los rodillos daño apreciable principalmente metal desprendido ya que puede dañar el producto final, principalmente productos destinados al empaque de líquidos, el operador puede corregir el daño con lija, pero si se el daño es profundo o el rodillo no

presenta su forma circular, puede ser necesario realizar una rectificación por parte del encargado de torno o un servicio externo. La limpieza se debe efectuar con un cepillo suave, jabón industrial y lana de limpieza.

Respecto a los motores de transmisión del movimiento de los rodillos se deben limpiar con frecuencia mensual los ventiladores de enfriamiento.

El dispositivo de tracción de láminas cuenta con un circuito de agua de refrigeración, se recomienda realizar una revisión mensual, se debe evitar la presencia de fugas especialmente en juntas rotativas, además de garantizar que no se incremente la temperatura del agua.

Figura 24. **Vista inferior del rodillo de estirado y rodillo de presión de goma**



Fuente: Polytec.

Figura 25. **Dispositivo de tracción de láminas reversible**



Fuente: Polytec.

2.2.2.8. Embobinador

El embobinador se encarga de enrollar la película plana en un eje, conformada por el ancho requerido de acuerdo a la orden de producción. El material al salir de la unidad de tracción de láminas reversible o calandra ingresa a una unidad de regulación que se encarga de evitar el corrimiento lateral de la película, esto se realiza por medio de un sensor ultrasónico que explora la película sin tener contacto directo.

Al material se aplica un tratamiento corona, para incrementar la energía superficial de la película, esto para los materiales destinados al proceso de impresión para el anclaje de tinta, también al proceso de laminación para el anclaje de adhesivo. El tratado se genera por medio de alta tensión causando la ionización del aire, por lo que parte de los electrones de la línea de conducción circularán en el aire, esto provocará unas microperforaciones en el material.

Para detectar el tratado el material se utilizan unos marcadores especiales, de detectarse partes no tratadas o con falta de tratado, es necesario

verificar en nivel de tensión, o bien realizando una limpieza a la unidad de tratado, se debe proteger que los electrodos no reciban algún daño por lo que se deben utilizar cepillos de cobre. El rodillo de respaldo del material está recubierto con una manga de silicona, si esta presenta alguna perforación se estará teniendo problema con el funcionamiento del tratador, por tener contacto directo con el rodillo de metal.

Figura 26. **Tratado corona**



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/05/tratamiento-corona.html>.

Consulta: abril de 2013.

En el transcurso el material puede presentar arrugas, para evitar esto se encuentra un rodillo ensanchador tipo banana, que distribuye las venas logrando un embobinado uniforme, la limpieza se debería realizar de forma mensual.

Para el cambio de bobina se utiliza unos brazos que funcionan hidráulicamente, toman el eje con material embobinado controlados por unos sensores, estos supervisan que los brazos de bajada se encuentren ocupados.

Figura 27. **Embobinador vista lateral**



Fuente: Polytec.

2.2.2.9. Elementos neumáticos

El problema principal que afecta a los componentes de un sistema neumático son los contaminantes, entre los que se incluyen, partículas extrañas, polvo y condensado, todos estos contribuyen al desgaste de los componentes neumáticos.

La presión en la red de aire comprimido debe ser de 6 bar, mientras que la presión de servicio, mínimo 5 bar.

Se debe incorporar al plan de mantenimiento la inspección diaria de los elementos neumáticos, evitando la presencia de fugas de aire en las mangueras neumáticas, accesorios, en el depósito neumático y en los cilindros, de encontrarse es necesario corregir inmediatamente.

El personal de mantenimiento debe tomar en cuenta que al realizar el cambio de filtros se puede contaminar el sistema neumático, por lo que se aconseja que cada 500 horas o cada 3 meses se cambien los filtros usados, teniendo el cuidado necesario para que los contaminantes no vuelvan a ingresar a la red de aire, los filtros nuevos deben estar en su envase original hasta su utilización, la limpieza de filtros se debería realizar cada 250 horas o cada mes, de encontrarse el filtro con alta contaminación se debe sustituir por uno nuevo.

El mantenimiento general de la instalación neumática, correspondiente a compresores, secadores, tuberías se realiza por *outsourcing*, por lo que el proveedor del servicio es el responsable del diagnóstico general de la instalación y calidad del aire, además de la programación de los trabajos de mantenimiento que se deben realizar.

2.2.2.10. Elementos hidráulicos

Igualmente que los sistemas neumáticos, la contaminación puede causar problemas en los sistemas hidráulicos, acelerando el desgaste de los componentes.

Las coextrusoras cuentan con brazos de bajada en el cambio de bobina, estos se accionan hidráulicamente, en la parte lateral del embobinador se ubica un grupo hidráulico encargado de proporcionar la presión al aceite para girar los brazos de bajada (hacia abajo o hacia arriba) los diferentes componentes se unen al grupo hidráulico por medio de tuberías y mangueras. La presión de servicio máxima es de 150 bar.

Cada día se debe inspeccionar el sistema hidráulico para determinar la presencia de fugas, de encontrarse se deben corregir de inmediato.

En intervalos de 500 horas de trabajo se deberían cambiar los filtros, es necesario realizar esta operación teniendo cuidado en la manipulación del filtro nuevo, para evitar la contaminación del sistema también se debe tapar las mangueras.

Cada 4 meses es necesario revisar el estado de las uniones, las mangueras y los cilindros hidráulicos.

Mientras la instalación este bajo presión como medida de seguridad, accesorios de tuberías, conexiones y componentes no se deben aflojar o quitar.

Semanalmente se debe comprobar el nivel del líquido hidráulico, además de inspeccionar el estado de los filtros y limpiarlos si fuera necesario.

Otras actividades de mantenimiento dependen de las condiciones del fluido hidráulico por ejemplo, presencia de agua, aceite envejecido, actualmente no se realiza un análisis periódico de aceite por medio de alguna empresa externa, es recomendable que el aceite se cambie de acuerdo a un análisis de detallado, debido a esto los sistemas hidráulicos cuyo aceite no se analiza periódicamente el líquido se debería cambiar de 2 000 a 4 000 horas de funcionamiento a más tardar.

2.2.2.11. Instrumentos de medición

Por medio de un panel de control principal se puede consultar los parámetros de producción como lo son: revoluciones de los motores principales,

porcentajes de dosificación de materia prima, temperaturas fundido en el cañón y cabezal, presión interior en los cañones, temperatura del aire de refrigeración, ancho y altura de la cesta de calibración, comportamiento de la medición del calibre del material, velocidad en metros lineales del rodillo de estirado, ancho total del material, velocidad en kilogramos por hora, tiempo de cambio de bobina. Todos los parámetros de proceso se controlan por medio de un programa de computadora, en caso de ocurrir alguna falla en la medición se genera una señal de alarma para su revisión.

Una actividad de mantenimiento que debe realizarse para evitar que el programa de computadora presente problemas es el cambio de baterías de litio, ya que en caso de fallar provocarían la detención total del equipo, por lo que es necesario que se reemplacen de acuerdo a las instrucciones del fabricante, cada 2 años de operación.

El diseño de fábrica de las baterías de litio incorporadas en el equipo permite reemplazarse ya sea con el suministro de energía encendido o apagado, aunque es recomendable realizar el reemplazo cuando el suministro de energía se encuentre apagado.

El procedimiento para la sustitución de las baterías de litio es el siguiente:

- Desconectar el suministro de energía.
- Descargar electrostática del cuerpo.
- Abrir el compartimiento de la batería utilizando un destornillador.

- Retirar la batería del soporte tirando de la tapa del compartimiento de la batería.
- No se debe utilizar baterías aisladas por el riesgo de cortocircuitos.
- Se puede utilizar pinzas para retirar la batería.
- Insertar la nueva batería con la correcta polaridad.
- Cerrar el cubrimiento de la batería de litio.
- Conectar las líneas de suministro de energía.

2.2.2.12. Motores eléctricos

Los motores eléctricos se encuentran dispersos en varios componentes de las coextrusoras, en cada cañón se encuentra un motor principal, en la elevación del cabezal soplador, en la cesta de calibración se utiliza un motor eléctrico para regular la altura así como en la regulación del ancho de la burbuja, en la parte superior de la instalación en la tracción de láminas reversible se encuentran diversos rodillos accionados por motores eléctricos principalmente el rodillo de estirado, en el embobinador ubicados en los rodillos tensores como en el sistema de embobinado.

Algunas de las fallas en los motores eléctricos ocurren debido a la falta de limpieza de las vías de aire de refrigeración, (canales por los que circula aire ambiental para evitar recalentamiento), por lo que durante intervalos periódicos se debe realizar la limpieza correspondiente empleando aire comprimido, el tiempo puede variar de acuerdo a las condiciones de trabajo.

Cuando se realicen los trabajos de mantenimiento es necesario desconectar y aislar la alimentación, además de realizar una verificación de la ausencia de tensión. En los casos en que se presenten fallas que puedan representar un esfuerzo eléctrico o mecánico, es necesario realizar inmediatamente las inspecciones, no se requiere desarmar los motores completamente, esto aplica cuando sea necesario reemplazar los rodamientos. Una inspección general comprenderá de lo siguiente:

- Comprobar con el motor en funcionamiento que se cumplen las características eléctricas.
- Verificar el ruido emitidos por el motor trifásico durante el funcionamiento.
- Revisar que no existan fugas de aceite.
- Con el motor detenido se debe realizar las siguientes comprobaciones:
 - En los cimientos no se haya producido asentamientos ni grietas.
 - Verificar la alineación del motor respecto a la posición de los elementos de transmisión de movimiento.
 - Inspeccionar que los tornillos de fijación propios del motor, del acople a cajas de aceite u otros mecanismos mecánicos se encuentren firmemente instalados.
 - Inspeccionar el estado de los cables y las diferentes piezas instaladas.

- Comprobar que las resistencias de aislamiento de los devanados estén elevadas.

Si se encontrase alguna anomalía durante las comprobaciones, se deben corregir inmediatamente.

Es necesario realizar una comprobación del nivel de aceite, para ello se extrae un poco a través del tapón de drenaje, comprobando la consistencia del aceite y la viscosidad, si el aceite muestra un grado elevado de suciedad se recomienda cambiar el aceite independientemente de los intervalos de mantenimiento establecidos.

2.2.3. Programa de mantenimiento preventivo

En el programa de mantenimiento preventivo se incluyen principalmente las actividades de limpieza, lubricación, inspecciones y sustitución de componentes de acuerdo a ciertos intervalos de tiempo.

2.2.3.1. Visitas e inspecciones

Realizar visitas e inspecciones diarias puede ayudar a la detección de fallas menores que no involucren un tiempo prolongado para su corrección, esto quiere decir que no se necesitará de un desmontaje de órganos complejos.

Para el desarrollo de las visitas e inspecciones puede ser de utilidad la técnica VOSO:

- Ver

Entre las condiciones a monitorear por medio de revisiones visuales por parte del personal de mantenimiento están:

- Presencia de fugas de aceite en el sistema hidráulico de los brazos de bajada en el embobinador, fugas de lubricante en cajas reductoras.
- Desgaste de rodillos, ejes, cadenas o cualquier pieza en general.
- Suciedad en tableros eléctricos, filtros de los dosificadores, rodillos.

Los operadores o auxiliares deben revisar visualmente lo siguiente:

- Variación en los parámetros del producto final como calibre, ancho de bobina, nivel de tratado (productos impresos o laminados).
- Parámetros de temperatura en los cañones, cabezal soplador y aire de refrigeración de la burbuja.
- Presión interna en cada cañón.
- Dosificación de materiales de acuerdo a los solicitado en el modulo de mando del equipo.

Por medio de revisiones visuales se busca detectar fugas, cambios en el color de superficies de debido a aumentos de temperatura, desgaste, corrosión, obtención del producto final fuera de estándares de calidad.

- Oír

Algún desperfecto en los equipos se puede determinar con solo escuchar ciertos componentes:

- Desgaste de rodamientos en motores o rodillos, engranes de cajas reductoras.
- Transmisión forzada de movimiento por desgaste en fajas.
- Fugas de aire en componentes neumáticos ubicados en la tracción de láminas reversible o en el embobinador.

- Sentir

Para realizar inspecciones por medio del sentido del tacto es recomendable utilizar guantes de protección, entre las fallas que se pueden encontrar están:

- Calentamiento de motores eléctricos.
- Alta vibración en ejes o partes en general debido falta de anclaje.
- Detección de aire caliente en los rodillos perforados de la tracción de láminas reversible.
- Aumento de temperatura de los anillos de enfriamiento.

