

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE
EXTRUSIÓN E IMPRESIÓN EN PLASTILENE S.A.

EDWIN RODRÍGUEZ CACHAYA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2008

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE
EXTRUSIÓN E IMPRESIÓN EN PLASTILENE S.A.

EDWIN RODRÍGUEZ CACHAYA

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en gerencia de mantenimiento

Director: Gabriel Jaramillo
Especialista en administración de negocios

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2008

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. PLASTILENE S.A.	3
1.1 CONTEXTO EMPRESARIAL	3
1.1.1 Misión	4
1.1.2 Visión	4
1.1.3 Directrices de gestión	4
1.1.4 Análisis interno y externo	4
1.1.5 Análisis sectorial	7
1.1.6 Estrategia	8
1.2 PROCESO PRODUCTIVO	10
1.2.1 Extrusión de película soplada	10
1.2.2 Impresión flexográfica	16
1.3 FUNCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	22
1.3.1 Descripción general de mantenimiento	22
1.3.2 Políticas y criterios de mantenimiento	25

1.3.3	Equipos	26
1.3.4	Indicadores de mantenimiento	27
2.	CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	32
2.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	32
2.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	34
2.2.1	Objetivos del mantenimiento preventivo	34
2.2.2	Ventajas del preventivo	36
2.2.3	Desventajas	37
2.2.4	Pasos para la implementación	37
3.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLASTILENE	43
3.1	MODELO DE MANTENIMIENTO	43
3.1.1	Objetivo del mantenimiento preventivo	44
3.1.2	Información manejada en el modelo de mantenimiento	44
3.2	CRITICIDAD DE EQUIPOS	47
3.2.1	Extrusión	47
3.2.2	Impresión	53
3.3	TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	53
3.3.1	Tareas generales por proceso	54
3.3.2	Tareas específicas	56

3.3.3	Metodología para la solicitud del servicio de mantenimiento	65
3.4	PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO	66
3.4.1	Criterios de planeación	68
3.4.2	Flujo de la orden de trabajo	69
3.4.3	Niveles de autonomía en la planeación	70
3.4.4	Funciones del planeador de mantenimiento	71
3.5	SISTEMA DE INFORMACIÓN	72
3.5.1	Manejo de la información	72
3.5.2	Indicadores de gestión	78
3.6	INVENTARIOS Y COSTOS	80
3.7	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	84
4.	CONCLUSIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Estrategia corporativa	9
Figura 2. Despliegue de la estrategia, precios y costos competitivos	9
Figura 3. Diagrama del proceso de extrusión de película soplada	11
Figura 4. Zonas de un tornillo de extrusión	12
Figura 5. Sistema de estabilización con rodillos de teflón	13
Figura 6. Embobinador con corte automático	15
Figura 7. Elementos en la impresión con sello de caucho	17
Figura 8. Impresión flexográfica con rodillos	18
Figura 9. Impresora en línea, con capacidad para cuatro colores	21
Figura 10. Organigrama de mantenimiento	23
Figura 11. Flujo de la operación de mantenimiento	25
Figura 12. Ejemplo de indicadores de mantenimiento	27
Figura 13. Tiempo medio entre fallas en minutos para extrusión en 2007	28
Figura 14. Tiempo por reparación en minutos para extrusión en 2007	28
Figura 15. Flujo de programación de la orden de trabajo	39

Figura 16. Sistema de mantenimiento preventivo	43
Figura 17. Modelo de mantenimiento preventivo	44
Figura 18. Factor de criticidad para la frecuencia de falla considerado para la extrusora 1	50
Figura 19. Factor de criticidad para el impacto operacional considerado para la extrusora 1	50
Figura 20. Factor de criticidad para la flexibilidad operacional considerado para la extrusora 1	50
Figura 21. Factor de criticidad para el costo de mantenimiento considerado para la extrusora 1	51
Figura 22. Factor de criticidad para el efecto al ambiente y la seguridad considerado para la extrusora 1	51
Figura 23. Criticidad total para la extrusora 1	52
Figura 24. Tareas de lubricación para el grupo extrusor extrusora 1	57
Figura 25. Tareas de lubricación para el cabezal extrusora 1	58
Figura 26. Tareas de lubricación para el estabilizador de burbuja 1	59
Figura 27. Guía poligonal de segmentos extrusora 1	59
Figura 28. Tareas de lubricación para el halador extrusora 1	60
Figura 29. Tareas de lubricación para el embobinador extrusora 1	61
Figura 30. Tareas de lubricación complementarias para el embobinador extrusora 1	62

Figura 31. Tareas de lubricación para el halador Extrusoras 2 y 9	63
Figura 32. Tareas de lubricación para el embobinador Extrusoras 2 y 9	64
Figura 33. Reporte de daños de mantenimiento	66
Figura 34. Organigrama de mantenimiento, implementando planeación	67
Figura 35. Flujo de la orden de trabajo en mantenimiento	70
Figura 36. Diseño general sistema de información	73
Figura 37. Creación orden de trabajo para rectificar rodillos haladores	74
Figura 38. Orden de trabajo para rectificar rodillos haladores	75
Figura 39. Actividades de la orden de trabajo, rectificar rodillos haladores	76
Figura 40. Programación de órdenes de trabajo de mantenimiento	77
Figura 41. Cierre de una orden de trabajo	78

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Datos técnicos para equipos de extrusión	15
Tabla 2. Datos técnicos para equipos de impresión HYPLAS	22
Tabla 3. Capacidad de equipos en la planta de extrusión e impresión	26
Tabla 4. Datos almacenados a partir de los reportes de daño	29
Tabla 5. Minutos de trabajos de mantenimiento 2007	31
Tabla 6. Factor de criticidad para la frecuencia de fallas	48
Tabla 7. Factor de criticidad según el impacto operacional	48
Tabla 8. Factor de criticidad según la flexibilidad operacional	48
Tabla 9. Factor de criticidad según el costo del mantenimiento	49
Tabla 10. Factor de criticidad según el impacto ambiental y de seguridad	49
Tabla 11. Criticidad calculada para los equipos de extrusión	52
Tabla 12. Criticidad asignada para los equipos de impresión	53
Tabla 13. Tareas generales de mantenimiento para extrusión	54
Tabla 14. Tareas generales de mantenimiento para impresión	55
Tabla 15. Tareas de mantenimiento Extrusora 1	54

Tabla 16. Relaciones de autonomía para la planeación de trabajos de mantenimiento	71
Tabla 17. Repuestos a manejar en el inventario	81
Tabla 18. Comparación de costos con preventivo y correctivo	83
Tabla 18. Plan de mantenimiento preventivo	85

RESUMEN

TÍTULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PLANTA DE EXTRUSIÓN E IMPRESIÓN EN PLASTILENE S.A. *

AUTOR: EDWIN RODRÍGUEZ CACHAYA**

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA, IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA, CRITICIDAD DE EQUIPOS, FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO: Este trabajo se enfoca en la definición del modelo de mantenimiento preventivo para una empresa del sector de transformación del plástico con procesos de producción continua. El modelo se enfoca en el mantenimiento preventivo debido a la situación actual del mantenimiento dirigido principalmente por las actividades de carácter correctivo. Se muestra una breve descripción del proceso de extrusión de película soplada de polietileno, así como la fundamentación básica de la impresión flexográfica, un análisis de criticidad de los equipos presentes en la planta, las actividades de mantenimiento detalladas de los equipos definidos como críticos, el modelo desarrollado para la gestión del mantenimiento y el plan de mantenimiento preventivo.

Como base del trabajo del mantenimiento preventivo, se maneja la labor de planeación y programación, organizando las actividades del personal operativo del área, garantizando la existencia de los recursos necesarios para la realización de las tareas programadas, coordinando la llegada de repuestos y servicios externos, todo en búsqueda de un flujo de trabajo sin complicaciones que permita lograr la efectividad en la ejecución, a través de un seguimiento posterior al cumplimiento para identificar los aspectos que permitan mantener un proceso de mejora.

La implementación del modelo básico presentado en éste trabajo es el inicio del proceso que lleve a mejorar considerablemente la función del área del mantenimiento y por tanto, mantener a la compañía (o evitar que se aleje) en los niveles de competitividad que el mercado actual exige.

*Monografía

** Facultad de ingenierías Físico Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director Gabriel Jaramillo, Ingeniero Químico.

ABSTRACT

TITLE: PLAN PLAN OF PREVENTIVE MAINTENANCE FOR EXTRUSION AND PRINTING PLANT IN PLASTILENE S.A. *

AUTHOR: EDWIN RODRIGUEZ CACHAYA **

KEY WORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, BLOWN FILM EXTRUSION, FLEXOGRAPHIC PRINTING, CRITICAL EQUIPMENT, FREQUENCY BASED MAINTENANCE.

SUBJECT OR DESCRIPTION: This paper focuses on the definition of the model of preventive maintenance to a company's plastics processing sector with continuous production processes. It focuses model based on the preventive due to the current state of maintenance was conducted primarily by the activities of corrective nature. It displays a brief description of blown film extrusion process of polyethylene film, as well as the basics of the flexographic printing process, an analysis of criticality of the equipment on the ground, keeping activities detailed teams defined as critical, model developed for the management of maintenance and preventive maintenance plan.

As a basis of the work of preventive maintenance is handled the work planning and scheduling, organizing activities staff operating in the area, making sure that there are the resources needed to carry out the tasks programmed, coordinating the arrival of spare parts and outsourcing, all in search of a workflow smoothly to ensure the effectiveness in the implementation, through a subsequent monitoring compliance to identify areas to maintain a process of improvement.

The implementation of the basic model presented in this work is the beginning of the process leading to significantly improve the function of the area of maintenance and thus keep the company (or prevent it from being removed) in the levels of competitiveness than the current market demands.

*Monograph

** School of Mechanical engineering. Maintenance management specialization. Director: Gabriel Jaramillo, Chemical Engineer.

INTRODUCCIÓN

La función del mantenimiento en las empresas del sector productivo es uno de los elementos impactantes en los resultados, debido a la influencia directa de la gestión del mismo sobre los tiempos muertos para el área de producción, la entrega oportuna y con calidad a los clientes y los costos asociados a los trabajos e inventarios de repuestos.

Así, debido a la agresividad del mercado actual, el hecho de tener un departamento o una función de mantenimiento organizada y eficaz deja de ser una ventaja y se convierte en una necesidad básica del funcionamiento de toda la organización, que de no existir puede afectar la competitividad de la compañía.

Es por esto, que para el caso de PLASTILENE S.A. se define que el modelo de mantenimiento a utilizar es el preventivo, ya que el estado actual sigue un comportamiento basado en el correctivo.

En los procesos de producción de carácter continuo como la extrusión de película soplada es determinante el número de paradas realizadas en la fabricación, bien sea por la programación de algún tipo de trabajo de mantenimiento o por la parada ocasionada por una falla inesperada, es así que se debe manejar un criterio adecuado en la definición y ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo para que al ser planeadas no excedan la expectativa de productividad establecida por la compañía.

Este proyecto trata del trazado de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos productivos en los procesos de extrusión e impresión para PLASTILENE S.A.

Los pasos para llegar al mantenimiento preventivo son: ordenar la información disponible, crear rutinas de mantenimiento y crear la cultura en la organización del trabajo de mantenimiento planeado y organizado, también es necesario almacenar la información que se genera, para poder llevar un grupo de indicadores que permitan tomar acciones y decisiones dentro del marco de mejora continua.

Se espera que con la implementación concienzuda del mantenimiento preventivo, las fallas de los equipos productivos se vean reducidas, que las entregas y la relación con los clientes se mantengan en los mejores términos y que el ambiente de trabajo para todas las personas de la organización sea mucho mejor, al reducir los efectos de equipos fuera de operación en momentos inadecuados.

1. PLASTILENE S.A.

1.1 CONTEXTO EMPRESARIAL

Fundada en 1957, PLASTILENE S.A. se consolida como una de las empresas del sector plástico de mayor trayectoria en Latinoamérica.

Organización colombiana, fabricante de películas flexibles de polietileno (impresas y sin impresión), diseñadas para generar soluciones de empaque, envase y protección para la industria, el agro y la construcción.

Atiende tres segmentos de la economía: la industria, el agro y el comercio. Durante las últimas décadas se han estudiado las necesidades de los mercados que conforman estos segmentos y como resultado se han obtenido desarrollos importantes para cada uso.

La división industrial se especializa en buscar soluciones para aquellas empresas productoras o procesadoras que requieran empaques flexibles para proteger, empacar o envasar sus productos; por esta razón este tipo de material generalmente requiere unas especificaciones físicas y de impresión muy particulares que varían de una empresa a otra y de un producto a otro.

La división agrícola tiene dos responsabilidades básicas, por un lado trabaja en llave con un canal muy selecto de comercializadores de películas plásticas que a su vez atienden a los consumidores finales que utilizan este material para el campo, la construcción, el hogar, etc. de otra parte la división

agrícola genera soluciones para el agro, principalmente en el tema de invernaderos, geomembranas, acolchados y biodigestores.

1.1.1 Misión. Somos extrusores de películas flexibles.

1.1.2 Visión. Tenemos que ser los líderes en ventas y desarrollos en los mercados en que participemos.

1.1.3 Directrices de gestión.

- Continuamente crear nuevos productos y mejorar los existentes
- Ofrecer la mejor combinación entre desempeño y precio
- Entregar productos conformes y a tiempo
- Buscar la mejora continua en la eficiencia y costos de nuestra operación.
- Optimizar la rentabilidad y solidez financiera.
- Mantener un continuo crecimiento en ventas.
- Trabajar en un ambiente respetuoso, seguro y de continuo crecimiento personal y familiar.

1.1.4 Análisis interno y externo. Los elementos del análisis interno, a partir del estudio de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, se presenta a continuación.

- Fortalezas.
- ◆ Negociación corporativa de materias primas.
- ◆ Impresión en línea a una cara.

- ◆ Sistema de gestión y certificación ISO9001 y certificación para el proceso de desarrollos.
 - ◆ Pertenencia al grupo Plastilene (Economías de escala, Know How corporativo, etc.).
 - ◆ Soporte técnico, servicio postventa y servicio al cliente.
- Debilidades.
 - ◆ Sistemas de información.
 - ◆ Proceso de desarrollo y muestras lento.
 - ◆ Logística de producto en proceso y terminado.
 - ◆ Sistemas para el monitoreo y control de las eficiencias.
 - ◆ Sistemas de costeo y cotización.
 - ◆ Capacitación del personal, especialmente extrusión.
 - ◆ Autonomía y tecnología de impresión.
 - ◆ Impresión en línea a 4 tintas y 2 caras.
- Oportunidades.
 - ◆ Diversificación y desarrollo en papel sintético, biodegradables, formulaciones más económicas, Incorporación de ayudas de proceso.
 - ◆ Película para enfardado.
 - ◆ Crecimiento de los clientes de autoservicios.
 - ◆ Baja participación en el segmento de industria y empaque secundario.
 - ◆ Reciclene (empresa perteneciente al grupo empresarial) como proveedor de aditivos.

- Amenazas.
 - ◆ Alta dependencia del costo de las materias primas.
 - ◆ Inestabilidad de la tasa de cambio
 - ◆ Inestabilidad en el precio internacional de las materias primas: Dependencia del petróleo y crecimiento de la demanda - China y USA.
 - ◆ Riesgo de productos sustitutos o concurrentes por altos precios de MP o presiones ambientalistas: Plásticos 100% biodegradables, empaques reutilizables, genéricos chinos.
 - ◆ Alto poder de negociación de los compradores (Muchos competidores pocos compradores, productos poco diferenciados y de poco impacto para la calidad de los clientes).
 - ◆ Incremento del poder de negociación de los autoservicio debido a las fusiones.
 - ◆ Alta concentración del mercado de autoservicios. Dependencia de 1 o 2 clientes estrella.
 - ◆ Inestabilidad en el servicio de energía para el sector.
 - ◆ Alta rivalidad y competencia intensa por la gran cantidad y baja concentración de competidores y los bajos niveles de crecimiento y rentabilidad del sector
 - ◆ Bajas barreras de entrada para nuevos competidores, salvo las naturales (Capacidad de inversión y curva de aprendizaje). No hay barrera de entrada de nuevos competidores por las economías de escala debido al bajo componente de costo fijos.

1.1.5 Análisis sectorial. Para el análisis externo de la compañía, se analizan los aspectos de los proveedores, clientes, competidores y productos sustitutos.

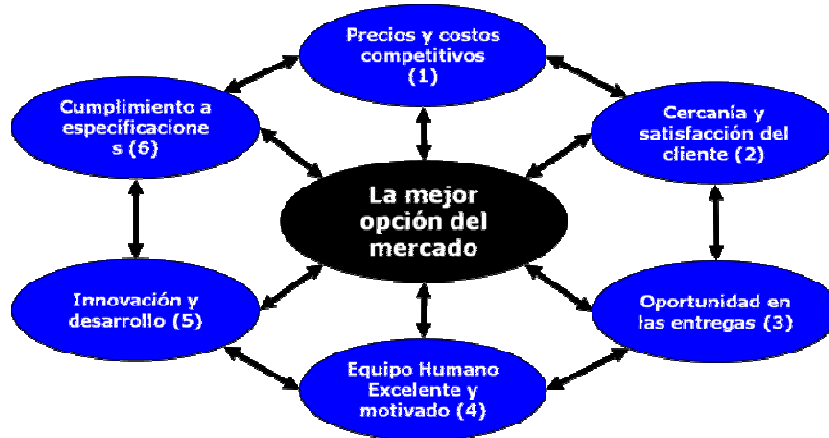
- Proveedores.
 - ◆ Negociación corporativa de materias primas.
 - ◆ Alta dependencia del costo de las materias primas e inestabilidad en su precio internacional por la dependencia del petróleo y crecimiento de la demanda - China y USA.
 - ◆ Reciclene como proveedor de másteres y aditivos
 - ◆ Necesidad del control constante de calidad y especificaciones para másteres y aditivos.
 - ◆ No hay riesgos ni capacidad de integración vertical por parte de los proveedores.

- Clientes.
 - ◆ Escenario de alta competencia, crecimiento y fusiones en los principales clientes del mercado de autoservicios.
 - ◆ Alto poder de negociación de los compradores (Muchos competidores pocos compradores, productos poco diferenciados y de poco impacto para la calidad de los clientes)
 - ◆ Incremento del poder de negociación de los autoservicios debido a las fusiones.
 - ◆ Alta concentración del mercado de autoservicios. Dependencia de 1 o 2 clientes estrella.
 - ◆ Alta presión de los costos internos del material de empaque en los almacenes de cadena.
 - ◆ Material de empaque como insumo crítico para la operación de los clientes.

- ◆ No hay riesgos ni capacidad de integración vertical por parte de los clientes.
- Competidores actuales.
 - ◆ Alta rivalidad y competencia intensa por la gran cantidad y baja concentración de competidores y los bajos niveles de crecimiento y rentabilidad del sector.
 - ◆ Productos con baja diferenciación y bajos costos de sustitución.
 - ◆ La inestabilidad en el precio de materias primas afecta a todos los competidores, alto componente de costos fijos por tanto el factor diferenciador es la eficiencia en el manejo de los costos fijos.
- Competidores nuevos.
 - ◆ Bajas barreras de entrada para nuevos competidores, salvo las naturales (capacidad de inversión y curva de aprendizaje). No hay barrera de entrada por canales de distribución.
 - ◆ Estructura de canales de distribución simple.
- Productos sustitutos.
 - ◆ Polímeros 100% biodegradables.
 - ◆ Empaques reutilizables.

1.1.6 Estrategia. La conducta estratégica de la compañía se puede resumir en el diagrama presentado a continuación. (Figura 1)

Figura 1. Estrategia corporativa.



El mantenimiento de la compañía, se encuentra ubicado en el primer punto de la conducta estratégica, referente a los costos y precios de nivel competitivo, a continuación se puede ver el despliegue donde se encuentra ubicado el desempeño del área de mantenimiento. (Figura 2)

Figura 2. Despliegue de la estrategia, precios y costos competitivos.



1.2 PROCESO PRODUCTIVO

1.2.1 Extrusión de película soplada. La extrusión de película soplada es un proceso de transformación del polietileno de baja o alta densidad y otras materias primas de una presentación en **pellets** (granos) a unos rollos de lámina flexible de muy bajo espesor (0.3 a 1 milésimas de pulgada).

