

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE ALIMENTO
BALANCEADO CON EL FIN DE INCREMENTAR LA
CONFIABILIDAD EN 5%**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO**

JOSE LUIS SANCHEZ VASQUEZ

PROMOCION 2002 - II

LIMA-PERU

2013

DEDICATORIA:

Dedico este informe a mis hijos, quienes han sido fuente de inspiración para poder realizar este informe y poder completar una etapa más de mi carrera profesional como es la titulación.

A mi esposa, por apoyarme durante el desarrollo de mi carrera y poder motivarme desde que ingrese a la universidad y hasta la obtención del título profesional.

A mi Madre (QEPD), quien siempre es mi inspiración en cada paso que doy en la vida.

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios, por permitirme cumplir con el sueño de poder estudiar una carrera de Ingeniería; a mis Padres, quienes se convirtieron en fuente de motivación para poder culminar mi carrera; a mis hermanos, por apoyarme incondicionalmente y a mi querida esposa, quien me acompañó durante toda mi época universitaria y me motivo siempre para seguir adelante en momentos difíciles.

Un especial agradecimiento a mis queridos hijos, quienes se han convertido en el motor que me impulsa a seguir mejorando cada día y por quienes busco obtener el título de Ingeniero Mecatrónico, y poder enseñarles que en la vida debemos culminar lo que iniciamos.

Agradezco a mi Universidad y mi Facultad, por brindarme los conocimientos que me han permitido desenvolverme en el campo laboral y estudiar mi carrera profesional de Ingeniería Mecatrónica.

A todos mis compañeros de estudio, con quienes aprendí a trabajar en equipo y pase una de las mejores etapas de mi vida.

INDICE

PRÓLOGO.....	1
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVO.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ALCANCE	5
1.5 LIMITACIONES.....	6
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO	7
2.2 OBJETIVOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	7
2.3 ENTRADAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	8
2.4 DESARROLLO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO.....	8
2.5 PROGRAMACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO	9
2.6 CONCEPTO DE MANTENIMIENTO	10
2.6.1 Primera Generación	11
2.6.2 Segunda Generación	11
2.6.3 Tercera Generación	12
2.6.4 Cuarta Generación.....	13
2.7 DEFINICIONES, OBJETIVOS Y TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	18
2.7.1 Mantenimiento Correctivo	20
2.7.1.1 Historia	20
2.7.1.2 Definición	20
2.7.1.3 Mantenimiento Correctivo No Planificado.....	20
2.7.1.4 Mantenimiento Correctivo Planificado.....	21
2.7.1.5 Ventajas	21
2.7.1.6 Desventajas	21

2.7.2 Mantenimiento Preventivo.....	22
2.7.2.1 Historia	22
2.7.2.2 Definición	22
2.7.2.3 Tipos de Mantenimiento Preventivo	23
2.7.2.4 Mantenimiento Basado en el Operador.....	25
2.7.2.5 Ventajas	25
2.7.2.6 Desventajas	26
2.7.3 Mantenimiento Predictivo.....	26
2.7.3.1 Historia	26
2.7.3.2 Definición	27
2.7.3.3 Ventajas	27
2.7.3.4 Desventajas	27
2.7.4 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)	28
2.7.4.1 Historia	28
2.7.4.2 Definición	28
2.7.4.3 Ventajas	28
2.7.4.4 Desventajas	29
2.7.5 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	29
2.7.5.1 Historia	29
2.7.5.2 Definición	30
2.7.5.3 Ventajas	30
2.7.5.4 Desventajas	31
CAPITULO III IDENTIFICACIÓN Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	32
3.1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	32
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	33
3.3 SITUACIÓN INICIAL	43
3.4 IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES	43
3.5 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	44
3.6 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN	45
3.7 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS E INDICADORES	46

CAPITULO IV IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	47
4.1 EQUIPO DE TRABAJO.....	47
4.2 DESARROLLO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO.....	48
4.2.1 Identificación de Equipos	48
4.2.2 Elaboración de Planes de Mantenimiento	48
4.3 PROGRAMACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO	62
4.4 INDICADORES	62
CAPITULO V RESULTADOS OBTENIDOS	64
5.1 RESULTADOS.....	64

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PROLOGO

El siguiente informe trata de la implementación del Plan de Mantenimiento para una Planta de Alimento Balanceado.

La implementación se realizó en una Planta de Producción que tiene una capacidad de 1,800 TN/mes y que por diversas fallas de equipos, paradas rutinarias y paradas imprevistas del área de Producción; solo se lograba producir 1,200 TN/mes en promedio, estas paradas generaban sobrecostos en el producto, desabastecimiento de mercado y pérdida de ventas.

El presente informe consta de 5 capítulos, en donde se detallará el proceso productivo, su situación antes de la implementación de los Planes de Mantenimiento, la situación luego de la implementación de los Planes de Mantenimiento, los indicadores implementados para tener una medición adecuada y que ayude a la mejora continua.

En el **Capítulo I**, se inicia con una introducción donde se menciona los antecedentes, los objetivos, la justificación, el alcance y las limitaciones de la implementación del Plan de Mantenimiento para la Planta de Alimento Balanceado.

En el **Capítulo II**, se describe el Plan de Mantenimiento, el objetivo del Plan, las entradas necesarias para su desarrollo, el uso de los planes mediante la programación de mantenimiento, se detalla la evolución del mantenimiento, las técnicas de mantenimiento que existen y las que se implementaron como parte del

Plan de Mantenimiento de la Planta, a la vez se indicará las ventajas y desventajas de usar cada técnica.

En el **Capítulo III**, se describe el Proceso Productivo de la Planta, en donde se detallan los equipos que se tienen en las líneas de producción y se indican los equipos que comprende cada etapa del proceso, lo cual se mostrará en el diagrama de flujo de la Planta. A la vez se describe la situación de la planta antes de la implementación del Plan de Mantenimiento, los indicadores implementados, la identificación del problema con el uso de la metodología de análisis de causa raíz, se plantea la solución y los objetivos e indicadores.

En el **Capítulo IV**, se describe el desarrollo de los planes, la implementación realizada en los equipos de acuerdo a su criticidad, la programación que se debe realizar y los indicadores con los cuales se medirá la efectividad de los planes de mantenimiento.

En el **Capítulo V**, se muestra los resultados obtenidos luego de la implementación de los Planes de Mantenimiento, los objetivos que se plantearon para poder realizar un monitoreo que ayuda a la mejora continua.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La Planta de Balanceados inicio operaciones en el año 2000, luego de un minucioso estudio de mercado y de rentabilidad de este negocio, la Empresa decidió incursionar y al cierre de ese mismo año se obtuvo excelentes resultados.

Dentro de la Corporación esta Planta fue administrada como un negocio independiente, por lo que su organigrama era diferente a las demás plantas de la Corporación. En la Corporación las áreas de Mantenimiento, Producción y Calidad están al mismo nivel en el organigrama, mientras que en esta planta el área de Mantenimiento reportaba al área de Producción.

En el año 2009, la Empresa decide realiza una reorganización y la planta de Balanceados se incorpora a la estructura principal de la Corporación, por lo que el área de mantenimiento de la Planta de Balanceados deja de reportar al área de Producción y el Supervisor de Mantenimiento de la Planta de Balanceados pasa a reportarme Se realizo una auditoria al área de Mantenimiento de la Planta de Balanceados y se encontró que no se contaba con una estructura solida, lo cual no estaba alineado a la visión de la Empresa.

El organigrama del área de Mantenimiento de la Planta de Balanceados estaba conformado únicamente por dos personas, el Supervisor de Mantenimiento y un Técnico Mecánico. Todas las actividades de

mantenimiento eran realizadas por proveedores, por lo que el personal de Mantenimiento de la Planta de Balanceados estaba dedicado a la parte administrativa del área de Mantenimiento y la realización de pequeños proyectos.

La realización de las actividades de mantenimiento por proveedores, generó que el Supervisor y Técnico de Mantenimiento de la Planta de Balanceados, no conocieran a profundidad los equipos de la planta. El poco conocimiento de los equipos llevo a tomar malas decisiones para las reparaciones, lo cual ocasiono que se tenga una baja confiabilidad de la Planta.

Al realizar una inspección detallada de los equipos, se encontró que no recibían un mantenimiento adecuado, ya que no contaban con planes de mantenimiento, el Mantenimiento que se realizaba en la Planta era solo Mantenimiento Correctivo, los equipos se intervenían solo cuando presentaban una falla y paralizaban por completo la producción.

La situación mas critica de la Planta se encontró en el equipo Extrusor de fabricación China y que fue montado en el 2008, este equipo en pocos meses de instalación y por el mantenimiento inadecuado que recibía, generó una mayor perdida de confiabilidad de la Planta por las fallas prematuras que presentaba.

1.2. OBJETIVO

Implementar un Plan de Mantenimiento para los equipos de proceso de la Planta de Alimento Balanceado y de esta manera poder asegurar su confiabilidad.

Diagnosticar la situación actual de los equipos perteneciente al proceso de producción.

Identificar los equipos críticos de la Planta que son relevantes para el proceso de producción, mediante la aplicación de un análisis de criticidad.

Definir tareas con sus respectivas frecuencias de mantenimiento a los componentes críticos de los equipos de la Planta.

Implementar un Plan de Mantenimiento que genere mejoras en la Gestión de Mantenimiento.

Asegurar la confiabilidad de los equipos mediante el uso de las diferentes técnicas de mantenimiento para el desarrollo de los Planes de Mantenimiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con la implementación del Plan de Mantenimiento, se planeo incrementar la confiabilidad de la Planta en un 5% y asegurar la disponibilidad de los equipos identificados como críticos.

Se reducirá las paradas por fallas de equipo y paradas imprevistas, que en algunos casos ha generado quiebres de stock y pérdida de venta por la falta de producto.

Los Planes de Mantenimiento, ayudaron a conservar los equipos en buen estado y evitar los desgastes prematuros que se presentaban.

1.4. ALCANCE

El alcance del presente informe consiste en la creación e implementación del Plan de Mantenimiento para los equipos de Proceso de la Planta de Balanceados. Se realizó el Plan de Mantenimiento de todos los equipos, en

donde se consideró las partes Mecánicas, la parte Eléctrica y los componentes Electrónicos que permiten trabajar de manera automática a los diferentes equipos.

1.5. LIMITACIONES

El presente informe no incluye el desarrollo de Planes de Mantenimiento para los equipos de servicios que pertenecen a otra Planta de la Empresa.

El Plan de Mantenimiento que se desarrolló e implementó no necesariamente es aplicable para otra Planta de este rubro, sin embargo si puede tomarse como referencia.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. PLAN DE MANTENIMIENTO

El Plan de Mantenimiento es un conjunto estructurado de tareas que comprende actividades, procedimientos, recursos, frecuencias de tiempo, duración y materiales necesarios para la ejecución de trabajos que permitan mantener la función de un activo. Los Planes de mantenimiento contienen actividades Preventivas, Predictivas y de Mantenimiento Autónomo.

2.2. OBJETIVO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Los Planes de Mantenimiento tienen como objetivo lo siguiente:

- Reducir las paradas de los equipos por fallas imprevistas.
- Reducir las pérdidas de Producción y económicas.
- Contribuir en el aumento de la Productividad.
- Conservar la capacidad de trabajo de los equipos dentro de los límites determinados por el fabricante.
- Incrementar el nivel de utilización de los equipos.
- Mantener la función del activo.
- Optimizar el gasto de Mantenimiento.
- Mantener altos niveles de Mantenimiento Preventivo.

2.3. ENTRADAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para la elaboración de los planes de mantenimiento se tiene las siguientes entradas:

- Información Técnica del fabricante de los equipos.
- Reportes de inspecciones realizadas por personal de Mantenimiento o por Proveedores.
- Informes de trabajos de mantenimiento y reparaciones anteriores.
- Frecuencia de uso del equipo.
- Estado del equipo (antigüedad)
- Tipo de equipo o maquinaria.
- Experiencia del Personal de Mantenimiento.

2.4. DESARROLLO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

En el desarrollo de los Planes de Mantenimiento se definen y establecen los elementos necesarios para realizar una tarea específica. El Planear la actividad o tarea específica consiste en definir el COMO HACER LA TAREA, CUANTO TIEMPO USAR, QUE HACER y QUE RECURSOS USAR.

- Como hacer la tarea: Cuáles son las normas y procedimientos aplicables para efectuar la actividad. Incluye normas de seguridad y protección del medio ambiente.
- Cuanto tiempo usar: Definir el tiempo necesario que se va usar para cada tarea.

- **Que hacer:** Se refiere al alcance de la tarea, se debe buscar la efectividad, debemos recordar que cada actividad representa dinero. Si se realizan actividades que no son necesarias, estamos perdiendo dinero.
- **Que recursos usar:** Dentro de los recursos necesarios para ejecutar las tareas, se debe definir la cantidad de personas, los materiales, repuestos, herramientas y cualquier otra herramienta o recurso necesario.

2.5. PROGRAMACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

La programación de los Planes de Mantenimiento hace referencia a la hora o el momento específico en el cual se llevaran a cabo las actividades planeadas, así como también se define quien va realizar cada actividad. Por lo tanto un requisito necesario para una programación acertada es tener implementados los Planes de Mantenimiento.

Es recomendable que la planeación y la programación del mantenimiento sean ejecutados por la misma persona. Cuando hablamos de planeación y programación del mantenimiento podemos pensar que es parecida a la planeación y programación de la producción, pero en realidad son diferentes en muchos aspectos:

- La demanda del trabajo de mantenimiento tiene mayor variabilidad que el trabajo de producción y la llegada de la demanda es aleatoria por naturaleza.

- La variabilidad entre los trabajos de mantenimiento es mayor y difieren entre si, por ello es mas complicado que se desarrollen estándares en el área de mantenimiento que en producción.
- La planeación del mantenimiento requiere coordinación con muchos departamentos de la organización, como el área de Logística de Repuestos, Producción y Planificación de la Producción.

Es por estas razones que la planificación y programación de mantenimiento requieren un tratamiento diferente, y juega un papel muy importante en la administración del Mantenimiento.

El Plan de Mantenimiento debe revisarse anualmente para poder identificar oportunidades de mejora y optimización de las actividades.

2.6. CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

Podemos encontrar infinidad de definiciones diferentes para el concepto de mantenimiento según los criterios de cada autor. Intentando homogenizar diferentes criterios, podemos definir el mantenimiento como ***el conjunto de actividades que se realizan sobre un componente, equipo o sistema para asegurar que continúe desempeñando las funciones que se esperan de él, dentro de su contexto operacional.***

El objetivo principal del mantenimiento, por tanto, es preservar la función del activo, optimizar el rendimiento y extender su vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de los recursos.

Este nuevo enfoque del mantenimiento es el resultado de una evolución importante a través del tiempo. John Moubray (1997) en su libro RCM II distingue

entre tres generaciones diferentes de mantenimiento. Cada una de las cuales representa las mejores prácticas utilizadas en una época determinada.

2.6.1. Primera Generación

La primera generación cubre el período entre 1930 y la Segunda Guerra Mundial. En esta época la industria estaba poca mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos.

Además al ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación. El único mantenimiento que se realizaba era el de “Reparar cuando se averió”, es decir mantenimiento correctivo.