- Oler

Con el sentido del olfato se puede detectar fallas por ejemplo:

- Fugas de aceite de cajas reductoras o en el sistema hidráulico del cambio de bobinas.
- Fallas en tableros eléctricos, motores, resistencias, termocuplas o cualquier componente eléctrico en general.

2.2.3.1.1. Control de visitas e inspecciones

Las visitas e inspecciones se deben realizar en el menor tiempo posible, se recomienda que no se sobrepase de una hora, además de contar con un registro de los hallazgos encontrados pudiendo ser desperfectos mecánicos, eléctricos, por sistema de enfriamiento, módulos de automatización o fallas electrónicas, se propone el formato de la figura 28.

2.2.3.2. Revisiones

De acuerdo a los trabajos pendientes especificados en el formato de control de visitas e inspecciones, se debe programar la realización de revisiones con previo acuerdo con el Departamento de Producción con el objeto de detectar o bien confirmar los defectos encontrados, se procede con la reparación en busca de que la maquinaria se encuentre en funcionamiento de nuevo o evitar la probabilidad de ocurrir fallas que puedan impactar considerablemente en el futuro.

2.2.3.2.1. Sustitución de piezas

De ser posible las piezas que se remplacen por mantenimiento correctivo o preventivo deberían ser de acuerdo a lo establecido por el fabricante, factores como el costo o el tiempo de envío afectan considerablemente el tiempo de reparación de fallas, por lo que se toma la decisión de realizar trabajos tercerizados que puedan ayudar a que los equipos continúen con la producción. Al realizarse estos trabajos es necesario un monitoreo constante por parte del operador y de los auxiliares, controlando que las variables de proceso como revoluciones de los motores, velocidad de rodillo de estirado, velocidad de embobinado, temperaturas, calibre, entre otros se mantengan entre los límites establecidos de acuerdo al tipo de producto que se este extruyendo.

Independientemente de las decisiones de cambio de piezas, es necesario contar con un registro de piezas de recambio, para monitorear los tiempos los reemplazo, con el objetivo de poderse anticipar a las fallas.

2.2.3.3. Lubricación periódica

Se incorporarán tareas de lubricación al plan de prevención de fallas para que puedan ser ejecutadas durante intervalos periódicos. La importancia de la lubricación radica en la anulación o disminución de la resistencia que pueda existir entre las partes que constituyen los equipos, debido al rozamiento de superficies en contacto.

El fabricante recomienda los lubricantes de acuerdo a la clasificación que establece la DIN (Instituto Alemán de Normalización), siendo estos los siguientes, aceites: CLP 680, CGLP 220, CLP ISO VG 220, grasas: GP 00 G-20, K2K-20 y KP 2K, aceite hidráulico: HLPD 32 y HLP 46.

Para evitar incurrir en la elevación de costos por la diversidad de lubricantes, se empleará como aceite para cajas reductoras el Alpha SP, como grasa de uso general Alvania EP y para mecanismos hidráulicos el aceite Tellus.

2.2.3.3.1. Puntos a lubricar

Para especificar los diferentes puntos para lubricación de los equipos se elaboró una ficha de lubricación general.

2.2.3.3.2. Fichas de lubricación

En la ficha de lubricación se detallan los puntos que se deben lubricar, además de poder visualizar el tiempo de recurrencia entre cada actividad de lubricación y el producto que se debe emplear.

Tabla XXI. Ficha de lubricación general

FICHA DE LUBRICACIÓN			
No.	DESCRIPCIÓN	RECURRENCIA	PRODUCTO UTILIZADO
	EXTRUSORA		
1	Revisar el nivel de aceite de la caja reductora los motores principales de cada extrusora, si fuera necesario rellenar	3 Meses	Aceite: ALPHA SP
2	Cambio de aceite de la caja reductora de los motores de cada extrusora	6 Meses	Aceite: ALPHA SP
	CESTA DE CALIBRACIÓN		
3	Cambiar el aceite del grupo hidráulico del cambiador de filtros	6 Meses	Aceite hidráulico : TELLUS
4	Lubricar el accionamiento de cadena del ajuste de altura	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
5	Engrasar el husillo roscado del ajuste de altura	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
6	Lubricar el accionamiento de cadena del ajuste de diámetro	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
7	Engrasar el husillo del ajuste de diámetro	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
8	Revisar el nivel de aceite de los motores, si fuera necesario rellenar	3 Meses	Aceite: ALPHA SP
9	Cambio de aceite de los motores	6 Meses	Aceite: ALPHA SP
	TRACCIÓN DE LÁMINAS REVERSIBLE		
10	Limpiar y lubricar las barras guía del bastidor central de ajuste	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
11	Engrasar los husillos roscados del bastidor central de ajuste	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
12	Engrasar las cadenas de rodillos de las unidades de ajuste	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
13	Lubricar la cadena en el borde de tubo guía	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
14	Limpiar y lubricar las barras guía	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
15	Lubricar los husillos roscados	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP

Continuación de la tabla XXI.

FICHA DE LUBRICACIÓN			
No.	DESCRIPCIÓN	RECURRENCIA	PRODUCTO UTILIZADO
16	Engrasar la brida de los rodamientos del rodillo de presión de goma	1 Mes	Grasa: ALVANIA EP
17	Engrasar los husillos roscados al borde del rodillo de presión de goma	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
18	Engrasar la brida del rodamiento de la desviación del rodillo de refrigeración	1 Mes	Grasa: ALVANIA EP
19	Engrasar las bolas de los rodamientos inferiores	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
20	Engrasar las bolas de los rodamientos superiores	3 Meses	Grasa: ALVANIA EP
21	Revisar el nivel de aceite del motor del dispositivo de estirado	4 Meses	Aceite: ALPHA SP
22	Cambio de aceite del motor del dispositivo de estirado	Anual	Aceite: ALPHA SP
	EMBOBINADOR		
23	Engrasar el engranaje del rodillo banana	6 Meses	Grasa: ALVANIA EP
24	Revisar el nivel de aceite del grupo hidráulico, rellenar si fuera necesario	3 Meses	Aceite hidráulico : TELLUS
25	Cambio de aceite del grupo hidráulico	6 Meses	Aceite hidráulico : TELLUS

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3.3. Normalización de lubricantes

Los lubricantes a emplearse se dividen de acuerdo a las siguientes aplicaciones: aceite para cajas reductoras, aceite para sistemas hidráulicos y una grasa para mecanismos mecánicos, a continuación se realiza una descripción de los mismos.

- ALPHA SP

Es un aceite compuesto por aditivos antioxidantes, anticorrosivos y antiespumantes, no contiene metales. Estos lubricantes proporcionan una buena estabilidad térmica.

Este aceite se utilizará en cajas reductoras de los motores distribuidos en el equipo: para los tres cañones del equipo de coextrusión, motores de la cesta de calibración y para el motor del rodillo de estirado.

- ALVANIA EP

Es una grasa industrial utilizada para diferentes aplicaciones, se basa en un alto índice de viscosidad y un espesante de jabón de hidroxistearato de litio, además cuenta con aditivos de extrema presión.

Esta grasa se aplicará en los siguientes componentes: husillos y cadenas del ajuste de altura y diámetro en la cesta de calibración; barras guía, husillos roscados, cadenas y rodamientos ubicados en la tracción de láminas reversible, además del engranaje del rodillo banana del embobinador.

- TELLUS

Son aceites hidráulicos con alto índice de viscosidad, se emplean en equipos hidráulicos para transmisión de potencia. Este fluido hidráulico es resistente a la degradación y formación de lodos, por lo que mejora la confiabilidad operativa del sistema, cuenta con alta resistencia a la oxidación y al desgaste.

Su aplicación en las coextrusoras está en el sistema hidráulico de los brazos de bajada en el embobinador, estos se accionan en los cambios de bobinas al llegar al peso requerido en las órdenes de producción, también se emplea en el sistema hidráulico del cambiador de filtros de cada cañón.

2.2.3.4. Limpieza

Al realizar las actividades de limpieza se debe retirar polvo, grasa, aceite, óxido, limaduras de corte, pintura o cualquier material extraño presente en los diferentes componentes de máquina.

Las actividades de limpieza deben atribuirse al personal de producción, operadores y auxiliares.

Entre las operaciones que se deben realizar de acuerdo a las condiciones de trabajo o tipo de producto se encuentran:

- Limpieza de dosificadores en el cambio de pedidos con distinta formulación.
- Antes de la producción de productos destinados a empaque de líquidos, se debe inspeccionar y limpiar los rodillos.
- Limpieza en la salida de molde por presentar apariencia rayada en el material.
- Al finalizar de procesar material con pigmento (color), se debe realizar una limpieza con polietileno fraccional, esta es una resina con bajo índice

de fluidez (es un material más duro) lo que permite realizar un arrastre del pigmento adherido en el cañón y cabezal soplador.

- En el cambio de materiales se debe realizar una limpieza de los filtros a la salida de los cañones, se ser necesario se deben reemplazar.











2.2.4. Rutina de mantenimiento

En los siguientes incisos se especifica la rutina necesaria para prevenir fallas en las coextrusoras, de acuerdo a cierta periodicidad.

2.2.4.1. Diaria

Como actividad diaria se encuentra la limpieza de filtro del aparato atemperador, debido a las impurezas contenidas en el agua de refrigeración, esta actividad la realiza el mecánico de turno. El operador en conjunto con sus auxiliares deben realizar una limpieza externa general de los componentes del equipo.

Figura 30. Formato de limpieza diaria

POLYTEC, S. A. ÁREA DE EXTRUSIÓN		Fecha: ____ / ____ / ____					
LIMPIEZA OPERATIVA							
Operador: _____		Revisado por: _____		Máquina: EXT- _____			
Zona		Cumplimiento		Zona		Cumplimiento	
Calandra		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Cámara		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Cesta		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Tratador		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Embobinador		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Anillo		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Rodillos de bajada		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Dosificador		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
Paneles eléctricos (Parte externa)		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Estructura metálica y área de piso		SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES							

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Semanal

En el mantenimiento semanal se encuentran actividades de limpieza y revisiones generales, el personal operativo es el principal encargado de realizar estas rutinas.

Tabla XXII. Rutina de mantenimiento semanal

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
Extrusora	Compartimiento de tamiz y la corredera de casetes del cambiador de filtros hidráulico	X			Lana de limpieza, espátula de cobre, cepillo de alambre de latón, raspador de madera	Retirar todo el material fundido, en caso de tiempos de paro prolongados, desmontar y limpiar el disco de apoyo. El intervalo podría variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción	Operador y auxiliar
	Superficie de contacto y el sensor ultrasónico	X			Paño suave, un poco de alcohol	No utilizar solventes	Operador y auxiliar
Tracción de láminas reversible	Juntas rotativas en el rodillo de desviación		X		Caja de herramientas	Insertar nuevos anillos de sellado cuando se requiera	Mecánico
Dosificador	Parachoques de la tolva gravimétrica		X			Controlar la posición correcta	Electricista
	Tolva gravimétrica o tolva mezclador	X	X		Aire comprimido	Verificación ausencia de gránulos encastrados entre partes fijas	Operador y auxiliar
	Clapeta de la tolva gravimétrica		X			Controlar el funcionamiento	Operador y electricista
	Compuerta de descarga del mezclador		X			Controlar el funcionamiento	Operador y electricista

Continuación de la tabla XXII.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
Dosificador	Filtro de los ventiladores de refrigeración tablero eléctrico y terminal operador	X			Aire comprimido	Puede realizarse cada 2 semanas	Operador y auxiliar
	Vaciar el condensado del filtro regulador	X					Operador y auxiliar

Fuente: elaboración propia.




2.2.4.3. Mensual

La mayor cantidad de actividades de mantenimiento se deben realizar con una periodicidad mensual, algunas rutinas podrían realizarse con anticipación de acuerdo a las condiciones del entorno, por ejemplo la presencia de polvo, cantidad de sólidos en el agua de enfriamiento, contaminación en el aire comprimido.