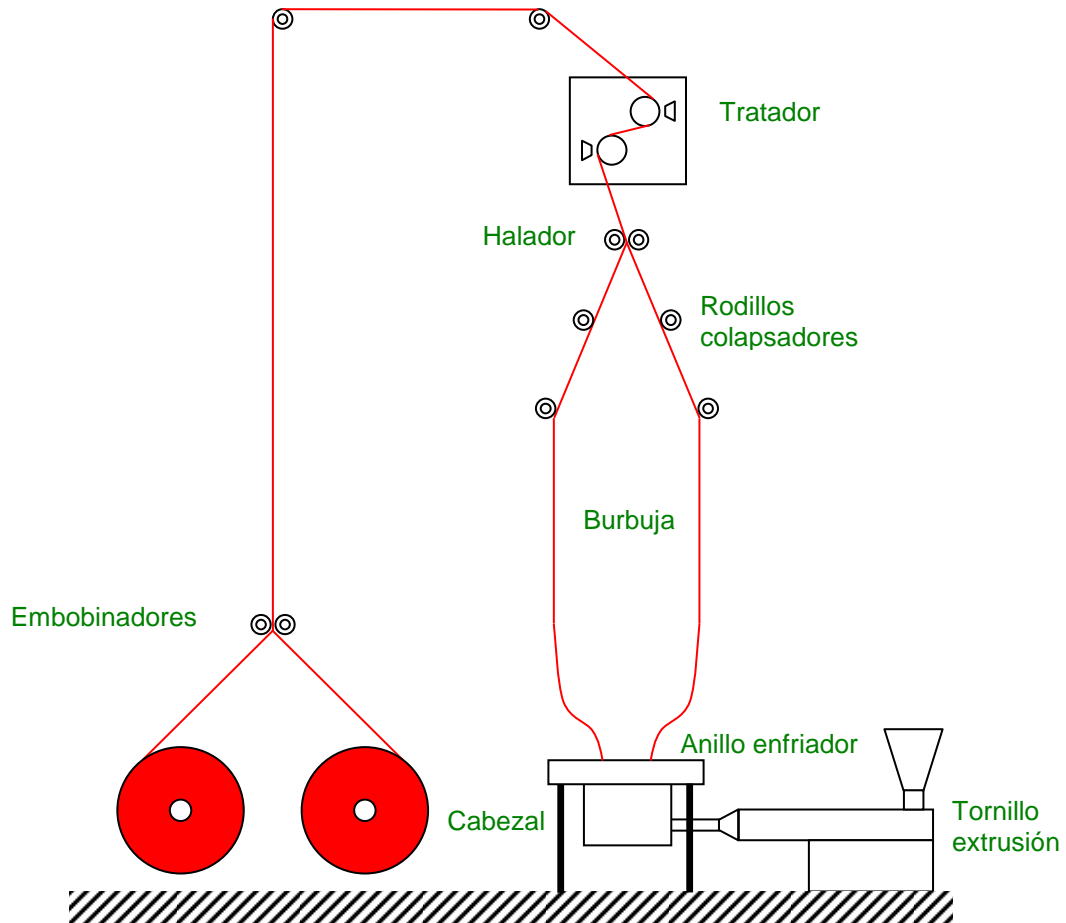
Para realizar esta transformación, es necesario aplicar presión y temperatura hasta lograr la fusión de las materias primas en la zona del tornillo de extrusión, para luego ser conducidas a través de un conducto de salida en forma de anillo denominado cabezal en el cual el material se encuentra en una forma pastosa.

Posteriormente se encuentra la zona de burbuja, formada por el material en solidificación que ha salido del cabezal, en la cual se encierra un volumen constante de aire que determina el ancho final del producto. En esta zona también se determina el espesor del material, a través de la velocidad de halado. (Figura 3)

El material producido es colapsado posteriormente a través de unos rodillos colapsadores, que convierten la sección transversal de circular a plana, con el fin de lograr almacenar el material en forma de rollos.

Por último están las zonas de tratamiento corona y de embobinado, de las cuales se obtienen los rollos de material.

Figura 3. Diagrama del proceso de extrusión de película soplada.



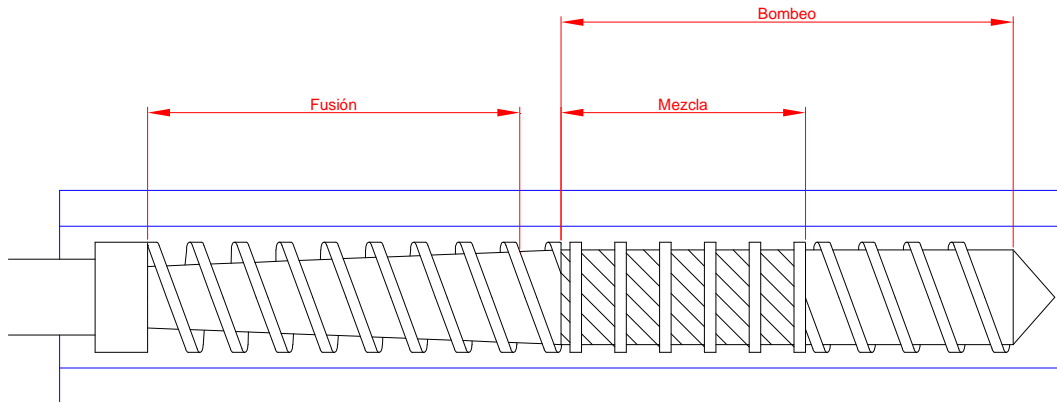
- **Tornillo de extrusión.** Es el sistema encargado de la fusión, homogenización y bombeo hacia el cabezal del material procesado, consta básicamente de un eje con una rosca helicoidal en su periferia, que gira en el interior de un barril en el cual se realizan las funciones de extrusión.

La geometría del diámetro interior del tornillo y el paso de la hélice varían según la función de la zona del tornillo, las principales zonas son: fusión, bombeo, mezcla y desgasificación. (Figura 4)

La presión normal en los procesos de extrusión está alrededor de 400 bar, mientras que el diámetro de los tornillos varía desde 47 a 80 mm con una

producción de 29 a 180 Kg/h. Los perfiles de temperatura en las diferentes zonas están alrededor de 190°C y varían aproximadamente 5°C.

Figura 4. Zonas de un tornillo de extrusión.



- **Cabezal.** Su función principal es recibir el material fundido del tornillo de extrusión y darle la forma anular para la conformación de la burbuja. Tiene incluido un sistema de filtro removible (mecánico o hidráulico) antes del ingreso al cabezal con el fin de retener cualquier posible contaminación externa o discontinuidades en el mezclado que afectan el producto final. En extrusiones multicapa, este sistema se vuelve complejo ya que cada capa de extrusión es concéntrica a las demás. Los diámetros de los cabezales pueden variar para la planta de Plastilene desde 70 a 170 mm, en la zona de calentamiento se pueden alcanzar presiones de 450 bar y temperaturas de 190 °C
- **Anillo de enfriamiento.** Proporciona un flujo uniforme de aire al material a la salida del cabezal con el fin de acelerar la solidificación, este enfriamiento influye fuertemente en el espesor uniforme en toda la circunferencia del material extruido y en la velocidad del proceso. La temperatura del flujo de aire oscila entre 15 y 25°C, dependiendo de las condiciones ambientales.

También existe un sistema de enfriamiento y recirculación del aire interno de la burbuja, que evita el calentamiento progresivo del interior debido a la transferencia de calor con el material solidificado durante el proceso.

- Sistema de estabilización. Ya que la burbuja se apoya sobre una base de material líquido, es posible que esta se desplace lateralmente ocasionando variación en el espesor e inestabilidad en el proceso, especialmente cuando el diámetro de la burbuja es grande (1 a 1.2 metros) y el espesor bajo (0.3 milésima de pulgada). Por lo tanto se usa un sistema de estabilización justo encima de la línea de enfriamiento consistente en unos pequeños rodillos de teflón que rodean la burbuja e impiden su desplazamiento lateral. El contacto de estos rodillos con el material caliente puede ocasionar defectos superficiales en la película. (Figura 5)

Figura 5. Sistema de estabilización con rodillos de teflón.



- Rodillos colapsadores. Se encargan de convertir la sección transversal circular que sale del cabezal en una sección plana a través de un juego de rodillos de teflón, metal o tablas de madera. El ángulo en el cual se realiza la

transición influye en la presencia de arrugas en el material. En este conjunto se pueden incluir unos colapsadores laterales que sirven como creadores de fuelle, disposición que permite reducir el tamaño de un rollo de material ancho para su almacenamiento y transporte.

- Halador. Es un conjunto de dos rodillos paralelos que se encargan de tirar de la película a una velocidad constante, el diferencial de velocidad entre la salida del material en el cabezal y el halado de estos rodillos determina el espesor final de la película fabricada. El contacto de estos rodillos crea el sello superior para el aire en el interior de la burbuja, evitando que haya variación en el ancho del producto final, por pérdidas y cambio en la dimensión de la burbuja. Existen haladores que rotan en conjunto con el colapsador alrededor del eje longitudinal de la burbuja haciéndola girar con el fin de crear un esfuerzo cortante en la zona líquida de material para igualar los espesores de la película fabricada. El conjunto halador llega a unas velocidades lineales de película de 70 m/min.

- Tratador. El polietileno de baja densidad es un material no polar, por lo cual los materiales polares de cuales están compuestas las tintas de impresión no se adhieren fácilmente a su superficie. Debido a esto es necesario dar polaridad a la superficie del polietileno a través de la oxidación de la superficie con ozono creado ionizando el aire circundante en la unidad de tratamiento, a través de una descarga eléctrica continua. El nivel de tratamiento y la composición de la película influyen en la duración del tratamiento y por ende, de la impresión realizada posteriormente.

- Embobinador. Consiste en un eje que enrolla toda la película fabricada produciendo rollos para despacho inmediato o para un proceso posterior. (Figura 6) Debido a la naturaleza continua del proceso de fabricación, es de utilidad que los ejes tengan sistemas de corte y reemplazo de core

automático. Este eje debe mantener una velocidad lineal constante, para garantizar una tensión uniforme en la longitud de la película, característica que influye en su procesamiento posterior y en la utilización como producto final. Los rollos procesados se deben embobinar a la misma velocidad lineal del halador para evitar estiramientos en el material o arrugas en el rollo, los rollos procesados pueden llegar hasta un diámetro de 800 mm y 500 Kg.

Figura 6. Embobinador con corte automático.



Se presenta a continuación un resumen de las características técnicas de los equipos de extrusión. (Tabla 1)

Tabla 1. Datos técnicos para equipos de extrusión.

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	Acmplast SV - 47	Acmplast SV - 52	Macchi	Reifenhauser
EXTRUSORA / COEXTRUSORA					
Díametro del Tornillo	mm	47	52	80	70
Relación L/D		1:26	1:26	25	28
Rotaciones	rpm	50 - 120	50 - 120		100
Motor C.A.	HP - Kw	12 - 9	15 - 11,2	100-75	90-67
No. Zonas de Calefacción		3 / 6	3 / 6	4	3
PRODUCTO					
Ancho del Bobinador	mm	760	1.060	1200	1100
Ancho Bobina	PEAD	300 - 650	400 - 800	1100	1050

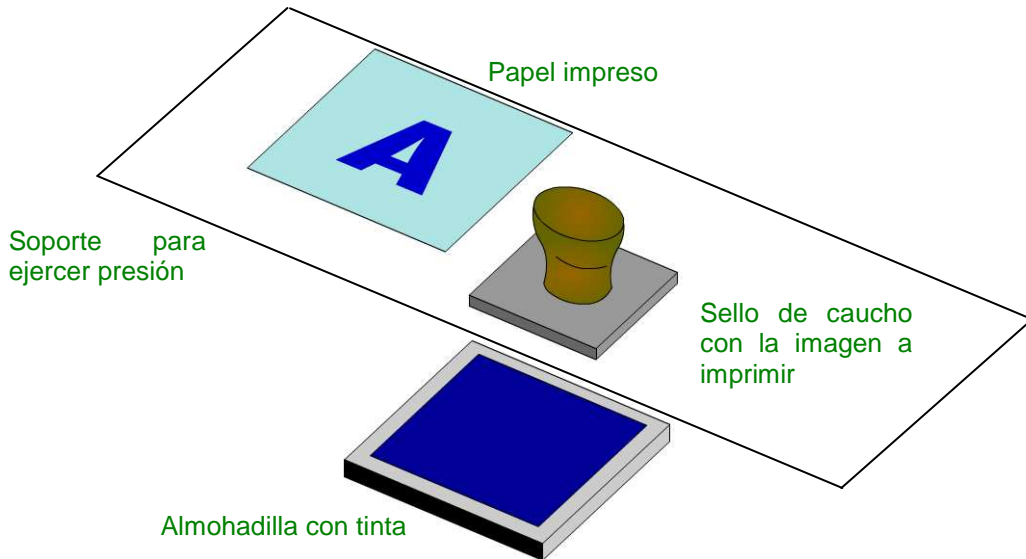
Ancho Bobina	PEBD		300 - 700	400 - 1.000		
No. Ejes			2	2	2	4
No. Bobinadores			2	2	1	2
Potencia Motorreductor	HP - Kw		1,2 - 0,9	1,8 - 1,34	100-75	100-75
Producción	PEAD	Kg/Hora	35 / 38	45 / 45	170	120
Producción	PEBD	Kg/Hora	45 / 50	50 / 55		
Diámetro Bobina		mm	550	500	800	800
CABEZAL						
No. Zonas de Calefacción			1 / 2	2 / 2	4	3
Diámetro Pinolas		mm	62 - 110	62 - 165	150/180	150/120
ENFRIAMIENTO						
Corona Aluminio No. Anillos			3	3	2	2
No. Mangueras			5	6	6	6
Motor Ventilador		HP	2,4	2,4	12	10
DIMENSIONES						
Ancho		mm	1.100	1.410	2200	2100
Largo		mm	3.700	3.800	8400	7900
Alto		mm	3.570	4.200	10050	8400
Peso Aproximado		Kg	2.500 / 3.250	2.800 / 3.640	8600	6450
Consumo Aproximado		Kw	22 / 38	28 / 42	250	175

1.2.2 Impresión flexográfica. El proceso de impresión por flexografía se puede comprender haciendo una similitud entre el proceso manual de colocar un sello a través de un modelo en caucho, en el que aparecen cuatro elementos principales (Figura 7):

- Sistema de entintado. Consiste en una almohadilla impregnada de la tinta a aplicar sobre la cual se presiona el sello en caucho.
- Sello en caucho. Contiene la figura a imprimir a partir de un caucho en alto relieve.
- Papel. Es el sustrato sobre el cual se realizará la impresión de la figura grabada en el sello, debe tener la propiedad de retener la tinta y permitir su secado.

- Soporte. En el caso del sello de caucho, corresponde a la superficie sobre la cual se realiza la impresión del sello, su función es permitir realizar una presión con el sello de caucho sobre el sustrato.

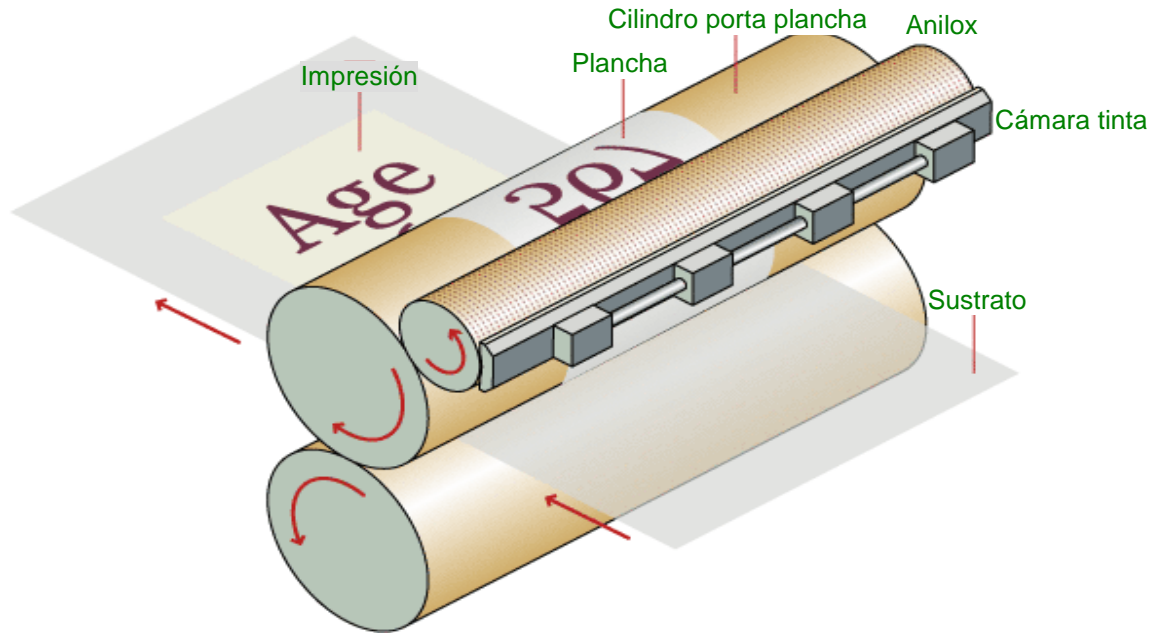
Figura 7. Elementos en la impresión con sello de caucho.



El proceso de impresión flexográfica utiliza los mismos elementos básicos dispuestos en cilindros giratorios denominados: bandeja o cámara de tinta, rodillo entintador, anilox, cilindro porta plancha, plancha flexográfica, sustrato y rodillo cama. Entre todos estos elementos se conforma la prensa de impresión. (Figura 8)

- Cámara de tinta. Almacena la tinta frente a la prensa, para mantener un surtido permanente para el proceso, conforma un circuito de flujo con una bomba y un depósito auxiliar, para evitar el secado de la tinta y mantener la viscosidad.

Figura 8. Impresión flexográfica con rodillos.



- Rodillo entintador. Realiza una función intermedia de dosificación, recogiendo tinta del depósito formado en la cámara y entregándola al rodillo anilox a través del contacto de rodadura. Este rodillo viene recubierto en un material blando, por lo general caucho.
- Rodillo anilox. Su función es la de realizar la dosificación de la tinta en las cantidades óptimas para el diseño a imprimir sobre la plancha flexográfica de impresión. Esta dosificación se logra a través del grabado de cavidades de dimensiones controladas en la superficie del rodillo, las cuales almacenan una cantidad conocida de tinta. En el símil con sello de caucho, los rodillos entintador y anilox, junto con la cámara hacen las veces de la almohadilla que suministra la tinta al sello.

- Cilindro porta plancha. Un cilindro intercambiable sobre el cual se adhiere la plancha flexográfica cuyo desarrollo determina la longitud de la repetición del diseño impreso.
- Plancha flexográfica. Fabricada en materiales poliméricos fotosensibles, contiene en alto relieve parte de la figura a imprimir, ya que la imagen total se divide en colores que se imprimen uno a uno en diferentes unidades de impresión. El conjunto cilindro porta plancha y plancha hacen las veces del sello de caucho en el proceso manual.
- Sustrato. En los procesos de impresión el sustrato utilizado es polietileno de alta densidad fabricado en el proceso de extrusión descrito anteriormente. Las prensas de impresión pueden utilizar otros sustratos como diferentes polímeros, textiles o papel.
- Rodillo cama. Hace las veces de soporte, para recibir la presión ejercida por el rodillo y la plancha flexográfica contra el sustrato.

Todos los elementos giratorios del proceso mantienen una velocidad lineal uniforme, para evitar deslizamientos en la película y por consiguiente defectos de impresión. Esto se logra a través de engranajes solidarios a los ejes.

También es necesario que los rodillos entintador y anilox permanezcan en giro cuando no se está realizando impresión, para mantener la viscosidad de la tinta empleada.

Cuando se quieren realizar impresiones de figuras complejas, se utilizan varias unidades de impresión consecutivas cada una con un color, para obtener el diseño final deseado. Para esto, es necesario usar cámaras de

secado con aire caliente entre cada unidad y un secado final antes de embobinar nuevamente el rollo impreso.

Los elementos básicos de un equipo de impresión son:

- Sección de desbobinado o alimentación de la máquina. Es un sistema similar a un embobinador donde se va entregando película sin imprimir a la máquina a medida que el rollo va girando alrededor de un eje con un freno o un balancín que permita realizar un control de la tensión aplicada a la película, También existen en el impresoras en línea con el proceso de extrusión que no necesitan el sistema desbobinador, ya que toman el material en la línea de fabricación de la película.
- Sección de impresión. Se ubican consecutivamente las diferentes unidades de impresión alternadas con cámaras de secado, para lograr el diseño deseado. Un equipo viene construido con un número fijo de unidades que no se puede aumentar. En la planta, se utilizan impresoras de hasta cuatro colores. Existen también secciones de impresión de tambor central, donde las unidades de impresión se disponen alrededor de un único rodillo cama de gran diámetro llamado tambor central, sistema que ofrece una mejor calidad en la impresión, debido a la precisión de la ubicación de los distintos colores, logrando así diseños mucho más exigentes. La sección de impresión maneja velocidades lineales entre 100 y 300 m/min en impresoras fuera de línea y 70 m/min para impresoras en línea limitadas por la velocidad de producción de la extrusora.
- Sección de secado. Aunque se utiliza una cámara intermedia de secado por cada color en la sección de impresión, es necesario realizar un secado final para garantizar la calidad del proceso y retirar el solvente restante. Por lo general, se hace con aire caliente a alta velocidad, en un túnel por el que

pasa la película impresa antes de ser embobinada. Se manejan temperaturas del aire de secado de aproximadamente 80°C.

- Sección de embobinado. Se recoge el material en rollos para procesos posteriores o para despacho directo, según sea el caso del producto deseado. El sistema tiene las mismas características de los embobinadores descritos para el proceso de extrusión. En el caso de la impresión en línea, se utiliza el mismo embobinador de la extrusora para enrollar el material extruido e impreso. (Figura 9). Los diámetros máximos para los embobinadores están entre 800 y 1000 mm y el peso de los rollos es de máximo 500 Kg

Los anchos permisibles en las impresoras están determinados por el ancho del rodillo más corto en todo el recorrido de la máquina, por lo general siendo este el rodillo porta plancha con 1100 mm.

Figura 9. Impresora en línea, con capacidad para cuatro colores.



Se presenta a continuación un resumen de las características técnicas de los equipos de impresión, las tres impresoras con la mayor capacidad de producción son del mismo modelo. (Tabla 2)

Tabla 2. Datos técnicos para equipos de impresión HYPLAS.