Tabla 2.1: Primera Generación de Mantenimiento

Objetivos	Técnicas
❖ Reparar cuando se produce el fallo	❖ Mantenimiento Correctivo

2.6.2. Segunda Generación

La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria.

Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento se centrara en buscar formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a las maquinarias a intervalos fijos.

Además comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costes de mantenimiento y planificar las intervenciones a intervalos fijos.

Tabla 2.2: Segunda Generación de Mantenimiento



2.6.3. Tercera Generación

Se inició a mediados de la década de los setenta, cuando se aceleraron los cambios a raíz del avance tecnológico y de las nuevas investigaciones. La mecanización y la automatización siguieron aumentando, se operaba con volúmenes de producción muy elevados, cobraban mucha importancia los tiempos

de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Alcanzó mayor complejidad la maquinaria y aumentaba nuestra dependencia de ellas, se exigían productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolidó el desarrollo del mantenimiento preventivo.

Tabla 2.3: Tercera Generación de Mantenimiento



2.6.4. Cuarta Generación. Nuevas tendencias del Mantenimiento.

En los últimos años hemos vivido un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión de mantenimiento.

Hasta finales de la década de los noventa, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causa de fallas.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.

- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la Fiabilidad y Mantenibilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tenencias, técnicas y filosofías de mantenimiento hasta nuestros días, de tal forma que actualmente podemos hablar de una **cuarta generación** del mantenimiento.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias de falla, sino que se debe encontrar la causa de la falla para eliminarlo y evitar que se repita.

Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la Mantenibilidad y Fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto, lo cual se denomina **gestión temprana**.

Tabla 2.4: Cuarta Generación de Mantenimiento

Objetivos	Técnicas
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mayor disponibilidad y fiabilidad. ❖ Mayor seguridad. ❖ Mayor calidad de producto. ❖ Respeto al medio ambiente. ❖ Mayor vida de los equipos. ❖ Eficiencia de costos. ❖ Mayor Mantenibilidad. ❖ Patrones de falla / Eliminación de fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Monitoreo de condición. ❖ Estudio de Mantenibilidad y Fiabilidad durante el proyecto. ❖ Estudios de riesgo. ❖ Utilización de pequeños y rápidos ordenadores. ❖ Sistemas expertos. ❖ Trabajo en equipo / Mantenimiento Autónomo. ❖ Modos de falla y causas de falla. ❖ Grupos de Mejora.

La Cuarta Generación en algunos autores lo han dividido en 2 generaciones más de mantenimiento, las cuales son:

La **Quinta Generación** está centrada en terotecnología y se considera que se dio entre el año 2002 y 2003. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida.

La terotecnología es un concepto incorporado a los sistemas de mantenimiento industrial, proviene del griego tero-tecno-logos, implica el estudio y gestión de la vida de un activo, desde el principio hasta el final del activo implicando su gestión económica.

La **Sexta Generación** se considera que empieza a partir del año 2003 aproximadamente e involucra la gestión de mantenimiento en busca de la mejora continua.

Actualmente se viene hablando de la **Gestión de Mantenimiento Centrada en el Negocio** la cual a mi parecer podría ser considerada como la **Séptima Generación**, ya que el mantenimiento empieza a tomar una relevancia diferente y no solo se concentra en mantener los activos y que ellos cumplan su función, sino que empiezan a revisar que es lo que le conviene al negocio, para lo cual intensifica la coordinación con las diferentes áreas de la empresa (llamados equipos multifuncionales), en donde al participar logra estar enterado de lo que sucede en la empresa y desde su área poder aportar de la mejor manera.

A continuación se muestra un diagrama resumen del Mantenimiento:

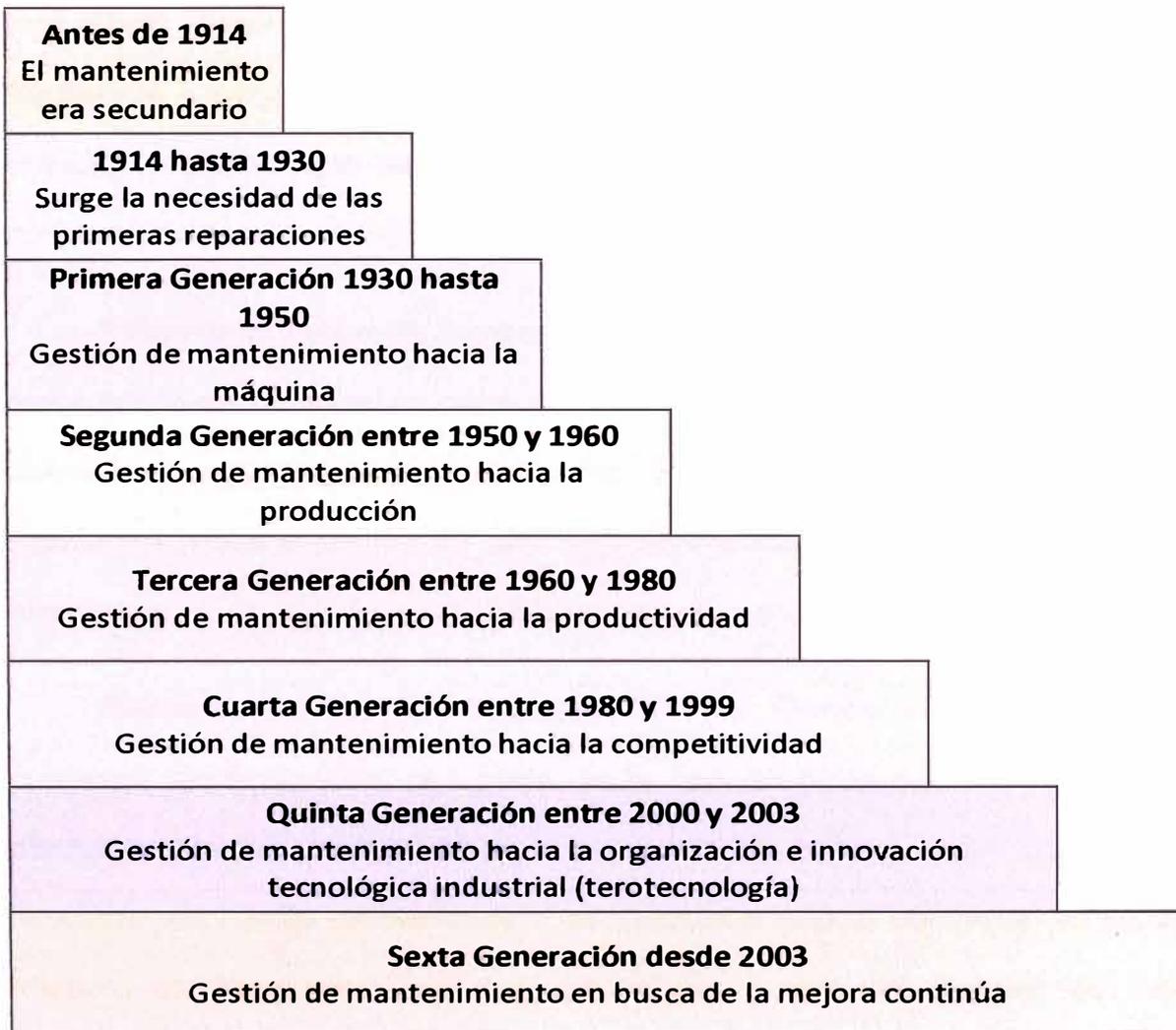


Figura 2.1: Evolución de Mantenimiento

A continuación vamos a ver como han evolucionado las expectativas de mantenimiento descritas en las diferentes generaciones de mantenimiento:

Disponibilidad y Fiabilidad de los equipos. La disponibilidad y fiabilidad de una máquina se siguen viendo en nuestros días como buenos indicadores de rendimiento para el mantenimiento. Las expectativas del mantenimiento en estas áreas se han mantenido e incluso aumentando en los últimos 15 años.

Mayor Seguridad. La seguridad sigue siendo una expectativa importante del mantenimiento, particularmente en el sentido de poder operar los equipos con

seguridad. Tradicionalmente, la seguridad se centraba en eventos de alta frecuencia y pequeñas consecuencias. En los últimos años se está ampliando el estudio a eventos que aunque presentan una frecuencia muy baja traen consigo consecuencias muy graves (catástrofes industriales)

Existe una creciente percepción de que las metodologías o sistemas de mantenimiento necesarios para evitar estas catástrofes industriales, deben ser diferentes a los usados típicamente para incidentes menos graves y más frecuentes. Para el control de este tipo de eventos se están desarrollando nuevas metodologías de mantenimiento basado en riesgo.

Respeto del Medio Ambiente. En los últimos años hemos vivido una creciente sensibilización por parte de la opinión pública hacia la protección del medio ambiente, empujando a la creación de más y más fuertes normas y regulaciones medio ambientales. Las industrias deben centrarse en minimizar el impacto medioambiental de sus operaciones y dar una imagen de producción limpia.

Para poder alcanzar estas expectativas, el papel del mantenimiento debe ser el de asegurar que los equipos funcionen correctamente conforme a las normas y regulaciones ambientales.

Mayor Calidad del Producto. En un mercado global, asegurar que el producto reúna todas las especificaciones de calidad sigue siendo un punto clave. Para las organizaciones que operan con “commodities” (productos genéricos), la calidad del producto es una de las pocas vías de diferenciar su producto respecto a sus competidores. El mantenimiento debe asegurar que el producto fabricado presenta los requisitos de calidad que han sido definidos para ese producto.

Aumento de la Vida Operativa de los Equipos. El ritmo creciente de los cambios tecnológicos y la disminución de los ciclos de vida de los productos han provocado en algunos casos un descenso en la importancia de aumentar la vida operativa de los equipos, al menos en la parte que concierne al mantenimiento. A pesar de ello, evitar “la muerte prematura” de las máquinas sigue siendo un objetivo muy importante del mantenimiento.

Eficiencia de Costos. La tercera generación de mantenimiento buscaba la optimización de sus gastos, para con ello colaborar en minimizar los costos totales de la organización. Esto es cierto, solo en teoría. A pesar de las ventajas que podría tener conseguir mayor eficiencia en los costos de mantenimiento, la realidad a sido que en muchas industrias - sobre todo en las intensivas en capital – lo que se ha hecho es minimizar la plantilla y conseguir un “Mantenimiento Esbelto” (Lean Maintenance) dentro de la organización, mas que buscar un correcto nivel de gastos de mantenimiento.

2.7. DEFINICIONES, OBJETIVO Y TIPOS DE MANTENIMIENTO.

A continuación detallaremos las definiciones mas importantes en mantenimiento, para poder entender expresiones que usaremos más adelante.

Mantenimiento, es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

Confiabilidad, es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.

Mantenibilidad, es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

Soportabilidad, es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

El diseño e implementación de cualquier sistema organizativo y su posterior informatización, debe siempre tener presente que está al servicio de unos determinados objetivos. Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia en evitar, precisamente, de que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

En el caso del mantenimiento, su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos.

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximizar la vida de la máquina.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Optimizar el uso de las fuentes de energía.
- Cumplir todas las normas de seguridad.
- Cumplir con el cuidado del medio ambiente.
- Asegurar que el activo siempre cumpla con su función durante todo el ciclo de su vida útil.

Los tipos de mantenimiento son:

2.7.1. Mantenimiento Correctivo.

2.7.1.1. Historia.

A finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX durante la revolución industrial, con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación, el inicio de los conceptos de competitividad de costos, planteo en las grandes empresas, las primeras preocupaciones hacia las fallas o paro que se producían en la producción. Hacia los años 20 ya aparecen las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación.

2.7.1.2. Definición.

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. El mantenimiento correctivo puede, o no, ser planificado.

2.7.1.3. Mantenimiento Correctivo No Planificado.

Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, y no planificadamente, al contrario del caso de Mantenimiento Preventivo. Esta forma de Mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

El ejemplo de este tipo de Mantenimiento Correctivo No Planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

2.7.1.4. Mantenimiento Correctivo Planificado.

El Mantenimiento Correctivo Planificado consiste la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto, y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

2.7.1.5. Ventajas.

Si el equipo esta preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.

No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

2.7.1.6. Desventajas.

Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.

Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

2.7.2. Mantenimiento Preventivo.

2.7.2.1. Historia.

Durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tiene un desarrollo importante debido a las aplicaciones militares, en esta evolución el mantenimiento preventivo consiste en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

2.7.2.2. Definición.

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado - MPP

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

2.7.2.3. Tipos de Mantenimiento Preventivo.

MP Programado

MP de rutina (y altamente repetitivo).

MP global

Reacondicionamiento de los equipos (reconstrucciones)

MP Predictivo,

Se tratará posteriormente.

El MP de rutina es la forma sistemática de hacer:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspección
- Pruebas
- Ajustes y aprietes
- Reemplazo de piezas y componentes.

- Servicio técnico y
- Reparaciones menores

Para mantener los equipos e instalaciones en perfectas condiciones de operación, debiendo ser de corta duración (apenas unos minutos al día), y en la que todos los operadores pueden participar.

El MP global generalmente involucra:

- Desmantelamiento parcial del equipo.
- Reemplazo de piezas y componentes.
- Empleo de diversas herramientas.
- Mayor nivel de habilidad.
- Mucho mas tiempo que le MP de rutina.
- Tiempo muerto programado de los equipos.
- Participación del planificador.

Reacondicionar equipos (reconstruir), usualmente involucra

- Retirarlos del lugar de producción (de ser posible)
- Desmantelamiento total del equipo.
- Mejoramiento del equipo.
- Reemplazo de muchas piezas.
- Alto nivel de habilidad.
- Participación del proveedor.
- Recalibración y funcionamiento de prueba.
- Gran cantidad de tiempo.

- Reinstalación en el lugar de producción.

2.7.2.4. Mantenimiento Preventivo Basado en el Operador.

Muchas tareas de MP puede realizarlas el operador, siendo estas bastante simples y de corta duración, tales como:

- Limpieza
- Inspecciones
- Ajustes
- Lubricación
- Etc

La participación del operador en las actividades de MP le permitirá realizar el doble de trabajo de MP, con muy poco costo adicional.

2.7.2.5. Ventajas

Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.

El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

La reducción del mantenimiento correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una

planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.

Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

2.7.2.6. Desventajas.

Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.

Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

2.7.3. Mantenimiento Predictivo.

2.7.3.1. Historia.

Durante los años 60 se inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos si los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones mediante la FFT (Transformada rápida de Fourier), fueron creados por Bruel Kjaer.

2.7.3.2. Definición.

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

2.7.3.3. Ventajas.

La intervención en el equipo o cambio de un elemento nos obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

2.7.3.4. Desventajas.

La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado.

De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.

Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.

Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

2.7.4. Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

2.7.4.1. Historia

Este sistema nace en Japón, fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota y se extiende por Japón durante los 70, se inicia su implementación fuera de Japón a partir de los 80.

2.7.4.2. Definición.

Mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema Japonés de mantenimiento industrial la letra M representa acciones de "Mantenimiento", la letra P está vinculada a la palabra "Productivo" o "Productividad" de equipos pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "Perfeccionamiento" la letra T de la palabra "Total" se interpreta como "Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa"

2.7.4.3. Ventajas.

Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento autónomo se consigue eliminar las pérdidas dentro de la empresa. El Mantenimiento Autónomo nos permite desarrollar diversas habilidades en el personal operario, para que con estas habilidades pueda mantener los equipos.