Tabla XXIII. Rutina de mantenimiento mensual

COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
	Limpiar	Revisar	Lubricar			
Extrusora	Filtros del aparato atemperador	X			Aire comprimido, caja de herramientas	Mecánico
	Aparato atemperador	X			Aparato de descalcificación	El intervalo podría variar de acuerdo al grado de dureza del agua de refrigeración Mecánico
	Cambiador de filtros hidráulico		X		Juego de llaves	Revisar las mangueras hidráulicas, si es necesario apretar el tornillos de las conexiones, reemplazar las mangueras que se encuentren con orificios Mecánico
	Motores principales de cada cañón	X			Aspiradora, cepillo, lana de limpieza	Realizar cada 3 meses la limpieza de los ventiladores de enfriamiento, el intervalo podría variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción Electricista
	Ventiladores de la zona de calentamiento de los cañones	X			Aspiradora, cepillo, lana de limpieza	Realizar cada 3 meses, el tiempo puede variar acorde a las condiciones ambientales y de producción Electricista
	Caja reductora		X	X	Aceite: ALPHA SP	Revisar el nivel de aceite, debe estar al centro del vidrio de inspección, rellenar si fuera necesario Mecánico
Anillo de refrigeración	Anillo perforado	X	X		Cepillo, lana de limpieza, jabón industrial	El intervalo puede variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción Operador y auxiliar
	Labio de anillo arriba y abajo	X	X		Cepillo, lana de limpieza, jabón industrial	Remover depósitos con grasa, el intervalo puede varias de acuerdo a condiciones ambientales y de producción Operador y auxiliar
	Ajuste de altura	X			Cepillo, lana de limpieza, jabón industrial	Limpiar la cadena de accionamiento del ajuste de altura y los husillos roscados Operador y auxiliar

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
							
Medición de espesor	Unidad telescópica en posición extendida	X			Lana de limpieza	No utilizar solventes	Electricista
	Trayecto del desplazamiento del dispositivo	X			Lana de limpieza		Operador y auxiliar
Cesta de calibración	Sensores ultrasónicos	X			Lana de limpieza		Operador y auxiliar
	Rodillos		X			Realizar cada 3 meses, reemplazar de encontrarse deteriorados.	Mecánico
	Ajuste de altura			X	Grasa: ALVANIA EP	Realizar cada 3 meses la lubricación de la cadena y el husillo roscado (aplicar con un cepillo), se debe mover la cesta completamente abajo	Mecánico
	Ajuste de diámetro			X	Grasa: ALVANIA EP	Realizar cada 3 meses la lubricación de la cadena y el husillo roscado (aplicar con un cepillo), se debe remover la plataforma superior de la carcasa de protección	Mecánico
Tracción de láminas reversible	Ventiladores de enfriamiento de los motores	X			Cepillo, lana de limpieza, y aire comprimido		Electricista
	Filtros de la unidad de control de temperatura	X			Cepillo, lana de limpieza, y aire comprimido	Limpiar la trampa en el suministro y el retorno	Mecánico
	Filtro de entrada del anillo de soplado		X		Caja de herramientas	Mensualmente se debe realizar la inspección, el cambio de filtro se debe realizar a más tardar 4 meses, si fuere necesario se sustituye con anterioridad	Mecánico

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE	
	Limpiar	Revisar	Lubricar				
							
Tracción de láminas reversible	Rejillas de la unidad de control climático para el accionamiento reversible	X			Cepillo y lana de limpieza		Operador y auxiliar
	Barras neumáticas de inversión	X			Lana de limpieza suave, varillas afiladas y alcohol (desnaturalizado)	Limpiar las aberturas de salida de aire	Operador y auxiliar
	Rodillo de estirado		X			Inspeccionar el circuito de agua de refrigeración y las juntas rotativas	Mecánico
	Unidad de control de temperatura		X		Dispositivo para desincrustación	De acuerdo a la evaluación del técnico de mantenimiento, desincrustar si fuera necesario	Mecánico
		X			Lana de limpieza, jabón industrial, cepillo suave	Cada 3 meses realizar la limpieza de las rejillas de ventilación y los filtros	Mecánico
	Rodillo de estirado			X	Grasa: ALVANIA EP	Engrasar los rodamientos	Mecánico
		X	X		Lana de limpieza, jabón industrial	Realizar cada 3 meses	Operador y auxiliar
			X	X	Aceite: ALPHA SP	Revisar el nivel de aceite de la caja, rellenar si es necesario	Mecánico
	Rodillo de presión de goma			X	Grasa: ALVANIA EP	Engrasar los rodamientos	Mecánico
		X	X		Lana de limpieza, jabón industrial	Realizar cada 3 meses	Operador y auxiliar
	Rodillo de refrigeración			X	Grasa: ALVANIA EP	Engrasar los rodamientos	Mecánico
	Unidad del engranaje de reversa			X	Grasa: ALVANIA EP	Se debe remover las carcasas para realizar el engrase de borde	Mecánico
	Rodillos de desviación	X	X		Lana de limpieza, jabón industrial	Realizar cada 3 meses	Operador y auxiliar
	Barras del encendido de aire	X			Lana de limpieza, jabón industrial	Realizar la limpieza cada 3 meses	Operador y auxiliar
Rodillo de laminillas	X			Lana de limpieza, jabón industrial	Realizar la limpieza cada 3 meses	Operador y auxiliar	

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE	
	Limpiar	Revisar	Lubricar				
							
Tracción de láminas reversible	Guías aislantes		X		Realizar cada 3 meses, reemplazar cuando sea necesario	Mecánico	
	Bastidor central de ajuste	X		X	Grasa: ALVANIA EP	Limpiar y lubricar las barras guía	Mecánico
				X	Grasa: ALVANIA EP	Engrasar los husillos roscados	Mecánico
	Cadenas			X	Grasa: ALVANIA EP	Realizar cada 3 meses, engrasar las cadenas de los rodillos de las unidades de ajuste y la de borde de tubo guía	Mecánico
	Husillos roscados			X	Grasa: ALVANIA EP	Realizar cada 3 meses	Mecánico
Rodamientos			X	Grasa: ALVANIA EP	Realizar cada 3 meses, engrasar las bolas de los rodamientos inferiores y superiores	Mecánico	
Embobinador	Rodillo de presión y el rodillo embobinador	X			Lana de limpieza, jabón industrial, cepillo suave	Limpieza de las superficies, el intervalo puede varias de acuerdo a las condiciones ambientales y de operación	Operador y auxiliar
	Rodillo ensanchador tipo banana	X			Lana de limpieza, jabón industrial, cepillo suave	Limpieza de la superficie, el intervalo puede varias de acuerdo a las condiciones ambientales y de operación	Operador y auxiliar
	Portacuchillas	X			Lana de limpieza, cepillo suave	Realizar la limpieza de portacuchillas de corte longitudinal y de corte transversal, cambiar las cuchillas	Operador y auxiliar
	Desionización	X			Aire comprimido, cepillo de plástico suave	Limpiar el electrodo de carga y el electrodo de descarga	Electricista
	Tableros eléctricos	X			Cepillo, lana de limpieza, aire comprimido	Limpieza de rejillas y filtros	Electricista
	Sensor fotoeléctrico	X			Lana de limpieza, limpiador de cristales	El intervalo puede variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción	Operador y auxiliar

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE	
	Limpiar	Revisar	Lubricar				
Embobinador	Rodillos guía	X			Lana de limpieza, jabón industrial, cepillo suave	El intervalo puede variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción	Operador y auxiliar
	Grupo hidráulico		X	X	Aceite hidráulico: TELLUS	Realizar cada 3 meses, revisar el nivel de aceite, si es necesario rellenar hasta la mitad del indicador de nivel	Mecánico
			X		Caja de herramientas	Realizar cada 4 meses, revisar el estado de las mangueras hidráulicas, en caso de detectar daños visibles o fugas, se deben reemplazar inmediatamente	Mecánico
			X		Caja de herramientas	Realizar cada 4 meses, revisar las uniones de las mangueras hidráulicas, corregir si se encontrase falla	Mecánico
	Sistema neumático		X		Caja de herramientas	Realizar cada 4 meses, revisar los vástagos de los cilindros neumáticos	Mecánico
	Motores eléctricos	X			Cepillo, lana de limpieza, aire comprimido	Limpieza de los ventiladores de enfriamiento, el intervalo puede variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción	Electricista
Dosificador	Celdas de carga		X		Masas para calibración: 2.5 kg, 5 kg o 7 kg	Calibración de celdas de carga, la periodicidad puede variar de acuerdo a condiciones de producción	Electricista y operador
	Sensores de nivel capacitivos		X		Caja de herramientas	Revisión general del funcionamiento	Electricista
	Compuertas de dosificación		X		Caja de herramientas	Revisión general, incluyendo el control del cilindro de las compuertas	Electricista y mecánico
	Cojinete deslizante		X		Caja de herramientas	Controlar el desgaste del cojinete deslizante	Mecánico
	Motor reductor		X	X	Aceite: ALPHA SP	Revisar el nivel de aceite, rellenar si es necesario	Mecánico

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
Dosificador	Ventiladores		X		Caja de herramientas	Controlar el funcionamiento de los ventiladores de refrigeración del tablero eléctrico y terminal operador	Electricista
	Bombilla intermitente		X		Caja de herramientas	Verificar el funcionamiento	Electricista
	Sistema neumático		X		Caja de herramientas	Verificar la ausencia de pérdidas de presión por fugas	Mecánico

Fuente: elaboración propia.




2.2.4.4. Semestral

Entre las actividades más importantes que se deben realizar de forma semestral, está el cambio de aceite de la caja reductora de los motores principales, el cambio de aceite hidráulico y lubricar los diferentes puntos especificados en la tabla XXIV.



Tabla XXIV. Rutina de mantenimiento semestral

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
Extrusora	Caja reductora de los motores principales de cada cañón			X	Aceite: ALPHA SP	Cambio de aceite, volumen de llenado: 35 litros	Mecánico
	Cambiador de filtros			X	Aceite hidráulico: TELLUS	Cambio de aceite, volumen de llenado: 6 litros	Mecánico

Continuación de la tabla XXIV.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
							
Anillo de refrigeración	Motor del ajuste de altura	X			Cepillo, lana de limpieza, aire comprimido	Limpiar el ventilador de enfriamiento, el intervalo puede variar de acuerdo a condiciones ambientales y de producción	Electricista
	Estructura	X			Lana de limpieza, jabón industrial, cepillo suave, aire comprimido	Limpieza general de la cesta de calibración	Operador y auxiliar
Cesta de calibración	Rodillos	X			Jabón industrial, cepillo	Limpiar los rodillos y los ejes, Remover los ejes y reinstalar después de realizar la limpieza	Operador y auxiliar
	Motores reductores	X			Cepillo, lana de limpieza, aire comprimido	Limpiar los ventiladores de enfriamiento	Electricista
				X		Aceite: ALPHA SP	Cambio de aceite, nivel de aceite: En el extremo del orificio de chequeo
	Accionamiento de cadena		X		Caja de herramientas	Revisar y/o reapretar, es necesario remover la placa superior del recinto de protección	Mecánico
Embobinador	Fajas		X		Caja de herramientas	Apretar la faja si fuere necesario, reemplazar muestra bordes desgastados o grietas	Mecánico
	Freno electromagnético		X		Caja de herramientas	Revisar la diferencia de aire	Mecánico
	Rodillo banana			X	Grasa: ALVANIA EP Pistola de grasa	Engrasar el engranaje	Mecánico
	Grupo hidráulico			X	Aceite hidráulico: TELLUS	Cambio de aceite, hasta la mitad del indicador de nivel	Mecánico

Continuación de la tabla XXIV.




COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
	Limpiar	Revisar	Lubricar			
						
Dosificador	Cojinete deslizante		X	Caja de herramientas	Sustituir el cojinete deslizante	Mecánico
	Mezclador		X	Caja de herramientas	Controlar el casquillo de bronce o cojinete y empaquetadura del eje de mando en el mezclador	Electricista/Mecánico
	Ventiladores de refrigeración		X	Caja de herramientas	Cambio de filtros de los ventiladores de refrigeración en el tablero eléctrico y termina operador	Mecánico

Fuente: elaboración propia.




2.2.4.5. Anual

En la tabla XXV, se incluyen diversas actividades de mantenimiento preventivo que se recomiendan realizar en intervalos de tiempo de múltiplos anuales.