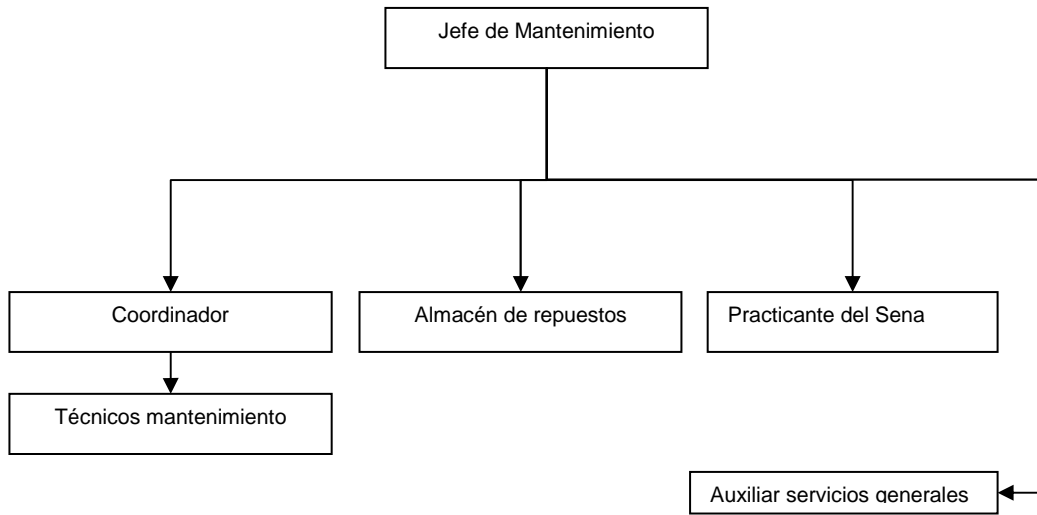
Modelo	HP-FG1000-4
Velocidad de impresión Max	80 M/Min
Ancho de impresión Max	1000 mm
Ancho de paso de película Max	1100 mm
Longitud de impresión	7"-45"
Combinación de colores	0+4, 1+3, 2+2
Motor principal (Ac Motor)	7.5 HP
Variador de velocidad	7.5 HP
Horno de secado	30 Kw
Ventilador de secado	2 HP x 2
Motor sistema hidráulico	1 HP
Motor agitador de tinta	1/2 HP
Potencia total requerida	35 Kw

1.3 FUNCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

1.3.1 Descripción general de mantenimiento. El funcionamiento del departamento de mantenimiento ha sido marcado claramente por la reparación de los equipos después de la aparición de las fallas y por la falta de organización en la realización de los trabajos. También se presentan incumplimientos en las entregas a los clientes, debido a la disminución de capacidad de producción.

- Organigrama y funciones. El departamento de mantenimiento está conformado por una estructura organizacional como se muestra. (Figura 10)

Figura 10. Organigrama de mantenimiento.



◆ Jefe de mantenimiento. Se encarga de gestionar y reportar ante la gerencia general y de realizar evaluación y recomendaciones para la compra de equipos. También Tiene la función actual de dar las directrices de mantenimiento y dar prioridad a las necesidades de trabajos de mantenimiento, coordina los trabajos con las demás áreas, evalúa y aprueba cotizaciones.

◆ Coordinador de mantenimiento. Es la persona encargada de coordinar la realización de los trabajos en planta, entrenar a los auxiliares de mantenimiento en los trabajos y de supervisar la calidad de los mismos.

◆ Técnico de mantenimiento. Realiza los trabajos mecánicos y eléctricos de acuerdo a las indicaciones del coordinador y los reportes recibidos por parte del área de producción.

◆ Auxiliar de almacén. Realiza las transacciones de entrada y salida en el almacén y solicita los repuestos cuando se presenta escasez o por solicitud directa.

- ◆ Servicios generales. Ejecuta labores de aseo a la infraestructura de la planta y fabrica consumibles para algunas máquinas.
- ◆ Practicante del Sena. Consigna la información escrita en los reportes de mantenimiento en una serie de hojas de cálculo, con el fin de calcular los indicadores del área.
- Solicitudes de mantenimiento y flujo de trabajo. Las solicitudes de trabajos de mantenimiento se realizan por lo general cuando se presenta alguna falla que afecta la función de un equipo por medio de un formato escrito, o por solicitud directa, y son entregadas al personal de mantenimiento de planta quienes realizan la reparación de manera inmediata, de acuerdo a su disponibilidad.

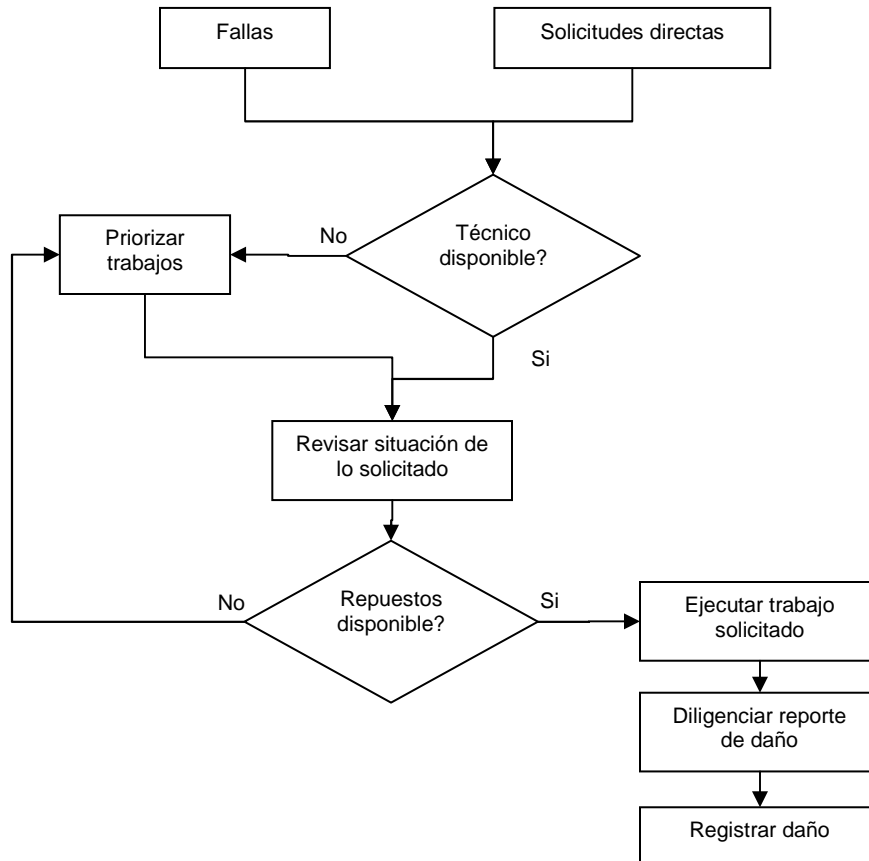
Este flujo de operación se muestra a continuación. (Figura 11)

Cuando hay trabajos diferentes a reparaciones, o se acumulan múltiples reparaciones, el coordinador de mantenimiento prioriza las actividades y da las indicaciones para la realización de las mismas.

En el momento de tomar decisiones acerca de dejar detenido un equipo, o acerca de la forma de realizar algún tipo de reparación, se acude al Jefe de mantenimiento, quien toma la decisión apoyado por las necesidades de producción y las prioridades de la compañía.

En las ocasiones en las que se presentan daños en horas de la madrugada, se deja el equipo detenido hasta el día siguiente cuando el personal de producción y mantenimiento se encuentra presente.

Figura 11. Flujo de la operación de mantenimiento.



1.3.2 Políticas y criterios de mantenimiento. Los criterios de mantenimiento están resumidos en tres componentes principales, en orden de importancia: seguridad, productividad y calidad.

- Seguridad. Como primera prioridad se deben realizar trabajos que de no hacerse, puedan implicar la seguridad de las personas y posteriormente los trabajos que afecten la seguridad de los equipos.
- Productividad. Posteriormente se realizan trabajos que implican aumentar o mantener las metas de productividad del área de producción. También se realizan las tareas que en caso de no ejecutarse puedan reducir los ritmos de trabajo alcanzados normalmente.

- Calidad. Luego deben realizar trabajos que afecten la calidad del producto fabricado, así como las situaciones que impliquen una reducción en el desempeño del uso del producto en las instalaciones del cliente final

1.3.3 Equipos. Actualmente se tiene una capacidad instalada de 300 ton/mes en el proceso de extrusión y 80 ton/mes en el proceso de impresión en línea. (Tabla 3)

Tabla 3. Capacidad de equipos en la planta de extrusión e impresión.

Máquina	Marca	Año	Capacidad [Kg/día]	Extrusora conectada en línea
MONOEXTRUSORA 1	REIFENHAUSER	1994	2500	
MONOEXTRUSORA 2	MACCHI	2002	3000	
MONOEXTRUSORA 3	REIFENHAUSER		1500	
MONOEXTRUSORA 4	DOLCI	1975	1104	
COEXTRUSORA 5	ACMAPLAST	2004	650	
COEXTRUSORA 6	KANG CHYAU	2000	700	
COEXTRUSORA 7	ACMAPLAST	2003	620	
COEXTRUSORA 8	ACMAPLAST	2005	750	
MONOEXTRUSORA 9	MACCHI	2005	3120	
IMPRESORA 1	GUSTAVO LOPEZ	2005	1104	MONOEXTRUSORA 4
IMPRESORA 2	HYPLAST	2005	750	COEXTRUSORA 8
IMPRESORA 5	HYPLAST	2006	3000	MONOEXTRUSORA 2
IMPRESORA 6	HYPLAST	2006	3120	MONOEXTRUSORA 9
IMPRESORA 7	HYPLAST	2006	620	MONOEXTRUSORA 1

Los equipos de impresión se encuentran conectados a las extrusoras en una disposición en línea, entre las zonas de tratamiento y de embobinado del equipo de extrusión. Debido a la naturaleza disímil de los dos procesos y a que los equipos son de diferentes fabricantes y año de adquisición, se manejan de forma independiente para efectos de registro de información, historiales y rutinas de mantenimiento.

En el caso de las impresoras en línea, la velocidad de operación es la restricción en el proceso productivo, en las maquinas de extrusión se pueden lograr velocidades hasta de 120 m/min, mientras que los equipos de

impresión instalados están diseñados para una velocidad máxima de 70m/min.

En productos de exigencia baja, pocos colores y fondos planos se ha logrado producir en impresión a la velocidad de extrusión de 110 m/min.

1.3.4 Indicadores de mantenimiento. En la actualidad se disponen de indicadores de mantenimiento correspondientes al tiempo medio entre fallas y el tiempo por reparación en el proceso de extrusión, para el proceso de impresión en línea no se llevan estos indicadores.

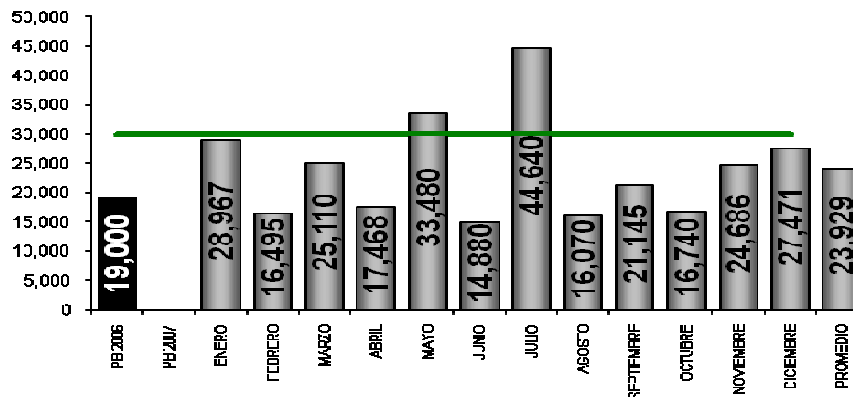
Con los datos mostrados, se genera un informe diario, en el cual se muestran los indicadores calculados. (Figura 12)

La información para el cálculo de los indicadores se recopila de los reportes de daño generados por los operadores de producción o mantenimiento o por quien solicite el servicio en hojas de cálculo en una estructura tabular en la cual se incluyen los aspectos mas importantes como fechas y horas de la reparación, la ubicación y la causa de la falla y los aspectos relacionados con la reparación. (Tabla 4)

Figura 12. Ejemplo de indicadores de mantenimiento

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		<u>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS EXTRUSION</u>									
3											
4											
5		<i>EXTRUSION</i>									
6											
7	MAQUINA	1E	2E	4E	5CX	6CX	7CX	8CX	9		TOTAL MES
8	T. TOTAL DE PRODUCCION (min)	44640	44640	44640	44640	44640	44640	44640	44640		357.120
9	# FALLAS (UND)	1	1	0	0	1	1	0	0		4
10	T. TOTAL DE PROD / # FALLAS	44.640	44.640	43.200	43.200	44.640	44.640	43.200	43.200		89.280
11											
12											
13		<u>TIEMPO PROMEDIO POR FALLA EXTRUSION</u>									
14											
15		<i>EXTRUSION</i>									
16											
17	MAQUINA	1E	2E	4E	5CX	6CX	7CX	8CX	9E		TOTAL MES
18	T. TOTAL DE CORRECTIVO (min)	20	1.105	0	0	20	4.710	0	0		5.855
19	# FALLAS (UND)	1	7	0	0	1	1	0	0		10
20	T. TOTAL DE T. CORRECTO / # FALLAS	20	158	0	0	20	4710	0	0		586
21											
22											
23											
24											
25											
26	DIARIO AL 31 MARZO										
27											

Figura 13. Tiempo medio entre fallas en minutos para extrusión en 2007.



A partir de esta tabla de datos se obtienen los indicadores de mantenimiento, realizando resúmenes de los datos y obteniendo el valor del indicador, para el caso del tiempo medio entre fallas, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallas}} \quad (1)$$

Para el cálculo del tiempo promedio por reparación (Figura 14) se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallas}} \quad (2)$$

Figura 14. Tiempo por reparación en minutos para extrusión en 2007.

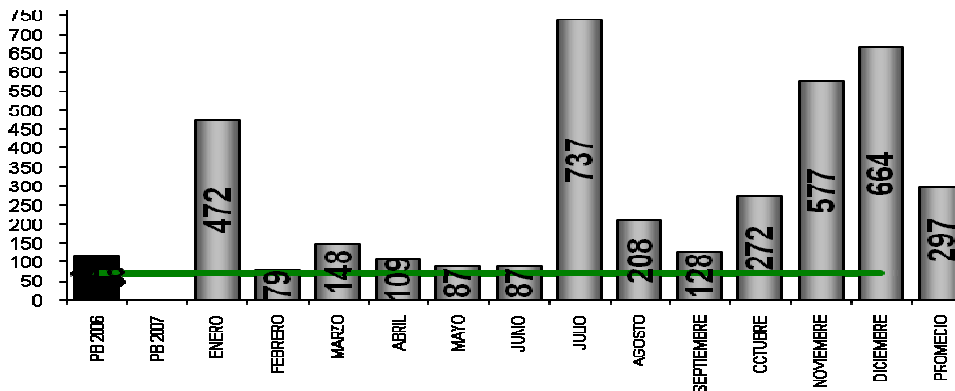


Tabla 4. Datos almacenados a partir de los reportes de daño.

Fecha	Consecutivo	Maquina	Seccion	Hora daño	Solicitado por	Tipo daño	CAUSA	Fecha recibido	Hora inicio	Fecha final	Hora Final	Reparado	DAÑO	Tiempo reparacion (minutos)	Observacion
15/02/2008	3095	7	EXTRUSION	825	AGOMEZ	CORRECTIVO	CORREAS		825		1130	AROMERO	SE HACE CAMBIO DE CORREA DEL RODILLO GOFRADOR LA POLEA DEL GOFRADOR ESTA MUY DESGASTADA SE COLOCA VENTILADOR EN ZONA # 3 DEL TORNILLO A	185	LA MAQUINA ESTABA PARADA POR LIMPIEZA DEL CABEZAL
15/02/2008	3096	8	EXTRUSION	845	AGOMEZ	PROGRAMADO	SISTEMA DE ROTACION	15/02/2008	845	20/02/2008	1100	AROMERO	SE DESARMA SISTEMA DE ROTACION PARA MANDAR AL TALLER LAS PIEZAS DAÑADAS	7335	
16/02/2008	3160	1	EXTRUSION	1900	CROMERO	CORRECTIVO	EJES NEUMATICOS		1900		2200	MVALLE	SE CAMBIO LA MANGUERA DEL EJE	180	NO SE DETUVO LA MAQUINA
21/02/2008	3162	4	EXTRUSION	1840	JDIAZ	CORRECTIVO	SISTEMA DE ROTACION	21/02/2008	1840	22/02/2008	1700	MTTO	SE CAMBIARON FUSIBLES DAÑADOS, SE DESENREDOEL CABLE HACIENDO GIRAR LA MAQUINA O CABEZAL EN SENTIDO CONTRARIO, SE CAMBIARON TORNILLOS DOBLADOS DE LA BASE DEL TABLERO DEL CABEZAL, SE REVISARON FINALES DE CARRERA Y TEMPORIZADORES RESPONSABLES DE LA ROTACION	1340	SE CAMBIO LA BASE GUIA DEL CABLE DE SUMINISTRO DE ENERGIA HACIA EL TABLERO DEL CABEZAL YA QUE SE PARTIO
22/02/2008	3163	4	EXTRUSION	600	OJULIAN	CORRECTIVO	ELEMENTOS ELECTRICOS		600		1000	MTTO	SE CAMBIO UNA RESISTENCIA LA CUAL OCASIONO EL PROBLEMA	240	
22/02/2008	3164	6	EXTRUSION	1230	JRUBIO	CORRECTIVO	TRATADOR		1230		1236	AROMERO	EL CABLE DE ALTA FRECUENCIA ESTABA EN CONTACTO CON EL CHASIS DE LA MAQUINA	6	NO PARO LA MAQUINA
25/02/2008	3167	1	EXTRUSION	700	OJULIAN	CORRECTIVO	GOFRADOR		700		715	MVALLE	SE RESETEO EL VARIADOR DE VELOCIDAD Y SE REVISO EL CABLEADO	15	NO SE DETUVO LA MAQUINA
26/02/2008	3171	1	EXTRUSION	1030	RCASTAÑO	CORRECTIVO	SISTEMA DE TABLAS	26/02/2008	1030	27/02/2008	700	MVALLE	SE DESMONTA Y SE REPARA EL CASQUILLO CON EL JUEGO DE PIÑONES QUE LE DA LA ROTACION A LOS TORNILLOS QUE HACEN ABRIR Y CERRAR EL CASTILLO	1230	LA MAQUINA FUE TRABAJADA SIN ESTA PIEZA
26/02/2008	3170	6	EXTRUSION	850	JRUBIO	CORRECTIVO	SISTEMA EMBOBINADOR		850		940	MVALLE	SE CAMBIO RODAMIENTO DAÑADO Y SE CENTRO TENIENDO EN CUENTA LAS GUIAS POR DONDE DEBE PASAR	50	NO FUE NECESARIO DETENER LA MAQUINA
27/02/2008	3174	7	IMPRESIÓN	1725	OJULIAN	CORRECTIVO	RODILLOS DE CAUCHO		1725		1900	MTTO	SE BAJA RODILLO TINTERO Y RODILLO ANILOX POR DESGASTE EN LA PARTE DEL RODAMIENTO, SE MONTO TINTERO Y ANILOX SE HACE LIMPIEZA DE ANILOX	95	

Es de notar la inestabilidad de estos indicadores durante el año 2007, lo cual se puede atribuir a varios aspectos:

- Falta de consistencia en la información. Los datos recogidos a través de los reportes diarios, no contienen los aspectos de la información necesaria para ser de utilidad en el cálculo de los indicadores.
- Evolución de los criterios. Desde el mes de mayo de 2007 se han venido implementando los criterios para registrar la información con más detalle y en busca del tener indicadores que reflejen realmente la situación del mantenimiento de los activos de la planta, lo cual ha ocasionado que parte de la información registrada no es totalmente útil en el momento de implementar algún nuevo criterio para su registro y análisis.
- Desconocimiento de los objetivos fundamentales del mantenimiento. El personal operativo de mantenimiento y de producción no tiene claros los objetivos de mantenimiento y la relación que estos tienen con el desempeño de la operación en producción, haciendo que se generen en ocasiones intereses encontrados que afectan el desempeño de las áreas y por tanto a toda la compañía.
- Daños mayores y falta de información técnica. También se presentan daños mayores en equipos y no se dispone de manuales adecuados para la consulta, también muchas modificaciones realizadas a los equipos no están documentadas adecuadamente, generando el tener que desmontar equipos para pedir repuestos posteriormente, alargando los tiempos de reparación y afectando la labor de mantenimiento y de producción.

El tiempo empleado en tareas de mantenimiento se presenta a continuación.
(Tabla 5)

Tabla 5. Minutos de trabajos de mantenimiento 2007

Sección	Tiempo intervención [Minutos] Correctivo	Tiempo intervención [Minutos] Preventivo	Total	% Correctivo	% Preventivo	% Participación
Extrusión	78.571	11.790	90.361	73%	11%	84%
Impresión	7.558	7.680	15.238	7%	7%	14%
Servicios		1.068	1.068	0%	1%	1%
Planta		435	435	0%	0%	0%
Laboratorio		180	180	0%	0%	0%
Logística	65		65	0%	0%	0%
Bombas	5		5	0%	0%	0%
Total general	86.199	21.153	107.352	80%	20%	100%

Es de notar que las secciones con mayor cantidad en horas de trabajo de mantenimiento corresponden a extrusión e impresión, con el 98% de las intervenciones realizadas, y que el 80% de las horas trabajadas se emplean en tareas de mantenimiento correctivo, lo cual ocasiona que las fallas que se presentan sean de alto impacto para la producción, las entregas y que el ambiente para personal operativo sea tenso y se presenten conflictos entre producción, mantenimiento y la dirección de la compañía.