El concepto de Mantenimiento Autónomo, tiene mucha afinidad con las 5s, la calidad total y mejora continua.

2.7.4.4. Desventajas

Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.

La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere de varios años.

2.7.5. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

2.7.5.1. Historia.

El RCM es un proceso desarrollado durante los 60's y 70's, con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas.

Muy pronto se hizo evidente que no existe otra técnica comparable para identificar lo que debe ser hecho para preservar las funciones de los recursos físicos. Como resultado, el RCM ha sido usado por miles de organizaciones que se extienden a casi todo campo importante del empeño humano organizado. El RCM se está convirtiendo en algo fundamental para la práctica del manejo del recurso físico.

La creciente popularidad del RCM ha conducido al desarrollo de numerosos derivados. Algunos de éstos son refinamientos y optimizaciones hechas al proceso RCM original. Sin embargo, también han surgido derivados menos rigurosos, la mayoría de los cuales son propuestas para "abreviar" el proceso básico de formulación de una estrategia de mantenimiento. El RCM fue originalmente definido

por los empleados de United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro "Reliability Centered Maintenance" (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)

Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentos con la aviación comercial de los Estados Unidos, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes/Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America).

En 1980, la ATA produjo el MSG – 3, Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978). El MSG – 3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y de nuevo en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial.

2.7.5.2. Definición.

Éste puede ser definido como una estrategia de Mantenibilidad global de un sistema usando métodos de análisis estructurados que permiten asegurar la Fiabilidad inherente del sistema.

2.7.5.3. Ventajas.

El mantenimiento basado en la confiabilidad presenta algunas ventajas como:

- Asegura y aumenta la eficiencia del equipo en materia de seguridad de funcionamiento.
- Mejora la calidad del producto y el cumplimiento de normas de seguridad y medio ambiente.
- Mejora la comunicación entre el personal de mantenimiento y de operación.
- Disminuye los costos directos e indirectos relacionados con el mantenimiento.
- Optimiza las actividades de carácter preventivo.
- Reduce la cantidad de actividades de mantenimiento rutinario entre 40% a 70%, cuando se aplica a un sistema de mantenimiento preventivo existente.
- Disminuye la carga de trabajo programada cuando lo aplicamos a nuevos sistemas de Mantenimiento Preventivo.

2.7.5.4. Desventajas

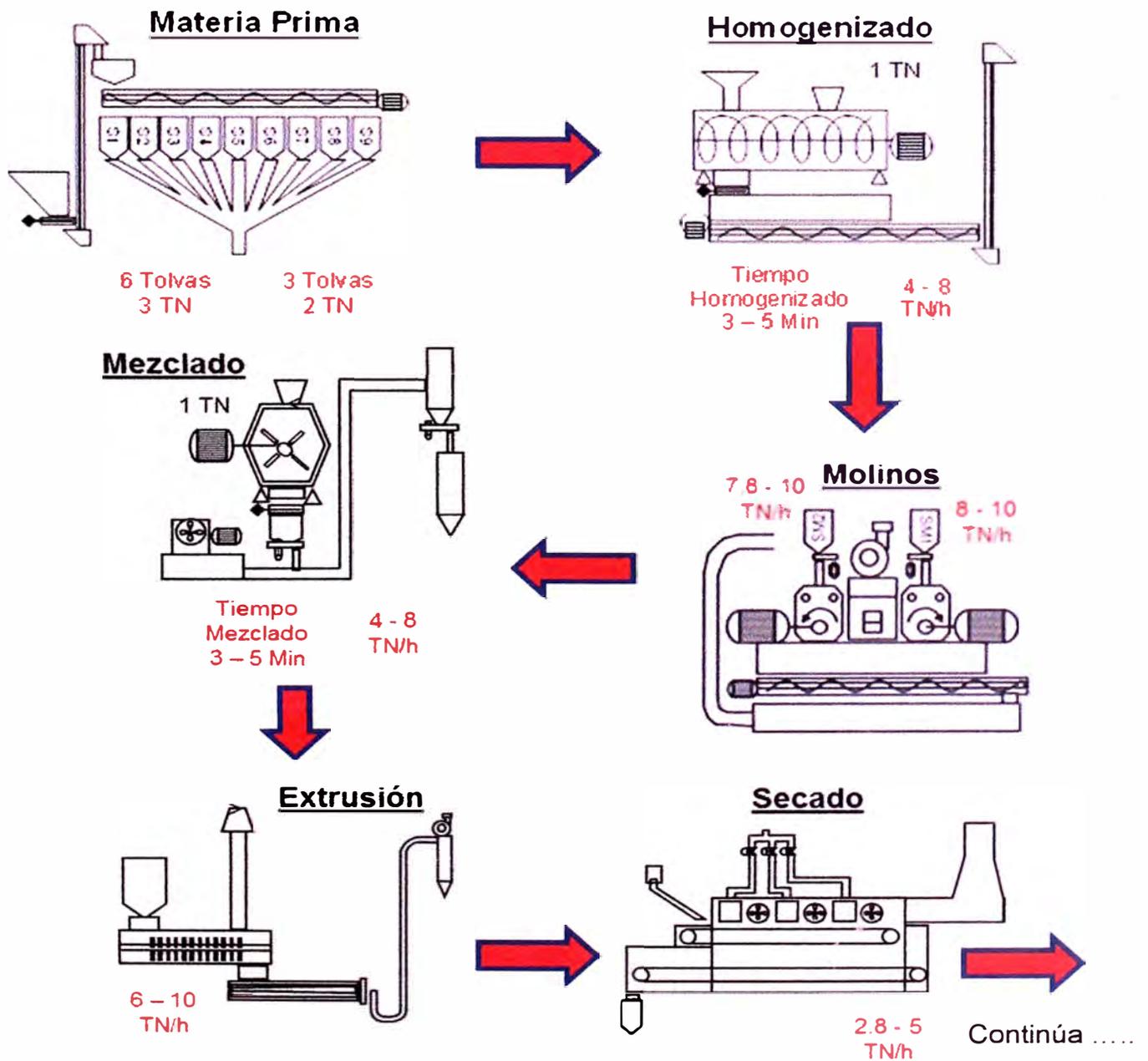
Si bien el RCM presenta una serie de beneficios, su implementación requiere de una planificación extensiva y un involucramiento de todos los actores dentro de la organización, esto requiere de mayores recursos y tiempos de preparación para su posterior ejecución.

CAPITULO 3

IDENTIFICACION Y SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA

Descripción del diagrama de flujo de la Planta de Alimento Balanceado.



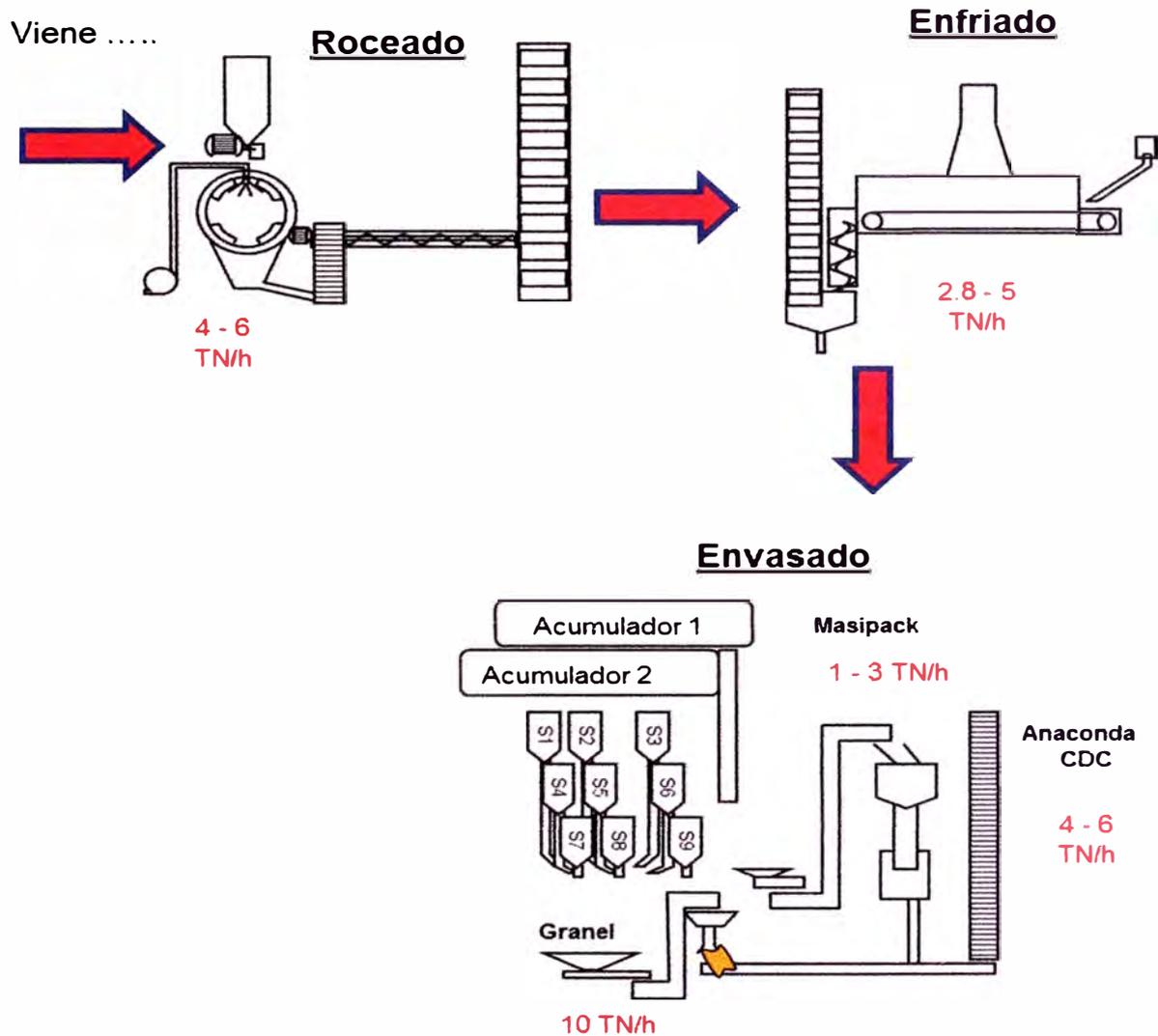


Figura 3.1: Diagrama de Flujo del Proceso.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso está conformado por una diversidad de equipos instalados uno a continuación de otro, tal como se muestra en el diagrama de flujo.

- **Materia Prima:** Esta es la etapa inicial del proceso, donde se realiza la recepción de todas las materias primas que van a ser necesarias para el proceso. La materia prima se recibe en una tolva y luego es transportada por intermedio de un elevador de cangilones a 9 silos en

donde son almacenados. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Elevadores de Cangilones.
- Silos de 3 TN y 2 TN.
- Tornillos Helicoidales.
- Válvulas de tipo cuchilla.
- Pistones Neumáticos.
- Motorreductores.

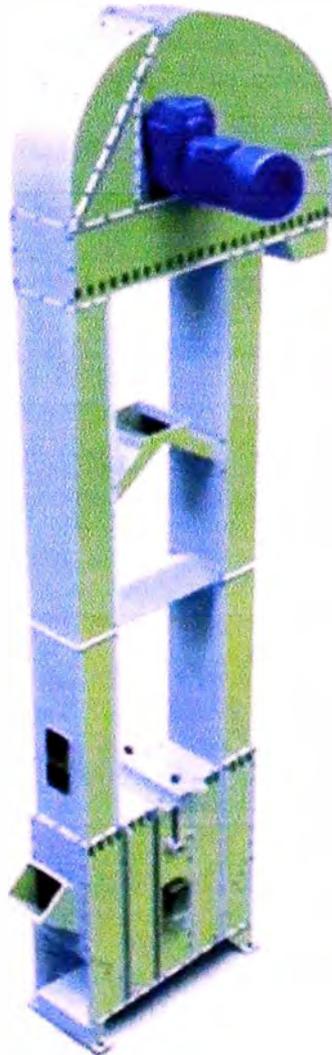


Figura 3.2: Elevador de Cangilones

- Homogenizado: Etapa donde se carga los diferentes granos que provienen de los silos de Materia Prima y luego se mezcla durante un tiempo de 5 minutos para poder obtener una mezcla homogénea. Luego de tener el producto homogenizado es transportado mediante un elevador de cangilones hasta los silos de molinos. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:
 - Homogenizador.
 - Elevador de cangilones.
 - Pistones Neumáticos.
 - Celdas de carga.
 - Tornillo Helicoidal.
 - Motorreductores.



Figura 3.3: Homogenizador Horizontal

- Molinos: Etapa donde se realiza la molienda de los granos, hasta obtener una granulometría de 10%. Actualmente existen 2 molinos que son de tipo martillo, siendo necesario para el proceso solo el uso de uno. Las mallas usadas son de 1.5mm de agujero para ambos molinos. En los molinos de martillos siempre se realiza el cambio de sentido de giro del motor cada 2 días, para poder generar un desgaste parejo en los martillos y no generar un desbalance del molino. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:
 - Molino de Martillo.
 - Filtro de Mangas.
 - Silos.
 - Motorreductores.
 - Ventiladores.
 - Tornillo Helicoidal.
 - Válvula Rotativa.
 - Pistones Neumáticos.
 - Imanes.



Figura 3.4: Molino de Martillos

- **Mezclado:** Esta es la etapa en donde llega el producto molido y se agregan micro ingredientes que ayudan a mejorar la calidad del producto, al igual que en el Homogenizado se mezcla durante 5 minutos para asegurar la homogenización, luego es descargado hacia un silo del Extrusor. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Mezclador.
- Silos.
- Celdas de Carga.
- Pistones Neumáticos.
- Filtro de Mangas.
- Tornillo Helicoidal.
- Motorreductores.
- Bomba Soplante.

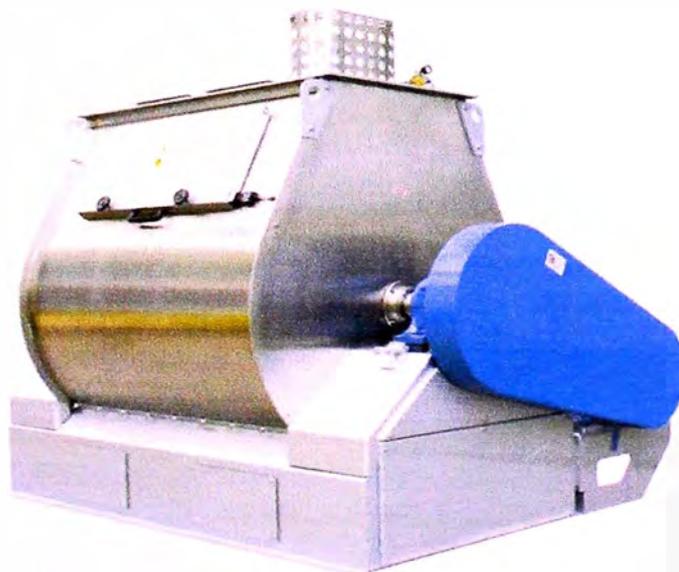


Figura 3.5: Mezclador de Paletas Helicoidales

- **Extrusión:** Etapa donde se realiza el cocimiento del producto para ser extruido y obtener la forma deseada del pellet. La mezcla que sale del mezclador se descarga al acondicionador, en donde se le adiciona agua, vapor y grasas de pollo o carne, mediante las paletas que tiene el acondicionador se homogeniza todo el producto. Luego se alimenta al extrusor, en donde se termina de cocinar por la adición de vapor y por el trabajo mecánico que genera el equipo a la hora de ser extruido. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Extrusor.
- Motorreductor.
- Acondicionador.
- Cernedor.
- Silos.
- Ventiladores.
- Filtro de Mangas.
- Tornillo Helicoidal.
- Pistones Neumáticos.