Tabla XXV. Rutina de mantenimiento anual

COMPONENTE	ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
	Limpiar	Revisar	Lubricar			
						
Extrusora	Cambiador de filtros		X	Caja de herramientas	Reemplazar las mangueras hidráulicas independientemente de su condición	Mecánico

Continuación de la tabla XXV.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
							
Tracción de láminas reversible	Rodillo de estirado			X	Aceite: ALPHA SP	Cambio de aceite de la caja, llenar hasta la mitad del indicador de nivel.	Mecánico
	Sistema neumático		X		Caja de herramientas	Realizar cada 2 años el reemplazo de los elementos de sellado, independientemente de la capacidad de conmutación de las válvulas neumáticas	Mecánico
Embobinador	Grupo hidráulico	X			Jabón industrial, cepillo	Realizar cada 20 000 horas ó 4 años a más tardar, reemplazar las mangueras hidráulicas	Mecánico
	Accionamiento de cadena		X		Caja de herramientas	Revisar y/o reapretar, es necesario remover la placa superior del recinto de protección	Mecánico
Variador Simovert	Mantenimiento General		X		Caja de herramientas	Realizar cada 4 años, cambio del ventilador, cambio de fusibles, cambio de tarjetas del bastidor electrónico, cambio de PMU	Electricista y electrónico
	Cojinetes de lubricación permanentes		X		Caja de herramientas	Reemplazar los cojinetes de lubricación permanentes	Electricista y electrónico

Continuación de la tabla XXV.

COMPONENTE		ACTIVIDAD			HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		Limpiar	Revisar	Lubricar			
							
Baterías de litio	Baterías de litio		X		Caja de herramientas, utilizar batería de litio 3V / 950 mAh	Reemplazar todas las baterías de litio	Electricista
Dosificador	Motor reductor		X		Caja de herramientas	Cambiar el sello de aceite del motor reductor	Electricista
	Asientos y ejes de desplazamiento		X		Caja de herramientas	Controlar el funcionamiento	Electricista
	Bornes eléctricos		X		Caja de herramientas	Apretar los bornes eléctricos	Electricista

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.6. Control de mantenimiento

Por medio de registros escritos se podrá llevar control acerca de los diferentes trabajos de mantenimiento que se realicen, con ello se podrá determinar el porcentaje de cumplimiento de la rutina de mantenimiento. Al finalizar los trabajos se debe realizar una descripción de lo ejecutado, así como los repuestos utilizados, insumos, servicios externos, entre otros.

Para llevar un control acerca del plan de prevención de fallas se propone realizar un monitoreo sobre los costos involucrados en las diferentes actividades de mantenimiento, correctivo y preventivo, lo que permitirá determinar el costo total de mantenimiento por equipo.

2.2.5. Seguridad industrial

A continuación se detallan condiciones y actos inseguros que se recomienda tomar en cuenta por parte del personal operativo y los técnicos de mantenimiento respecto a los equipos de coextrusión.

2.2.5.1. Condiciones inseguras

Entre las condiciones inseguras en el área de extrusión atribuidas a peligros eléctricos están cables expuestos sin aislamiento, también se puede observar motores con bornes expuestos.

En dispositivos utilizados para transmisión de movimiento existe peligro de lesiones por arrastre, por ejemplo en fajas y cadenas, así como en los puntos de la instalación en donde se encuentran rodillos.

Debido al ruido de la maquinaria, es necesario que el personal utilice protección auditiva, ya que los trabajos prolongados pueden causar disminución en la sensibilidad auditiva o en el peor de los casos, pérdida de la audición.

Los espacios de separación entre las máquinas son reducidos, ocasionando dificultad en la movilización de materia prima o producto final, principalmente con el acceso de montacargas.

Algunas estructuras de máquinas no cuentan con barandas en la parte superior, siendo de alta peligrosidad para el personal.

Se carece de extintores y señalización.

2.2.5.2. Actos inseguros

Los actos inseguros corresponden a los comportamientos arriesgados que realizan los trabajadores, estos pueden ser la causa de futuros accidentes. Por medio de observación directa y siguiendo recomendaciones del fabricante se detallan a continuación algunos actos inseguros que pueden poner el peligro al personal operativo y de mantenimiento.

Existe peligro de sufrir quemaduras al realizar trabajos de mantenimiento de componentes con temperatura elevada, por lo que se recomienda utilizar ropa protectora, estrecha y con mangas largas, además de guantes protectores, gafas y mascarilla contra la salida de material fundido o gases nocivos.

En las operaciones que involucren desprender material fundido, se debe depositar en recipientes ya que existe el riesgo de tropiezos.

En los dispositivos de corte, como el dispositivo de corte longitudinal y de separación transversal se debe utilizar guantes de protección, especialmente en el cambio de cuchillas o limpieza de las mismas.

Debido a los campos electromagnéticos se prohíbe el acceso a personas con marcapasos, por lo que no pueden encontrarse cerca de la instalación.

Cuando se utilicen equipos elevadores, estos deben estar en condiciones técnicas impecables, el personal no debe permanecer debajo de las cargas suspendidas.

Para reducir o eliminar la ocurrencia de actos inseguros se propone actuar de la siguiente forma:

- Realizar un análisis de actos inseguros por medio de observación directa, se propone en intervalos de 2 meses.
- Llenar un registro de con la información de los actos inseguros detectados, ver figura 32.

Figura 32. **Registro de actos inseguros**

REGISTRO DE ACTOS INSEGUROS			
NOMBRE DEL ANÁLISTA:		FECHA: ___ / ___ / ___	
NOMBRE DEL TRABAJADOR	DEPARTAMENTO	ACTO INSEGURO	POSIBLE SOLUCIÓN

Fuente: elaboración propia.

- A partir de la información recopilada se podrá buscar alternativas de mejora, por ejemplo proporcionar EPP o planificar capacitaciones. Además se podrá contar con datos para el desarrollo de gráficos que

permitan visualizar el comportamiento de la recurrencia de actos inseguros a través del tiempo.

2.2.6. Inversión requerida

Con la tabla XXVI, únicamente se muestra algunos accesorios con los costos de referencia acerca del uso de algunos insumos que se pueden utilizar al momento de realizar las actividades de mantenimiento en las coextrusoras, además de ser útiles para el resto de máquinas que conforman en área.

El costo de los lubricantes varía de acuerdo a la unidad de medida que se adquiera, así como el costo unitario de los componentes varía de acuerdo a la cantidad total, al momento de adquirir los insumos el proveedor establecerá cual es la cantidad mínima de compra.

Tabla XXVI. **Costos estimados por mantenimiento de coextrusoras**

INSUMO	CANTIDAD	COSTO DE REFERENCIA
Lubricante Alpha SP	20 litros	Q. 882,28
Lubricante AlvaniaEP	16 K	Q. 8 383,49
Aceite hidráulico Tellus	20 litros	Q. 482,91
Tamices	Unidad	Q. 3,90 – Q. 38,98
Juntas rotativas	Unidad	Q. 109,14– Q. 3 352,06
Filtros de aire para gabinete	Unidad	Q. 62,36 – Q. 77,95
Mangueras hidráulicas	Metro	Q. 8,65–Q. 37,18
Accesorios hidráulicos	Unidad	Q. 7,80 – Q. 38,98
Manguera neumática	Metro	Q. 0,47 – Q. 4,37
Accesorios neumáticos	Unidad	Q. 7,80 – Q. 38,98

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Evaluación del plan de prevención de fallas

La evaluación de los resultados obtenidos de la implementación del plan de prevención de fallas se realiza por medio de indicadores numéricos, se debe realizar la evaluación después de un intervalo considerable de tiempo, se recomienda como punto de partida comparar los 6 meses anteriores y posteriores a la implementación de los trabajos de mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestra los indicadores utilizados actualmente por el Departamento de Mantenimiento con las metas establecidas por la empresa.

Tabla XXVII. **Indicadores para la evaluación de resultados**

Indicador	Descripción	Unidad	Meta
MTBF	Tiempo promedio entre fallas	Horas	150 hrs
MTTF	Tiempo promedio entre reparaciones	Horas	1,7 hrs
Tasa de realización de mantenimiento preventivo	Relación entre el número de trabajos realizados y el número de trabajos previstos	%	85%
Desperdicio	Representa el porcentaje de kg de desperdicio respecto a total de kg producidos	%	4,5%

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se incluye la meta kilogramos de desperdicio global como por área, ya que los tiempos de falla de la maquinaria impactan el flujo normal del proceso productivo.

2.3. Propuesta para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento

Las empresas tienen el reto de mejorar sus actividades de mantenimiento buscando ser más sostenibles.

2.3.1. Medición de indicadores

Por medio de parámetros numéricos se puede evaluar el rendimiento de la gestión de mantenimiento durante cierto intervalo de tiempo. Los indicadores permiten identificar puntos críticos de las actividades que se han realizado, además de identificar áreas o equipos con bajo rendimiento en donde se puede concentrar mayor atención, en busca de la mejora continua.

A continuación se presentan otros de los indicadores que se propone utilizar en el Departamento de Mantenimiento, algunos pueden proporcionar información acerca de los costos involucrados para la toma de decisiones.

Tabla XXVIII. Indicadores propuestos

Indicador	Descripción	Unidad	Fórmula
Disponibilidad de equipos	Relaciona la diferencia de número total de horas calendario y el número total de horas que los técnicos de mantenimiento corrigen las fallas (por mantenimiento correctivo y preventivo) respecto al total de horas calendario, el valor obtenido corresponde al porcentaje de tiempo en que la máquina estuvo en condiciones de brindar el servicio.	%	$\frac{\sum Hrs. \text{ calendario} - \sum Hrs. \text{ de intervención por mantenimiento}}{\sum \text{Horas calendario}}$

Continuación de la tabla XXVIII.

Indicador	Descripción	Unidad	Fórmula
Costo de mantenimiento por facturación	Representa el porcentaje de costos de trabajos de mantenimiento respecto al total facturado por la empresa en un determinado periodo, se obtiene un valor en porcentaje, en que se puede realizar el seguimiento sobre los recursos financieros destinados al departamento de mantenimiento.	%	$\frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Facturación de la empresa}}$
Costo de mantenimiento por valor de reposición	Este indicador muestra la relación entre el costo total acumulado por trabajos de mantenimiento para un equipo específico y el valor de compra de un equipo nuevo, este indicador proporciona un soporte en la toma de decisiones.	%	$\frac{\text{Costo total acumulado en mantenimiento por equipo}}{\text{Valor de compra de un equipo nuevo}}$
Costo por recursos	Se propone realizar mediciones acerca del porcentaje que representa cada recurso individual (personal, servicio externo, repuestos e insumos) respecto al costo total de mantenimiento, el resultado de estas mediciones representan el porcentaje individual de recursos empleados, permite identificar cuáles son los recursos a los que se les ha asignado mayor recurso financiero.	%	$\frac{\text{Costo del recurso}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Mantenimiento correctivo

Corresponde al tipo de mantenimiento que se realiza después de la aparición de las fallas, se divide en mantenimiento correctivo emergente y mantenimiento correctivo planificado.

En el mantenimiento correctivo emergente se repara directamente la falla encontrada, actuando lo más rápido posible. Para este tipo de mantenimiento se propone mejorar el detalle de fallas en el software interno, para llevar una estadística de las zonas que presentan mayor incidencia, por ejemplo para el área de extrusión se puede contar con los siguientes campos:

- Zona de alimentación
- Zona caliente
- Cabezal
- Cesta
- Cámara de calibración
- Calandra
- Embobinador
- Infraestructura

Al tener la contabilización de fallas por zona se podrán utilizar herramientas de análisis como el diagrama de Pareto para determinar las zonas que necesitan una mayor intervención especialmente en los siguientes mantenimientos preventivos.

Para el mantenimiento correctivo planificado se realiza un análisis para determinar si se puede planificar el mantenimiento correctivo en un futuro próximo, lo que permite que no se interrumpa la producción. Se propone contar

con una bitácora de trabajos pendientes para llevar un control, para esto se desarrolló el siguiente formato.

Figura 33. **Bitácora de trabajos pendientes**

POLYTEC, S.A.								
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO								
BITÁCORA DE TRABAJOS PENDIENTES								
Código de máquina	Tipo de falla			Descripción de la falla	Fecha reportada	Fecha de mantenimiento correctivo planificado	¿Falla corregida?	
	Eléctrica	Mecánica	Otras				SI	NO
OBSERVACIONES								

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Mantenimiento preventivo

Es el tipo de mantenimiento que busca anticiparse a la aparición de fallas, por medio de actividades de revisión, reemplazo de componentes, limpieza y lubricación.