La situación del mantenimiento en Plastilene S.A descrita y basados en la conducta estratégica de la compañía, es posible definir unos objetivos específicos para el desarrollo del área de mantenimiento, mostrados a continuación:

- Establecer la función de planeación como parte fundamental del trabajo de mantenimiento.
- Crear rutinas y procedimientos de mantenimiento para los equipos productivos.
- Identificar la metodología para el almacenamiento de la información en el software disponible.
- Definir indicadores de gestión de mantenimiento.
- Elaborar un plan general de mantenimiento para los equipos productivos.

2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO.

El presente capítulo muestra diferentes conceptos básicos de mantenimiento y puntos de vista de varios autores con el fin de ser utilizados como base en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo para los equipos de extrusión e impresión en PLASTILENE S.A. desarrollado en este trabajo.

2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Según García³, el mantenimiento se define como “El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento”.

La definición de mantenimiento de Sierra⁴ es “El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o sistema se mantienen, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”

³ GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S.A, 2003. p 1.

⁴ SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccánica INDUSTRIAS AVM S.A. Bucaramanga, 2004. p 10. Proyecto de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica.

El mantenimiento correctivo es el que se realiza después de la presencia de las fallas en los equipos y está encaminado a corregir los defectos en los equipos a medida que van apareciendo, en este tipo de mantenimiento generalmente no existe una planeación respecto a las intervenciones a realizar, también se caracteriza por buscar la reparación de los equipos de la forma más rápida posible.

En el mantenimiento correctivo, usualmente tampoco se busca la causa que ocasiona la pérdida de función del equipo sino que se limita a reparar las averías, generando así una dependencia mayor del conocimiento del personal de mantenimiento, para el diagnóstico de la falla y su reparación. También es necesario que exista personal suficiente y disponible para realizar las intervenciones, lo que genera una gran carga de nómina respecto a las actividades de la compañía.

El equipo sometido al mantenimiento correctivo se deja de intervenir, reparar o inspeccionar hasta que se presenta una nueva falla.

La política de mantenimiento correctivo genera una complicada gestión de compras, debido a la urgencia de los repuestos, ya que no se conoce que elementos van a fallar ni en qué momento, por lo cual no es posible realizar negociaciones ni adquirir lotes con descuentos o comprar diversos repuestos al mismo proveedor, etc.

2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades de mantenimiento que busca garantizar el mayor nivel de servicio de los equipos en todo

momento, a través de la realización de correcciones o reparaciones en puntos clave en determinados momentos.

Según Sierra, el mantenimiento preventivo, se puede definir como:

La ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo⁵.

Por lo general, el mantenimiento preventivo se basa en un plan periódico de inspecciones, reparaciones y reemplazos de partes sin tener en cuenta el estado de los equipos en el momento de realizar la tarea. Se parte de la base que la frecuencia definida para la actividad se acerca mucho al momento de la falla del componente o sistema intervenido.

La característica principal del preventivo es la coordinación y planeación de las tareas que se definen como base del mantenimiento de los equipos, ya que la calidad de esta permite un flujo armónico de trabajo con el área de producción o el cruce de tareas y prioridades que no permite el cumplimiento del plan, y por ende el incremento de las fallas.

2.2.1 Objetivos del mantenimiento preventivo. Los objetivos planteados para el mantenimiento basado en el preventivo, según Botero⁶, son:

⁵ Ibid., p. 14

⁶ BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. p 2.

- Inspeccionar y mejorar el estado de la maquinaria antes de afectar los rendimientos productivos. Ya que el negocio de las empresas de fabricación es agregar valor a los productos que son elaborados o transformados a través de la función de los equipos productivos, la función del mantenimiento preventivo es la de evitar que esa función productiva sea afectada por el estado de los equipos.
- Tomar acción antes que los costos de la reparación sean demasiado altos. Evitar que una falla que se presente es reducir costos debido al daño de otros equipos o sistemas afectados, o por la pérdida de producción debido a la no consecución oportuna de partes de reemplazo, incluso por la incapacidad de negociar la compra de repuestos debido a la urgencia de las reparaciones.
- Eliminar o limitar los riesgos de daño en maquinaria. Reemplazando o reparando partes de manera oportuna, se logra que no se presenten efectos negativos en la producción debido a las fallas.
- Facilitar las condiciones en las que se realizan las reparaciones. Realizar desmontajes con las piezas en estado aún operable permite evitar dificultades en el sitio y momento de realizar los trabajos, reduciendo los procesos de extracción en talleres externos y los servicios especializados contratados para hallar los daños presentados.
- Evitar el daño de partes importantes o el consumo energético excesivo. El mantener las piezas y sistemas en un funcionamiento con buenas condiciones y dimensiones permite que el consumo de energía sea el adecuado para los procesos productivos, una pieza con excesivo desgaste puede ser ineficiente y gastar energía de forma incontrolada.

- Eliminar las causas de graves accidentes. Evitando fallas que puedan afectar la seguridad de las personas, instalaciones o equipos.
- Mejorar la actitud de las personas. El personal se ve motivado cuando los equipos funcionan adecuadamente y el nivel de presión se reduce.
- Reducir el caos de mantenimiento. Basados en la planeación y organización del trabajo con una adecuada coordinación de repuestos y servicios externos.

2.2.2 Ventajas del preventivo. El mantenimiento basado en el preventivo ofrece ventajas, según González⁷, entre las que se pueden nombrar:

- Reducción de la consecuencia de las fallas. Al eliminar o reducir las reparaciones realizadas de forma correctiva, las fallas inesperadas dejan de aparecer ya que las causas de las mismas se eliminan antes de llegar a consecuencias catastróficas.
- Planificación del trabajo. Existe la capacidad de realizar un plan de trabajo diario para los técnicos de mantenimiento y también se puede predecir para cuándo se hacen necesarios los elementos y servicios externos, de tal manera que la gestión de compras se hace de una forma más acorde con los intereses de la compañía. El área de producción también se ve beneficiada por la planeación de los trabajos, ya que las paradas definidas con antelación permiten liberar recursos para realizar actividades de capacitación, por ejemplo.

⁷ GONZÁLEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. p 41.

- Disposición de información. La planeación y registro de las actividades hace que exista una base de información para la búsqueda de causas en el histórico de los equipos o para la toma de decisiones en la compra de repuestos, como cantidades mínimas o puntos de re orden.

2.2.3 Desventajas. Algunos de los elementos que se pueden presentar como desventajas en el mantenimiento preventivo son:

- Aumento en el recurso indirecto. Es necesario el trabajo de personas que se dediquen a manejar los datos para convertirlos en información útil para tomar decisiones, lo cual no mejora directamente la capacidad de los equipos para cumplir con su función. Es por esto que se debe manejar cuidadosamente la asignación de recursos en el momento de implementar el mantenimiento preventivo.
- Intervención excesiva en los equipos. Al realizar reparaciones o reemplazos en frecuencias determinadas se corre el riesgo de ocasionar un daño que no era inminente antes de desmontar partes de los equipos.
- Aumento en el costo de repuestos. Al reemplazar elementos sin que fallen verdaderamente se está aumentando el costo de repuestos al desechar elementos que tienen aún algún remanente de vida útil.

2.2.4 Pasos para la implementación. Para la creación de un plan de mantenimiento preventivo, se pueden seguir unos pasos básicos que según Gross⁸ son:

⁸ GROSS, John. Fundamentals of preventive maintenance. New York: AMACOM, 2002. 223 p

- Programación de actividades. Establecer el proceso de programación de actividades de mantenimiento realizadas por el personal, y lograr que esta planeación sea de una manera clara y consistente, permite tener un control del trabajo realizado diariamente, también con este proceso, se pueden programar las actividades necesarias para la implementación del plan de mantenimiento preventivo, la implementación de este proceso de programación tiene los siguientes pasos:

- ◆ Establecer archivos para cada turno operativo. Se pueden crear sistemas de carpetas para cada turno por cada día del mes y así es posible almacenar y mantener disponibles las órdenes de trabajo creadas que son asignadas para su realización en cada turno.

- ◆ Calcular el tiempo disponible para la ejecución de las órdenes. En el proceso de implementación y luego en menor medida, siempre es necesario reservar una parte del tiempo operativo del personal para la realización de tareas de correctivo y para descansos y alimentación, con lo cual el tiempo total para la ejecución de las órdenes es:

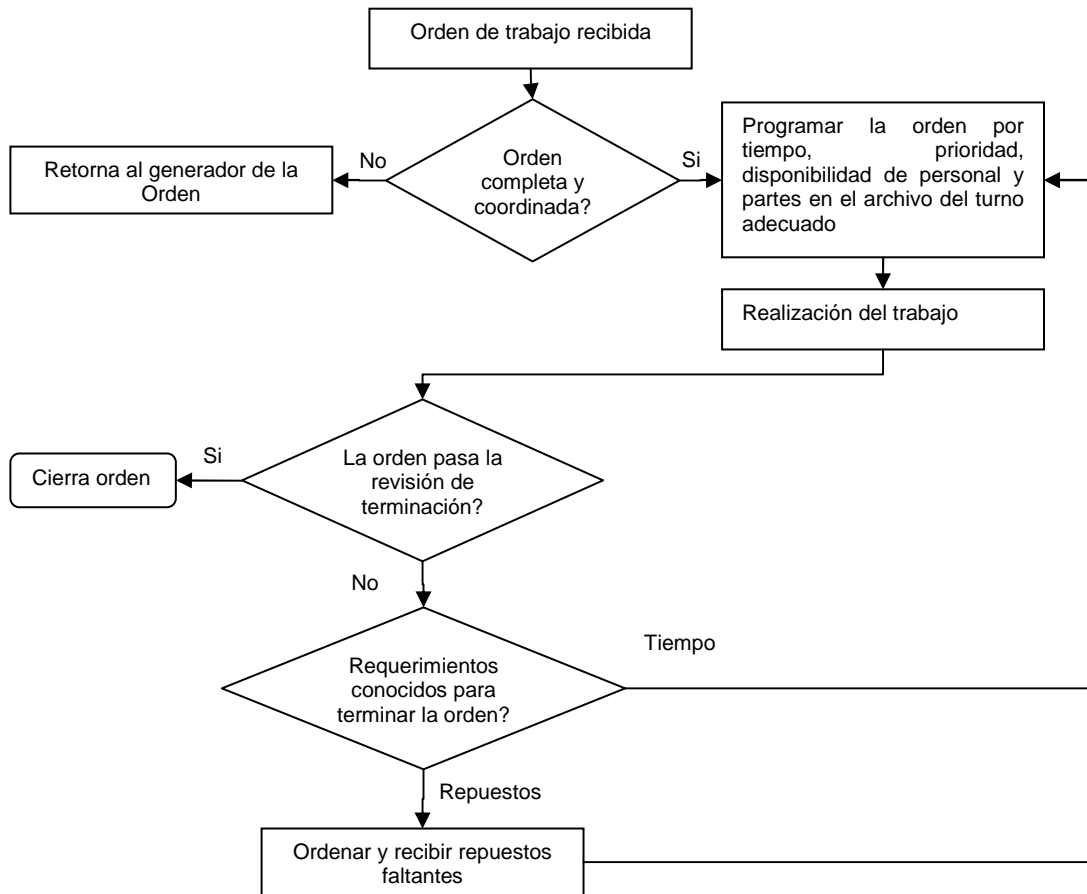
$$\text{Tiempo ejecución órdenes} = \text{Número técnicos} \cdot (\text{Horas por turno} - \text{Descanso y alimentación}) - \text{Tiempo destinado para correctivo} \quad (3)$$

- ◆ Ordenar las órdenes por prioridad. Un proceso simple, como ordenar las órdenes según su prioridad para la ejecución, si no se tiene un orden de prioridad específico, se puede tomar genéricamente el siguiente: Riesgos a la seguridad, reparaciones que pueden afectar la seguridad, reparaciones que pueden afectar las operaciones, mantenimiento preventivo y proyectos.

- ◆ Elaborar un programa por turno y por día. Con las prioridades definidas, queda asignar a cada turno la realización de las tareas, teniendo en cuenta

las restricciones de personal, tiempo y materiales o repuestos, el flujo de la orden de trabajo se presenta a continuación. (Figura 15)

Figura 15. Flujo de programación de la orden de trabajo.



- ◆ Seguir programando. Mantener la consistencia en la programación de las actividades, para que el personal se acostumbre a la metodología y realice su trabajo a partir del plan definido.

- Dividir la planta en partes lógicas. Es necesario realizar un tipo de división de las instalaciones para ser utilizada como un marco claro y natural de referencia para escribir un plan de mantenimiento preventivo, puede ser en base a la infraestructura de la planta, los procesos productivos, líneas de productos, centros de costos o cualquier combinación de los anteriores para

que sean de significancia para los operadores de mantenimiento y muestren como opera la planta normalmente.

- Desarrollar un listado de equipos y asignar numeración. El listado maestro de equipos se utiliza para controlar el flujo de las órdenes de trabajo y para recolectar el historial de los equipos, la base del sistema de numeración es la división realizada anteriormente. Una posible estructura es

XXX-XXXX (4)

Donde los tres primeros dígitos corresponden a grupos según la división de la planta, por ejemplo 1XX corresponde a edificaciones e infraestructura, 2XX a equipos de procesos generales y 3XX a equipos de proceso específico y los posteriores cuatro son un código consecutivo en cada una de las divisiones anteriores.

De esta manera, una división en una planta de producción puede ser:

310 Extrusora

320 Sistema de alimentación de materia prima

330 Tanque de enfriamiento

340 Cabina de pintura

Por ejemplo en la línea de extrusión, los equipos pueden numerarse de la siguiente manera:

310-0001 Línea de extrusión 1 para productos comerciales

310-0002 Línea de extrusión 1 para productos automotrices

310-0003 Línea de extrusión 1 para productos de construcción

Posteriormente se pueden programar órdenes de trabajo para recolectar la numeración de los distintos equipos presentes en el área.

También es necesario depurar y reordenar los listados elaborados, según las recomendaciones tomadas de los usuarios del sistema de numeración y del personal operativo, hasta tener una numeración acorde con la operación de la planta.

Finalmente es necesario marcar los equipos con la numeración definida, con el fin de ser ubicados y referenciados en las órdenes de trabajo.

- Crear tareas de mantenimiento preventivo. Se deben desarrollar las tareas de mantenimiento preventivo para todos los equipos numerados en el paso anterior, incluyendo las actividades a realizarse según la frecuencia. La fuente para crear estas actividades pueden ser los manuales de los equipos y la experiencia de los operadores de mantenimiento y producción.

Después de escribir las órdenes de mantenimiento por primera vez, es necesario hacer una ejecución de prueba, para validar que tan completas y apropiadas son y su utilidad.

- Localizar o desarrollar manuales de los equipos. Manuales con información útil de cómo resolver los problemas típicos que se presentan en los equipos, permiten que el trabajo se realice de una forma más fluida y con repetitibilidad, se pueden incluir, por ejemplo manuales de los sistemas electrónicos de control, código del programa de control, etc.

- Desarrollar la gestión del inventario de repuestos. Un inventario correctamente manejado contiene las partes de repuesto necesarias para minimizar el tiempo de parada en las reparaciones sin exceder los costos. También permite realizar un seguimiento adecuado a las entradas y a las salidas de los repuestos, revisar la historia y los costos permitiendo generar en el momento adecuado las órdenes de pedido.

Se debe tener en cuenta el almacenamiento, el recibo y manejo de los repuestos, las instalaciones necesarias y el método de control necesario.

- Vigilar la efectividad del programa y realizar modificaciones. Es necesario realizar constante seguimiento y modificaciones para tener un programa actualizado, útil y eficaz que cumpla con las expectativas de mantenimiento de la compañía.

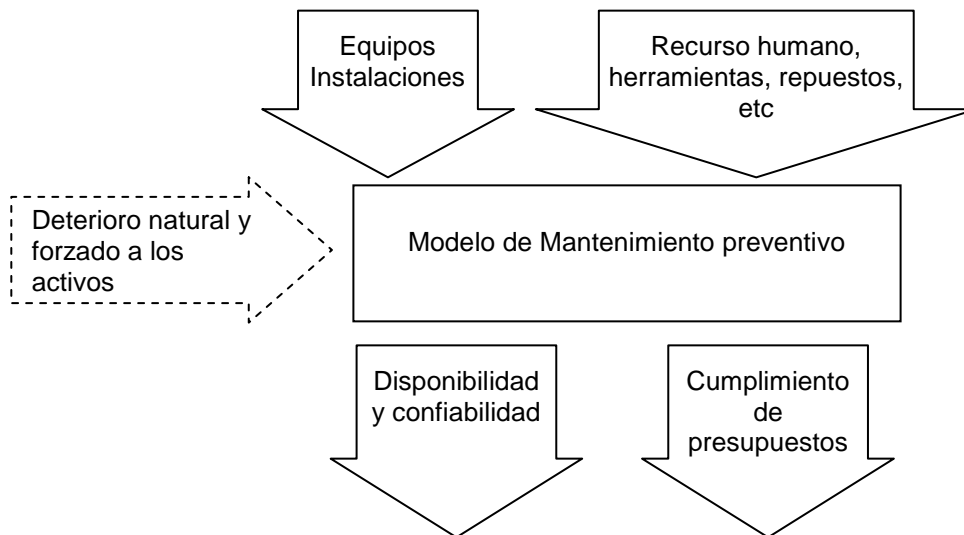
3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PLASTILENE.

En este capítulo se desarrolla el plan de mantenimiento preventivo a partir de la descripción del modelo de mantenimiento a implementar, la determinación de las tareas y rutinas de mantenimiento y la definición de equipos críticos, también se presenta el sistema de información en el cual se soporta la implementación del mantenimiento preventivo para PLASTILENE S.A.

3.1 MODELO DE MANTENIMIENTO

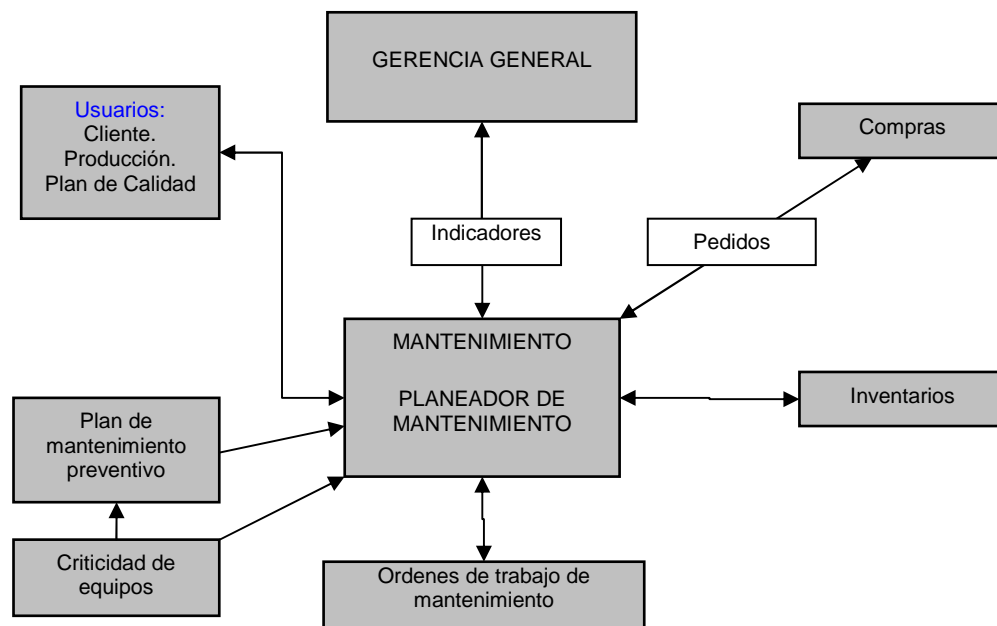
El modelo a implementar tiene en cuenta la función del mantenimiento preventivo en busca de la ausencia de fallas a través de acciones que eviten el efecto traumático de las mismas y en caso de su aparición, que su impacto se vea minimizado. (Figura 16)

Figura 16. Sistema de mantenimiento preventivo.



Para la administración del mantenimiento a través del modelo de mantenimiento preventivo, es necesario tener en cuenta las relaciones y entregables que se presentan entre las distintas áreas, ya que a través de este flujo de información, recursos y actividades es que se desarrolla la función de mantenimiento de la compañía. El modelo de mantenimiento preventivo para Plastilene se muestra a continuación. (Figura 17)

Figura 17. Modelo de mantenimiento preventivo.



3.1.1 Objetivo del mantenimiento preventivo. Maximizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos productivos para los procesos de extrusión e impresión de una forma económicamente viable.

3.1.2 Información manejada en el modelo de mantenimiento. Existen varias relaciones entre la función de mantenimiento preventivo, con las distintas áreas de la compañía.

- Solicitudes de trabajo. Provenientes de cualquier área, o persona de la compañía, expresan la necesidad de realizar una reparación a un equipo o a la infraestructura. Incluso pueden estar originadas en requerimientos del cliente.
- Directrices de gestión. Originadas a partir de la estrategia general de la compañía, llegan a la función de mantenimiento convertidas en proyectos de innovación, restauración de activos fuera de operación, especificación para la compra de nuevos equipos, etc.
- Análisis del consumo de repuestos. Consistentes en la muestra de solicitudes recurrentes de repuestos y servicios de fabricación, que sirven como una medida de las necesidades para la fijación de puntos mínimos y de re-orden.
- Órdenes de trabajo inconclusas. Son las órdenes de trabajo que después de ser programadas solo fueron ejecutadas parcialmente debido a cambios en las prioridades de los trabajos o por falta de insumos, repuestos, herramientas o equipos. Estas órdenes deben ser reprogramadas para su ejecución posterior.
- Órdenes de trabajo terminadas. Son las órdenes de trabajo que fueron terminadas a satisfacción y deben ser registradas en el historial de los equipos y de consumo de repuestos. A partir de la información registrada en las órdenes terminadas se pueden calcular los indicadores del área de mantenimiento y realizar análisis de tendencia para determinar frecuencias de tareas de mantenimiento e intervenciones mayores.
- Coordinación del trabajo. Una adecuada coordinación de actividades con todas las áreas de la empresa tiene en cuenta las restricciones dadas por

producción como las fechas para la realización de los trabajos, por las entregas a los clientes, las llegadas de repuestos y equipos necesarios para la realización de las tareas, la disponibilidad de los técnicos de mantenimiento y las prioridades en la realización de los trabajos.