Figura 3.6: Extrusor de Doble Tornillo

- Secado: Etapa donde se quita humedad al producto peletizado que proviene del Extrusor. El secado se realiza mediante aire forzado caliente que es generado por medio de 6 ventiladores que inyectan aire y pasa por unos radiadores de vapor. También se cuenta con 2 ventiladores que ayudan a extraer la humedad de los pellet. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:
 - Secador Horizontal.
 - Ventiladores.
 - Sopladores.
 - Radiadores.
 - Motorreductores.
 - Zaranda.
 - Tornillo Helicoidal.
 - Ciclones.

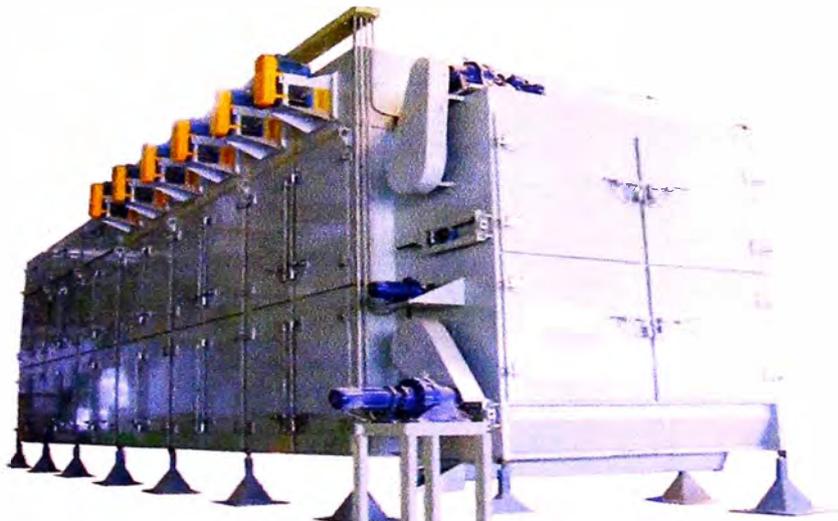


Figura 3.7: Secador Horizontal

- **Roceado:** Etapa donde se realiza un roceado de grasa a los pellet secos y luego los pellet roceados son transportados mediante un tornillo de doble helicoide y un elevador Z hacia la zona de enfriado.

En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Roceador Centrífugo.
- Tornillo Doble Helicoide.
- Elevador de Cangilones Z.
- Motorreductores.

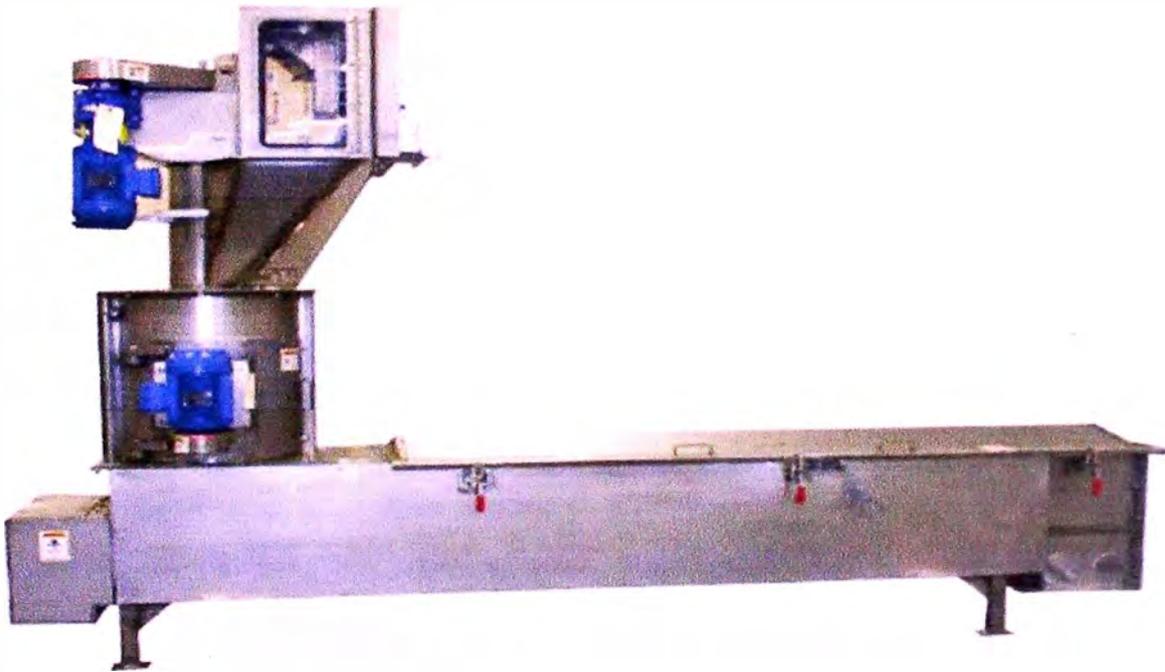


Figura 3.8: Roceador Centrífugo

- **Enfriado:** Etapa donde se realiza el enfriado de los pellet que vienen de roceado, para luego ser transportados mediante un elevador de cangilones hasta los silos de producto terminado. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Enfriador Horizontal.
- Zaranda.
- Motorreductores.
- Elevador de Cangilones C.
- Pistones Neumáticos.

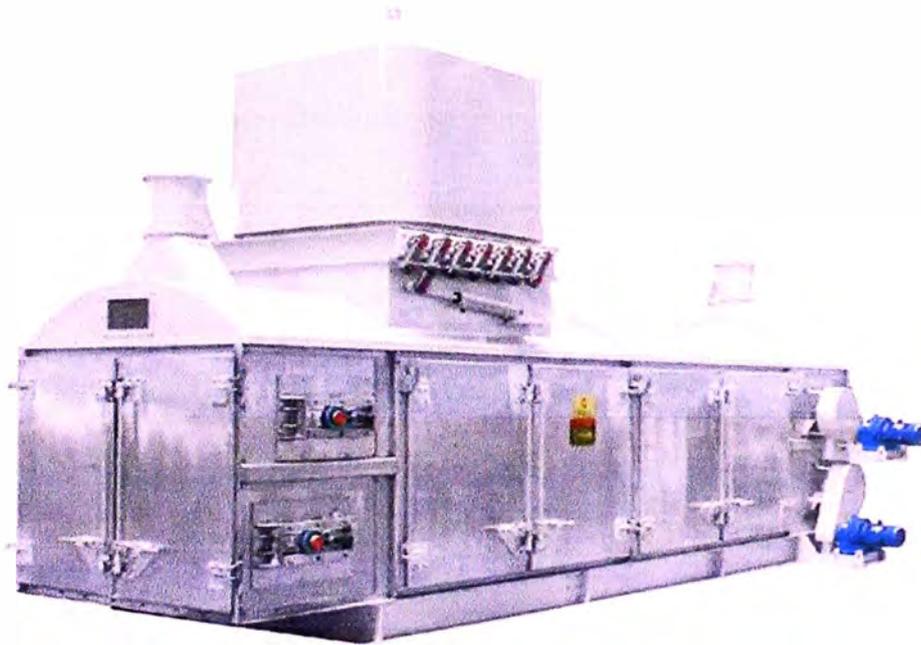


Figura 3.9: Enfriador Horizontal

- **Envasado:** En esta etapa de la Planta se realiza el envasado del Producto Terminado, el cual proviene de 9 silos. Se usa 2 máquinas para el envasado; una semi automática para los productos a granel y una completamente automática para el producto envasado. Los productos a granel son paquetes de 15Kg y 20Kg, mientras que en el caso de los productos envasados, las presentaciones son de 1Kg, 2Kg y 4 Kg. La máquina automática cuenta con PLC, Panel de Operador y

Sistemas SCADA, que permite tener una supervisión y control adecuado del envasado. En esta etapa se cuenta con los siguientes equipos:

- Máquina Envasadora Vertical Automática.
- Máquina Envasadora Semiautomática.
- Elevadores de cangilones Z.
- Zarandas.
- Pistones Neumáticos.
- Silos.
- Esclusas.
- Transportadores.
- Celdas de Carga.
- Selladora de Bolsas.

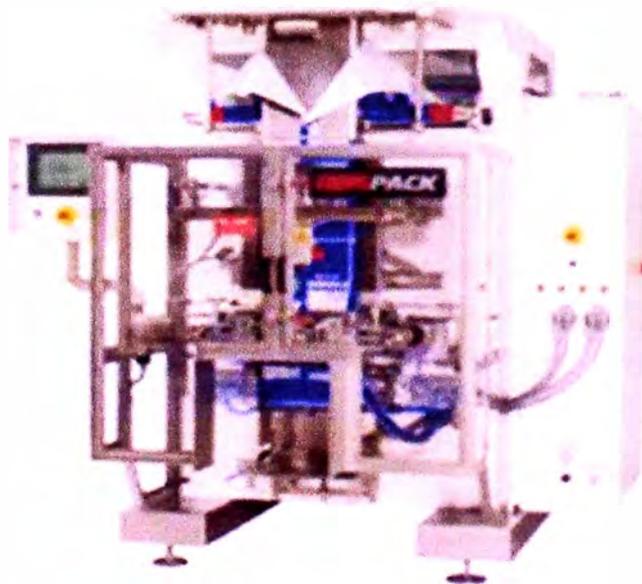


Figura 3.10: Envasadora Vertical

3.3. SITUACIÓN INICIAL

Inicialmente la Planta no contaba con Planes de Mantenimiento para ninguno de los equipos, por lo que los mantenimientos realizados en los equipos eran solamente Mantenimientos Reactivos. Los equipos se reparaban solo cuando presentaban una falla.

Desde la puesta en marcha de la Planta en el año 2000 hasta el año 2009, el Mantenimiento realizado en la Planta solo ha sido Mantenimiento Reactivo, lo cual generó los siguientes problemas:

- Altos Costos de Mantenimiento.
- Baja Confiabilidad de los Equipos.
- Quiebres de stock.
- Venta Perdida.
- Desmotivación del Personal.
- Altos Costos de Producción.

3.4. IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES

Para poder mejorar nuestra situación inicial y plantear una nueva estrategia que nos permita poder alcanzar los objetivos que se ha planteado la empresa, se implemento algunos indicadores de Mantenimiento, que nos permita medir nuestra situación actual.

Indicadores Planteados:

- Confiabilidad de Equipos.
- Gasto de Mantenimiento por Tonelada Producida.
- Tiempo Medio Entre Falla para equipos Críticos.
- Porcentaje de Mantenimiento Preventivo.

3.5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Para la identificación del problema realizaremos un análisis del ¿Por qué - Porqué?, este análisis nos ayudara a identificar de manera rápida y acertada nuestra causa principal, que nos viene generando baja confiabilidad de los equipos y altos costos de mantenimiento, lo cual a la vez afecta a otras áreas de la empresa y termina convirtiéndose en pérdidas económicas para la empresa.

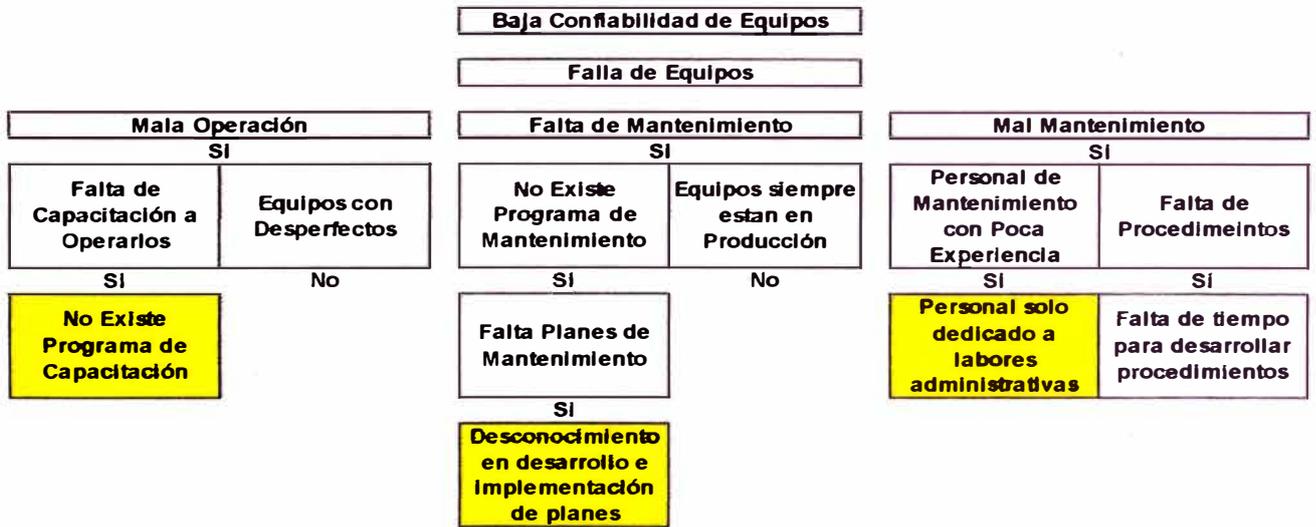


Figura 3.11: Análisis de Causa Raíz

Del análisis Causa Raíz o Porqué – Porqué se puede observar las causas principales y siendo una de ellas la falta de Planes de Mantenimiento, que es el tema que se desarrollara en este informe.

3.6. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Teniendo identificado las causas que están generando que la Planta tenga una baja confiabilidad de equipos, se propone el desarrollo e implementación de planes de mantenimiento para los diferentes equipos críticos de la Planta, realizar capacitaciones al personal operativo por parte de los técnicos de mantenimiento y al personal que realiza labores administrativas se le empieza asignar solo labores operativas.

Para el desarrollo del siguiente informe se consideró desarrollar e implementar Planes de Mantenimiento para los equipos críticos, los planes a desarrollar son los siguientes:

- Planes de Mantenimiento Preventivo (son actividades establecidas en función de frecuencias periódicas de intervenciones)
- Planes de Mantenimiento Predictivo (consiste en actividades de monitoreo de condiciones y análisis de comportamiento de los equipos para determinar sus intervenciones)
- Planes de Mantenimiento Autónomo (actividades realizadas en su mayoría por los operadores de los equipos, quienes previamente reciben diversas capacitaciones)

Estos planes a su vez pueden dividirse en 3 niveles, dependiendo el horizonte de la planificación. Los cuales son:

- Planes a largo plazo (cubre un periodo hasta de 5 años)
- Planes a mediano plazo (cubre un periodo de hasta un año)
- Planes a corto plazo (corresponde a los planes semanales y diarios)

3.7. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS E INDICADORES

Para poder asegurar el cumplimiento del objetivo de incrementar la confiabilidad, se planteó los objetivos con sus respectivos indicadores. Con los indicadores podremos gestionar cuantitativamente el comportamiento y desempeño de nuestro proceso, a la vez el indicador al compararlo con una referencia, nos permite identificar si existe alguna desviación y poder realizar una acción correctiva.