Previo a la realización de los mantenimientos preventivos se propone llenar un formato de barrido de defectos, este lo debería llenar el operador, supervisor o jefe de producción, después trasladarse con tres semanas de anticipación al jefe de mantenimiento de área para que evalúe los trabajos que pueden realizarse de acuerdo al tiempo que se tendrá la máquina, así como la solicitud de repuestos e insumos al Departamento de Compras de ser necesario y la organización del personal, de esta forma se podrá estar preparado para la fecha programada de mantenimiento preventivo.

Los defectos que no puedan ser eliminados al finalizar el mantenimiento preventivo se deberían registrar en la bitácora de trabajos pendientes para su futura corrección.

Figura 34. Formato de barrido de defectos

POLYTEC, S. A.			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
BARRIDO DE DEFECTOS			
Área: _____ Máquina: _____ Fecha: ____/____/____			
Elaborado por: _____ Revisado por: _____			
No.	DESCRIPCIÓN DEL DEFECTO	¿Defecto eliminado?	
		SI	NO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
OBSERVACIONES			

Fuente: elaboración propia.

2.3.3.1. Mantenimiento operativo

En este tipo de mantenimiento el personal operativo es el encargado de contribuir a la prevención de las fallas, preservando las condiciones básicas de funcionamiento a través de actividades de limpieza, inspecciones, lubricación básica, ajustes no complejos.

Como parte del mantenimiento operativo se propone iniciar con actividades de limpieza diaria de la maquinaria, estas las debe realizar cada operador y auxiliares, no consiste únicamente en mantener el área de trabajo y las máquinas dentro de una vista agradable, se debe enfocar en la eliminación de fuentes de contaminación por ejemplo polvo, aceite o grasa sobrante, óxido o piezas metálicas que puedan afectar a los componentes de las máquinas o al producto en proceso. También es importante reportar al personal de mantenimiento defectos encontrados durante la limpieza como por ejemplo: desgaste de piezas, deformación en rodillos, fugas de aceite.

Entre los insumos necesarios para desarrollar la limpieza operativa están:

- Jabón industrial
- Guates
- Mascarilla
- Gafas
- Arnés
- Solventes
- Trapos
- Esponjas
- Aire comprimido

2.3.4. Mantenimiento predictivo

En las actividades de mantenimiento predictivo se realiza un seguimiento del comportamiento de uno o diversos componentes, por medio de análisis de síntomas, métodos estadísticos entre otros, buscando determinar el punto predictivo (tiempo en el que se realizarán las actividades de mantenimiento preventivo).

Entre las ventajas que se tendría el implementar tecnología predictiva están:

- Conocer directamente el componente que está presentando problemas o que tiene una alta probabilidad de fallar.
- Optimización del personal en los trabajos de mantenimiento.
- Contar con un historial sobre el comportamiento de los componentes a través del tiempo.
- Ayuda considerablemente a evitar fallas imprevistas.
- Facilita el análisis de fallas.

Las tecnologías predictivas propuestas son:

- Termografía

Permite el monitoreo de condiciones de operación que puedan generar temperaturas que no se encuentren dentro de las especificaciones de diseño.

Entre las ventajas que se pueden encontrar están:

- Incremento de la vida útil de los equipos.
- Localización de fallas puntuales.
- Reducción de costos de mantenimiento por operaciones innecesarias.
- Disminución de tiempos muertos de producción.
- Incremento de la efectividad de las actividades de mantenimiento preventivo.

Los equipos de termografía tienen incorporados cámaras sensibles a rayos infrarrojos, lo que permite captar el calor que emiten los dispositivos de la maquinaria, la diferencia de temperatura se registra en videos procesados por sistemas informáticos para el análisis y registro.

Por medio de la termografía se puede realizar un monitoreo especialmente en equipos eléctricos, aunque también es aplicable a partes mecánicas, entre los componentes que pueden analizarse en la planta de producción están:

- Tableros eléctricos.
- Motores eléctricos.
- Cajas de distribución eléctrica.

- Subestaciones eléctricas.
- Calentamiento en ejes.
- Monitoreo del estado de bombas.
- Ultrasonido

Es una prueba no destructiva que permite la detección y localización de discontinuidades internas o externas, medición de espesores y determinación de diferencias estructurales. Estos equipos estudian las ondas de sonido de baja frecuencia que no pueden ser perceptibles al sentido humano.

Por medio de un equipo de ultrasonido se podría realizar el siguiente monitoreo:

- Detección de fugas en general en: sistemas neumáticos, intercambiadores de calor, válvulas.
- Condición de la lubricación en rodamientos.
- Inspección de cajas reductoras.
- Permite detectar fricción en máquinas rotativas como ventiladores, bombas, motores eléctricos.
- Comprobación en la alineación de ejes.

- Análisis de aceite

En un análisis de aceite permite comparar los diferentes lubricantes utilizados en busca de conocer directamente las condiciones en las que se encuentran de acuerdo a la medición de los parámetros de apariencia/color, viscosidad, espectro infrarrojo, número total de acidez, desgaste de partículas, contenido de agua, contenido de metales, espuma.

Entre el tipo de contaminación que puede afectar a los aceites se encuentran: partículas metálicas (por ejemplo hierro, cromo, cobre, estaño, aluminio, plomo entre otros), agua, polvo, hollín, acidez.

Por medio de la realización de los análisis de aceite se puede reducir costos de operación, incrementar la vida útil de los componentes, mayor aprovechamiento de los lubricantes.

Se propone realizar análisis de aceite en las cajas reductoras de las extrusoras, así como en los sistemas hidráulicos especialmente en el área de impresión, por medio de un proveedor externo.

- Análisis de vibración

Por medio un análisis de vibraciones se puede realizar un diagnóstico acerca de la ocurrencia de fallas y así poder determinar su severidad, esta técnica es ampliamente utilizada en dispositivos giratorios, por lo que respecto a la maquinaria de la planta, se puede aplicar exitosamente en el análisis de la rotación de los tornillos de las extrusoras acoplados al motor principal, así como en el giro del tambor central de las impresoras flexográficas, y los motores de los equipos de peletizado.

Entre los problemas ocasionados por la vibración se encuentran: ruido, desgaste, pérdida de energía, fatiga materiales.

Por medio de un análisis de vibración se puede detectar:

- Desalineación en acoples.
- Fallas en cojinetes y rodamientos.
- Mal estado de elementos de transmisión de movimientos como fajas, cadenas, engranajes.
- Montaje defectuoso de componentes de máquina.
- Desgaste de piezas.

2.3.5. Sistema de información de mantenimiento

Para mejorar la administración de las actividades generales de mantenimiento, se propone incorporar otros módulos al sistema Toriflex:

- Generación de órdenes de trabajo para realización de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Contar con una interfaz de usuario que permite la calendarización de los mantenimientos preventivos.
- Un módulo para la administración de los mantenimientos preventivos, permitiendo la impresión de la rutina que debe ejecutarse, registro de

repuestos e insumos requeridos y servicio externo para el control de costos.

- Conexión con el sistema de compras para el análisis del consumo de repuestos, permitiendo un reporte por máquina.

2.3.5.1. Historial de trabajos de mantenimiento

Independientemente del tipo de mantenimiento que se realice es necesario contar con la suficiente información acerca de todos los recursos que se necesitaron para realizar los trabajos, para una eficiente trazabilidad: código de máquina, fecha en que se realizó el mantenimiento, en que consistió el trabajo, personal que intervino la máquina, repuestos e insumos requeridos, tiempo de duración, costos involucrados y quienes aprobaron el trabajo, toda esta información debería estar contenida en las ordenes de trabajo generadas por el sistema Toriflex.

2.3.5.2. Historial de fallas

Para mejorar el análisis de fallas es necesario contar con mayor detalle en el reporte de fallas generado por el sistema Toriflex, por lo que se propone agregar el detalle de la zona de máquina afectada, generación de gráficas para determinar visualmente en que maquinas se concentran la mayor cantidad de problemas, además de graficar el comportamiento de las fallas en intervalos de tiempo seleccionados por el usuario.

Tabla XXIX. **Historial de fallas en planta (2012)**

MÁQUINA	No. FALLAS	TIEMPO POR FALLAS	
		MIN	HRS
CORTE			
COR-01	9	2 070	34,5
COR-02	53	9 450	157,5
COR-03	12	1 200	20,0
COR-04	75	8 730	145,5
COR-10	134	20 310	338,5
COR-12	118	17 610	293,5
COR-14	8	765	12,8
COR-15	63	8 565	142,8
COR-16	121	13 880	231,3
COR-18	148	16 935	282,3
COR-19	81	14 485	241,4
COR-21	65	10 530	175,5
COR-22	28	3 240	54,0
COR-23	58	8 265	137,8
COR-25	1	60	1,0
COR-26	6	1 080	18,0
COR-27	26	4 350	72,5
COR-28	4	300	5,0
COR-29	158	27 350	455,8
COR-30	73	8 275	137,9
COR-31	25	3 090	51,5
COR-32	41	6 120	102,0
COR-33	22	4 390	73,2
COR-34	110	8 745	145,8
COR-35	6	1 590	26,5
COR-37	81	13 620	227,0
COR-38	61	11 820	197,0
COR-39	69	9 030	150,5
COR-44	70	13 425	223,8
COR-45	99	9 405	156,8
COR-46	85	12 720	212,0
COR-47	48	8 865	147,8
COR-48	41	4 545	75,8

Continuación de la tabla XXIX.

COR-49	43	5 995	99,9
COR-51	79	14 460	241,0
COR-52	14	1 800	30,0
COR-53	71	11 460	191,0
COR-54	94	12 420	207,0
COR-55	88	12 900	215,0
COR-56	64	10 240	170,7
TOTAL	2 452	354 090	5 901,5
EXTRUSIÓN			
EXT-01	17	2 310	38,5
EXT-02	51	7 245	120,8
EXT-03	27	3 315	55,3
EXT-04	52	6 540	109,0
EXT-05	42	8 280	138,0
EXT-07	17	3 800	63,3
EXT-11	28	4 895	81,6
EXT-18	3	90	1,5
EXT-21	19	2 265	37,8
EXT-22	26	3 720	62,0
EXT-23	108	16 678	278,0
EXT-25	54	9 225	153,8
EXT-26	63	7 290	121,5
EXT-27	216	24 905	415,1
EXT-38	18	3 270	54,5
EXT-39	30	6 810	113,5
EXT-45	61	10 140	169,0
EXT-46	15	1 520	25,3
EXT-47	5	690	11,5
EXT-48	18	3 990	66,5
EXT-49	95	14 030	233,8
EXT-50	33	5 070	84,5
EXT-51	5	270	4,5
TOTAL	1 003	146 348	2 439,1
IMPRESIÓN			
IMP-03	3	390	6,5
IMP-05	166	14 695	244,9
IMP-06	135	16 515	275,3
IMP-07	116	13 090	218,2
IMP-08	110	5 575	92,9
IMP-09	214	19 265	321,1
IMP-10	17	1 520	25,3

Continuación de la tabla XXIX.

IMP-11	6	1 110	18,5
TOTAL	767	72 160	1 202,7
LAMINACIÓN			
LAM-01	30	4 380	73,0
LAM-02	86	14 630	243,8
TOTAL	116	19 010	316,8
SLITTER			
SLT-01	1	120	2,0
SLT-02	28	4 070	67,8
SLT-03	25	2 100	35,0
SLT-04	55	6 235	103,9
SLT-06	13	2 040	34,0
SLT-07	27	2 415	40,3
TOTAL	149	16 980	283,0
TOTAL PLANTA	4 487	608 588	10 143,1

Fuente: sistema Toriflex.

2.3.6. Evaluación del personal

Es importante incluir a la evaluación de desempeño trimestral el factor de proactividad que posee cada colaborador, ya que ellos son los que se enfrentan a diario a la solución de los problemas, inclusive con insumos reducidos, los técnicos pueden generar nuevas ideas para mejorar los procedimientos actuales, por lo que cada jefe de mantenimiento de área debe incentivar la participación de sus colaboradores.