- Requisiciones de repuestos y servicios. Debido al trabajo de mantenimiento, se hace necesario el uso de repuestos para ser instalados en los equipos los cuales deben estar disponibles para la realización de los trabajos. También se incluyen los servicios de fabricación y reparación por entes externos como talleres, contratistas y analistas externos.
- Programa de órdenes de trabajo. El programa consiste de un listado de actividades y responsables de viable realización con una fecha estimada de entrega, garantizando la disponibilidad de los elementos necesarios y minimizando el desperdicio de recursos como tiempo, esfuerzo de los técnicos y repuestos e insumos.
- Información técnica de soporte. Especialmente en la parte técnica y de análisis de ingeniería donde se deben determinar las causas de las fallas y la acción correctiva para las mismas. También están presentes las especificaciones técnicas solicitadas a los fabricantes de los equipos o expertos en los procesos productivos, necesarias para la realización de reparaciones o mejoras.
- Presupuesto y recursos. Son solicitados por el departamento de mantenimiento con debida justificación, para ser proveídos por la alta dirección de la compañía. En este aspecto se incluye el gasto del presupuesto mensual asignado y la proyección anual del mismo.

- Información y especificación de los pedidos. Datos técnicos específicos relevantes al departamento de mantenimiento que son necesarios aclarar para la compra de repuestos, equipos y prestación de servicios. Usualmente estos datos son externos al sistema de compras habitual, así mismo la elección del proveedor no se realiza por el departamento de compras, sino que incluye en la elección la preferencia del departamento de mantenimiento.

3.2 CRITICIDAD DE EQUIPOS

Como uno de los elementos principales del modelo de mantenimiento preventivo, se muestra el análisis de criticidad realizado para la definición del alcance del plan. Éste análisis debe actualizarse permanentemente durante la actividad normal del mantenimiento para tener un nivel de prioridades adecuado en la planeación y realización de los trabajos acorde con la realidad de la compañía.

Para la definición de la criticidad de los equipos de la planta de extrusión e impresión, se sigue el método de los factores ponderados, con el cual el valor máximo de criticidad es de 200 puntos⁹. Según este método la criticidad para el equipo analizado se calcula como sigue:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \cdot \left((\text{impacto operacional} \cdot \text{flexibilidad}) + \text{Costo mantenimiento} + \text{Impacto Salud y ambiente} \right) \quad (5)$$

3.2.1 Extrusión. Se muestran los valores asignados a los factores ponderados a ser evaluados.

- Frecuencia de fallas. Hace referencia a la frecuencia en la que el equipo analizado presenta fallas, es más crítico cuando las fallas aparecen en cortos intervalos de tiempo. (Tabla 6)

⁹GONZÁLEZ BOHORQUEZ, Op. Cit.,p.73

Tabla 6. Factor de criticidad para la frecuencia de fallas.

Categoría	Fallas por año	Factor criticidad
Pobre	Más de 20	4
Promedio	Entre 6 y 20	3
Buena	Entre 1 y 5	2
Excelente	Entre 0 y 1 falla	1

- **Impacto operacional.** Es el efecto que la falla tiene sobre la operación de la planta de producción, la calidad del producto o sobre las entregas a tiempo al cliente, los valores determinados para el cálculo de la criticidad de los equipos de extrusión se muestra a continuación. (Tabla 7)

Tabla 7. Factor de criticidad según el impacto operacional.

Categoría	Factor criticidad
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacto en los niveles de inventario o en la calidad del producto	4
No genera ningún impacto en la calidad o la producción	1

- **Flexibilidad operacional.** Indica la repercusión que una falla tiene en la capacidad de la planta para fabricar con la calidad pactada y a costos razonables el producto o productos elaborados en el equipo analizado. (Tabla 8)

Tabla 8. Factor de criticidad según la flexibilidad operacional.

Categoría	Factor criticidad
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido/ almacén	2
Función de repuesto disponible	1

- Costos de mantenimiento. Tiene en cuenta el costo del mantenimiento ejecutado en caso de presentarse la falla, un costo elevado del mantenimiento aumenta la criticidad del equipo. (Tabla 9)

Tabla 9. Factor de criticidad según el costo del mantenimiento.

Categoría	Factor criticidad
Mayor o igual a \$ 10.000.000	2
Inferior a \$ 10.000.000	1

- Impacto a la seguridad, ambiente e higiene. Determinado para tener en cuenta el efecto que una falla pueda presentar a la seguridad de las personas, al ambiente con efectos contaminantes, que deban ser informados o regulados por entes externos o gubernamentales o en las instalaciones de la planta. (Tabla 10)

Tabla 10. Factor de criticidad según el impacto ambiental y de seguridad.

Categoría	Factor criticidad
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente o las instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (ambiente o seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daño a personas instalaciones o al ambiente	1

Para determinar el valor de la criticidad de los equipos de extrusión, se desarrolló una aplicación en hoja de cálculo, que permite realizar los cálculos y almacenar los resultados en forma de resumen, a continuación se presentan las consideraciones tomadas para el caso de la extrusora 1. (Figuras 18 a 22)

Figura 18. Factor de criticidad para la frecuencia de falla considerado para la extrusora 1.

The dialog box is titled "Análisis de criticidad 1-5". It contains a text field for "Nombre del equipo" with the value "Ext 1". Below it is a section titled "Frecuencia de fallas" with four radio button options: "Pobre: Más de 20 fallas al año", "Promedio: 5-20 fallas al año" (which is selected), "Buena: 1-5 fallas al año", and "Excelente: Sin fallas al año". An "OK" button is located at the bottom right.

Figura 19. Factor de criticidad para el impacto operacional considerado para la extrusora 1.

The dialog box is titled "Análisis de criticidad 2-5". It contains a section titled "Impacto en la producción" with four radio button options: "Se pierde todo el despacho" (which is selected), "Parada del proceso, afectando otros procesos", "Afecta nivel inventario o calidad", and "Ningún efecto significativo". An "OK" button is located at the bottom left.

Figura 20. Factor de criticidad para la flexibilidad operacional considerado para la extrusora 1.

The dialog box is titled "Análisis de criticidad 3-5". It contains a section titled "Flexibilidad operacional" with three radio button options: "No se puede producir" (which is selected), "Repuesto compartido/Almacén", and "Función de repuesto disponible". An "OK" button is located at the top right.

Figura 21. Factor de criticidad para el costo de mantenimiento considerado para la extrusora 1.

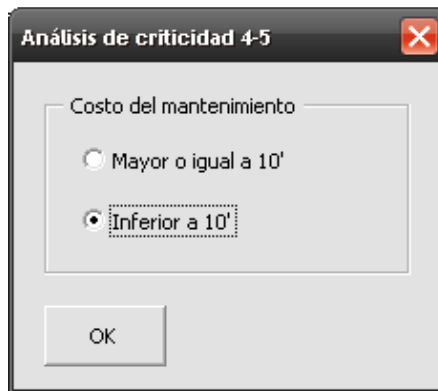
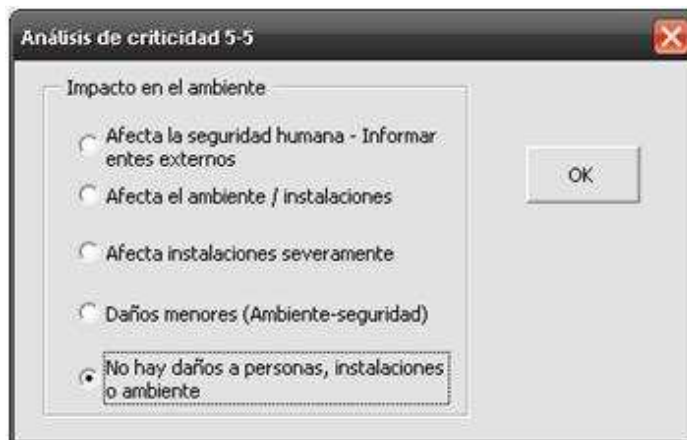
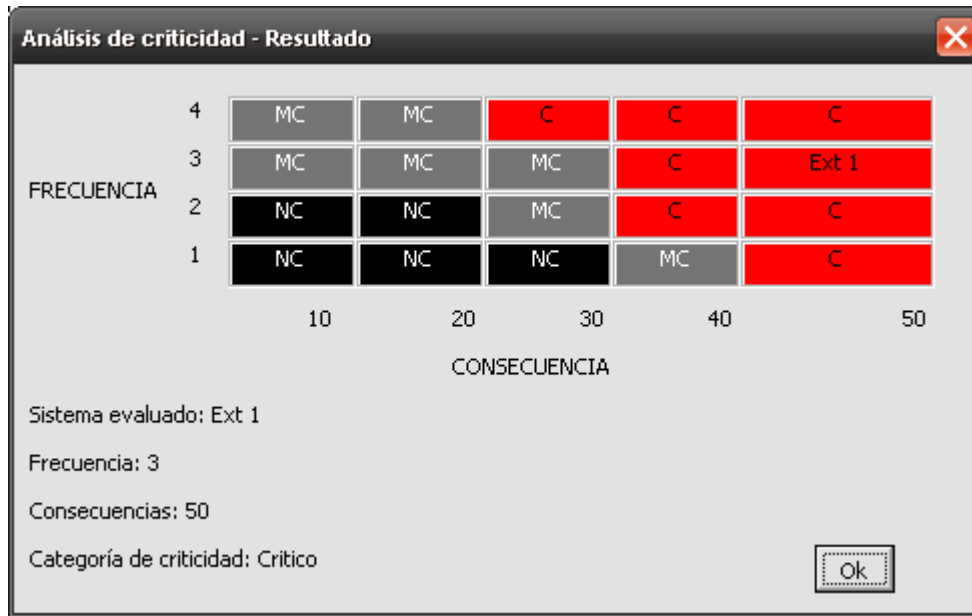


Figura 22. Factor de criticidad para el efecto al ambiente y la seguridad considerado para la extrusora 1.



Con estos datos, se tiene que la criticidad total de la extrusora 1 es de 150 puntos y se considera un equipo con categoría de crítico. (Figura 23)

Figura 23. Criticidad total para la extrusora 1.



Posteriormente se realiza el cálculo para cada uno de los equipos de extrusión, encontrando los resultados listados a continuación. (Tabla 11)

Tabla 11. Criticidad calculada para los equipos de extrusión.

Equipo/Variable	Frecuencia de falla	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo mantenimiento	Impacto ambiental y seguridad	Criticidad total	Consecuencias	Evaluación equipo
MONOEXTRUSORA 1	3	10	4	1	1	150	50	Critico
COEXTRUSORA 8	3	7	2	1	1	60	20	Medianamente Critico
COEXTRUSORA 7	3	7	2	1	1	60	20	Medianamente Critico
COEXTRUSORA 5	3	7	2	1	1	60	20	Medianamente Critico
MONOEXTRUSORA 2	3	7	1	1	1	30	10	Medianamente Critico
MONOEXTRUSORA 9	3	7	1	1	1	30	10	Medianamente Critico
MONOEXTRUSORA 4	3	4	1	1	1	30	10	Medianamente Critico
COEXTRUSORA 6	2	7	2	1	1	40	20	No Critico

No se realiza análisis de criticidad para la extrusora número 3, debido a que el equipo se encuentra fuera de servicio.

3.2.2 Impresión. Debido a que los equipos de impresión están instalados en la planta de producción en una disposición en línea con los equipos de extrusión, la criticidad para impresión se asigna a partir valor de criticidad calculado para la extrusora con la que trabajan en línea. Los valores asignados se muestran a continuación. (Tabla 12)

Tabla 12. Criticidad asignada para los equipos de impresión.

Impresora	Extrusora asignada	Criticidad total	Evaluación equipo
IMPRESORA 7	MONOEXTRUSORA 1	150	Critico
IMPRESORA 2	COEXTRUSORA 8	60	Medianamente Critico
IMPRESORA 6	MONOEXTRUSORA 9	30	Medianamente Critico
IMPRESORA 5	MONOEXTRUSORA 2	30	Medianamente Critico
IMPRESORA 1	MONOEXTRUSORA 4	30	Medianamente Critico

Como conclusión al análisis de criticidad se puede decir que la extrusora 1 y la impresora en línea conectada a éste equipo son críticos, debido a la versatilidad de los productos que fabrican, por eso se desarrolla detenidamente las tareas para la extrusora 1.

3.3 TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las tareas de mantenimiento preventivo han sido desarrolladas basándose en la experiencia de los operadores, de los técnicos de mantenimiento y las recomendaciones halladas en los manuales de los fabricantes.

Las rutinas de mantenimiento preventivo, se muestran en forma de cronograma semanal en el plan de mantenimiento presentado al final de este capítulo.

3.3.1 Tareas generales por proceso. En los procesos de extrusión y de impresión para los diferentes equipos existen componentes con funciones similares, los cuales permiten que las rutinas de mantenimiento preventivo se puedan agrupar e iniciar un proceso de normalización de las mismas.

- Extrusión. En el proceso de extrusión, las actividades de mantenimiento están ligadas a la disponibilidad de los equipos, debido a la naturaleza continua del proceso y el desperdicio generado por las paradas de máquina. Las actividades generales que se deben realizar para estos equipos se muestran a continuación. (Tabla 13)

Tabla 13. Tareas generales de mantenimiento para extrusión.

Ubicación	Actividad	Frecuencia
Alimentación materia prima	Búsqueda de fugas de pellets	Mensual
	Verificar funcionamiento mecánico	Mensual
	Verificar funcionamiento eléctrico	Mensual
	Verificar funcionamiento neumático	Mensual
Grupo de extrusión	Revisar funcionamiento del motor principal	Bimensual
	Rellenar o reemplazar nivel de aceite caja reductora	Mensual
	Revisar fugas del sistema de refrigeración	Semestral
	Validar dimensiones piezas de acoples mecánicos	Trimestral
	Verificar instalación y funcionamiento de resistencias de calefacción y termocuplas	Mensual
	Revisar fugas sistema cambia filtros	Mensual
Cabezal	Limpieza de anillo	Bimensual
	Limpieza de boquilla	Bimensual
	Revisión de fugas	Mensual
	Verificación sistema de rotación	Semanal
	Verificar instalación y funcionamiento de resistencias de calefacción y termocuplas	Mensual
	Desmante de cabezal y limpieza total	Semestral
Sistema estabilización	Verificar funcionamiento mecánico	Trimestral
	Limpieza de rodillos guía	Semestral
Colapsadores	Verificar funcionamiento mecánico	Bimensual
	Limpieza de rodillos guía	Semestral

Conjunto Halador	Verificar reductor principal Halador	Bimensual
	Limpieza e inspección de rodillos	Bimensual
	Revisar sistemas de tracción	Mensual
	Verificar sistema neumático de apertura	Mensual
Tratamiento	Verificar funcionamiento eléctrico	Trimestral
	Revisar sistema de extracción de ozono	Bimensual
	Verificar electrodos	Semestral
Embobinador	Revisar fugas reductores	Bimensual
	Rellenar o reemplazar nivel de aceite reductores	Mensual
	Verificar funcionamiento rodillos de giro loco	Trimestral
	Revisar dimensiones ejes y desgastes mecánicos	Bimensual
	Verificar funcionamiento eléctrico	Mensual
	Verificar funcionamiento neumático	Mensual

- Impresión. Para el proceso de impresión, las tareas básicas determinadas se presentan a continuación. (Tabla 14)

Tabla 14. Tareas generales de mantenimiento para impresión.

Ubicación	Actividad	Frecuencia
Impresión	Lubricación rodamientos	Mensual
	Lubricación de engranajes	Quincenal
	Lubricación de chumaceras	Quincenal
	Lubricación de bujes rodillos porta-clisé	Semanal
	Revisión de bujes en bronce rodillos porta -clisé	Semanal
	Revisión de balanceo rodillos porta -clisé	Mensual
	Revisión de superficie rodillos anilox.	Quincenal
	Revisión de superficie rodillos de caucho	Quincenal
	Revisión estado de palangana, fugas de tinta	Mensual
	Revisión acople entre motor y motobomba	Quincenal
	Revisión estado de rodillos guía de película.	Mensual
Alimentación	Revisión de cadenas y piñones	Semanal
	Revisión de chumaceras y ajuste de ejes	Semanal
	Revisión de poleas y correas	Semanal
Secado	Verificación de resistencias, controles de temperatura y termocuplas.	Mensual
Control	Revisión de conexiones	Bimensual
	Verificación conexiones eléctricas motobomba	Quincenal
	Revisión de conexiones eléctricas motores	Mensual

3.3.2 Tareas específicas. Se presenta a continuación el procedimiento de mantenimiento para la Extrusora marca Reifenhauer, equipo considerado como crítico en el análisis mostrado en este capítulo. También se incluyen las rutinas para los equipos especializados como el grupo halador rotante de las extrusoras marca Macchi.

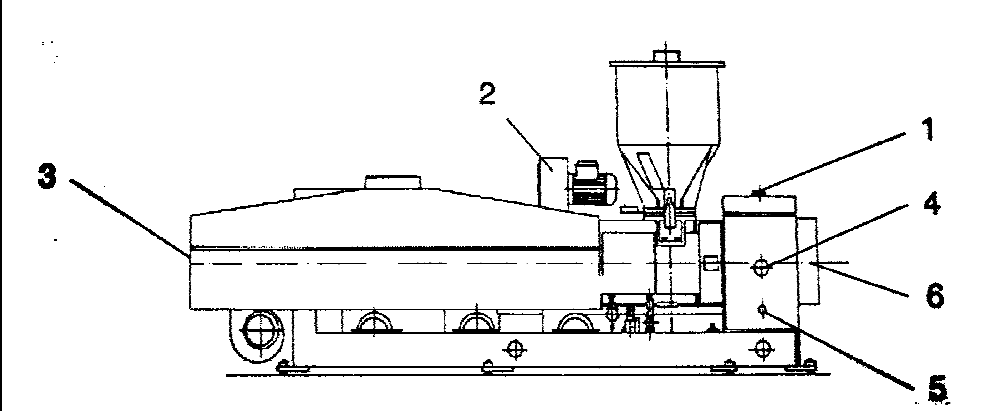
- Extrusora 1 Reifenhauer. Las tareas determinadas para el grupo de extrusión se presentan a continuación. (Tabla 15)

Tabla 15. Tareas de mantenimiento extrusora 1.

Actividad	Frecuencia
Comprobar funcionamiento de los elementos de seguridad. La puerta del armario de distribución debe estar cerrada.	Mensual
Controlar el paso del agua de refrigeración	Mensual
Realizar limpieza química del sistema de refrigeración	Semestral
Controlar el nivel de aceite en la caja de engranajes	Mensual
Limpiar el filtro del aire en el armario de distribución	Mensual
Revisar si todos los bornes están apretados y si los fusibles están bien sujetos en los portafusibles. Revisar el calentamiento de los elementos eléctricos	Mensual
Limpiar los filtros de los ventiladores de regulación de temperatura en la extrusora	Bimensual
Revisar el montaje de termocuplas	Mensual
Controlar la resistencia eléctrica de las zonas de calentamiento. Debe ser mayor a 1000 Ohms/Volt	Bimensual
Revisar estado de escobillas de carbón del motor principal	Bimensual
Revisar conexiones eléctricas en el cuerpo de la extrusora	Mensual
Validar dimensiones piezas de acoples mecánicos	Trimestral
Extraer y verificar medidas del tornillo extrusor	Anual
Revisar fugas sistema cambia filtros	Mensual

El plano de lubricación para el grupo de extrusión de la extrusora 1 se presenta. (Figura 24)

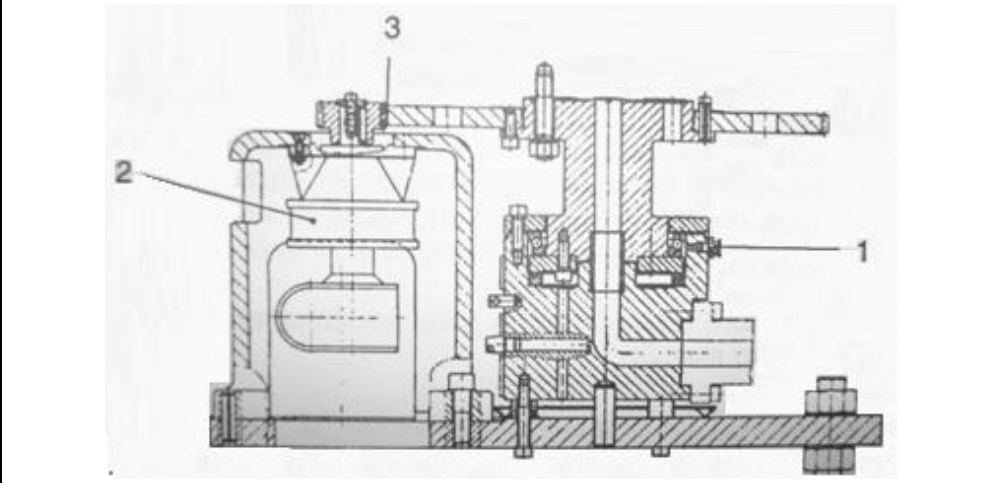
Figura 24. Tareas de lubricación para el grupo extrusor extrusora 1.



Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
4	Mensual	Revisión	Mirilla de aceite, nivel=mitad de la mirilla con el motor en marcha	1	Aceite ISO 220	Según haga falta
2	Bimensual	Revisión	Motor de accionamiento			
1	Trimestral	Cambiar lubricante	Racor de llenado de aceite para engranajes	1	Aceite ISO 220	27 Litros
6	Trimestral	Revisión	Enfriamiento tornillo	1	Grasa Unisilcon L50/2 Klueber	
3	Al cambiar cabezal	Lubricar	Tornillos de ensamble		Grasa de alta temperatura Molycote "U"	Según haga falta
5			Tornillo purga de aceite			

Para el cabezal de la extrusora 1, es necesario tener en cuenta la lubricación continua del rodamiento axial que permite el funcionamiento del sistema de rotación del cabezal, debido a las altas temperaturas de operación durante la extrusión, de alrededor de los 220°C la frecuencia de inspección y reemplazo del lubricante se hace elevada. (Figura 25)

Figura 25. Tareas de lubricación para el cabezal extrusora 1.

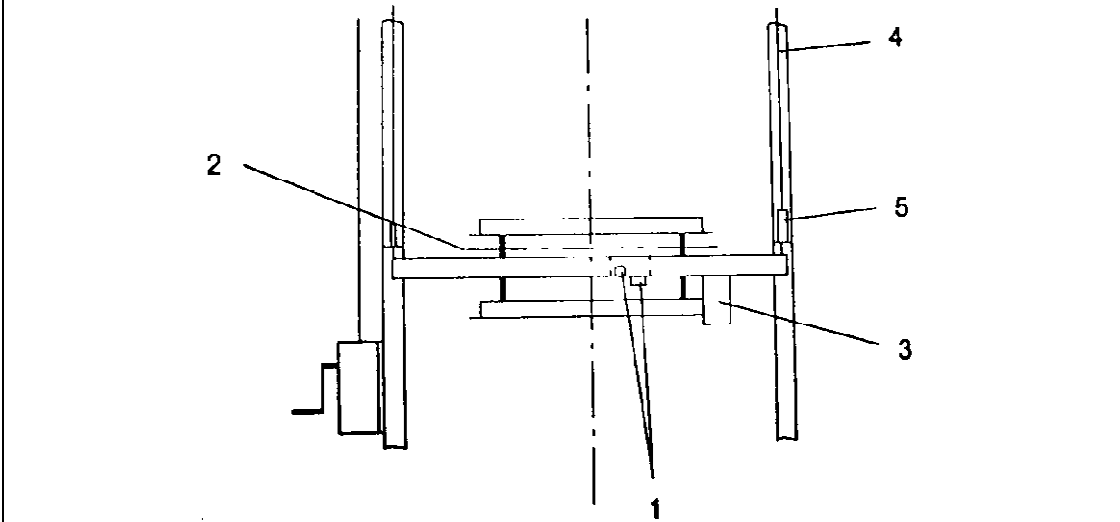


Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
1	Mensual	Lubricar	Punto de engrase, rodamiento axial		Kluber Barrierta L55/2	Según haga falta
1	Trimestral	Cambiar lubricante	Punto de engrase, rodamiento axial		Kluber Barrierta L55/2	Según haga falta
3	Trimestral	Lubricar	Corona dentada y piñón	1	Grasa de alta temperatura Molycote "U"	
2	Anual	Cambiar lubricante	Motor reductor	1	Grasa VG 460	

Tal como se muestra en los distintos planos de lubricación, es necesario utilizar grasa de alta temperatura (Molycote "U" o equivalente), para todas las uniones roscadas que se ven sometidas al régimen térmico de trabajo en el que se realiza la fusión y transformación del material polimérico alrededor de 220°C, ya que el uso del lubricante evita el bloque o de las superficies roscadas facilitando el desmontaje de las diferentes piezas y mejorando la mantenibilidad de los equipos.

Para el sistema de estabilización de la burbuja por guía poligonal de segmentos de la extrusora 1, se presenta el plano de lubricación. (Figura 26)

Figura 26. Tareas de lubricación para el estabilizador de burbuja.



Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
4	Permanente	Revisión	Cables metálicos para ajuste de altura	2		
1	Mensual	Lubricar	Rodillos reversión	9	Grasa VG 460	Según haga falta
5	Mensual	Revisión	Ajuste de altura	1		
2	Bimensual	Lubricar	Cadena de transmisión	1	Aceite SAE 50	Según haga falta
3	Bimensual	Revisión	Motor reductor		Grasa VG 460	80 cm ³

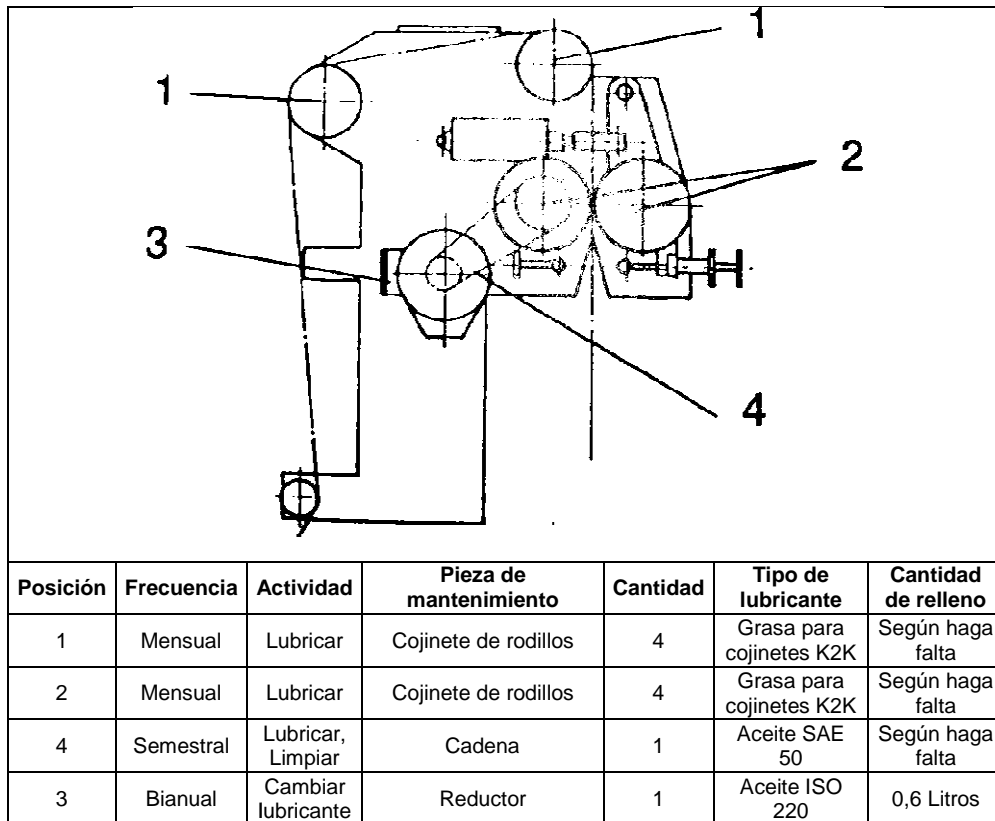
Se presenta un detalle de la guía poligonal de segmentos, para clarificar su construcción. (Figura 27)

Figura 27. Guía poligonal de segmentos extrusora 1.



Para el sistema de rodillos haladores se tiene el plano de lubricación mostrado a continuación. (Figura 28)

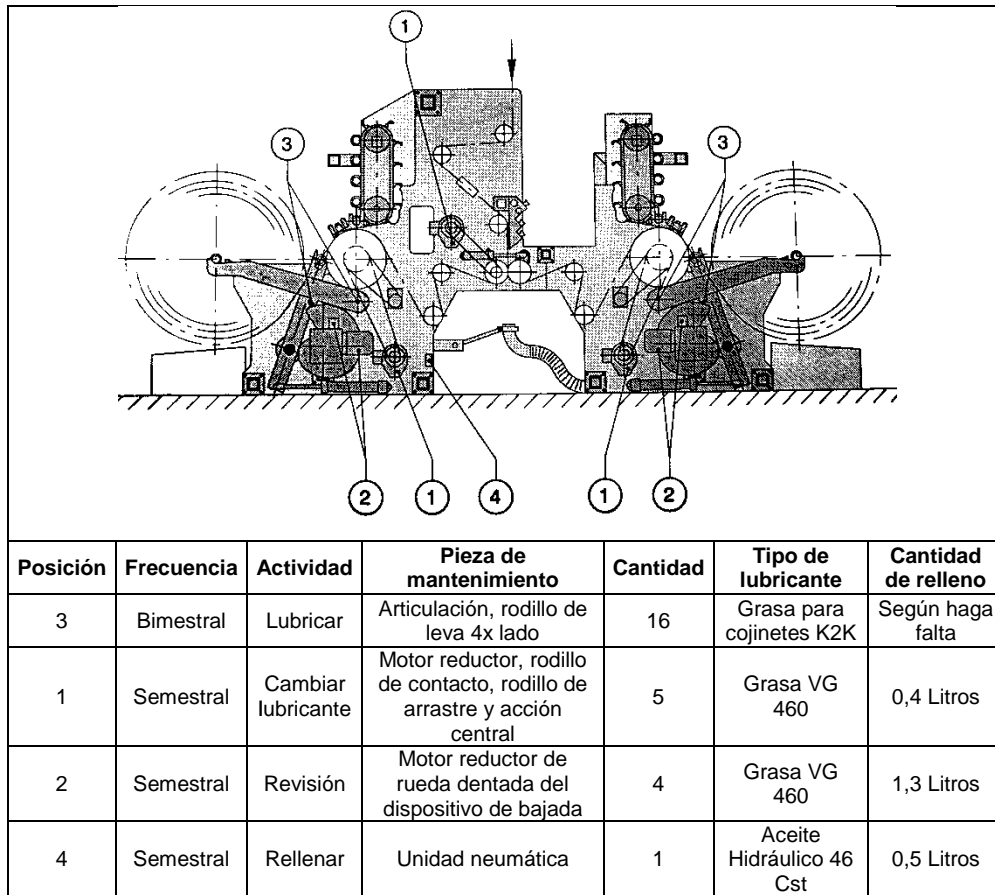
Figura 28. Tareas de lubricación para el halador extrusora 1.



El sistema embobinador doble de la extrusora 1 marca Reifenhauer permite producir rollos en presentación de lámina, lo cual hace que el equipo sea crítico, ya que ninguna otra extrusora no tiene esta capacidad en la planta del proceso.

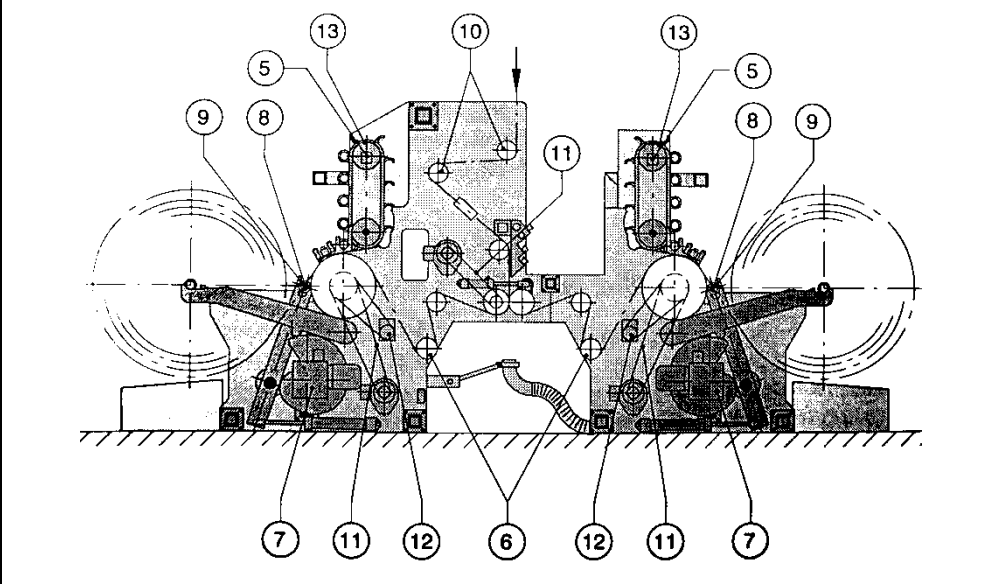
El plano de lubricación del embobinador doble se puede ver en los Tablas siguientes. (Figuras 29 y 30)

Figura 29. Tareas de lubricación para el embobinador extrusora 1.



Debido a la gran cantidad de puntos de lubricación, la información para el sistema embobinador se divide en dos Tablas, como el anterior, (Figura 29) y el que se presenta a continuación. (Figura 30)

Figura 30. Tareas de lubricación complementarias para el embobinador extrusora 1.



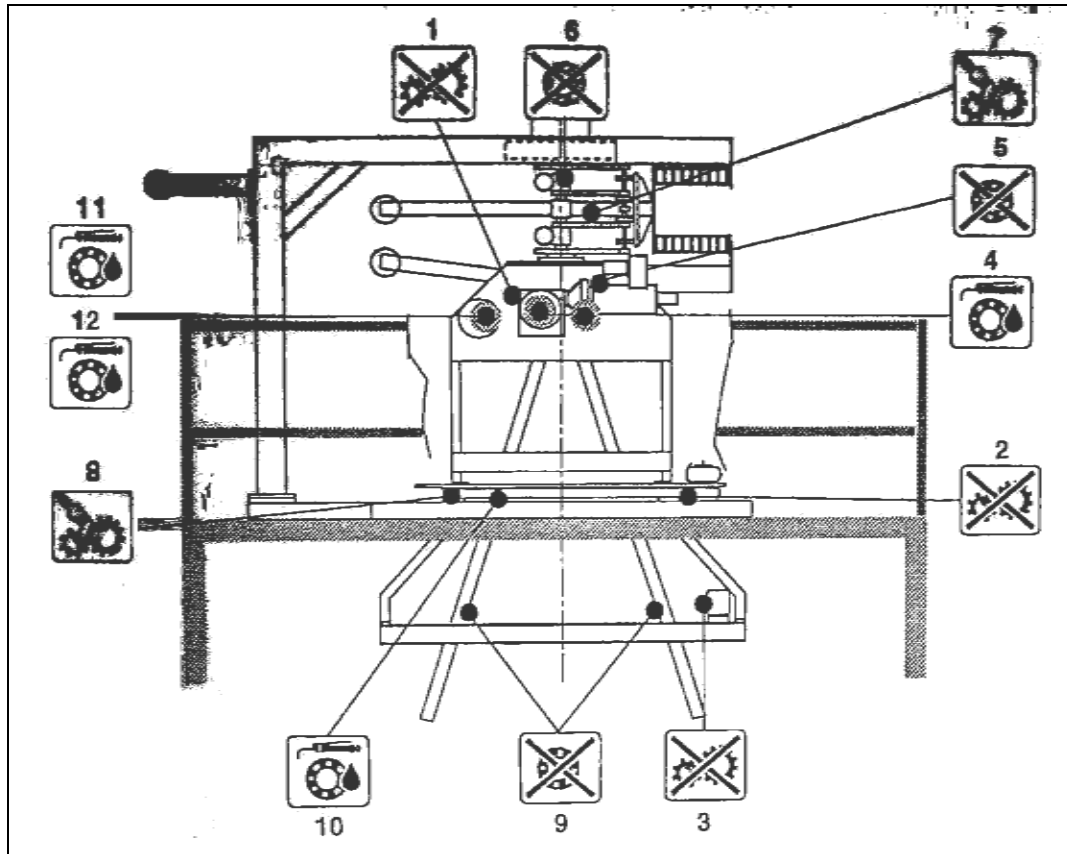
El diagrama muestra un embobinador extrusora 1 con 13 puntos de lubricación numerados. Los puntos 1, 2, 3, 4, 10, 11 y 12 están en la parte superior central. Los puntos 5, 6, 7, 8, 9, 12, 11 y 7 están en la parte inferior. Los puntos 13 están en los lados superiores. Las líneas de los números indican los puntos de acceso para la lubricación.

Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
12	Trimestral	Rellenar	Motor reductor entrega árbol de bobinado	2	Grasa VG 460	0,4 Litros
5	Semestral	Rellenar	Motor reductor cargador	2	Grasa VG 460	0,1 Litros
6	Semestral	Revisión	Rodillo desplegador, rodamiento de bolas	4	Grasa NLGI 2	Según haga falta
7	Semestral	Revisión	Árbol articulado dispositivo de bajada	4	Grasa NLGI 2	Según haga falta
8	Semestral	Lubricar	Rueda dentada accionamiento central	2	Grasa GL 261	Según haga falta
9	Semestral	Lubricar	Seguro de fuerza centrífuga	4	Grasa VG 460	Según haga falta
10	Semestral	Revisión	Junta rotativa refrigeración	2	Grasa NLGI 00	Según haga falta
11	Semestral	Revisión	Correa dentada	9		
13	Semestral	Lubricar, Limpiar	Cadena cargador	4	Aceite SAE 50	Según haga falta

Con esta serie de actividades, queda completado el plan de mantenimiento para la extrusora 1.

- Extrusoras 2 y 9 Macchi. Se presentan los planos de lubricación para el sistema halador rotante, único en estos dos equipos (Figura 31)

Figura 31. Tareas de lubricación para el halador Extrusoras 2 y 9.

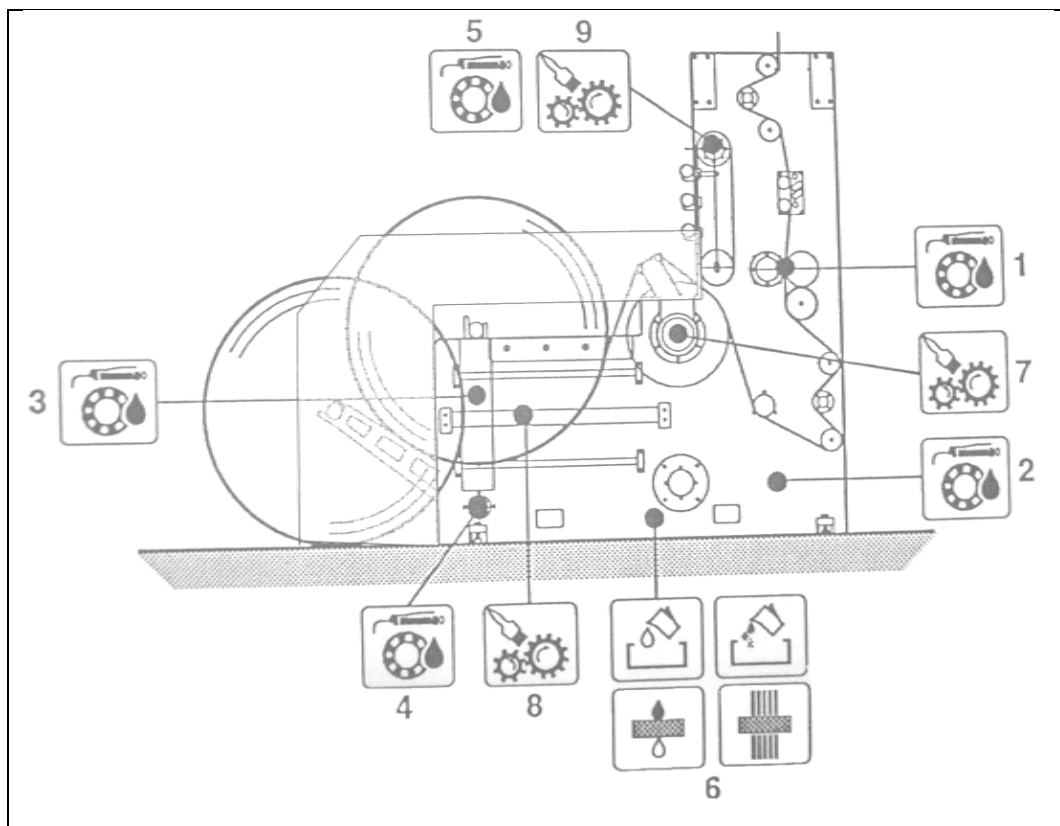


Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
4	Mensual	Lubricar	Rodamientos soportes rodillos haladores	4	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
7	Mensual	Lubricar	Engranajes grupo entrada de película	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
8	Mensual	Lubricar	Engranajes rotación estirado	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
9	Semestral	Revisión	Cojinetes apertura de transportadores		Lubricación de por vida	
10	Mensual	Lubricar	Cojinete del engranaje de rotación estirado	1	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
11	Mensual	Lubricar	Soporte rodillos refrigeración	2	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
12	Mensual	Lubricar	Junta giratoria	2	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
1	Semestral	Revisión	Motor reductor estirado	1	Lubricación de por vida	

2	Semestral	Revisión	Motor reductor rotación estirado	1	Lubricación de por vida	
3	Semestral	Revisión	Motor reductor apertura de transportadores	1	Lubricación de por vida	
5	Semestral	Revisión	Cojinetes de grupo cambio cilindro encauchado	2	Lubricación de por vida	
6	Semestral	Revisión	SopORTE entrada película	1	Lubricación de por vida	

Para el sistema embobinador de las extrusoras Macchi 2 y 9, el plano de lubricación es el siguiente. (Figura 32)

Figura 32. Tareas de lubricación para el embobinador Extrusoras 2 y 9.