Para este caso se planteó tres objetivos, los cuales son definidos en siguiente cuadro:

Tabla 3.1: Objetivos e Indicadores de Gestión

Objetivo	Iniciativa	Indicador	Unidad de Medida
Incrementar la Confiabilidad de la Planta	Implementar planes de Mantenimiento	Porcentaje de Confiabilidad de la Planta	%
	Capacitar personal técnico y operario		
Aumentar el Tiempo Medio entre Falla	Capacitación al personal operario	Promedio de Tiempo Medio entre falla de la Planta	h
	Implementar el Mantenimiento Autónomo		
Controlar el Gasto de Mantenimiento	Generar contratos de mantenimiento	Gasto Real / Presupuesto Base	%
	Generar contratos marco por repuestos		

Siempre debemos mantener presente lo siguiente: Lo que no se mide no se puede controlar, lo que no se controla no se puede gestionar y lo que no se puede gestionar es un caos.

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1. EQUIPO DE TRABAJO

Para poder realizar e implementar los planes de mantenimiento de la planta, se formo un equipo multidisciplinario, el cual tuvo reuniones constantes, donde se revisaba los manuales de fabricante, data histórica de los equipos, y como información relevante la experiencia del personal de Producción y Mantenimiento. El equipo estaba conformado de la siguiente manera:

- **Planificación y Programación:**

Conformado por el programador y planificador de mantenimiento, los cuales son los encargados de administrar los planes de mantenimiento, manejan la data histórica de los equipos.

- **Producción:**

Conformado por el Jefe de Producción, operadores y maquinistas de mayor experiencia en la planta y un Ingeniero de Producción, los cuales son especialista en manejo y operatividad de equipos, condiciones de proceso y manejo de variables.

- **Mantenimiento:**

Conformado por el Jefe de Mantenimiento (Mecánica y Electricidad e Instrumentación), los Técnicos de mayor experiencia, el Inspector de Predictivo y el Ingeniero de Mantenimiento, este personal es el encargado de aportar con su experiencia y conocimiento técnico de los equipos.

4.2. DESARROLLO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

4.2.1. Identificación de Equipos

Se identificó los tipos de equipos que se tiene en la Planta de Balanceados y se definió e implemento el plan de mantenimiento para cada uno de ellos. En nuestro caso se aprovechó los Planes de Mantenimiento que se tiene en las diferentes plantas de la corporación. Una vez teniendo identificados los equipos y categorizados por tipo se procede a desarrollar los planes correspondientes.

4.2.2. Elaboración de Planes de Mantenimiento

Para elaboración de los Planes de Mantenimiento, se tomó en cuenta los tipos de equipos para poder definir sus planes correspondientes. Se implementó planes de mantenimiento preventivo y predictivo.

Es importante definir la frecuencia de inspección, reparación o monitoreo, para poder tener un control adecuado de los equipos. En algunos casos se crean planes que son ejecutados por los fabricantes de los equipos, esto generalmente se da en Compresores de Aire Comprimido, equipos de refrigeración, elevadores, robots de paletizado, etc.

A continuación mostramos los planes creados para la planta.

Tabla 4.1: Plan de Mantenimiento de Recepción de Materia Prima

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	Actividad	Frecuencia	Recurso
TOLVA DE RECEPCION DE MATERIA PRIMA			
COMPUERTA NEUMATICA	<i>Inspección y lubricación de electroválvula y pistones.</i>	Mensual	Instrumentista
	<i>Inspección de compuertas, rieles.</i>	Trimestral	Mecánico
	<i>Inspección general de la unidad de mantenimiento.</i>	Mensual	Operador
FILTRO EXTRACTOR DE PARTICULAS			
EXTRACTOR	<i>Análisis de Vibraciones</i>	Trimestral	Analista Predictivo
	<i>Limpieza Interior</i>	Trimestral	Mecánico
MOTOR DE EXTRACTOR	<i>Análisis de Vibraciones</i>	Trimestral	Analista Predictivo
	<i>Cambio de Rodamientos</i>	Anual	Mecánico
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	Quincenal	Operador
ELEVADOR DE RECEPCION			
ELEVADOR DE CANGILONES	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	Quincenal	Operador
MOTORREDUCTOR DEL ELEVADOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	Anual	Mecánico
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	Mensual	Operador
CERNEDOR DMHX			
ROTOR Y CARCASA	<i>Cambio de Rodamientos y amortiguadores</i>	Anual	Mecánico
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	Anual	Mecánico
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	Mensual	Operador
TRANSPORTADOR HELICOIDAL DE GRUESO			
TRANSPORTADOR HELICOIDAL	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	Quincenal	Operador
	<i>Cambio de Chumaceras</i>	Anual	Mecánico
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	Anual	Mecánico
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	Mensual	Operador
SILOS DE ALMACENAMIENTO DE MP 01-09			
TORNILLO DOSIFICADOR	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	Quincenal	Operador
	<i>Cambio de Chumaceras</i>	Anual	Mecánico
MOTORREDUCTOR TORNILLO	<i>Mantenimiento de Motor</i>	Anual	Proveedor
	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	Anual	Mecánico
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	Mensual	Operador

Tabla 4.2: Plan de Mantenimiento de Recepción de Molienda

MOLIENDA	Actividad	Frecuencia	Recurso
HOMOGENIZADOR			
HELICOIDE Y CARCASA	<i>Líquidos Penetrantes en Helicoide</i>	<i>Anual</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Limpieza e inspección de estado de Helicoide</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Megado de Motor</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Cambio de Rodamientos</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Verificar nivel de aceite</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
COMPUERTA NEUMATICA	<i>Inspección y lubricación de electroválvula y pistones</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Inspección de compuertas, rieles</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección general de la unidad de mantenimiento</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
TOLVA DE DESCARGA	<i>Limpieza interior</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>
CELDAS DE CARGA (BALANZA)	<i>Verificación de Celdas</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Calibración de Celdas</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
TRANSPORTADOR HELICOIDAL DE PALETAS			
TORNILLO HELICOIDAL DE PALETAS	<i>Limpieza e inspección de estado de Helicoide</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Megado de Motor</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Cambio de Rodamientos</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Verificar nivel de aceite</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
VARIADOR DE VELOCIDAD	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>
ELEVADOR DEL HOMOGENIZADOR			
ELEVADOR DE CANGILONES	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de Faja</i>	<i>Bianual</i>	<i>Proveedor</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
IMAN	<i>Limpieza de Imán</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Medición de Magnetismo</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
PISTON NEUMÁTICO (PANTALON)	<i>Limpieza de vástago e inspección de fugas de aire</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>

Tabla 4.3: Plan de Mantenimiento de Molienda

MOLIENDA	Actividad	Frecuencia	Recurso
SILO DE ALMACENAMIENTO DEL MOLINO 1			
DOSIFICADOR DE HELICE	<i>Inspeccionar hélices</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOLINO DE MARTILLOS 1 (TIETJEN)			
VIBRADOR CON IMAN	<i>Mantenimiento de Vibrador</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Medición de Magnetismo</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
MOLINO DE MARTILLOS	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de estado de martillos</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOTOR PRINCIPAL	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Mensual</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Análisis Termográfico</i>	<i>Mensual</i>	<i>Analista Predictivo</i>
VARIADOR DE VELOCIDAD	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
SILO DE ALMACENAMIENTO DEL MOLINO 2			
DOSIFICADOR DE HELICE	<i>Inspeccionar hélices</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOLINO DE MARTILLOS 2 (SWFP)			
ESCLUSA DE DOSIFICACIÓN	<i>Limpieza de cunas</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOTORREDUCTOR DE ESCLUSA	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Bianual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
IMAN	<i>Medición de Magnetismo</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
MOLINO DE MARTILLOS	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de estado de martillos</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOTOR PRINCIPAL	<i>Análisis de Vibraciones</i>	<i>Mensual</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Análisis Termográfico</i>	<i>Mensual</i>	<i>Analista Predictivo</i>
VARIADOR DE VELOCIDAD	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>

Tabla 4.4: Plan de Mantenimiento de Extrusión

EXTRUSIÓN	Actividad	Frecuencia	Recurso
ROTOFLOW			
MOTOVIBRADOR M210	Mantenimiento Motor	Anual	Proveedor
	Revisión de Amortiguadores	Semestral	Mecánico
CERNEDOR DEL EXTRUSION			
ROTOR Y CARCASA	Cambio de rodamientos de rotor	Anual	Proveedor
	Revisión de amortiguadores, malla, tambor, paletas	Semestral	Mecánico
	Engrase de Chumaceras	Quincenal	Operador
MOTOR DE CERNEDOR M210	Mantenimiento Motor	Anual	Proveedor
	Megado de motor	Semestral	Analista Predictivo
FEEDER			
TORNILLO DE ALIMENTACION	Inspección de paletas	Semestral	Mecánico
	Engrase de Chumaceras	Quincenal	Operador
MOTORREDUCTOR DEL FEEDER	Análisis de Vibraciones	Trimestral	Analista Predictivo
	Megado de Motor	Semestral	Analista Predictivo
	Verificar nivel de aceite	Quincenal	Operador
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
ACONDICIONADOR			
EJES CON PALETAS	Inspección de paletas	Trimestral	Mecánico
	Engrase de Chumaceras	Quincenal	Operador
	Cambio de chumaceras	Bianual	Mecánico
REDUCTOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR DEL ACONDICIONADOR	Análisis de Vibraciones	Semestral	Analista Predictivo
	Megado de Motor	Semestral	Analista Predictivo
	Análisis termográfico	Semestral	Analista Predictivo
EXTRUSORA DE DOBLE TORNILLO			
EXTRUSOR	Medición de luces entre tornillo y camisa	Mensual	Mecánico
	Cambio de tornillos y camisa	Semestral	Mecánico
	Lubricación de acople	Semanal	Operador
CAJA DE ENGRANAJES	Verificar nivel de aceite	Semanal	Operador
	Análisis de aceite	Trimestral	Analista Predictivo
MOTOR PRINCIPAL 315KW	Megado de motor	Semestral	Analista Predictivo
	Análisis de Vibraciones	Trimestral	Analista Predictivo
VARIADOR DE FRECUENCIA	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista

Tabla 4.5: Plan de Mantenimiento de Secado

SECADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
SISTEMA REPARTIDOR			
REDUCTOR REPARTIDOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
EJE DE BRAZO REPARTIDOR	Revisión de cadena de transmisión	Trimestral	Mecánico
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
	Cambio de pin fusible	Anual	Mecánico
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
FAJA TRANSPORTADORA NIVEL SUPERIOR			
MALLA SUPERIOR DE TRANSPORTE	Inspeccionar estado de malla y soportes	Quincenal	Operador
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
	Limpieza de cadena	Quincenal	Operador
REDUCTOR PLANETARIO	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Bianual	Proveedor
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
FAJA TRANSPORTADORA NIVEL INFERIOR			
MALLA SUPERIOR DE TRANSPORTE	Inspeccionar estado de malla y soportes	Quincenal	Operador
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
	Limpieza de cadena	Quincenal	Operador
REDUCTOR PLANETARIO	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Bianual	Proveedor
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
MOTOVENTILADORES			
VENTILADOR	Limpieza de rodete	Semestral	Mecánico
	Inspección de fajas de transmisión	Mensual	Mecánico
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
MOTOR DE VENTILADOR	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Análisis de vibraciones	Trimestral	Analista Predictivo
GUSANO DE FINOS NIVEL SUPERIOR			
TORNILLO	Inspección de helicoides	Semestral	Mecánico
MOTORREDUCTOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico

Tabla 4.6: Plan de Mantenimiento de Secado

SECADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
GUSANO DE FINOS NIVEL INFERIOR			
TORNILLO	<i>Inspección de helicoides</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Verificar nivel de aceite</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de rodamientos e inspección de piñones</i>	<i>Bianual</i>	<i>Mecánico</i>
VARIADOR DE VELOCIDAD	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
AGITADOR SUPERIOR			
MOTORREDUCTOR	<i>Verificar nivel de aceite</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de rodamientos e inspección de piñones</i>	<i>Bianual</i>	<i>Mecánico</i>
EJE DE AGITADOR	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
EXTRACTOR NIVEL INFERIOR			
EXTRACTOR	<i>Análisis de vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de fajas de transmisión</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza interior</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
MOTOR DE EXTRACTOR	<i>Análisis de vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Análisis Termográfico</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
EXTRACTOR NIVEL SUPERIOR			
EXTRACTOR	<i>Análisis de vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de fajas de transmisión</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza interior</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
MOTOR DE EXTRACTOR	<i>Análisis de vibraciones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Análisis Termográfico</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
RADIADORES			
INTERCAMBIADORES DE CALOR	<i>Limpieza de radiadores</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de rompedores de vacío</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
SISTEMA DE INGRESO DE VAPOR			
LINEAS DE VAPOR	<i>Inspección de trampas de vapor</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
TRANSDUCTORES	<i>Verificación de señal</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
ZARANDA DE DESCARGA			
CANALETA VIBRATORIA	<i>Inspección de flejes</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección de estructura</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTOR	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>

Tabla 4.7: Plan de Mantenimiento de Roceado

ROCEADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
SILO DE ALMACENAMIENTO DE ROCEADO			
ESCLUSA	Engrasado de Chumaceras	Quincenal	Operador
	Revisión de luces interiores	Anual	Mecánico
MOTORREDUCTOR DE ESCLUSA	Cambio de Rodamientos, inspección de piñones	Anual	Mecánico
	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Inspección de nivel de aceite, ruido anormal	Mensual	Operador
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
ROCEADOR			
CILINDRO DE ROCEADO	Limpieza de toberas	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos de ruedas guía	Anual	Mecánico
	Engrasado de Chumaceras	Quincenal	Operador
MOTORREDUCTOR	Cambio de Rodamientos, inspección de piñones	Anual	Mecánico
	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Inspección de nivel de aceite, ruido anormal	Mensual	Operador
DOSIFICADOR DE ATRACTANTE			
ROSCA DOSIFICACION	Inspección interna	Semestral	Mecánico
MOTORREDUCTOR DE ROSCA	Cambio de Rodamientos, inspección de piñones	Anual	Mecánico
	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Inspección de nivel de aceite, ruido anormal	Mensual	Operador
ELEVADOR DE FAJA INCLINADA			
ELEVADOR DE FAJA CON LENGUETAS	Engrasado de Chumaceras	Quincenal	Operador
	Cambio de Faja	Semestral	Proveedor
	Cambio de rodamientos de polines	Anual	Mecánico
MOTORREDUCTOR	Cambio de Rodamientos, inspección de piñones	Anual	Mecánico
	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Inspección de nivel de aceite, ruido anormal	Mensual	Operador
TRANSPORTADOR/HOMOGENIZADOR DE DOBLE EJE			
HELICOIDALES DE TRANSPORTE	Inspección de helicoides	Semestral	Mecánico
	Engrasado de Chumaceras	Quincenal	Operador
MOTORREDUCTOR	Cambio de Rodamientos, inspección de piñones	Anual	Mecánico
	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
	Inspección de nivel de aceite, ruido anormal	Mensual	Operador