Cuando un colaborador obtenga una calificación deficiente en su evaluación de desempeño, el jefe inmediato debe buscar rápidamente los mecanismos para aumentar la productividad de su trabajador, mediante una evaluación detallada acerca de las habilidades y conocimientos, con el objeto

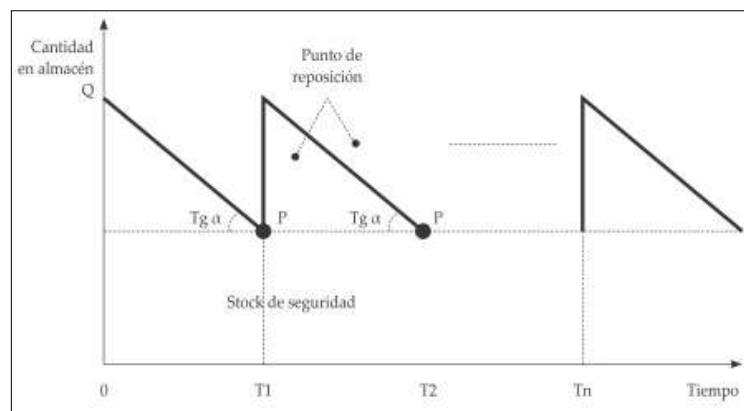
de evidenciar sus fortalezas y debilidades, coordinando prontamente los entrenamientos o capacitaciones que se requieran.

2.3.7. Control de inventarios

Por medio de un control de inventarios se puede conocer los recursos con los que se cuenta, respecto a herramientas, repuestos o cualquier tipo de insumo llevando un control acerca de su utilización, esto permite mejorar la planificación de los mantenimientos preventivos y reducir los tiempos de paro en la ejecución de mantenimientos correctivos al contar con los recursos necesarios para la corrección de las fallas.

Para llevar el control de inventarios se propone utilizar el modelo de inventarios determinísticos, por medio de esta herramienta se realizan los pedidos de recursos de acuerdo a un volumen específico durante intervalos iguales de tiempo, los costos involucrados se mantienen constantes.

Figura 35. **Gráfica de modelo de control de inventarios**



Fuente: http://www.adeudima.com/?page_id=385. Consulta: abril de 2013.

Como ejemplo se analiza el movimiento que tendría un rodamiento 6005, por medio de un modelo de control de inventarios.

Existencia = 12 unidades

Últimos tiempos de entrega

Primer pedido = 0,3 mes

Segundo pedido = 0,23 mes

Tercer pedido = 0,17 mes

Período de evaluación = 3 meses

Requerimiento = 30 unidades

Cálculo de políticas de pedido

$$R_{NR} = (0,3 + 0,23 + 0,17)/3 = 0,23 \text{ meses}$$

$$R_{SS} = 0,3 - 0,23 = 0,07 \text{ meses}$$

Cálculo de variables

$$N.R. = (30/3)*0,23 = 2 \text{ unidades}$$

$$S.S. = (30/3)*0,07 = 0,7 \approx 1 \text{ unidad}$$

$$\text{Óptimo} = (2*1) + 2 = 4 \text{ unidades}$$

$$\text{Existencia}_2 = 4 + 1 = 5 \text{ unidades}$$

$$LTC_1 = (12/30) * 3 = 1,2 \text{ meses}$$

$$LTC_2 = (5/30) * 3 = 0,5 \text{ mes}$$

Tiempos para colocación de pedidos

$$X_1 = (10 \cdot 1,2) / 11 = 1 \text{ mes}$$

$$X_2 = (3 \cdot 0,5) / 4 = 0,38 \text{ mes} \approx 11 \text{ días}$$

Interpretación de resultados

De acuerdo a los cálculos realizados, se debe colocar un pedido óptimo de 4 rodamientos, para el primer período se realiza dentro de 1 mes debido a la existencia actual, para los siguientes períodos se deben colocar los pedidos cada 11 días, debido a que el nivel de reorden se encontrara en una cantidad de 2 rodamientos, contando con un *stock* de seguridad de 1 rodamiento hasta el ingreso a bodega.

Para llevar el control de los repuestos es necesario añadir al sistema Toriflex un módulo para realización automática de todos los cálculos necesarios, para los repuestos más utilizados en las intervenciones de mantenimiento.

2.3.7.1. Stock mínimo necesario

Por medio del modelo de inventarios determinísticos se puede determinar numéricamente el *stock* de inventarios requerido, por medio de este se puede proteger la necesidad de recursos en caso de fluctuaciones en su requerimiento, satisfaciendo completamente las necesidades en determinado período de tiempo.

2.3.7.2. Períodos de renovación

Utilizando un modelo de inventarios la decisión de renovar la cantidad de repuestos e insumos se relaciona con el nivel de reorden (N.R.), representa el nivel de inventario en que se debería colocar el pedido de compra para realizar el abastecimiento.

2.3.8. Costos estimados

En la siguiente tabla se cuenta con costos por unidad de diferentes repuestos que se utilizan con regularidad, al poder recabar información sobre el comportamiento de diversos componentes se podrá realizar un estimación de costos confiable.

Tabla XXX. **Costos estimados de repuestos comunes**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Q.)	COSTO TOTAL (Q.)
Rodamientos	190	36,00	6 840,00
Portacuchillas	20	7,00	140,00
Cuchillas para porta cuchillas	40	2,05	82,00
Cuchillas para corte lateral	20	26,00	520,00
Cepillo abrasivo	4	82,00	328,00
Fusible 10x38 20 amperios	5	90,00	450,00
Fusible 14X51 40 amperios	5	145,00	725,00
Fusible 14X51 20 amperios	5	145,00	725,00
Fusible 10X38 10 amperios	5	90,00	450,00
Ruedas de teflón	4	35,00	140,00
Mesh	5 m ²	24,00	120,00
Perforador	1	335,00	335,00
Aceite Refrigerante	3 gal	3 500,00	10 500,00
Chumacera	4	600,00	2 400,00
Controles de temperatura	4	500,00	2 000,00
Sello hidráulico	4	115,00	460,00
Fajas	40	30,00	1 200,00
Carbones	4	75,00	300,00
Tornillos Allen	50	125,00	6 250,00
Regulador de presión	4	245,00	980,00
Correa dentada	3	240,00	720,00
Encoder	1	1 900,00	1 900,00
Relé óptico	3	175,00	525,00
Cilindros neumáticos	2	500,00	1,000,00
Electroválvula	3	300,00	900,00
Variador de frecuencia	1	4 950,00	4 950,00
Potenciómetro	2	180,00	360,00
Total			45 300,00

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ÁREAS PRODUCTIVAS

3.1. Diagnóstico del consumo de energía eléctrica

Como herramienta de análisis para determinar algunos de los factores que afectan en el alto consumo de energía eléctrica, se utiliza el diagrama de Ishikawa, para su realización se extrae información por medio de encuestas no estructuradas al jefe de mantenimiento, jefes de mantenimiento de área y los técnicos electricistas, además de observación directa de las instalaciones y costumbres del personal respecto a la utilización de la energía eléctrica.

Respecto a la maquinaria, se carece de un control acerca del rendimiento de los motores, así como de las instalaciones eléctricas en general, se puede encontrar cables deteriorados, cajas de distribución y tableros eléctricos en mal estado.

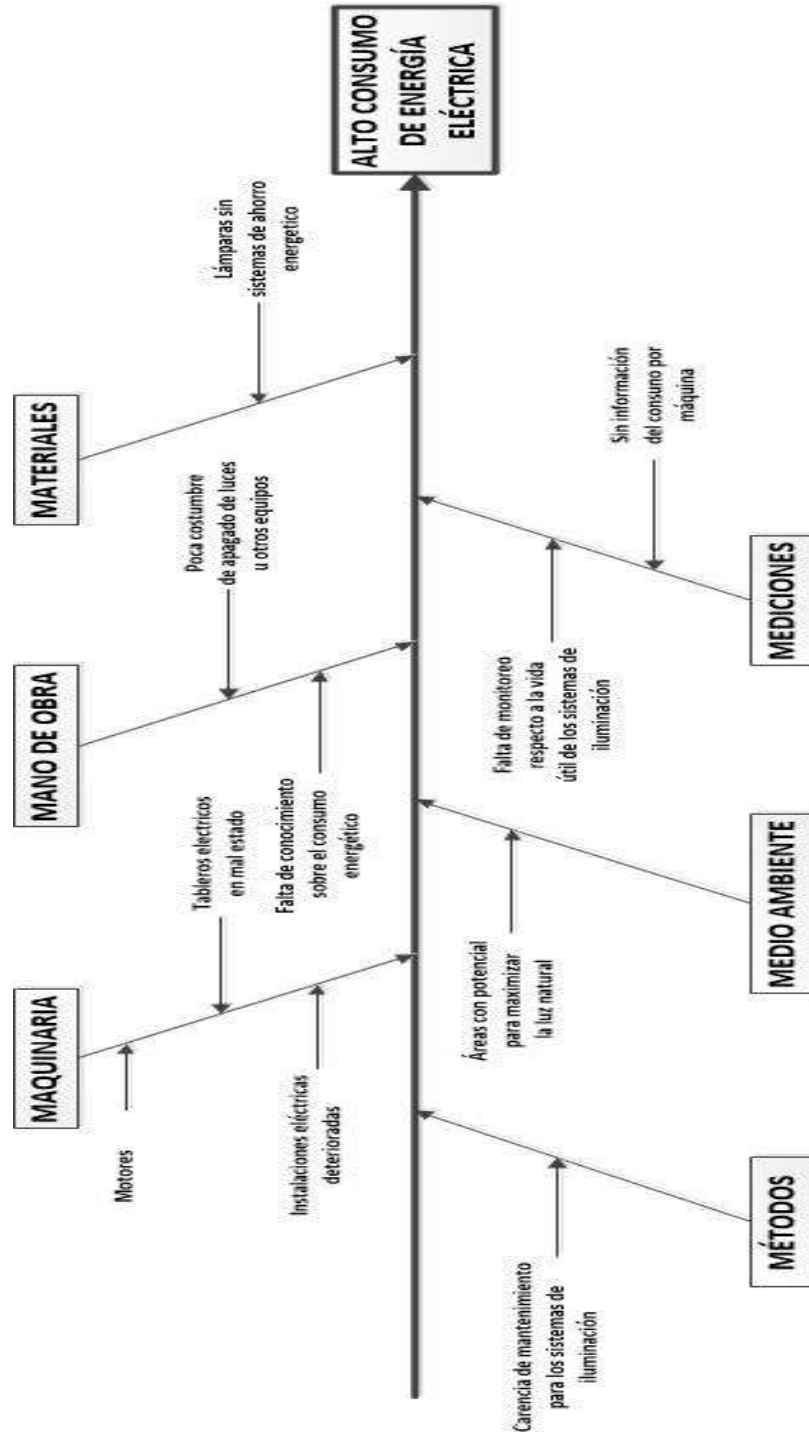
El personal juega un papel muy importante en lo referente al ahorro de energía eléctrica, muchos carecen del conocimiento acerca del impacto económico y financiero que generan con diferentes costumbres referentes al apagado de equipos de iluminación cuando no son útiles, computadoras, sistemas de aire acondicionado, desconexión de aparatos eléctricos, entre otros.

Las lámparas que se utilizan actualmente no cuentan con tecnologías de ahorro de energía eléctrica por lo que es una posibilidad alta de ahorro, los

sistemas de iluminación también carecen de trabajos de mantenimiento así como falta de monitoreo de la vida útil de cada una. En algunas áreas de trabajo existe la probabilidad de maximizar la iluminación natural, por medio de instalación de láminas traslucidas.

No se ha controlado el consumo de energía eléctrica por maquina por lo que se carece de estadísticas acerca del comportamiento de las mismas, también ha faltado la implementación de estrategias de ahorro como el cambio de alambres en mal estado, evaluación del consumo energético en motores.

Figura 36. Diagrama de Ishikawa por alto consumo de energía eléctrica



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a las causas sobre el alto consumo de energía eléctrica analizadas por medio del diagrama de Ishikawa, se determina que el consumo por iluminación es un factor a tomar en cuenta en la mayoría de las 6M, por lo que en la tabla siguiente muestra el consumo estimado respecto a iluminación en diferentes áreas, para las horas de uso se toma un valor estándar de 10 horas, que en la realidad podría variar.