Posición	Frecuencia	Actividad	Pieza de mantenimiento	Cantidad	Tipo de lubricante	Cantidad de relleno
1	Mensual	Lubricar	Rodamientos soportes grupo calandria	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
2	Mensual	Lubricar	Soportes ejes mando giratorio grupo de corte	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
3	Mensual	Lubricar	Soportes grupo traslación horizontal bobina	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
4	Mensual	Lubricar	Soportes grupo ejes bielas descargue bobina	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
5	Mensual	Lubricar	Soportes grupo giratorio porta ejes	2	Grasa NLGI 2	Según haga falta
7	Mensual	Lubricar	Cadena mando giratorio grupo de corte	2	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
8	Mensual	Lubricar	Cadena traslación horizontal bobina	2	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
9	Mensual	Lubricar	Cadena grupo giratorio porta ejes	2	Grasa ESSO GRAFITATO PP/20	Según haga falta
6	Trimestral	Rellenar	Central hidráulica	1	Aceite Hidráulico 32	Según haga falta
6	Anual	Cambiar lubricante	Central hidráulica	1	Aceite Hidráulico 32	
6	Anual	Limpiar	Central hidráulica, filtro de aire	1		
6	Anual	Limpiar	Central hidráulica, filtro de aceite	1		

3.3.3 Metodología para la solicitud del servicio de mantenimiento. El servicio de mantenimiento o reparación de los equipos, se puede realizar a través del diligenciamiento del reporte de daños (Figura 33) o a través de la solicitud de una orden de trabajo de mantenimiento, la cual deberá ser consignada en el sistema de planeación de mantenimiento para su programación, de acuerdo con los criterios y la disponibilidad de recursos necesarios.

También se pueden realizar solicitudes de mantenimiento en las reuniones de producción en la que participan las áreas productivas y mantenimiento.

En el comité de gerencia aparecen necesidades de mantenimiento por parte de las diversas áreas o por los proyectos que se implementan como parte de las estrategias de la compañía.

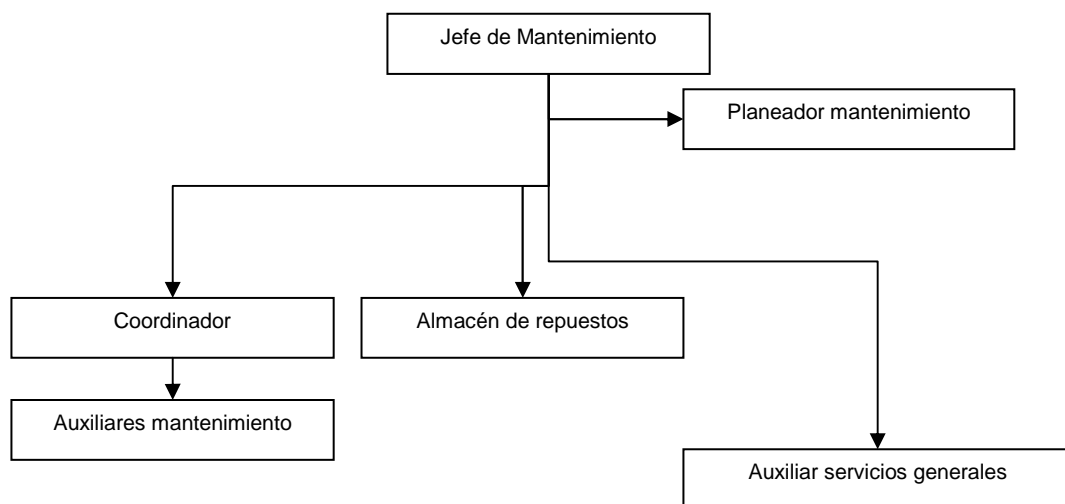
Por eso es importante implementar la programación de actividades para el área de mantenimiento, ya que utilizar al máximo el conocimiento y la experiencia del personal más antiguo hará aumentar el conocimiento generalizado del área.

También una adecuada prospectiva de las actividades a realizar puede llevar a predecir de alguna forma los costos de mantenimiento en repuestos, mano de obra extra y compras favoreciendo el uso adecuado de tiempo para negociación al disminuir las urgencias.

El planear y organizar las actividades favorece el objetivo del mantenimiento preventivo, ya que las reparaciones preventivas se puedan realizar de manera planificada a partir de inspecciones y no cuando se presentan fallas catastróficas (con el tiempo improductivo que incluyen).

De tal manera se propone el siguiente organigrama de mantenimiento. (Figura 34)

Figura 34. Organigrama de mantenimiento, implementando planeación.



3.4.1 Criterios de planeación. Los criterios a utilizar en el proceso de programación de las órdenes de trabajo de mantenimiento deben tener en cuenta diferentes aspectos como seguridad, calidad, productividad revisados en el capítulo anterior.

Además se deben tener en cuenta elementos que influyen en el cumplimiento y calidad del programa realizado, tales como disponibilidad de repuestos, coordinación de recursos ajenos o comunes en la planta, disponibilidad y coordinación de trabajos contratados con terceros, etc.

De esta manera, el orden de criterios comenzando del criterio de mayor peso al de menor peso es:

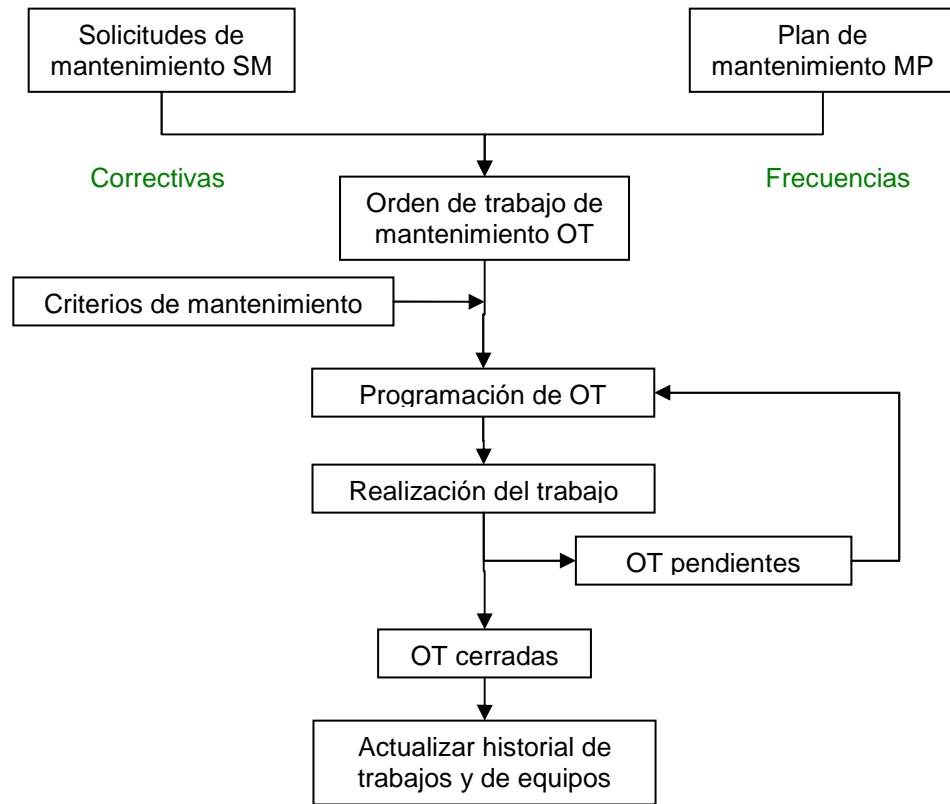
- Riesgos a la seguridad humana.
- Reparaciones que de no realizarse, pueden afectar la seguridad humana o de los equipos.
- Reparaciones que afectan el flujo normal de las operaciones, tal como la productividad o la calidad del producto.
- Actividades de mantenimiento preventivo.
- Tareas relacionadas con proyectos.

Existen también restricciones relacionadas con la ejecución de los trabajos de mantenimiento que se deben tener en cuenta para la programación, las cuales es posible planear para evitar que la ejecución de un trabajo se convierta en una pérdida de tiempo y recursos sin lograr el objetivo trazado, las restricciones más significativas son:

- Disponibilidad de todo el tiempo necesario para realizar completamente el trabajo de mantenimiento programado.
- Urgencia en la ejecución de la orden, según los criterios antes descritos.
- Disponibilidad del equipo a intervenir.
- Habilidad específica del personal asignado para el cumplimiento del trabajo asignado.
- Disponibilidad y fecha de recibo de los repuestos necesarios.
- Adecuación o alistamiento del área o de los equipos para la realización de la orden.
- Herramientas o equipos especiales que necesitan ser alquilados.

3.4.2 Flujo de la orden de trabajo. Con los criterios de planeación de las solicitudes de trabajo para mantenimiento y el plan de mantenimiento preventivo, se tiene un flujo de información que permite realizar seguimiento para posterior análisis y toma de decisiones en busca de la mejora continua. (Figura 35)

Figura 35. Flujo de la orden de trabajo en mantenimiento.



3.4.3 Niveles de autonomía en la planeación. El proceso de planeación de mantenimiento tiene una influencia recíproca con las decisiones tomadas en la gerencia general, el área de producción y comercial principalmente. Por esta razón, es necesario que los trabajos de mantenimiento se realicen de forma coordinada entre las áreas de la empresa para evitar incumplimientos a los clientes o pérdidas de productividad que podrían ser evitadas mediante la adecuada coordinación de las actividades. Las relaciones para la realización de los trabajos de mantenimiento se muestra como sigue. (Tabla 16)

Tabla 16. Relaciones de autonomía para la planeación de trabajos de mantenimiento.

Decisión de planeación	Coordinar con:	Solicitar autorización de:	Informar a:
Mantenimiento preventivo, incluye parada de máquina	Programador de producción	Jefe de Mantenimiento	Jefe de proceso (extrusión o impresión), Gerente de manufactura
Mantenimiento correctivo, por falla del equipo	Jefe de turno, Programador de producción		Jefe de proceso, Jefe de mantenimiento
Dejar tareas pendientes por programar debido a la urgencia del equipo	Jefe de mantenimiento	Jefe de mantenimiento	Jefe de proceso, Gerente de manufactura
Mantenimiento programado	Programador de producción, Jefe de proceso, Jefe de mantenimiento	Gerente general, Gerente de manufactura	Gerente comercial

3.4.4 Funciones del planeador de mantenimiento. Las funciones del planeador de mantenimiento se resumen en elaborar un programa de actividades de mantenimiento viable desde el punto de vista técnico y operativo que cumpla con los requerimientos y políticas de la organización. Estas funciones se pueden organizar como se presenta a continuación.

- Elaborar programas detallados de mantenimiento, asignando recursos (humanos y materiales), priorizando las tareas de acuerdo a las directrices de la compañía y los criterios del área. A partir de los planes generales de mantenimiento, el plan de mantenimiento preventivo y las solicitudes de los usuarios.
- Verificar la viabilidad del programa de mantenimiento, teniendo en cuenta las restricciones de producción (entregas, cumplimiento, productividad, etc),

las restricciones propias del área de mantenimiento (llegada de equipos y repuestos, contratación o coordinación con terceros, etc).

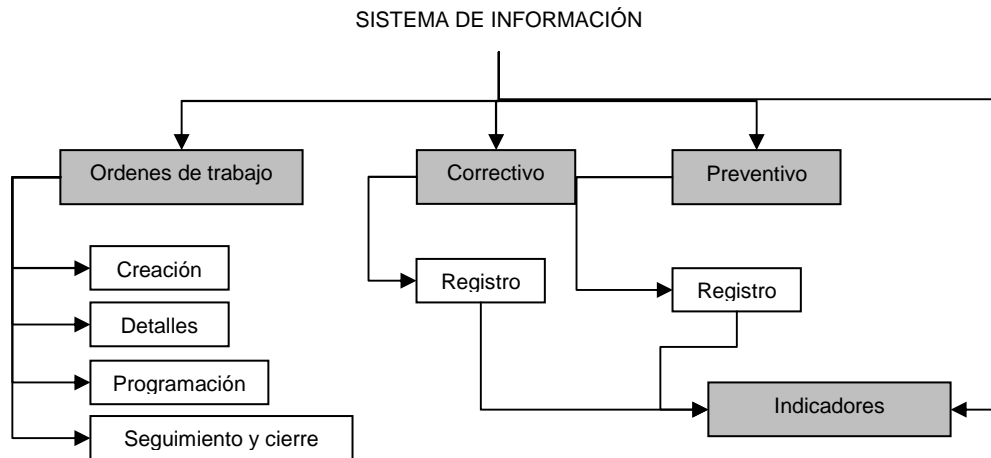
- Coordinar con las demás áreas la utilización de los recursos comunes y la programación de los trabajos.
- Verificar el estado de los trabajos pendientes y la nueva programación de los mismos.
- Elaborar los informes y llevar registro de los indicadores.
- Registrar, almacenar y gestionar la información del área de mantenimiento.

3.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN

3.5.1 Manejo de la información. Se maneja a través de software desarrollado en la compañía, según las necesidades planteadas por el personal encargado del mantenimiento y la experiencia recopilada a través de la operación diaria del mantenimiento.

- Diseño general del sistema. La información consignada en el sistema se agrupa en cuatro categorías principales: Ordenes de trabajo, Registro del mantenimiento correctivo, Registro del preventivo e indicadores de mantenimiento, cada una con algunas opciones para detallar y manejar la información haciendo seguimiento permanente del desempeño del área de una forma cómoda para el usuario. (Figura 36)

Figura 36. Diseño general sistema de información.



- Formato de una orden de trabajo. Las órdenes de trabajo tienen la información fundamental para la realización de un trabajo de mantenimiento, referente a la ubicación del trabajo, la fecha de realización, el personal responsable, los repuestos a utilizar, la coordinación de llegada de repuestos y equipos especiales.

Se muestra el ejemplo de una orden de trabajo en la que se debe realizar la rectificación de los rodillos haladores de la extrusora 1, en éste caso es fundamental realizar una planeación acerca de la ruta para bajar e instalar nuevamente los rodillos desde el sitio de operación hasta el piso, para entregarlos al taller donde se realiza la reparación. También es necesaria la coordinación con las demás áreas de la empresa para asegurar la disponibilidad del montacargas en el momento de realizar el descenso de los rodillos, la coordinación debe realizarse igualmente con el taller externo para que los tiempos de entrega estén de acuerdo con la planeación de la orden de trabajo.

En la parte final del formato de la orden de trabajo se muestra un espacio para las observaciones como la seguridad y para los posibles anexos

necesarios para la realización del trabajo, tales como planos o gráficas, secciones de algunos manuales, etc.

- Generación de la orden de trabajo. La orden de trabajo se debe registrar en el sistema consignando los datos que se muestran en el formato (Figura 38), a través de la creación de la orden mediante la ventana correspondiente del sistema, en la cual se indica la prioridad, el técnico responsable, las fechas esperadas para la realización del trabajo, se indica el equipo a intervenir y se asigna un número único para la orden. (Figura 37)

Figura 37. Creación orden de trabajo para rectificar rodillos haladores.

Crear OT Mantenimiento

OT N° Téc responsable Prioridad mtto
 Seguridad Prioritario Mlto normal Proyecto

Tipo mtto
 Preventivo Correctivo Programado

Área Máquina

Fecha inicio Fecha fin Título OT

Hora inicio Hora fin Observaciones

Marzo 2008

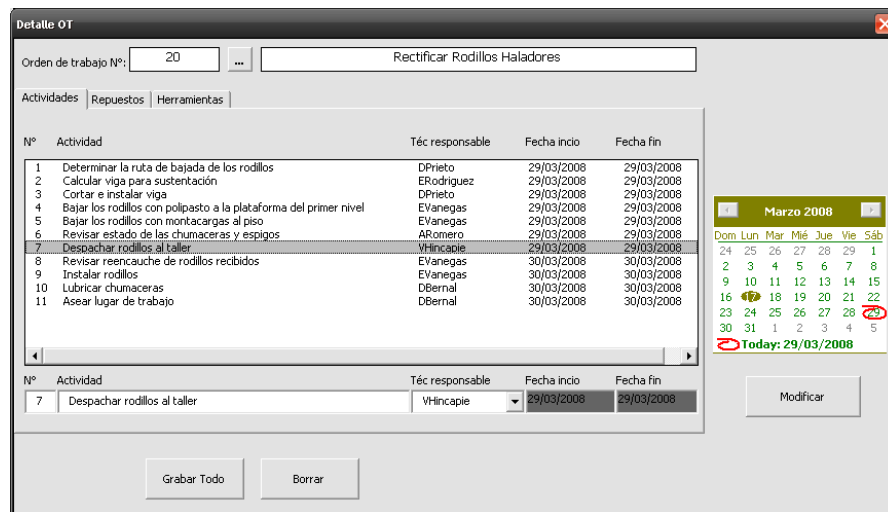
Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
24	25	26	27	28	29	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Today: 29/03/2008

Grabar OT Detalle OT

Las actividades se crean en una ventana dedicada, donde se puede realizar programación detallada de las mismas. (Figura 39)

Figura 39. Actividades de la orden de trabajo, rectificar rodillos haladores.



- Programación de la orden de trabajo de mantenimiento. Es necesario programar las ordenes de trabajo, para que el personal dedicado a su ejecución tenga claras las actividades a realizar durante la jornada y se prepare para las mismas, evitando tiempos ociosos y garantizando el control sobre la ejecución de todos los pendientes que se consignan en el sistema. También permite iniciar con la base de registro de datos que pueden servir en futuras implementaciones de mantenimiento, como por ejemplo el cálculo del costo de una orden de trabajo, o la efectividad de tareas por operario. (Figura 40)

Figura 40. Programación de órdenes de trabajo de mantenimiento.

Programación OT

Programación de Órdenes de trabajo de mantenimiento

Sec	Nº OT	Título OT	Téc responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Prioridad	Tipo ntto
1	10	Ordenar zona de repuestos	MValle	27/03/2008	28/03/2008	Normal	Preventivo
2	11	Ajuste de palanganas	ERodriguez	27/03/2008	28/03/2008	Urgente	Correctivo
3	20	Rectificar Rodillos Haladores	EVanegas	29/03/2008	31/03/2008	Normal	Preventivo
4	5	Instalación cámara de extracción	MValle	27/03/2008	28/03/2008	Seguridad	Correctivo
5	2	Desincrustar sistema de refrigeración	MValle	19/03/2008	21/03/2008	Urgente	Correctivo
6	9	Reparación ejes neumáticos	JRodriguez	26/03/2008	28/03/2008	Urgente	Correctivo
7	14	Montaje ventilador	ERodriguez	03/04/2008	28/03/2008	Urgente	Programado
8	19	Reparación fugas de aire embobinador	ARomero	29/03/2008	31/03/2008	Normal	Preventivo

Sec: 3 Nº OT: 20 Título OT: Rectificar Rodillos Haladores Cerrar OT

Imprimir Modificar Borrar OT

Guardar cambios

Detalle de la orden

Nº	Actividad	Téc responsable	Fecha inicio	Fecha fin
1	Determinar la ruta de bajada de los rodillos	DPrieto	29/03/2008	29/03/2008
2	Calcular viga para sustentación	ERodriguez	29/03/2008	29/03/2008
3	Cortar e instalar viga	DPrieto	29/03/2008	29/03/2008
4	Bajar los rodillos con polipasto a la plataforma del primer nivel	EVanegas	29/03/2008	29/03/2008
5	Bajar los rodillos con montacargas al piso	EVanegas	29/03/2008	29/03/2008
6	Revisar estado de las chumaceras y espigos	ARomero	29/03/2008	29/03/2008
7	Despachar rodillos al taller	VHincapie	29/03/2008	29/03/2008

Cerrar detalle

- Cierre de la orden de trabajo. Una vez ejecutada la orden de trabajo, es necesario cerrarla y registrar los datos y observaciones recopiladas, tales como tiempo real de realización, o si es necesario crear una nueva orden por hallazgos, también es posible registrar resultados de la revisión del trabajo, observaciones de quien recibe el trabajo en el área que solicita el mantenimiento. (Figura 41)

Figura 41. Cierre de una orden de trabajo.

The screenshot shows a software window titled "Cierre OT" with the following fields and controls:

- OT N°:** 20
- Título OT:** Rectificar Rodillos Haladores
- Fecha inicio:** 29/03/2008
- Fecha fin:** 31/03/2008
- Observaciones:** Two empty text areas.
- Calendar:** A calendar for March 2008. The date 29 is circled in red and labeled "Today: 29/03/2008".
- Hora inicio:** 10
- Hora fin:** 12
- Restar turnos de 8 H:** A dropdown menu.
- Minutos:** An empty input field.
- Buttons:** "Grabar", "Calcula", and a checkbox "Genera otra OT".

3.5.2 Indicadores de gestión. Debido al comportamiento inestable de los indicadores mostrado en el capítulo anterior y al porcentaje elevado de mantenimiento correctivo en la gestión actual, se propone la utilización de pocos indicadores básicos del desempeño del área de mantenimiento, los cuales se pueden ir aumentando y complementando a medida que el desarrollo e implementación de la filosofía del preventivo se va afianzando en la organización y los indicadores básicos muestran un comportamiento estable con tendencia a la mejora

Los indicadores a implementar corresponden a la disponibilidad de la planta de producción, a los costos y a la gestión de las órdenes de trabajo. Se separan los indicadores por proceso productivo debido a la naturaleza diferente en los procesos y por la diferencia de antigüedad de los equipos.