Tabla 4.8: Plan de Mantenimiento de Enfriado

ENFRIADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
SISTEMA REPARTIDOR			
REDUCTOR REPARTIDOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor
EJE DE BRAZO REPARTIDOR	Revisión de cadena de transmisión	Trimestral	Mecánico
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
FAJA TRANSPORTADORA			
MALLA DE TRANSPORTE	Inspeccionar estado de malla y soportes	Quincenal	Operador
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
	Limpieza de cadena	Quincenal	Operador
REDUCTOR PLANETARIO	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Bianual	Proveedor
VARIADOR DE VELOCIDAD	Limpieza de Tarjetas Electrónicas	Semestral	Instrumentista
GUSANO DE FINOS			
TORNILLO	Inspección de helicoides	Semestral	Mecánico
MOTORREDUCTOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
AGITADOR			
MOTORREDUCTOR	Verificar nivel de aceite	Mensual	Operador
	Cambio de rodamientos e inspección de piñones	Bianual	Mecánico
EJE DE AGITADOR	Engrasado de chumaceras	Mensual	Operador
EXTRACTOR LATERAL / IZQUIERDO			
EXTRACTOR	Análisis de vibraciones	Trimestral	Analista Predictivo
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
	Inspección de fajas de transmisión	Mensual	Operador
	Limpieza interior	Semestral	Mecánico
MOTOR DE EXTRACTOR	Análisis de vibraciones	Trimestral	Analista Predictivo
	Análisis Termográfico	Trimestral	Analista Predictivo
ZARANDA DE DESCARGA			
CANALETA VIBRATORIA	Inspección de flejes	Trimestral	Mecánico
	Inspección de estructura	Semestral	Mecánico
	Engrasado de chumaceras	Quincenal	Operador
MOTOR	Mantenimiento de Motor	Anual	Proveedor

Tabla 4.9: Plan de Mantenimiento de Envasado

ENVASADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
ENVASADO PAQUETES			
FAJA TRANSPORTADORA SILOS PT A			
FAJA SANITARIA	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de faja</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
DISTRIBUIDOR SILOS PT A			
DOSIFICADOR	<i>Limpieza e inspección de compuertas</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
SISTEMA ELECTRÓNICO DE POSICIÓN	<i>Limpieza de sensores</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Limpieza de tablero (PLC, contactores)</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
FAJA TRANSPORTADORA SILOS PT B			
FAJA SANITARIA	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de faja</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
DISTRIBUIDOR SILOS PT B			
DOSIFICADOR	<i>Limpieza e inspección de compuertas</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
SISTEMA ELECTRÓNICO DE POSICIÓN	<i>Limpieza de sensores</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Limpieza de tablero (PLC, contactores)</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
SILOS DE PT			
COMPUERTA NEUMÁTICA	<i>Inspección y lubricación de electroválvula y pistones.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Inspección de compuertas, rieles.</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>

Tabla 4.10: Plan de Mantenimiento de Envasado

ENVASADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
ESCLUSAS DE SILOS			
ESCLUSA	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de luces interiores</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Limpieza Interior</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
ZARANDA DE DESCARGA			
CANALETA VIBRATORIA	<i>Inspección de flejes</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección de estructura</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTOR	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
ELEVADOR Z DE ENVASADO			
SISTEMA DE TRANSPORTE	<i>Limpieza de cangliones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de cadena</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de cadena</i>	<i>Bianual</i>	<i>Mecánico</i>
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
VARIADOR DE FRECUENCIA	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
ENVASADORA # 1 y # 2			
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
SELLADO HORIZONTAL	<i>Mantenimiento de pistone hidráulico</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Cambio de resistencias</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Lubricación de rodamientos lineales</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de canales de mordazas</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de flejes</i>	<i>Anual</i>	<i>Operador</i>
SELLADO VERTICAL	<i>Mantenimiento de pistón neumático</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Cambio de resistencias</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Lubricación de rodamientos lineales</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de canales de mordazas</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
GRUPO ENTREGA DE FILM	<i>Cambio de rodamientos en polines</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Lubricación de chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Regulación de sistema de freno</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
TOLVA DE ALIMENTACIÓN DE PRODUCTO	<i>Mantenimiento de vibrador</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Limpieza de tolva</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>

Tabla 4.11: Plan de Mantenimiento de Envasado

ENVASADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
ENVASADORA # 1 y # 2			
GRUPO DE PESADO (VIBRADOR BALANZAS)	<i>Limpieza de cestos</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de pistones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Cambio de resortes</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Cambio de bocinas plásticas</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Limpieza de tablero (PLC, contactores)</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
GRUPO DE FORMADOR DE PAQUETE	<i>Limpieza de tubo de alimentación</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de hombro formador</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>
GRUPO ARRASTRE DE FILM	<i>Cambio de fajas de arrastre</i>	<i>Semestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones de reductor</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
TABLERO ELECTRICO DE ENVASADORA	<i>Limpieza de componentes</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Verificación de ajuste de pernos</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Análisis Termográfico</i>	<i>Semestral</i>	<i>Analista Predictivo</i>
	<i>Limpieza de filtros de ingreso de aire</i>	<i>Anual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones de reductor</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
SELLADORA DOBOY			
SELLADORA	<i>Cambio de escobillas de motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Cambio de resistencias</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Cambio de rodamientos y bocinas</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Cambio de faja sincrónica</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones de reductor</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
ENVASADO A GRANEL			
ZARANDA DE DESCARGA			
CANALETA VIBRATORIA	<i>Inspección de flejes</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección de estructura</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTOR	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
ELEVADOR Z DE ENVASADO			
SISTEMA DE TRANSPORTE	<i>Limpieza de cangilones</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Operador</i>
	<i>Inspección de cadena</i>	<i>Semestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>

Tabla 4.12: Plan de Mantenimiento de Envasado

ENVASADO	Actividad	Frecuencia	Recurso
ENVASADO A GRANEL			
ELEVADOR Z DE ENVASADO			
MOTORREDUCTOR	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Inspección de nivel de aceite, ruido anormal</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
VARIADOR DE FRECUENCIA	<i>Limpieza de Tarjetas Electrónicas</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
TOLVA DE ALIMENTACIÓN			
COMPUERTA NEUMÁTICA	<i>Inspección y lubricación de electroválvula y pistón.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Inspección de compuerta, rieles.</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección general de la unidad de mantenimiento.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de sensores de conformación de apertura y cierre</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
BALANZA GRANEL			
FAJA SANITARIA	<i>Cambio de Rodamientos, inspección de piñones de reductor</i>	<i>Anual</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Mantenimiento de Motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
COMPUERTA NEUMÁTICA	<i>Inspección y lubricación de electroválvula y pistón.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Inspección de compuerta, rieles.</i>	<i>Trimestral</i>	<i>Mecánico</i>
	<i>Inspección general de la unidad de mantenimiento.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Limpieza de sensores de conformación de apertura y cierre</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
FAJA TRANSPORTADORA DE SACOS			
REDUCTOR	<i>Verificar nivel de aceite</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de rodamientos e inspección de piñones</i>	<i>Bianual</i>	<i>Mecánico</i>
FAJA	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Quincenal</i>	<i>Operador</i>
MOTOR	<i>Mantenimiento de motor</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>
SELLADORA PEDESTAL			
SELLADORA	<i>Inspección general de la unidad de mantenimiento.</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Revisión de sistema neumático (Pedal, conectores, pulsadores)</i>	<i>Semestral</i>	<i>Instrumentista</i>
	<i>Engrasado de Chumaceras</i>	<i>Mensual</i>	<i>Operador</i>
	<i>Cambio de resistencias</i>	<i>Anual</i>	<i>Instrumentista</i>
DETECTOR DE METALES			
CABEZAL DETECCION	<i>Calibración</i>	<i>Anual</i>	<i>Proveedor</i>

Tabla 4.13: Plan de Mantenimiento de Servicios Industriales

SERVICIOS INDUSTRIALES	Actividad	Frecuencia	Recurso
ENERGIA ELECTRICA			
TABLERO ELECTRICO DE RECEPCION DE MP	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLERO DE ELECTROVALVULAS DE SILOS DE MP	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLERO ELECTRICO DE MOLIENDA	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLERO ELECTRICO DE EXTRUSORA	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLERO ELECTRICO DE SECADOR - ENFRIADOR	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLERO ELECTRICO DE ROCEADO	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
TABLEROS ELECTRICOS MANDO ENVASADO	Limpieza de componentes	Semestral	Instrumentista
	Verificación de ajuste de pernos	Semestral	Instrumentista
	Análisis Termográfico	Semestral	Analista Predictivo
	Limpieza de filtros de ingreso de aire	Semestral	Operador
POZOS A TIERRA	Mantenimiento de Pozos	Anual	Proveedor
MANTENIMIENTO DE SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA	Mantenimiento de Transformador	Semestral	Proveedor
	Limpieza y ajuste de pernos	Semestral	Proveedor
	Análisis Termográfico	Semestral	Proveedor
VAPOR			
LÍNEAS DE VAPOR	Mantenimiento de válvulas reguladoras y de alivio	Anual	Instrumentista
	Detección de fugas por ultra sonido	Semestral	Analista Predictivo

4.3. PROGRAMACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO

La programación de los trabajos de mantenimiento se realiza teniendo en cuenta algunos criterios importantes como:

- Criticidad del Trabajo.
- Prioridad del Trabajo.
- Necesidades de la Operación.
- Existencia de los recursos adecuados.
- Backlog.
- Carga de Trabajo.
- Optimización de recursos y equipos.

Una vez teniendo en cuenta estos criterios se realiza el programa de mantenimiento semanal, el horizonte de ejecución de los planes es cada tres meses. Las actividades que salen de ejecutar los planes son las que se programan cada semana considerando el personal que se tiene disponible para ejecutar las actividades, los repuestos disponibles en almacén y la disponibilidad de los equipos para poder intervenirlos.

4.4. INDICADORES

Para poder medir la efectividad de los planes de mantenimiento se implementaran tres indicadores claves de gestión.

Porcentaje de Confiabilidad de la Planta. Se busca medir la capacidad que tiene la planta para producir sin tener interrupciones por fallas imprevistas de los equipos.

Tiempo Medio entre Falla (MTBF). Muestra que tan frecuente se presenta una falla en los equipos. Lo ideal es que no falle y si falla que el tiempo entre falla y falla sea el mas distante posible.

Desviación del Presupuestos (PR/PB). Nos hace referencia en como se ve impactado el presupuesto de mantenimiento con la aplicación de las técnicas de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.

Tabla 4.14: Indicadores de Mantenimiento

Indicador	Unidad de Medida
Porcentaje de Confiabilidad de la Planta	%
Promedio de Tiempo Medio entre falla de la Planta	h
Gasto Real / Presupuesto Base	%

CAPITULO V

RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. RESULTADOS

Luego de la implementación de los Planes de Mantenimiento y los indicadores para poder realizar la medición y comparar la evolución entre un año y otro de acuerdo al periodo elegido.

Planteamiento de objetivos y definición de metas.

Tabla 5.1: Resultado de Objetivos

Objetivo	Iniciativa	Indicador	Unidad de Medida	Meta Mínima	Meta Maxima
Incrementar la Confiabilidad de la Planta	Implementar planes de Mantenimiento	Porcentaje de Confiabilidad de la Planta	%	92	97
	Capacitar personal técnico y operario				
Aumentar el Tiempo Medio entre Falla	Capacitación al personal operario	Promedio de Tiempo Medio entre falla de la Planta	h	70	96
	Implementar el Mantenimiento Autónomo				
Controlar el Gasto de Mantenimiento	Generar contratos de mantenimiento	Gasto Real / Presupuesto Base	%	1	0.98
	Generar contratos marco por repuestos				

Resultados de Confiabilidad.

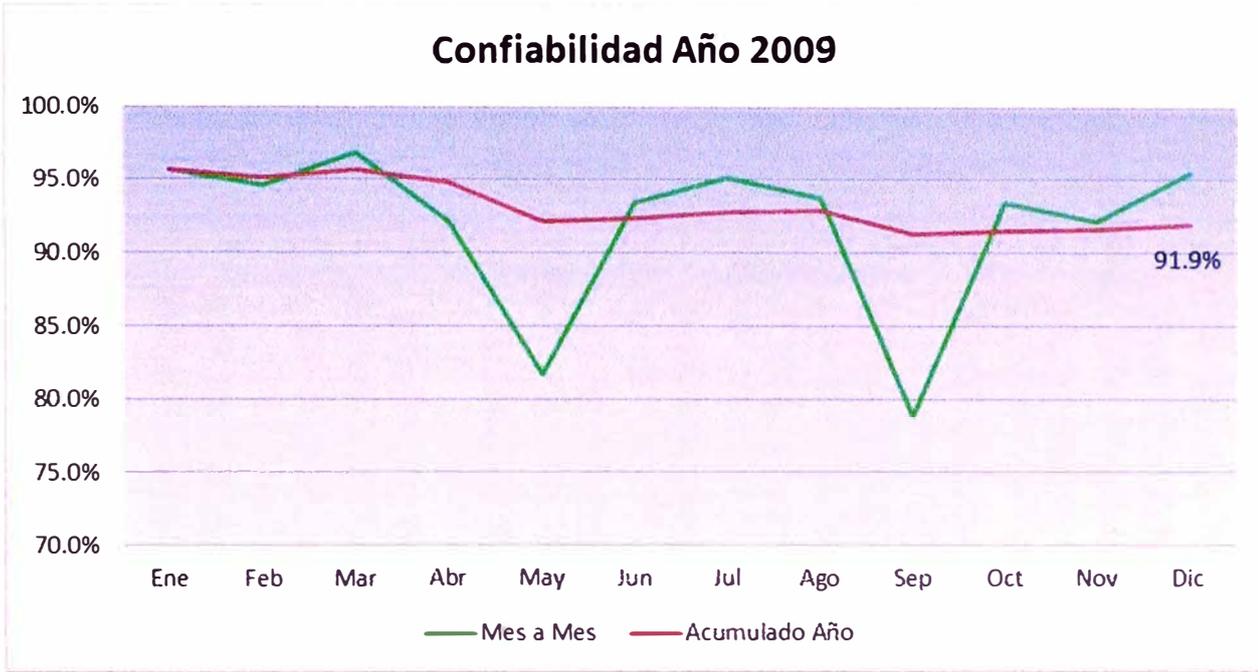


Figura 5.1: Gráfica de Confiabilidad del año 2009

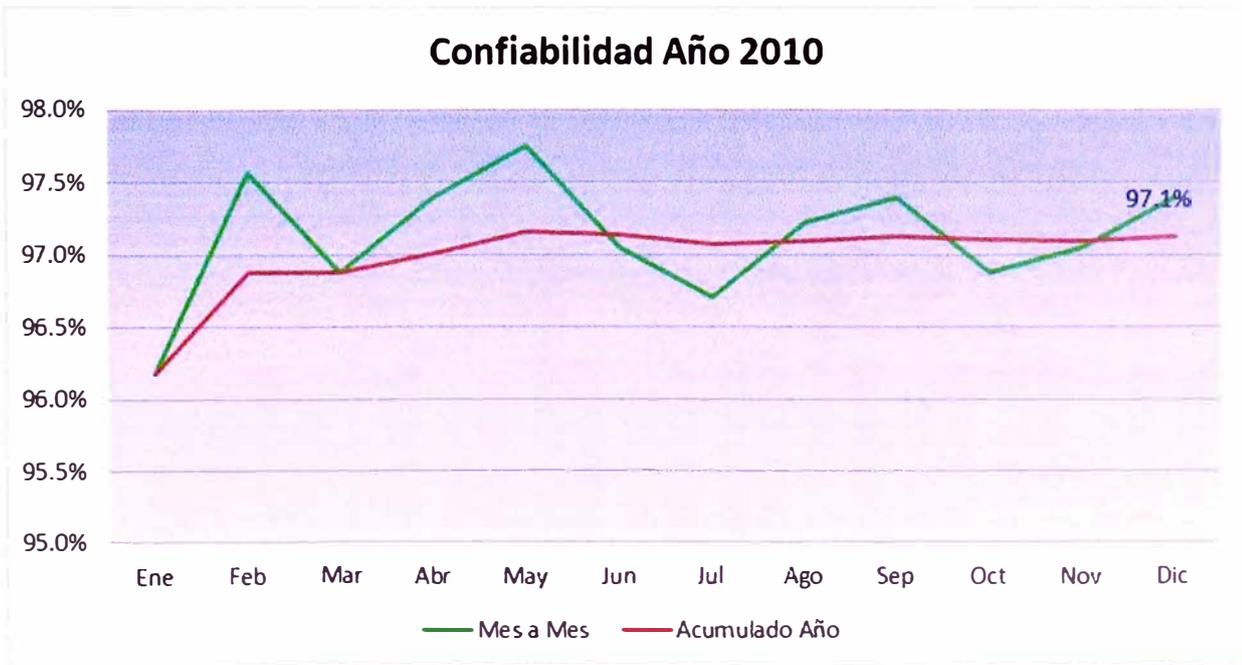


Figura 5.2: Gráfica de Confiabilidad del año 2010

Resultado de Tiempo Medio entre Falla (MTBF)

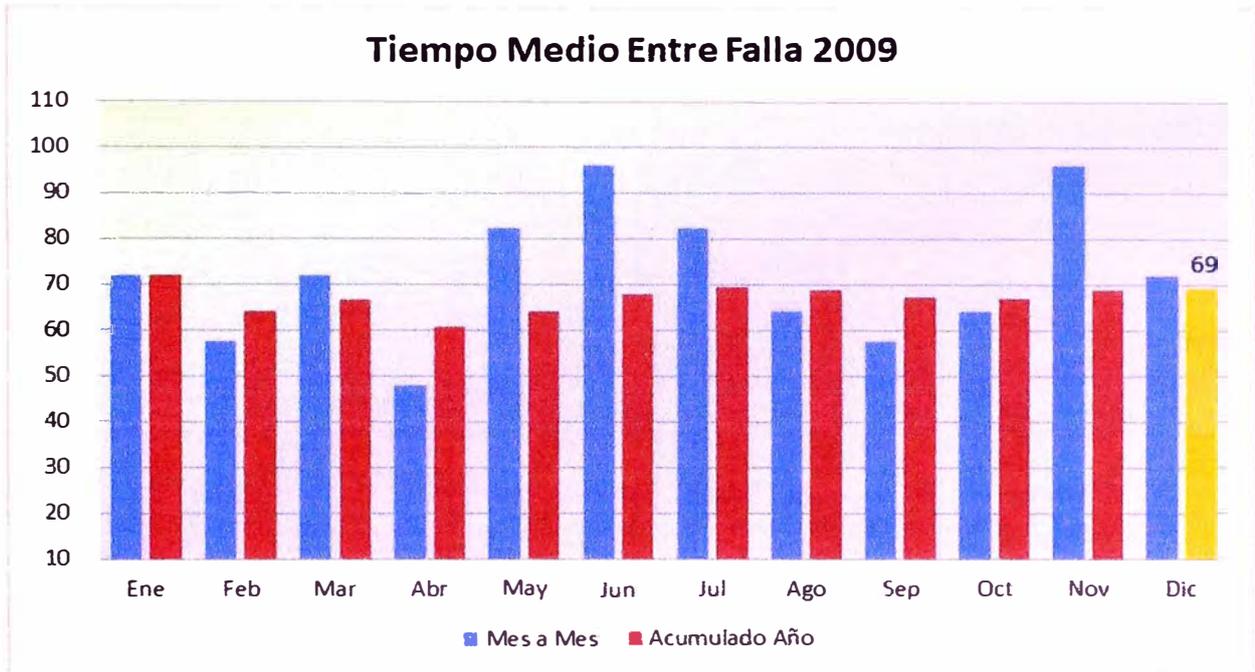


Figura 5.3: Gráfica de Tiempo Medio Entre Falla del año 2009

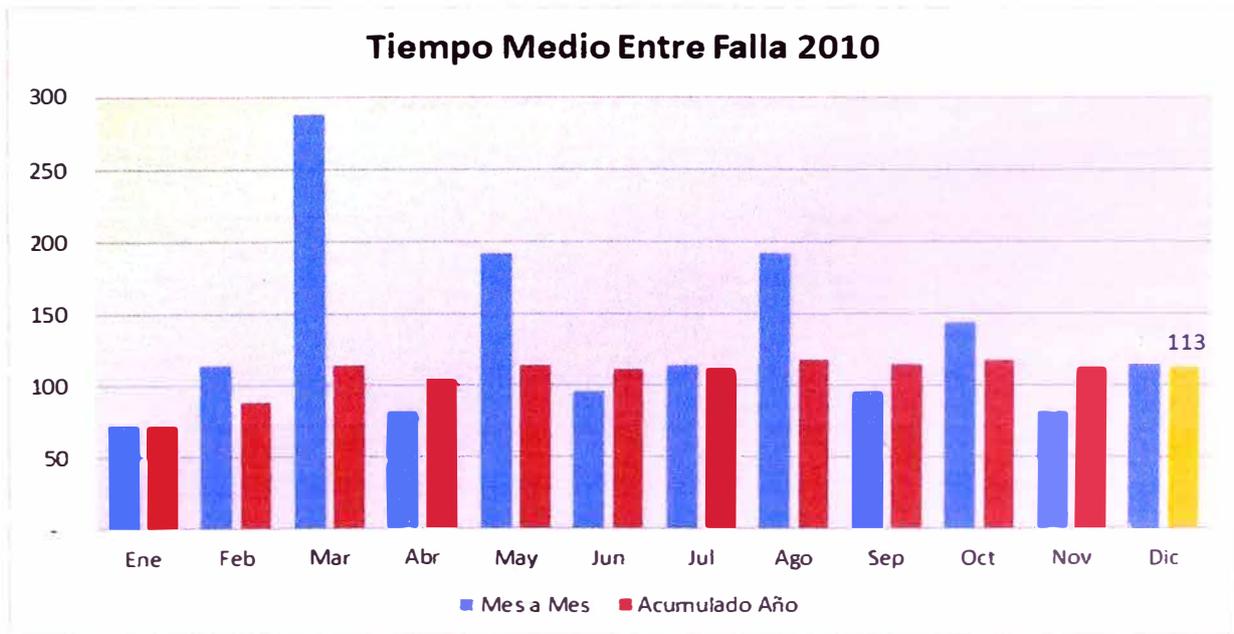


Figura 5.4: Gráfica de Tiempo Medio Entre Falla del año 2010

Resultado de Desviación de Presupuesto (PR / PB)

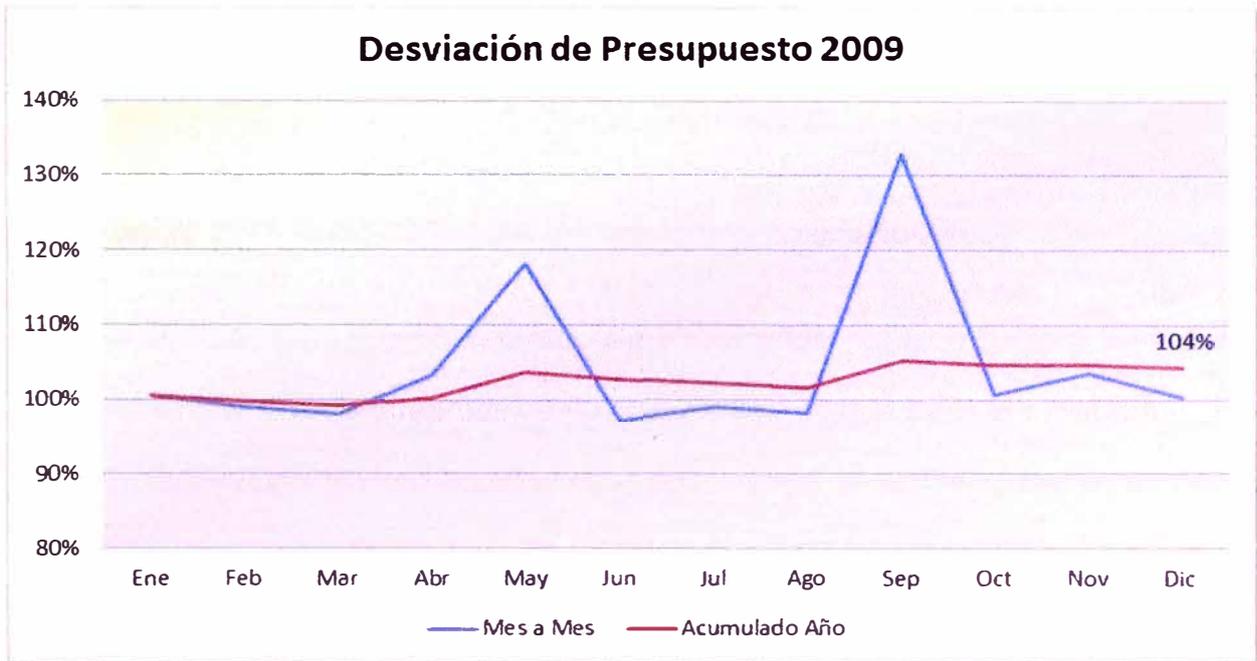


Figura 5.5: Gráfica de Desviación de Presupuesto del año 2009



Figura 5.6: Gráfica de Desviación de Presupuesto del año 2010

CONCLUSIONES

Al finalizar del trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El realizar solo mantenimiento correctivo a los equipos genera pérdidas de eficiencia, envejecimiento prematuro y sobre costos para la empresa.
2. El formar un equipo multidisciplinario ayuda a poder generar planes de mantenimiento efectivos y en tiempos cortos, demostrando a la vez que no es necesario tener todos los manuales de los equipos para implementar los Planes de Mantenimiento en una Planta.
3. Se mejoró la relación con el área de Producción, al trabajar de manera conjunta los Planes de mantenimiento. Producción aportó con el personal de experiencia, quienes indicaron las actividades que ya venían realizando y aportaron con otras nuevas para que se incluya en los planes de mantenimiento.
4. Se logro mejorar la confiabilidad del equipo principal de la planta, el cual antes de la implementación de los Planes de Mantenimiento era el de más baja confiabilidad en toda la Planta.
5. El no tener un área de Mantenimiento bien organizada y encargar que todo el mantenimiento sea realizado por los proveedores, generó sobrecostos a la Empresa y pérdida de información que podría ser usada como guía para la implementación de los Planes de Mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Antes de poner en marcha un equipo se debe desarrollar su plan de mantenimiento, con lo cual se lograra asegurar su confiabilidad.
2. Para tener un mejor control en los equipos y mejorar continuamente, siempre debe establecerse objetivos e indicadores.
3. Para mejorar continuamente los procesos y tener alta confiabilidad de los equipos, se debe implementar el Mantenimiento Productivo Total y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
4. Realizar constantemente charlas de capacitación al personal de producción, para que puedan conocer mejor su equipo y puedan apoyar con el mantenimiento ligero.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lourival Tavares, Administración Moderna de Mantenimiento, Editorial Novo Polo, Primera Edición, 1996.
2. Rodrigo Pascual, Gestión Moderna del Mantenimiento, Editorial Beauchef, Primera Edición, 2002.
3. Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, Mantenimiento Autónomo por Operarios, Editorial TGP Hoshin, Segunda Edición, 2002.
4. Pedro Silva Ardila, Mantenimiento en la Práctica, Primera Edición, 2009.
5. John Moubray, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Editorial Aladon Ltda, Primera Edición en Españos, 2004.
6. Manual de Envasadora Vertical Mainar, 2006.
7. Manual de Equipo Dosificador Centrifugo, 2007.
8. Manual de Mezclador Buhler, 2005.
9. Manual de Secador y Enfriador Horizontal Muyang, 2008.
10. Luis Améndola, Modelos Mixtos de Confiabilidad, Publicado por Datastream, Primera Edición, 2002.
11. Raúl Prando, Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida, Editorial Piedra Santa, Primera Edición, 1996.
12. Adolfo Arata, Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales, Editorial Ril Editores, 2009.
13. Direcciones de Internet.

<http://confiabilidad.net>

<http://mantenimientoenlatinoamerica.com>

<http://www.mantenimientomundial.com>

ANEXOS

1. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

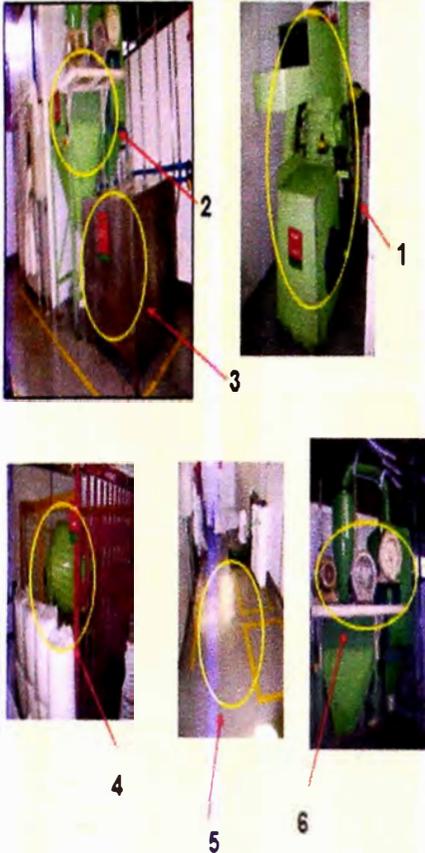
Indicadores de Mantenimiento	
Categoría	Referencia
Costo de Mantenimiento anual:	
Costo de mantenimiento total / costo total de manufactura	<10-15%
Costo de Mantenimiento / Costo de reemplazo de activos de la planta y equipo	<3%
Mantenimiento Preventivo:	
Mantenimiento Preventivo / Mantenimiento total	> 85%
Tiempo de Paradas no planificadas	
	~ 0%
Mantenimiento Correctivo	
	<15%
Emergencias	
	<10%
Horas Extras de Mantenimiento:	
Las horas extras de mantenimiento / horas extras totales de la compañía	<5%
Rotación del Inventario de Repuestos:	
Rotación de inventario de repuesto	> 2-3
Capacitación:	
Para al menos el 90% de los trabajadores, horas / año	> 80 horas / año
Inversión en capacitación (% de la nómina)	~ 4%
Desempeño en Seguridad:	
Lesiones OSHA registrables por cada 200.000 horas de trabajo	<2
Estrategias de Mantenimiento Mensual:	
Mantenimiento preventivo: Total de horas MP / Total de horas de mantenimiento disponible	~ 20%
Mantenimiento Predictivo: Total de horas de PdM / Total de horas de mantenimiento disponible	~ 50%
Mantenimiento Correctivo Programado: Cantidad total de horas MCP / Total de horas de mantenimiento disponible	~ 20%
Mantenimiento Correctivos de emergencia: MCE Total / Total de horas de mantenimiento disponible	~ 2%
Mantenimiento Correctivo no de emergencia: Total MCNEM / Total de horas de mantenimiento disponible	~ 8%
Disponibilidad de la instalación:	
Tiempo disponible / hora máxima disponible	> 98%
Contratistas:	
Costo de servicios contratados / Costo total de mantenimiento	35-64%

Modelo de Mantenimiento Autonomo

2. MODELO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Pasos	Objetivos Principales	Objetivos en la persona	Actividades	Evidencias de cumplimiento	Responsables	Estándar
1	<p>Limpieza inicial</p> <p>Evitar detenerlo eliminando la suciedad</p> <p>Establecer condiciones de limpieza del equipo</p> <p>Descubre defectos ocultos</p>	<p>Promover la identificación de los operadores con sus equipos</p> <p>Promover una cultura de limpieza</p>	<p>Efectuar una limpieza con mucho nivel de detalle</p> <p>Eliminar elementos innecesarios</p>	<p>Equipo completamente limpio en todas sus partes y componentes</p> <p>Foto de estándar publicada</p>	<p>Operadores de los equipos</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p>	Equipos completamente limpios
2	<p>Eliminar fuentes de contaminación y lugares innecesarios</p> <p>Eliminar fuentes de generación de polvo y suciedad</p>	<p>Promover ideas y el desarrollo de proyectos fáciles de implementar</p> <p>Satisfacción del personal en participar en mejoras</p>	<p>Identificar y eliminar las fuentes de fugas y derrames o dispersión de polvo, productos, lubricantes u otros materiales del proceso</p>	<p>Relación de Mejoras aplicadas para eliminar fuentes de contaminación</p>	<p>Operadores de los equipos</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p>	Cero fugas
2	<p>Establecer estándares de limpieza, lubricación y ajuste</p> <p>Establecer las condiciones básicas: Limpieza, lubricación y ajuste</p> <p>Inspección por medio de controles visuales, tales como especificaciones de operación correcta, colocadas sobre equipos e indicadores</p>	<p>Aprender la importancia del uso de estándares</p> <p>Aprender la importancia de trabajar en equipo</p>	<p>Formular estándares considerando: Puntos de inspección, métodos, herramientas, tiempos, responsables</p> <p>Introducir controles visuales</p>	<p>Estándares de limpieza, lubricación y ajuste publicados</p> <p>Controles visuales que permita realizar los chequeos, colocados sobre máquinas e indicadores</p>	<p>Operadores de los equipos</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p>	<p>Controles visuales en puntos críticos</p> <p>Plan de limpieza y lubricación</p>
4	<p>Inspección general del equipo</p> <p>Mejorar la confiabilidad por medio de las inspecciones</p> <p>Adiestrar a operarios en técnicas de inspección</p>	<p>Conocer con profundidad su equipo</p> <p>Aprender procedimientos de inspección del equipo</p> <p>Estimular la comprensión de los datos de inspección para plantear mejoras</p>	<p>Adiestrar operarios en técnicas de inspección general</p> <p>Preparar programas de inspección</p> <p>Detectar y reparar pequeñas anomalías ocasionales de producir artículos defectuosos</p>	<p>Operadores de equipo, adiestrados en inspección general, con evidencia de capacitación</p> <p>Controles visuales colocados</p>	<p>Jefes, Supervisores</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p> <p>Operadores de los equipos</p>	Plan de Inspección general de los equipos
5	<p>Inspecciones generales de los procesos</p> <p>Afinar la inspección de los procesos mejorando los controles visuales</p> <p>Introducir mejoras para facilitar el funcionamiento de los equipos</p>	<p>Capacitar operarios para operar procesos y tratar anomalías</p> <p>Entrenar a los operadores en el armado de partes y piezas</p> <p>Estimular la autogestión a través de inspecciones y cambios periódicos de piezas</p>	<p>Capacitar sobre manejo de anomalías con el fin de mejorar el rendimiento de procesos, operaciones y ajustes</p> <p>Establecer un plan sistemático de inspección periódica para cada equipo del</p>	<p>Plan de Lecciones de un punto (LUP)</p> <p>Listas de chequeo de inspección general</p> <p>CEE publicado</p>	<p>Jefes, Supervisores</p> <p>Operadores de los equipos</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p>	Plan de Inspección general de los procesos
6	<p>Mantenimiento Autonomo Sistemático</p> <p>Sistematizar el mantenimiento autonomo</p>	<p>Comprender la relación entre el equipo y la calidad</p> <p>Mejorar y asegurar que se cumplan los estándares</p>	<p>Establecer procedimientos y estándares para mantenimiento en base a estándares de calidad y seguridad</p> <p>Elaboración de diagramas de flujo del proceso</p> <p>Elaboración de cartillas de Mantenimiento</p>	<p>Relación de mejoras</p> <p>Plan de mantenimiento sistemático en SAP - PII</p>	<p>Jefes, Supervisores</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p> <p>Operadores de los equipos</p>	Sistema organizado en SAP operando en forma automática
7	<p>Práctica de la Autogestión</p> <p>Analizar sistemáticamente los datos para mejorar los equipos</p> <p>Priorizar las mejoras del equipo, simplificar vida útil, insumos de inspección</p>	<p>Aumentar la conciencia y preocupación por la dirección por objetivos y costos</p> <p>Aumentar la habilidad para registrar y analizar datos y técnicas de mejora</p>	<p>Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas; reducir costos eliminando desperdicios en los lugares del trabajo</p> <p>Llevar registros precisos del mantenimiento y analizar los datos para mejorar continuamente los equipos</p>	<p>Reducción de costos</p> <p>CEE publicado</p>	<p>Jefes, Supervisores</p> <p>Técnicos de Mantenimiento</p> <p>Operadores de los equipos</p>	Auto-gestión

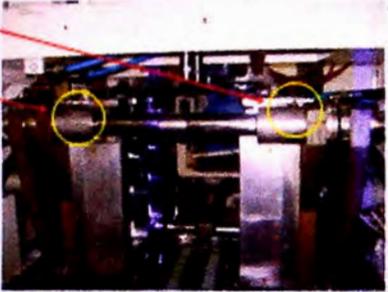
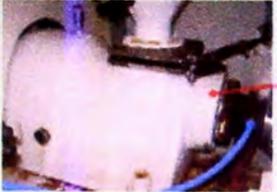
ESTANDARES DE LIMPIEZA

EQUIPO	COMPONENTE	Estándar	Método	Herramientas / EPP	Acción en caso anormal	Tiempos	D	S	Responsable
						MIN			
<p style="text-align: center;">Zona 1: SALA DE MOLINO</p> 	1- Molino	No suciedad, no vibración, no ruido anormal, ni sobrecalentamiento, no movimiento aleatorio del eje	 Tocar, escuchar y mirar	 Trapo, aire comprimido, desengrasante gafas, llaves	Comunicar al Lider, Realizar Aviso de Mantenimiento o ajustar	1		X	Operario de Molino
	2- Filtrado de Polvillo	No suciedad	 Limpiar	 Trapo, aire comprimido y gafas	Realizar aviso de Mantenimiento	2		X	
	3- Tolva de Material	No suciedad	 Limpiar	 Trapo, aire comprimido y gafas	-----	1		X	
	4- Mezclador de Material	No suciedad, no desgaste, alineada y templada	 Limpiar, escuchar y mirar	 Trapo, aire comprimido desengrasante gafas y llaves	Ajustar. Crear aviso de mantenimiento.	2		X	
	5- Piso	No suciedad	 Limpiar	 Trapo, aire comprimido desengrasante y gafas	-----	1		X	
	6- Succionadores	No suciedad	 Limpiar, escuchar y mirar	 Trapo, aire comprimido desengrasante y gafas	Comunicar al Lider, Realizar Aviso de Mantenimiento o ajustar	3		X	

3. ESTANDAR DE LIMPIEZA

4. ESTANDAR DE LUBRICACIÓN

ESTANDAR DE LUBRICACIÓN

PARTE DE EQUIPO	Componente a Lubricar	Tipo de Lubricación	Marca Recomendada	Cantidad de Lubricante (Cambio)	Intervalo de Cambio en Meses	Tiempo (min.)	Herramientas	Responsable
EJES MECANICOS 	6.- Bocina superior de soporte transversal de molde	Grasa grado NGL2 (LGMT2)	SKF	5 golpes	Semanal	3		Operador
	7.- Bocina superior de soporte de molde	Grasa grado NGL2 (LGMT2)	SKF	5 golpes	Semanal	3		Operador
	8.- Bocina de soporte longitudinal de molde	Grasa grado NGL2 (LGMT2)	SKF	5 golpes	Semanal	3		Operador
	9.- Bocina de soporte longitudinal de molde	Grasa grado NGL2 (LGMT2)	SKF	5 golpes	Semanal	3		Operador
CAJA DE RODAMIENTOS-EXTRUSOR 	16.- Caja de rodamientos de extrusor	Acete iso 220 (omala 220)	Shell	2 litros	Semestral	30		Mecánico

5. CHECK LIST

		FORMATO			CODIGO:	
PROCESOS		CHECK LIST - TECLE			Ver. Página	
SISTEMA	CANASTILLAS		UBICACIÓN:		MECÁNICO	
SUPERVISOR / JEFE			SEMANA:	DEL AL		
FRECUENCIA DE INSPECCIÓN RECOMENDADA:		MENSUAL			FIRMA JEFE MANTENIMIENTO	
LEYENDA	BUENO: √ MALO: X N.A: No Aplica	PARÁMETROS DE INSPECCION VISUAL			FECHA	
Equipo	Componente / Sistema	Actividades	√ / X / N.A	Referencia	Observaciones	
Tecle eléctrico	Tecle	Identificar sonidos extraños				
	Paradas a nivel	Verificar paradas en cada nivel; no debe existir desfase entre piso y cabina.				
	Cadena de acero	Verificar desgaste; corrosión; rotura de eslabones				
	Gancho sujetador, seguro y accesorios de sujeción	Verificar deformación y/o desgaste; seguro dañado o inexistente; agrietamiento				
	Estructura del elevador (Guías; rodillos)	Daño o desgaste que limite la capacidad de soportar la carga impuesta; verticalidad de la guía				
	Pulsador de emergencia	Realizar prueba de funcionamiento y estado (rotura de pulsador)				
	Canastilla	Verificar existencia de elemento de protección de desplazamiento o caída de carga.				
	Puertas	Verificar bloqueo de elevador con puertas abiertas en todos los niveles; Asegurar cierre correcto de puertas. Y pestillos				
	Orejas de Canastilla y anclaje	Verificar existencia de rajaduras; desgaste; u otros daños que puedan afectar la resistencia de la oreja				
	Botonera de llamada de canastilla	Verificar existencia, funcionamiento y estado (roturas y encendido de pulsadores) de todos los				
	Soporte de tecle Eléctrico	Verificar existencia de rajaduras; desgaste; u otros daños que puedan afectar la resistencia del soporte				
	Letreros de seguridad	Verificar la existencia de letreros de seguridad y/o su legibilidad. (Carga máxima del elevador, uso de EPP: etc)				
	Placa de identificación	Verificar que se cuenta con código SAP de identificación				
	Circulina de funcionamiento	Realizar prueba de funcionamiento (audible y/o visual) y estado (rotura de circulina)				
Tablero eléctrico	Verificar que el tablero se encuentre limpio y hermético					

6. ANALISIS BASADO EN RIESGO

ANALISIS BASADO EN RIESGO DE POLIPASTO																			
Componente Equipo	Descripcion de componente	Probabilidad de falla (P) 10 : Alta 5 : Media 1 : Baja	20%	20%	30%	20%	10%	Severidad (S)	Nivel de riesgo (P x S)	Clasificación de riesgo: A: Alto B: Medio C: Bajo	Plan de acción por implementar								
			Su falla es evidente al operador en condiciones normales 0: Si 5: No	Su falla afecta a la función del equipo 0: No 3: Reduce 5: Si	Su falla afecta a la seguridad de las personas 0: No 5: Si	Tiempo de reparación y logística 8hrs 1: < 4 h 3: 4 / 8 h 5: > 8 h	Costo de mantto 1: < \$500 3: 500 / 2000 5: > \$2000				Instructivo	Capacitación	Correctivo	Preventivo	Predictivo	Rediseño / Modificación	Búsqueda de fallas	Logística repuesto	Frecuencia
POL-01	Polipasto (Tambor)	1	5	5	5	5	5	5.00	5.0	B				R.C	Me				Anual / Semestral
POL-02	Sistema de freno	1	5	0	5	3	1	3.20	3.2	C				Ch					Mensual
POL-03	Cable de acero	5	0	5	5	5	3	3.80	18.0	A				Ch					Mensual
POL-04	Gancho sujetador + seguro	5	0	5	5	1	1	2.80	14.0	B				Ch					Mensual
POL-05	Poleas	1	0	5	5	1	1	2.80	2.8	C				Ch					Mensual
POL-06	Soporte de polipasto o tócle	1	0	5	5	3	1	3.20	3.2	C				Ch					Mensual
POL-07	Orejas de cabina y anclaje	1	0	5	5	3	1	3.20	3.2	C				Ch					Mensual
POL-08	Sist. seguridad Puerta elevador	1	5	0	5	3	1	3.20	3.2	C							X		Mensual
POL-09	Cajón del elevador	1	0	5	5	1	1	2.80	2.8	C				Ch					Mensual
POL-10	Riel del elevador	1	0	5	0	5	1	2.10	2.1	C				Ch					Mensual
POL-11	Rodillos del elevador	1	0	5	0	1	1	1.30	1.3	C				Ch					Mensual
POL-12	Estructura de elevador	1	0	5	0	1	1	1.30	1.3	C				Ch					Mensual
POL-13	Botoneras	1	5	0	5	1	1	2.80	2.8	C							X		Mensual
POL-14	Microswitch de seguridad	1	5	0	5	1	1	2.80	2.8	C							X		Mensual
POL-15	Sensores de posición	1	0	5	5	1	1	2.80	2.8	C							X		Mensual
POL-16	Circulina de funcionamiento	1	0	0	5	1	1	1.80	1.8	C							X		Mensual

Ca	Calibración	Me	Megado
P	Procedimientos	A.A	Análisis de Aceite
I.V	Inspección Visual	A.V	Análisis Vibracional
MA	Ins. Operador	A.T	Análisis Termográfico
Lub	Lubricación	NDT	Líquidos Penetrantes
R	Repuesto	RC	Reacondicionamiento C.
Ch	Check List	SC	Sustitución cíclica
Irend	Rendimiento	T	Toma de 1° Pírometro