Tabla XXXI. **Consumo estimado por iluminación actual**

No.	Lugar	Tipo de luminaria	No. de equipos	Luminarias por equipo	No. luminarias	W por luminaria	W subtotal	Horas de uso	Horas al mes	Kw por Mes
1	Corte	Vapor Mg.	20	1	20	400	8 000	10	300	2 400
2	Laminación	Fluorescente	11	5	55	32	1 760	10	300	528
3	Impresión	Vapor Mg.	5	1	5	400	2 000	10	300	600
4	Impresión	Fluorescente	9	5	45	32	1 440	10	300	432
5	Bodega BOPP	Vapor Mg.	9	1	9	400	3 600	10	300	1 080
6	Extrusión	Vapor Mg.	15	1	15	400	6 000	10	300	1 800
7	Materia Prima	Vapor Mg.	20	1	20	400	8 000	10	300	2 400
8	Salida MP	Vapor Mg.	3	1	3	400	1 200	10	300	360
TOTAL					172	2 464	32 000	80	2 400	9 600

Fuente: elaboración propia.

3.2. Propuesta para el uso eficiente de la energía eléctrica

Como estrategia para la optimización de costos por medio de producción más limpia, se tiene el cambio de luminarias actuales por iluminación LED, para determinar la factibilidad se inicia con una evaluación técnica para posteriormente realizar una evaluación financiera, determinando así el costo de inversión y de operación, para definir el tiempo de recuperación de la inversión.

3.2.1. Evaluación técnica

Para reducir el costo por energía eléctrica respecto a iluminación se realiza un análisis estimado del consumo implementando iluminación LED, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla XXXII. Consumo estimado por iluminación LED

No.	Lugar	Tipo de luminaria	No. de equipos	Luminarias por equipo	No. luminarias	W por luminaria	W subtotal	Horas de uso	Horas mensual	Consumo KW por Mes
1	Corte	LED	20	5	100	18	1 800	10	300	540
2	Laminación	LED	11	5	55	18	990	10	300	297
3	Impresión	LED	5	5	25	18	450	10	300	135
4	Impresión	LED	9	5	45	18	810	10	300	243
5	Bodega BOPP	LED	9	5	45	18	810	10	300	243
6	Extrusión	LED	15	5	75	18	1 350	10	300	405
7	Materia Prima	LED	20	5	100	18	1 800	10	300	540
8	Salida MP	LED	3	5	15	18	270	10	300	81
TOTAL					460	144	8 280	80	2 400	2 484

Fuente: elaboración propia.

Un factor importante a tomar en cuenta es la vida útil de las luminarias LED que equivalen a 40 000,00 horas, mientras que para las fluorescentes es de 7 000,00 horas, por lo que se cambiarían 5,7 veces.

3.2.2. Evaluación financiera

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas anteriores: consumo estimado por iluminación actual y el consumo estimado por iluminación LED, se realiza otra tabla incluyendo el ahorro estimado.

Tabla XXXIII. **Costo estimado por iluminación actual**

No.	Lugar	Consumo actual		Consumo iluminación LED		Ahorro Estimado	
		KW/Mes	Costo (Q.)	KW/Mes	Costo (Q.)	KW/Mes	Costo (Q.)
1	Corte	2 400	4 128,00	540	928,80	1 860	3 199,20
2	Laminación	528	908,16	297	510,84	231	397,32
3	Impresión	600	1 032,00	135	232,20	465	799,80
4	Impresión	432	743,04	243	417,96	189	325,08
5	Bodega BOPP	1 080	1 857,60	243	417,96	837	1 439,64
6	Extrusión	1 800	3 096,00	405	696,60	1 395	2 399,40
7	Materia Prima	2 400	4 128,00	540	928,80	1 860	3 199,20
8	Salida MP	360	619,20	81	139,32	279	479,88
TOTALES		9 600	16 512,00	2 484	4 272,48	7 116	12 239,52

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Ahorro anual estimado por iluminación**

Consumo actual anual	Q. 198 144,00
Consumo LED anual	Q. 51 269,76
Ahorro Anual	Q. 146 874,24

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Costo de la propuesta

La tabla siguiente muestra el costo asociado a la implementación de iluminación LED.

Tabla XXXV. **Costo por cambio de luminarias**

Descripción	Costo	Cantidad	Total
Luminaria LED SONEX 18W 1,20 mts.	Q. 350,00	460,00	Q. 161 000,00
Instalación	Q. 0,00		Q. 0,00
TOTAL			Q. 161 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta el valor de la inversión inicial y el ahorro anual se calcula el tiempo de recuperación de la inversión:

$$\text{Recuperación de la inversión} = \frac{Q. 161\ 000,00}{Q. 146\ 874,24} = 1,10 \text{ años}$$

De acuerdo al dato anterior el tiempo en que se recuperará la inversión por iluminación LED es de 1,10 años, equivalentes a 13 meses.

De acuerdo a los análisis realizados es una estrategia factible de ahorro de costos para la empresa.

3.2.4. Monitoreo

Para lograr un ahorro y mejora de la eficiencia energética se necesita realizar un correcto mantenimiento de los sistemas de iluminación, se propone que se realice al menos una vez por año, ejecutándose lo siguiente:

- Limpieza de la superficie de las luminarias.
- Limpieza de los reflectores.

- Inspección del cableado eléctrico.
- Inspección de la caja de flipones.

La limpieza externa se recomienda que se programe una vez por mes ya es parte de las buenas prácticas de manufactura.

Se debe llevar una estadística acerca del consumo mensual para poder realizar la comparación entre el consumo actual vs. el anterior.

4. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. CAPACITACIÓN DEL CAPITAL HUMANO

4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

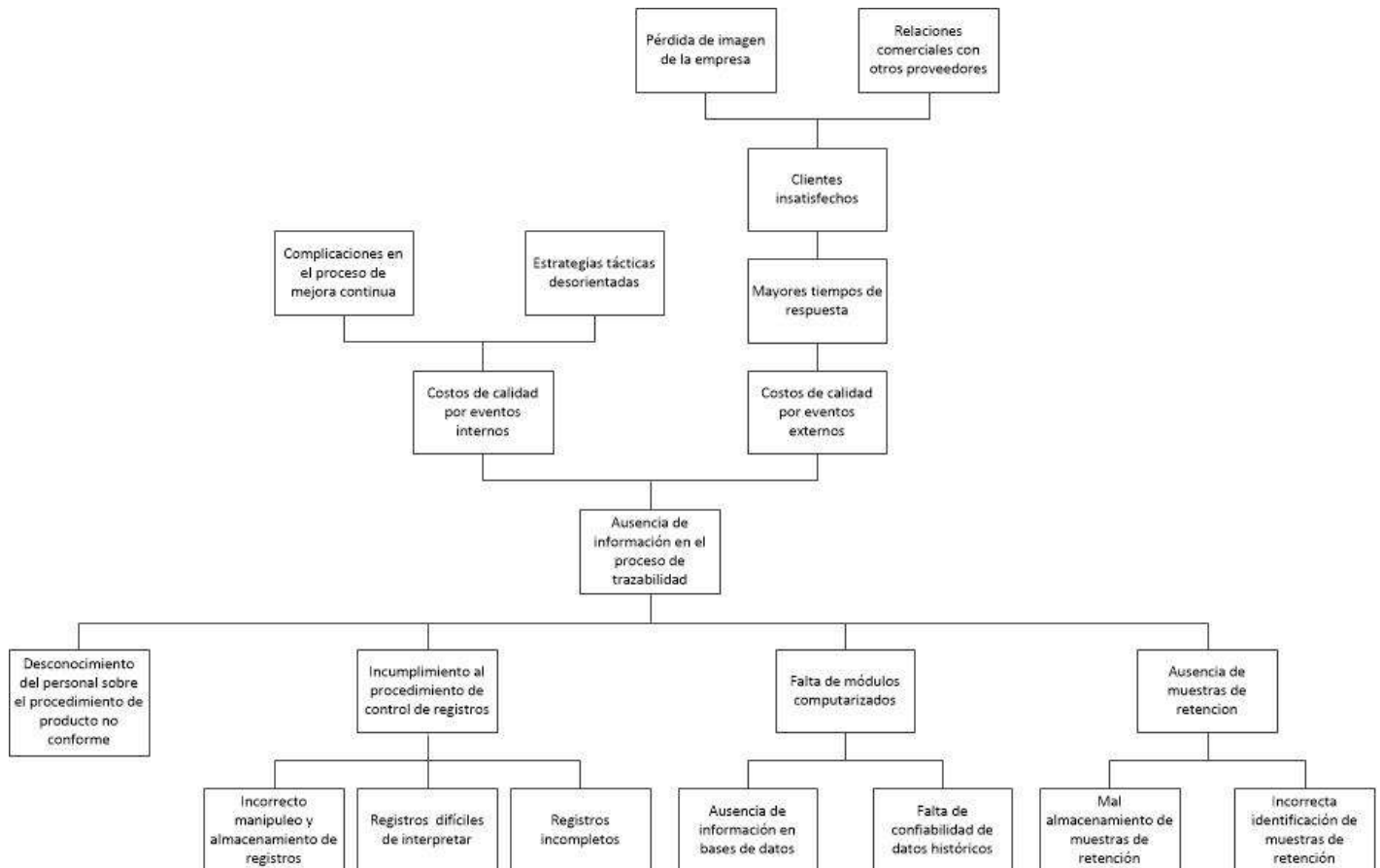
Por medio del análisis por diagrama de árbol y entrevistas no estructuradas a la gestora de calidad y jefes de calidad se pudo conocer que una cantidad considerable del personal realiza un incorrecto uso de los formatos de registros de las diferentes áreas, por ejemplo reportes de producción, requerimientos de materia prima y despacho, registros de calidad, formatos de mantenimiento, entre otros.

De acuerdo a la observación directa de varios de los formatos se detectó lo siguiente:

- No se llenan completamente los formatos, esto repercute en la trazabilidad, ya que es de suma importancia contar con toda la información en las ordenes de producción, principalmente al ocurrir rechazos internos o externos, por lo que se requiere conocer datos acerca de las materias primas utilizadas y los lotes, nombre del operador, analista de calidad, observaciones de variaciones en el proceso o en el producto final, intervenciones en máquinas.
- Muchas personas realizan el llenado de registros rápidamente, ocasionando poca legibilidad en los datos.
- Varios de los registros se encuentran sucios.

- En el llegada de los registros se encuentran tachones en la corrección de datos, esto ocasiona que se pueda interpretar que cualquier persona pueda corregir un registro de acuerdo a su conveniencia.
- Cada departamento cuenta con su forma de archivar los diferentes formatos, en algunos se carece de un orden específico, ocasionando mayor tiempo en la búsqueda de un registro, o bien la falta del mismo.

Figura 37. Diagrama de árbol, control de registros

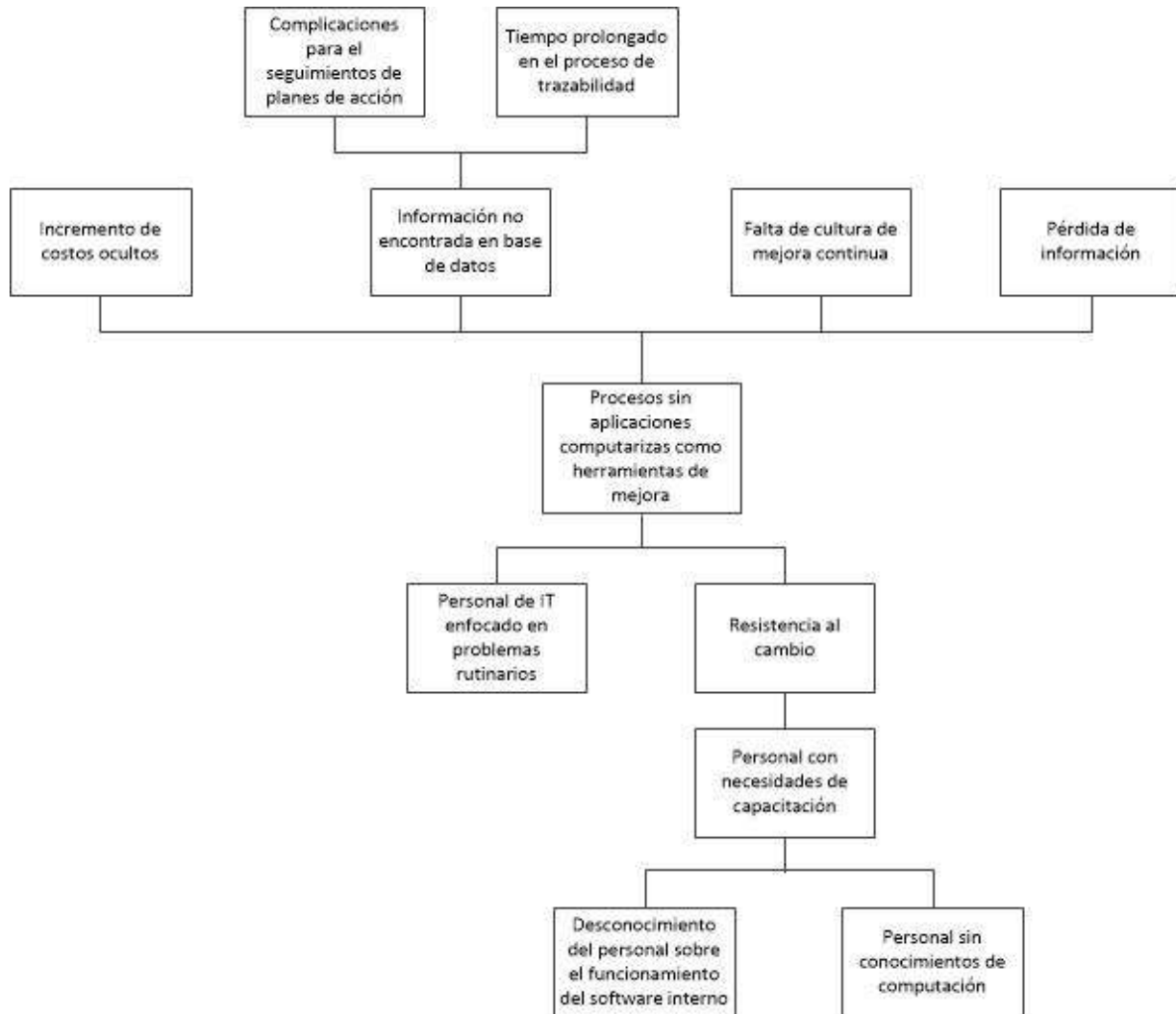


Fuente: elaboración propia.

Otra necesidad de capacitación detectada por medio de entrevistas no estructuradas al personal y por medio de análisis del diagrama de árbol, se conoce la falta de habilidad y conocimiento para la utilización del software que se ha implementado en los diferentes procesos dentro de la empresa, entre los factores que pueden influir están:

- Al crearse módulos computarizados que mejoren el desempeño actual se puede encontrar personas con cierta resistencia al cambio.
- Falta de conocimientos de computación de algunas personas.
- Cierta cantidad del personal desconoce la logística e importancia de contar con un sistema computarizado, lo que hace importante que se conozca lo básico acerca del listado maestro de productos, ordenes de trabajo, programa de producción, certificados de calidad y entrega de productos.

Figura 38. Diagrama de árbol, software interno



Fuente: elaboración propia.

4.2. Programa de capacitación

Dentro del programa se especifican las capacitaciones que se van a impartir, el objetivo a de cada capacitación, la fecha a realizarse y la duración estimada.

Tabla XXXVI. Programa de capacitación

No.	CURSO	OBJETIVO	FECHA	DURACIÓN
1	Control de registros	Garantizar la trazabilidad de todos los registros de los diferentes procesos.	10/04/2013	30 minutos
2	Software interno	Proporcionar los conocimientos de los módulos básicos que integrados en el sistema.	12/04/2013	30 minutos

Fuente: elaboración propia.

Por medio de una capacitación acerca del control de registros se busca mejorar el sistema de trazabilidad, punto fuerte de calificación en auditorías externas, ya que los clientes buscan confianza en la rastreabilidad de la información numérica o descriptiva sobre los factores que influyeron en la fabricación de sus productos, especialmente al incurrirse en algún rechazo parcial o total de algún pedido. Es necesario transmitir al personal la importancia de los registros y el impacto que generan en el proceso productivo.

Como parte de los conocimientos que se deben proporcionar al personal sobre el sistema interno, se comienza con una explicación acerca del listado maestro de productos. Este incluye todos los clientes con los que se ha tenido relación comercial y cada producto que se les ha proporcionado, cada producto cuenta con una ruta de producción, incluyendo para cada fase los parámetros de calidad, datos técnicos acerca de la producción como eficiencia estimada, porcentaje de desperdicio permitido, listado de materiales, costos estimados, entre otros. Por medio de otro módulo se puede realizar modificaciones a las órdenes de producción, actividad atribuida al departamento de planificación. Durante cada corrida de producción los analistas de calidad deben verificar los parámetros de liberación, realizando las diferentes mediciones de acuerdo al

tipo de producto, los datos obtenidos se ingresan al sistema para posteriormente ser utilizados en la impresión de un certificado de calidad que se entrega a los clientes en el despacho de sus productos.

4.3. Costos

Para impartir las capacitaciones no se requiere de una alta inversión, ya que se cuenta con un salón destinado a capacitaciones, así como de cañonera por lo que no es necesario realizar un alquiler de esta, únicamente se incurre en el costo de lapiceros, hojas tamaño carta para apuntes e impresión de material de apoyo y la evaluación acerca de los conocimientos adquiridos por lo que se cotizó el precio de un cartucho de tinta. Se incluye además el costo de referencia que tendría un capacitador externo por impartir ambas capacitaciones. En la siguiente tabla se incluye el detalle de costos para la impartición de las dos capacitaciones.

Tabla XXXVII. **Costos por capacitaciones**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TOTAL
Lapiceros	12	Q. 18,00
Hojas tamaño carta	100	Q. 10,00
Cartucho de tinta	1	Q. 150,00
Cañonera	1	Q. 0,00
Salón	1	Q. 0,00
Laptop	1	Q. 0,00
Capacitador	1	Q. 120,00
TOTAL		Q. 298,00

Fuente: elaboración propia.

4.4. Evaluación de resultados

Al finalizar cada capacitación se imparte un examen para verificar el entendimiento acerca de lo impartido, la nota final está valorada en 100 puntos, se considera un examen aprobado con una nota mayor a los 70 puntos. Se evalúan cinco aspectos de acuerdo al criterio del evaluador, con notas escalonadas desde 0 hasta 20 puntos.

Figura 39. Examen de evaluación de resultados

EXAMEN DE VERIFICACIÓN DE CONOCIMIENTOS		
Curso:		
Nombre del colaborador:		
Área a la que pertenece:		
Puesto:		
Evaluador:		
INSTRUCCIONES:		
La nota final está valorada en 100 puntos, con una nota mínima de aprobación de 70 puntos. Llene la casilla a la par de cada conocimiento a evaluar de acuerdo a su criterio, con la siguiente numeración:		
20: Entiende totalmente el tema como para capacitar a otra persona.		
15: Entiende totalmente el tema		
10: Aún necesita ayuda, entiende parcialmente		
05: Para entender necesita ayuda constante		
00: No entiende el tema		
No.	Conocimientos a evaluar	Nota
1		
2		
3		
4		
5		
RESULTADO FINAL		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La rutina de mantenimiento se programó de acuerdo a una periodicidad, semanal, mensual, semestral y anual, especificando para cada actividad a realizarse el responsable de la ejecución.
2. Se desarrolló una ficha general de lubricación de los equipos de coextrusión, que permite revisar los puntos a lubricar, la grasa o aceite a aplicarse y la periodicidad en que se debe ejecutar cada actividad.
3. Actualmente las actividades de mantenimiento se orientan a la corrección de fallas, por lo que es necesario incorporar a los programas de producción fechas establecidas para la realización de mantenimiento preventivo, de esta forma no se comprometerán las fechas de entrega, se podrá organizar los recursos necesarios: personal operativo y técnicos de mantenimiento, herramientas, repuestos, lubricantes.
4. Entre las propuestas realizadas para mejorar la gestión de las actividades de mantenimiento se encuentra la incorporación de indicadores financieros para el análisis de los costos atribuidos a trabajos por mantenimiento, llevar un historial de fallas detallando la zona afectada de la maquinaria, contar con una bitácora de trabajos pendientes para la programación de mantenimientos correctivos planificados, previo a la realización del mantenimiento preventivo llenar un formato de barrido de defectos, incorporar al personal operativo en actividades de mantenimiento que no requieran procedimientos complejos.

5. Debido a la alta cantidad y diversidad de recursos utilizados en las diferentes áreas, es necesario incorporar un modelo de control de inventarios, desarrollando un módulo en el sistema Toriflex, programa utilizado por la empresa, esto permitiría un control detallado del consumo de repuestos e insumos y permitiría definir las fechas de solicitud de compra evitando quedar sin existencia.
6. Para realizar una reducción del consumo de energía eléctrica por iluminación se requiere una inversión estimada de Q. 161 000,00 necesitando de 13 meses para la recuperación de la inversión, toda estrategia de producción más limpia conlleva a realizar una inversión alta en un inicio pero genera grandes ahorros de corto a mediano plazo.
7. Se creó un plan de capacitación incluyendo el manejo del software interno y acerca del control de registros, el análisis previo se realizó por medio de encuestas no estructuradas y por la herramienta del diagrama de árbol.

RECOMENDACIONES

1. Al gerente de producción y jefe de mantenimiento: los intervalos de tiempo recomendados para desarrollar el mantenimiento podría variar, buscando el mejor acuerdo con el personal de producción para no afectar el programa debido a paros recurrentes, siempre tomando en consideración los puntos críticos que no se deben descuidar en la rutina de mantenimiento.
2. Al jefe de mantenimiento: es necesario realizar correctamente la lubricación de los componentes mecánicos, con ello se reducirá la probabilidad de fallas y el desgaste prematuro de las piezas que se encuentren en contacto
3. Al gerente de producción: involucrando al personal de producción con el mantenimiento operativo por medio de instructivos estandarizados ayudaría ampliamente a mejorar los indicadores de producción y mantenimiento, así como el incremento de la vida útil de los diferentes componentes de máquina.
4. Al gerente de IT y jefe de mantenimiento: reorganizar y controlar las diferentes actividades de mantenimiento por medio de herramientas computarizadas, con ello la toma de decisiones de basará de acuerdo a datos numéricos para que los planes de acción se realicen de una manera mejor focalizada.

5. Al jefe de mantenimiento: determinando la cantidad óptima de inventario de repuestos e insumos se puede reducir el tiempo de realización del mantenimiento correctivo, en lo referente a componentes críticos se debe evaluar el costo en el que se incurre para evitar costos almacenados.
6. Al jefe de ingeniería de optimización: una cultura personal enfocada en el ahorro energético puede contribuir a la reducción de costos por medio de la correcta utilización de los sistemas de aire acondicionado, computadoras y distintos aparatos eléctricos.
7. A la gerente de Recursos Humanos: el recurso humano es el más importante dentro de una organización por lo que cada departamento debería enfocarse en mejorar continuamente los conocimientos y destrezas de sus colaboradores, ya que con ello se podría mejorar los resultados globales.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRANZA GUZMÁN, Lenin Rafael. *Programa de operación y mantenimiento de extrusoras, para la manufactura de bobina plástica a base de polietileno*. Trabajo de graduación Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 113 p.
2. COY CATÚ, Julio César. *Diseño de una programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y mejora del sistema de extracción de vapores inflamables, en la empresa Transproductos, S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 234 p.
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. Venezuela: Mc Graw-Hill, 2005. 458 p.
4. GARCÍA MÉNDEZ, Juan José; VELÁSQUEZ, José María. *Plan de mantenimiento preventivo para Proaces*. Trabajo de graduación Ing. Mecánica. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2007. 186 p.
5. HELLRIEGEL, Don, E.; JACKSON, Susan; W. SLOCUM, John. *Administración, un enfoque basado en competencias*. 11a ed. México: Cengage Learning, 2009. 627 p.

6. Luigi Bandera, *Manual de fabricante coextrusora Bandera*, Italia: Luigi Bandera, 2006.
7. MONDY, R. Wayne. *Administración de recursos humanos*. 11a ed. México: Pearson Educación, 2010. 491 p.
8. POSADA, Enrique. *Guía de buenas prácticas de uso racional de la energía en el sector de las pequeñas y medianas empresas*. Colombia: Clave, 2002. 82 p.
9. Windmoller & Holscher, *Manual de fabricante coextrusora modelo Varex*, Alemania: Windmoller & Holscher, 2008.
10. Windmoller & Holscher, *Manual de fabricante embobinador Filmatic*, Alemania: Windmoller & Holscher, 2008.