- Tiempo medio entre fallas en extrusión. Frecuencia con la que aparece una falla en el mismo equipo perteneciente al proceso de extrusión.

$$TMEF_{Ext} = \frac{\text{Minutos totales transcurridos en el mes}}{\text{Número de averías}} \cdot \text{número de máquinas de extrusión programadas en el mes} \quad (6)$$

- Tiempo medio entre fallas en impresión. Frecuencia con la que aparece una falla en el mismo equipo perteneciente al proceso de impresión.

$$TMEF_{Imp} = \frac{\text{Minutos totales transcurridos en el mes}}{\text{Número de averías}} \cdot \text{número de máquinas de impresión programadas en el mes} \quad (7)$$

- Tiempo promedio de reparación en extrusión. La cantidad de tiempo que es necesario en promedio para realizar una reparación a los equipos del proceso de extrusión.

$$TPR_{Ext} = \frac{\text{Minutos totales por reparación en el mes en extrusión}}{\text{Número de averías}} \quad (8)$$

- Tiempo medio entre fallas en impresión. La cantidad de tiempo que es necesario en promedio para realizar una reparación a los equipos del proceso de extrusión.

$$TPR_{Imp} = \frac{\text{Minutos totales por reparación en el mes en impresión}}{\text{Número de averías}} \quad (9)$$

- Cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo. En el periodo de un mes, existe una cantidad de tareas programadas a partir del plan de mantenimiento, este indicador muestra el porcentaje de realización de éstas tareas.

$$\% \text{Cumplimiento al preventivo} = \frac{\text{Número de tareas del plan cumplidas en el mes}}{\text{Número tareas programadas en el plan en el mes}} \cdot 100 \quad (10)$$

- Cumplimiento a los mantenimientos programados. Debido a la gran cantidad de mantenimiento correctivo realizado en la planta y al estado actual

de los equipos, es necesario realizar mantenimientos correctivos generales para poner el equipo a punto nuevamente, para sus condiciones esperadas de producción, este tipo de trabajo de mantenimiento incluye el reemplazo de piezas, la innovación a algunos elementos de los equipos y reparación de partes.

El indicador planteado para su gestión es el porcentaje de cumplimiento a los programas generados con estas condiciones respecto a las tareas realizadas y a los plazos definidos en el programa ejecutado.

$$\% \text{Cumplimiento al programado} = \frac{\text{Número de mantenimientos programados ejecutados en el mes}}{\text{Número de mantenimientos programados en el mes}} \cdot 100 \quad (11)$$

- Cumplimiento al presupuesto de mantenimiento. Hace referencia a la cantidad de dinero desembolsado por concepto de compra de repuestos, trabajos externos de mantenimiento (como trabajos en taller) y servicios cancelados a contratistas. No existe un indicador, pero se compara permanentemente contra la partida asignada mensualmente por la gerencia general.
- Horas estimadas de trabajo pendiente. Se calcula como la suma de horas estimadas para la realización de todas las órdenes de trabajo que no se han realizado.

3.6 INVENTARIOS Y COSTOS

Se desarrollo el plan de compras a partir de los datos históricos, teniendo en cuenta la información del sistema de compras y los repuestos necesarios en las actividades de mantenimiento preventivo. Se definen valores máximos y

mínimos de cada ítem realizando pedidos en periodos mayores a un mes, a excepción de algunas reparaciones y consumibles (Tabla 17).

Tabla 17. Repuestos a manejar en el inventario

Item	Promedios mes			Cantidad a pedir	Dias x pedido	Cant min	Cant max
	Cantidad solicitada	Numero de pedidos	Valor total				
PLATINAS PARA CUCHILLAS SELLADORAS	191,7	1,7	433.833	10	18	10	17,5
RECTIFICACION RODILLO ENTINTADOR	1,5	1,3	119.417	1	23	1	1,75
RODAMIENTO DE BOLAS 6205-2Z	10,0	1,2	55.502	2	26	5	8,75
REENCAUCHE RODILLO ENTINTADOR	2,0	0,8	429.600	1	36	5	8,75
CORREA 800-8M-20 DOBLE	6,5	0,8	412.033	1	36	5	8,75
CEPILLO EN BRONCE 4769 FULLER	20,0	0,8	103.800	1	36	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 6005-2Z	4,5	0,8	37.513	1	36	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 6006-2Z	4,3	0,8	28.957	1	36	5	8,75
RODAMIENTO AXIAL DE BOLAS 51120	1,2	0,7	139.843	1	45	1	1,75
PIÑON RECTO GIRO LOCO Z-65 38X135mm	2,5	0,7	438.333	2	45	5	8,75
CORREA 800-8M-20 DENTADO SENCILLO	2,3	0,7	58.333	1	45	5	8,75
COMPUERTA PARA TOLVA	0,7	0,5	630.735	1	60	1	1,75
REPARACION GENERAL CARGADOR NEUMATICO	0,5	0,5	575.133	1	60	1	1,75
CONJ.CORREA CUCH.COMPL.COD: 1028157	0,7	0,5	419.432	1	60	1	1,75
CAMBIO DE ESPIGO A RODILLO	0,7	0,5	162.167	1	60	1	1,75
RODAMIENTO DE AGUJAS NKI 100/30 RANURADO PARA LUBRICACION COEXTRUSORA # 5	0,5	0,5	125.733	1	60	1	1,75
REENCAUCHE RODILLO GOFRAADOR	0,5	0,5	123.433	1	60	1	1,75
RECTIFICACION RODILLO HALADOR	0,7	0,5	109.933	1	60	1	1,75
RECONSTRUCCION DE ESPIGO EJE PRINCIPAL SCAE	0,8	0,5	46.667	1	60	1	1,75
BUJE EN NYLON	5,8	0,5	39.167	5	60	1	1,75
CONTROL DE TEMPERATURA 48mmX48mm 100-240VAC	0,8	0,5	186.167	1	60	2	3,5
PRECALENTADOR BUJIA PARA MOTORES DIESEL BOSCH REF. 250 200 035 12V	3,2	0,5	117.167	10	60	3	5,25
PIEZAS SELLADORAS NEUMATICO EJE EMBOBINADOR EXT. 9 Y EXT. 2	3,3	0,5	225.833	10	60	15	26,25
TROQUEL DIAM.INT.5MM	11,7	0,5	281.333	10	60	25	43,75
REENCAUCHE RODILLO HALADOR EXTRUSORA	0,5	0,3	608.083	1	90	1	1,75
DISCO PARA SELLADORA DE 330MM DE DIAMETRO	5,0	0,3	385.806	1	90	1	1,75
SOP.RODAM. CODIGO: 1027010	0,3	0,3	197.314	1	90	1	1,75
GAS REFRIGERANTE R-407C X 30	0,3	0,3	153.083	1	90	1	1,75
DISCO EN POLILON DE 33 CM DE DIAMETRO X 0.6 CM, FABRICADAS EN NYLON DURO	3,3	0,3	116.667	1	90	1	1,75
PORTACUCHILLA EN DURALUMINIO S/PLANO Y MUESTRA	1,2	0,3	110.833	1	90	1	1,75
REENCAUCHE RODILLO RANURADO A 65mm	0,3	0,3	108.833	1	90	1	1,75
SENSOR FOTOELECTRICO ALCANCE 3 MTS	0,3	0,3	91.567	1	90	1	1,75
FUENTE DE PODER 24VDC 5 AMPERIOS	0,5	0,3	89.167	1	90	1	1,75
INFERIOR CORONA PRINCIPAL (TRINQUETE) REF: M2.5X28T	1,0	0,3	87.000	1	90	1	1,75
FILTRO DE AIRE REF: HCA-9104 "FRANIG"	0,7	0,3	67.333	1	90	1	1,75
EMBUJAR AJUSTE DE RODAMIENTO A RODILLO	0,3	0,3	57.000	1	90	1	1,75
RELE ESTADO SOLIDO MARCA OMRON REF: 63PB-225B-VD 12-24 VDC	0,7	0,3	49.268	1	90	1	1,75
RECONSTRUCCION EJE	0,3	0,3	45.000	1	90	1	1,75
FUNDA EN SILICONA PARA RODILLO TRATADOR	0,8	0,3	1.028.867	1	90	2	3,5
ELECTROVALVULA 3/2 REG/RES 1/8 NPT CON BOBINA Y PLUG A 24 V DC	0,7	0,3	138.667	1	90	2	3,5
RESISTENCIA TIPO CARTUCHO DIAMETRO 3/8" X 90 CM, 1200W 260 VOLTIOS	1,0	0,3	115.300	1	90	2	3,5
RODAMIENTO DE AGUJAS NUTR 25	1,0	0,3	55.587	1	90	2	3,5
DESINCRUSTANTE	6,7	0,3	51.100	10	90	2	3,5
SOPORTE PARA TERMOCUPLA	1,2	0,3	35.000	1	90	2	3,5
CORREA DENTADA 510 L 075 CORREA BALANCIN SCAE 1 A 5	1,5	0,3	21.300	1	90	2	3,5

CHUMACERA REDONDA FC206 DIAM/30mm	0,5	0,3	18.250	1	90	2	3,5
TERMOCUPLA TIPO J 2.00 MTS	2,2	0,3	148.850	5	90	3	5,25
GUIAS EXPANSORAS DEL EJE NEUMATICO	2,5	0,3	375.000	1	90	5	8,75
TOSCHEM 2910C	20,0	0,3	269.840	10	90	5	8,75
CANDADO TRIPLE PARA CADENA PASO 10	3,3	0,3	32.500	1	90	5	8,75
CORREA DENTADA 330H 100	1,2	0,3	30.158	1	90	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 1205	1,7	0,3	29.202	1	90	5	8,75
CORAZA DE 1" AMERICANA	5,5	0,3	28.817	1	90	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 1206	1,0	0,3	22.549	1	90	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 6008-2Z	1,7	0,3	18.246	1	90	5	8,75
CORREA DENTADA 240 H 100	0,7	0,3	12.371	1	90	5	8,75
RODAMIENTO DE BOLAS 6004-2Z	1,8	0,3	8.563	1	90	5	8,75
MANGUERA EXPANSIBLE PARA EJE NEUMATICO (EXTRUSION)	12,0	0,3	228.389	10	90	10	17,5
MANGUERA FLEXIVOLV TERMORESISTENTE PARA PASO DE AIRE 2.1/2	7,3	0,3	193.600	10	90	10	17,5
VALVULA PARA EJE NEUMATICO EN BRONCE	10,0	0,3	178.656	30	90	10	17,5
MANGUERA EN POLIURETANO DE 8mm	10,0	0,3	21.055	1	90	20	35
CUCHILLAS TIPO BISTURI SDI BLADES No 1404	666,7	0,3	113.333	100	90	50	87,5
CUCHILLA DE CORTE REF. 1024202 SEGUN COTIZACION COEMTER	1,7	0,2	1.329.541	1000	180	1	1,75
RODILLO INTRODUTOR MAQUINA SELLADORA DE BOLSAS	0,7	0,2	1.219.474	1	180	1	1,75
RODI.INTRD.INF COD: 1026771	0,2	0,2	712.408	1	180	1	1,75
RODI. INTROD.SUP REF: 1029712	0,2	0,2	712.408	1	180	1	1,75
REPARACION MOTOR	0,2	0,2	559.167	1	180	1	1,75
RECONSTRUCCION DE TORNILLO	0,3	0,2	516.667	1	180	1	1,75
GUIA AISLADA TENSOR CUCHILLA REF. 1024201 SEGUN COTIZACION COEMTER	0,7	0,2	474.815	1	180	1	1,75
LISTONES EN MADERA DE ZAPAN MACHO DE 3*3*141CM CON FILOS REDONDEADOS	7,3	0,2	300.667	1	180	1	1,75
RODAMIENTO DE RODILLOS 23024 CCK/W33	0,3	0,2	293.667	1	180	1	1,75
TRINQUETE MODELO CB6	0,2	0,2	233.333	1	180	1	1,75
REENCAHUICHE RODILLO HALADOR EXTRUSORA	0,2	0,2	229.900	1	180	1	1,75
POLEA ENTR.EJE INTERM. COD: 1026836	0,3	0,2	220.321	1	180	1	1,75
RODI.MOVL COMPENS. D50*1420 COD: 1028608	0,3	0,2	216.727	1	180	1	1,75
RODI.COMPES.DI 50*1420 COD: 1027649	0,3	0,2	216.727	1	180	1	1,75
RODILLO INTRODUTOR MAQUINA SELLADORA DE BOLSAS	0,3	0,2	216.667	1	180	1	1,75
VARI. APOYO SOLD INF. COD: 1027366	0,7	0,2	216.234	1	180	1	1,75
MOTOR NEUMATICO	0,3	0,2	196.074	1	180	1	1,75
RODI.DIA. 50*810 CARBONO COD: 102632	0,3	0,2	146.133	1	180	1	1,75
POLEA CONduc.CUCHI.COD: 1026865	0,2	0,2	135.506	1	180	1	1,75
POLEA CNdUCI.CUCHI COD: 1026865	0,2	0,2	130.437	1	180	1	1,75
TENS. SUJEC. ELECTROD.L.OPER COD:1030544	0,3	0,2	111.639	1	180	1	1,75
EJE PARA PIÑON 55	0,5	0,2	70.000	1	180	1	1,75
ACOPLE EJE PIÑON 55	0,5	0,2	62.500	1	180	1	1,75
FILTOR AIRE COMPRESOR SULLAIR 60HP	0,3	0,2	58.833	1	180	1	1,75
PEGANTE LOCTITE 515	0,3	0,2	55.000	1	180	1	1,75
CORONA PRINCIPAL REF: M2.5X190T	0,5	0,2	45.000	1	180	1	1,75
EJE PARA PIÑON Z-59	0,5	0,2	42.250	1	180	1	1,75
RELEVO DE ESTADO SOLIDO 50 A /4-32 VDC	0,5	0,2	36.750	1	180	1	1,75
BUJE DIAM.EXT. 52.25MM X 35MM X 61.25MM IMPRESORAS 1-2 Y 9	2,0	0,2	170.000	5	180	3	5,25
TUBO FLUORECENTE 32W	1,0	0,2	68.000	1	180	3	5,25
PIÑON RECTOP GIRO LOCO Z-65 38X135mm	0,3	0,2	61.667	1	180	3	5,25
PIÑON RECTO Z-67 DIAM 45mm X 172mm X 50.6mm CON MANZANA	0,2	0,2	46.667	5	180	3	5,25
RODAMIENTO DE BOLAS KR22B	0,7	0,2	21.360	1	180	5	8,75
MANGURA PASO DE AIRE 6"	3,8	0,2	236.474	20	180	10	17,5
CONECTOR DE SEIS PINES P/SENSOR PRESION	1,7	0,2	216.667	1	180	10	17,5
ACEITE SPARTAN EP 220	9,2	0,2	206.234	55	180	10	17,5
ACOPLE DE CADENA INTERMEC REF: C80-18	0,3	0,2	163.500	1	180	10	17,5
CUCHILLAS SCHICK INJECTOR PLUS BLADES 7	5,0	0,2	144.500	15	180	10	17,5
MANGUERA PARA EJE NEUMATICO SELLADORAS COEMTER	1,3	0,2	128.000	25	180	10	17,5
CABLE ENCAUCHETADO 4X10	20,0	0,2	120.700	25	180	10	17,5
MANGUERA PLANA NEUMATICA 20mm MANGUERA PARA EJES NEUMATICOS MAQUINAS COEMTER	33,3	0,2	104.733	20	180	10	17,5
RESORTE P/EJE NEUMATICO EXTRUSORA MACCHI	45,0	0,2	101.270	100	180	10	17,5
GRASA LUBRICANTE MARFA MULTIPROPOSITO 21375 DE TEXACO CANECA POR 35 LIBRAS	5,8	0,2	69.335	5	180	10	17,5
ALAMBRE No 12	66,7	0,2	47.667	1	180	20	35

Se presenta una comparación de costos entre la realización del mantenimiento preventivo y el mantener un esquema de correctivo. Para este análisis es necesario calcular el costo de la parada de un equipo, para lo cual se realizó el cálculo de la siguiente manera:

$$\text{Costo total parada} = \text{costo de no producir} + \text{costo del desperdicio por arranque} + \text{Salarios pagados} \quad (12)$$

$$\text{Costo de no producir} = (\text{Precio venta} - \text{precio materia prima}) \cdot \text{Cantidad no producida} \quad (13)$$

$$\text{Costo del desperdicio por arranque} = (\text{Precio venta}) \cdot \text{Cantidad de desperdicio} \quad (14)$$

Las cantidades de desperdicio por arranque se estimaron en 12 Kg por parada a partir de los datos históricos de producción. El costo de la parada se calculo con base en 8 horas de parada mensual por equipo en las actividades de mantenimiento preventivo y para el correctivo se usaron 52 horas tomando la frecuencia de fallas promedio de 23900 minutos (año 2007) y una duración de 28 horas por reparación de carácter correctivo.

La tabla 18 muestra los resultados de estos cálculos para el último semestre del año 2008 y el primer semestre de 2009.

Tabla 18. Comparación de costos con preventivo y correctivo

Costo del mantenimiento con preventivo	Jul-Dic 2008	Ene- Jun 2009
Salarios	8.350.000	8.851.000
Materiales y servicios	10.500.000	11.130.000
Repuestos	45.000.000	47.700.000
Costo de la parada		
Costo del desperdicio	74.400	79.608
Costo por pérdida producción	12.086.400	12.766.128
Salarios pagados sin operar	210.000	222.600
Costo total	76.146.400	80.669.728
	Total año	940.896.768

Costo del mantenimiento Sin preventivo	Jul-Dic 2008	Ene- Jun 2009
Salarios	7.700.000	8.162.000
Materiales y servicios	8.200.000	8.692.000
Repuestos	40.000.000	42.400.000
Costo de la parada		
Costo del desperdicio	135.408	79.608
Costo por pérdida producción	43.815.408	40.445.808
Salarios pagados sin operar	763.636	809.455
Costo total	100.479.044	106.275.863
	Total año	1.212.752.169

3.7 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Según el modelo planteado en la Figura 17, el análisis de criticidad se relaciona con el plan de mantenimiento preventivo, dando la prioridad de los equipos a atender con mayor esmero y oportunidad.

A continuación (Tabla 19) se presentan todas las actividades de mantenimiento preventivo definidas para los equipos productivos de las áreas de extrusión e impresión, se muestra la sección, el equipo correspondiente, la descripción de la actividad a realizar, y las fechas en las que se debe realizar la tarea, se toma una base semanal, para que mensualmente se programen las actividades de una manera más detallada, con la fecha por día, buscando una distribución uniforme de carga de trabajo para los operarios y teniendo en cuenta las restricciones de producción y coordinación de materiales y repuestos necesarios.

Es necesario que a medida que vaya ejecutando el plan de mantenimiento preventivo, exista una retroalimentación para realizar mejoras al plan e inclusión o eliminación de tareas, de acuerdo a los resultados de la realización de los grupos de tareas que se planean juntos.

4. CONCLUSIONES

Los procesos de producción de naturaleza continua como la extrusión de película soplada presentan un comportamiento especial en cuanto a la forma de planear el mantenimiento, ya que los costos asociados a los paros de máquina son elevados, no es viable planear paradas de máquina de forma excesiva o no controlada con motivos de mantenimiento.

Cuando los equipos de impresión se instalan en línea con los equipos de extrusión, es aceptable tratarlos como un proceso aparte debido a la naturaleza disímil de la construcción y función que realizan, pero es necesario entonces asignar la criticidad del equipo de extrusión al equipo impresor asociado.

El mantenimiento preventivo debe implementarse en PLASTILENE S.A. como una herramienta de gestión que busca la reducción de pérdidas principalmente en tiempos muertos de producción y en costos asociados con el mantenimiento, fin de mantener las condiciones competitivas de la empresa frente al mercado actual.

En el proceso de implementación debe incluirse al personal operativo tanto de producción como de mantenimiento, ya que sus opiniones, recomendaciones y compromiso con el programa de mantenimiento preventivo forman parte fundamental del éxito.

Se dejó establecida la función de planeación y programación como parte fundamental del mantenimiento preventivo, ya que permite administrar con información confiable y mantener el conocimiento colectivo del área de

mantenimiento desprendido de pocas personas y organizado para que sea accesible a toda la compañía.

En los manuales de los equipos existe información útil para la función del mantenimiento, pero es la experiencia y el conocimiento aplicado a la ejecución del mantenimiento lo que permite modificar y mejorar permanentemente el plan de mantenimiento desarrollado, por eso debe tomarse como el paso inicial para la mejora y no como la excusa en caso de alguna falla del mismo.

Se crearon actividades de mantenimiento para los equipos productivos, las cuales deben realizarse de manera concienzuda y con el objeto de hallar y evitar fallas que puedan limitar la función de los equipos de producción.

Los indicadores de mantenimiento fueron definidos y buscan mostrar la eficacia del mantenimiento en la etapa primaria del desarrollo, también es necesario que a medida que se tenga una base de gestión ordenada y consistente, se implementen nuevas formas de medir especialmente en la parte relacionada con los costos de mantenimiento.

Los software de mantenimiento, especializados que se desarrollan en el interior de cada compañía o adquiridos en el mercado, son una herramienta de gran utilidad para el registro, manejo y gestión de la información producida por la labor habitual de mantenimiento y especialmente si el tipo de mantenimiento adoptado es el preventivo. Deben verse y manejarse como un medio y no como un fin en el trabajo.

Se identificó la metodología para registrar la información en el software de mantenimiento desarrollado en la compañía, según las necesidades y el estado de la gestión real del mantenimiento realizada diariamente.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE FLEXOGRAFÍA. Flexografía, principios y prácticas. 3 ed. Nueva York: Asociación Técnica De Flexografía, 1980. 444 p.

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 157 p.

CANTOR, Kirk. Blown film extrusion An introduction. 1 ed. Munich: Carl Hanser Verlag, 2006. 154 p.

GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. 1 ed. Madrid: Díaz de Santos S.A, 2003. 304 p.

GONZÁLEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2006. 192 p.

GROSS, John. Fundamentals of preventive maintenance. 1 ed. New York: AMACOM, 2002. 223 p.

PÉREZ, Ariel. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa "Metalmecánica técnica colombiana, METALTECO LTDA. Bucaramanga, 2002, Proyecto de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica.

SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica INDUSTRIAS AVM S.A. Bucaramanga, 2004, Proyecto de grado (Ingeniero mecánico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica.