

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Desarrollo de un Programa de Mantenimiento Preventivo Total
(TPM) en el Refinador de Licor de Cacao en la Empresa Infelersa
S.A”.

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Nelson Antonio Heredia Montiel

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2009.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente, el Dr. Kleber Barcia, Director de tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO SEÑOR QUE
NOS GUIA POR SIEMPRE, A MIS
PADRES, HERMANOS, ABUELOS
Y TODOS MIS FAMILIARES.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Marcos Buestan B.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Dr. Kleber Barcia V.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Denise Rodríguez Z.
VOCAL PRINCIPAL



CIB-ESPOL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



NELSON ANTONIO HEREDIA M.

RESUMEN

La máquina objeto de este estudio es el refinador de licor de cacao de la empresa Infelersa S.A, que tiene como productos principales el licor de cacao, la manteca de cacao y el polvo de cacao. La empresa actualmente realiza un seguimiento a la máquina mediante cartas-máquina, que es para controlar los siguientes parámetros: potencia, velocidad, amperios, fase, rodamientos, retenedor, marca y sección de la planta.

El refinador de licor de cacao, tiene como principal característica la refinación de la masa de cacao, en donde el cacao pasa por un tornillo sin fin que refina el cacao a través de rodillos a una determinada velocidad (1700 rpm) dada por un motor eléctrico a temperatura(90 oC). La máquina tiene algunas fallas y se debe analizar la condición actual del equipo , que se lo hace con un formato pre-establecido.

El análisis de fallas del refinador se realizó con una tabla de clasificación TPM en 5 categorías: general, eléctrica, lubricación, lugar de trabajo y control; luego, en una hoja de clasificación se realiza la suma de todas las calificaciones de los ítems del 0 al 5, y de ahí se divide para el número de ítems. Dependiendo del promedio que se de en la hoja de

calificación, se analizarán los ítems que dieron igual o menor al resultado dado en la misma.

El objetivo de este estudio es implementar mantenimiento preventivo total (TPM) en el refinador de licor de cacao, un método para reducir las paradas de máquinas y procesos en la empresa Infelersa S.A. Para eso, se realizan 3 fases principales: mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

El mantenimiento autónomo en la máquina básicamente es llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, que pueden y deben contribuir significativamente a la eficiencia del equipo .

Primero, se detallan las acciones a seguir según el diagnóstico de la situación actual de la máquina, para luego establecer estándares en 3 aspectos: limpieza, lubricación ,ajuste y control visual. Se detalla a continuación:

a) Limpieza técnica.

- Limpieza del motor eléctrico por el polvo acumulado.
- Limpieza de tapa de refinador por suciedad con licor de cacao.
- Ubicación correcta de franelas y trapos.

b) Lubricación.

- Poner grasa a rodamientos para evitar un desgaste prematuro.

c) Ajustes.

- Ajustes de pernos y tornillos del cabezal.
- Ajustes de pernos y tornillos de tapa del refinador.

d) Control visual.

- Revisión del medidor de temperatura para chequear si da la lectura adecuada.

También es importante la comunicación de las mejoras, y en este estudio se implementa la lección de un punto, que es una herramienta para transmitir conocimientos y habilidades sobre el equipo, casos de problemas y casos de mejoras. Se pone como ejemplo el caso del desgaste de las bandas del refinador que podrían ocasionar una pérdida estimada de U\$ 7306,44.

El cálculo del OEE (eficacia global del equipo), requiere que se conozcan las pérdidas y la utilización del equipo. El TPM se concentra en pérdidas del equipo, que interrumpen la eficacia de este. Las pérdidas del equipo

pueden deberse a montajes y ajustes, fallas, interrupciones menores, velocidad reducida y defectos del proceso.

El mantenimiento preventivo básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Contiene 4 fases:

- a) Análisis de la historia de fallas del equipo.
- b) Diario TPM del operador.
- c) Lista crítica de repuestos- Rutas de trabajo.
- d) Mantenimiento planeado.

El análisis de la historia de fallas del refinador se logra a través de datos obtenidos por la observación del operador de la máquina.

Se realizó un diario TPM para el operador, para señalar estándares de inspecciones que sean fáciles de entender y tener a sus operarios formados en ellos.

Se realizó también una lista de repuestos, porque es conveniente tener en cuenta que en el equipo, el listado de repuestos recomendado debe ser hecho con mucho cuidado porque seguramente se necesitarán piezas nuevas para reemplazar a las que ya están deterioradas. También

se recomienda la ruta más óptima para trasladar las piezas hasta el taller. Las piezas en U son los repuestos más críticos, ya que son los que tienen el mayor precio (U\$1980).

Por último, se realizó una estrategia de mantenimiento planeado, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

La última etapa del TPM es el mantenimiento predictivo, que es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, en base a un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Para cumplir con esta etapa, se recomienda aplicar el análisis de vibración entre los rodamientos del refinador. El método de análisis de vibraciones, ruido y ondas ha sido el más ampliamente utilizado haciendo uso de diferentes técnicas como son: el análisis de vibración en tiempo y frecuencia, análisis de ondas de choque, análisis del ruido, análisis de emisión acústica, etc.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ABREVIATURAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	6

1.3 Metodología	6
1.4 Estructura de la tesis.....	8

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Filosofía JIT (Justo a Tiempo).....	10
2.1.1 5 S.....	11
2.1.2 Mantenimiento autónomo.....	13
2.1.3 Mantenimiento preventivo.....	17
2.1.4 Mantenimiento predictivo.....	25

CAPÍTULO 3

3. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA.....	31
3.1 Cultura organizacional.....	31
3.2 Proceso del licor de cacao.....	33
3.2.1 Diagrama de flujo del proceso.....	35
3.3 Análisis del refinador de licor de cacao.....	36

3.4 Análisis de Fallas del refinador de cacao.....	37
----------------------------------------------------	----

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DEL TPM EN LA MÁQUINA.....	39
4.1 Capacitación para la implementación del TPM en la máquina.....	39
4.2 Corrección de fallas.....	40
4.3 Establecimiento de estándares de limpieza, lubricación, ajuste y control visual.....	42
4.4 Lección de un punto.....	43
4.5 Cálculo del OEE.....	44
4.6 Mantenimiento preventivo.....	51
4.6.1 Análisis de la historia de fallas del equipo.....	52
4.6.2 Diario TPM del operador.....	54
4.6.3 Lista crítica de partes de repuestos – Rutas de trabajo.....	55
4.6.4 Mantenimiento planeado.....	56
4.7 Mantenimiento Predictivo.....	57
4.7.1 Análisis de vibración.....	58

CAPÍTULO 5.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....61

5.1 Propuestas para mejoras.....61

5.2 Análisis costo-beneficio.....62

CAPÍTULO 6.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....70

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

JIT	Justo a Tiempo.
UNCTAD	Conferencia para las Naciones Unidas sobre Comercio y desarrollo.
TM	Toneladas Métricas.
HAS	Hectáreas.
TPM	Mantenimiento Preventivo Total.
OEE	Eficacia Global del Equipo.
MP	Mantenimiento Preventivo.
CPM	Ciclos por segundo.
HZ	hercios.
RPM	Revoluciones por minuto.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Metodología de la tesis.....	7
Figura 3.1 Organigrama.....	31
Figura 3.2 Ubicación de la empresa.....	32
Figura 3.3 Diagrama de flujo de proceso.....	35
Figura 3.4 Refinador de licor de cacao.....	36
Figura 4.1 Análisis de las mayores perdidas.....	50
Figura 4.2 Análisis de fallas.....	51
Figura 4.3 Análisis de la historia de fallas.....	53
Figura 4.4 Medidor de vibraciones TK81.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Mayores pérdidas en el refinador.....	46
Tabla 2 Cálculo de eficiencia.....	47
Tabla 3 Análisis de las mayores pérdidas.....	49
Tabla 4 Análisis de fallas.....	50
Tabla 5 Análisis de la historia de fallas.....	51
Tabla 6 Mayores fallas.....	54

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata del “Desarrollo de un mantenimiento preventivo programado (TPM) en el refinador de licor de cacao en la empresa Infelersa S.A”, con el fin de reducir las paradas de máquinas y procesos en la empresa en la que realizamos este estudio.

Con el fin de llevar a cabo esta tesis, se implementa la metodología que nos lleva en primer lugar a realizar un diagnóstico de la planta, para conocer el proceso de licor de cacao, la situación actual del refinador de licor de cacao y los problemas que la máquina tenga, para tratar de solucionarlos. En segundo lugar, se implementa el mantenimiento autónomo en la máquina, para poder detectar problemas y corregirlos a tiempo. Luego, se implementa el mantenimiento preventivo (MP) en el refinador de licor de cacao, para mantener sus condiciones y extender su vida útil. Finalmente, se implementa el mantenimiento predictivo en el refinador de licor de cacao, para poder predecir su vida útil, y de ser posible, extenderlo dando actividades de mejoramiento.

Por último, se realiza el análisis costo-beneficio de la implantación del TPM, para ver los costos y beneficios del mismo.

CAPÍTULO 1

1.- GENERALIDADES.

1.1.- Planteamiento Del problema.

Hoy en día, la filosofía JIT(Justo a Tiempo), es importante para muchas empresas en todo el mundo, pues su objetivo principal es producir de acuerdo a la demanda del mercado, para eliminar cantidad de inventarios(producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles, y en el último momento, eliminar la cantidad de inventarios). La filosofía JIT contempla la eliminación de todo lo que sea desperdicio en el proceso, desde compras hasta la distribución. Una buena producción debe satisfacer las condiciones necesarias de los tres elementos indispensables: seguridad, productividad y calidad de los productos. En este contexto, es muy importante, para el país en la producción de cacao y sus derivados, ya que Ecuador produce alrededor de 116 mil toneladas de cacao al año.

El cacao se cultiva principalmente en África del Oeste, América Central, Sudamérica y Sudeste de Asia. Según la producción anual,

recogida por la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) para el año agrícola 2005/06, los ocho mayores países productores del mundo son (en orden descendente) [Costa de Marfil](#) 38%, [Ghana](#) 21%, Indonesia 13%, Nigeria 5%, Brasil 4%, Camerún 5%, Ecuador 3% y Malasia 1%. Estos países representan el 90% de la producción mundial [1]. Como podemos ver, Ecuador es uno de los países de mayor producción de cacao en el mundo, y es productor de una variedad de productos de cacao.

De la producción nacional, aproximadamente el 70% se exporta en grano, el 25% en producto semi-elaborado (manteca, licor, polvo y chocolate) y un 5% es consumido por la industria artesanal chocolatera en el país [2]. El cacao es un producto agrícola muy importante y es necesario que existan mayor número de plantas industriales, para enfrentar a la demanda con productos elaborados y semi-elaborados.

En lo que respecta a los productos semielaborados, el 40% de la producción de cacao se procesa. Los productos industrializados se exportan bajo los siguientes tipos. Manteca (34% en 1999), Licor (28%), Torta (21%), Polvo (17%). Los países hacia donde el Ecuador exporta más cacao procesado son el continente americano

y especialmente América del Sur. Las otras regiones del mundo no representan una cantidad muy importante porque procesan ellas mismas el cacao en grano que reciben. El Licor de cacao representó el 23,76% de las exportaciones totales durante julio 2008, con 11259,49 toneladas y U\$42.986.280,21 millones/TM como resultado de esta exportación. Los países de la Unión Europea siguen siendo los mayores importadores de cacao ecuatoriano, así pues ,en julio del 2008 esta región fue el destino de 18897,24 toneladas métricas de cacao ecuatoriano, especialmente, polvo y el licor de cacao [3]. En las plantas donde se hace licor de cacao, los trabajadores están constantemente expuestos a maquinarias que pueden poner en riesgo su salud, pues causan enfermedades profesionales y accidentes.

La producción cacaotera se origina en la costa interna ecuatoriana, en las provincias del Los Ríos, El Oro y Guayas, en especial en la cuenca del río Guayas, zona a la cual se le denominó zona “Arriba”, de donde provenía el mejor cacao. En la actualidad el cultivo ocupa una superficie de aproximadamente 263.000 has, distribuidas en las provincias de la Costa, Sierra y parte del Oriente. Las provincias que tienen mayor extensión en los cultivos son la provincia de Los Ríos con un 35% del total sembrado, Guayas con el 25 %, Manabí el 14%, esmeraldas el 8% y El Oro el 5%. Entre las provincias de

Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y el Oriente se reparten el 13% [4].

La presente tesis trata de implementar el mantenimiento preventivo total, en el refinador de licor de cacao, porque la máquina presenta fallas y ajustes, y con el programa se hallará soluciones para beneficio de la empresa INFELERSA S.A.

Para este análisis, utilicé el mantenimiento preventivo total (TPM), para crear un mejor ambiente en el área de trabajo del refinador de licor de cacao, que estimule a mejorar esfuerzos de seguridad, calidad, costos, tiempos de envío y creatividad, para aumentar el nivel de productividad que existe en la empresa.

1.2. Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

- Implementar Mantenimiento preventivo Total (TPM) en el refinador de licor de cacao, un método para reducir las paradas de máquinas y procesos en la empresa INFELERSA S.A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la planta para conocer el proceso de licor de cacao, la situación actual del refinador de licor de cacao y los problemas que la máquina tenga, para tratar de solucionarlos.
- Implementar el Mantenimiento autónomo en la máquina, para poder detectar problemas y corregirlos a tiempo.
- Implementar el mantenimiento preventivo (MP) en el refinador de licor de cacao, para mantener sus condiciones y extender su vida útil.
- Implementar el mantenimiento predictivo en el refinador de licor de cacao, para poder predecir su vida útil, y de ser posible extenderlo, dando actividades de mejoramiento.
- Realizar el análisis costo-beneficio de la implantación del mantenimiento preventivo total (TPM).

1.3 Metodología.

La metodología a seguir en esta tesis será la siguiente:

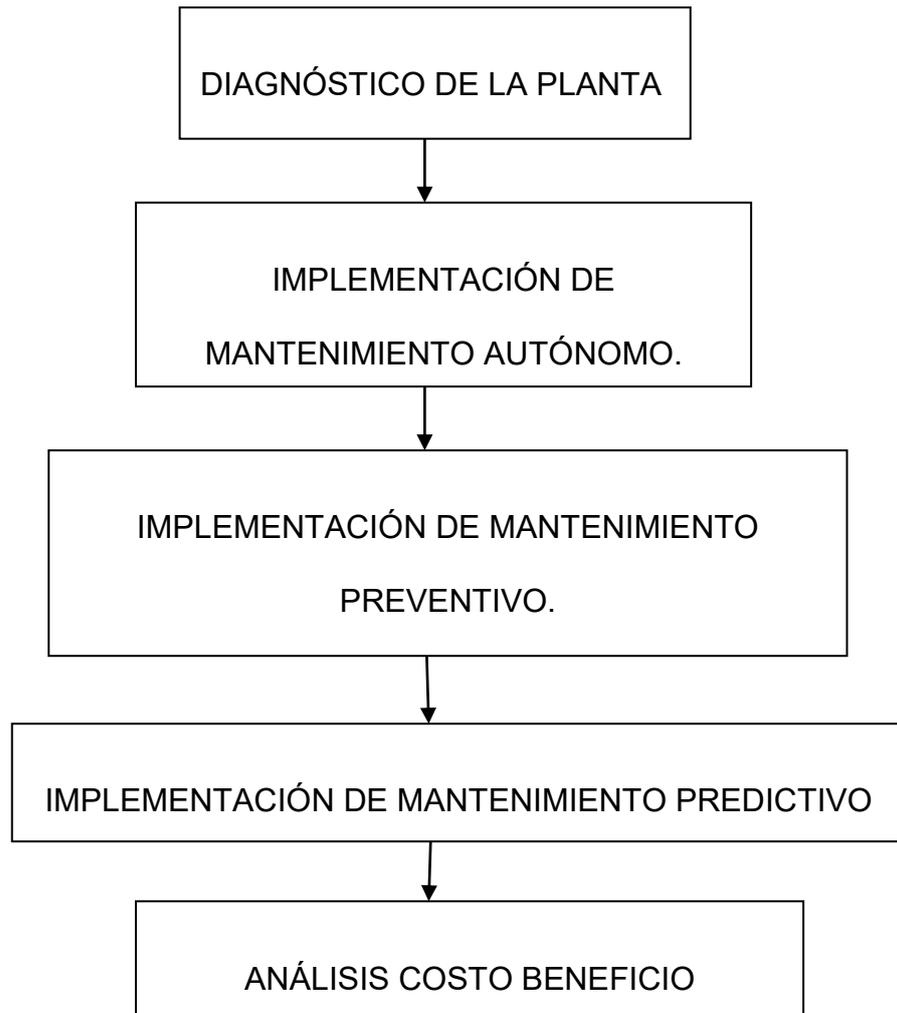


FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

La metodología de la tesis se inicia con el diagnóstico de la planta, que no es más que revisar la situación actual de la misma, el proceso de Licor de cacao en la planta y la condición actual de la máquina.

Una vez verificado el estado actual del refinador de licor de cacao, se procede a implementar el mantenimiento autónomo, que está orientado a detectar y corregir los problemas que tenga la máquina.

Una vez hecho esto, se aplica el mantenimiento preventivo (MP) para prevenir posibles fallas en la máquina. Luego, se procede a implementar el mantenimiento predictivo, para poder consolidar actividades de mejoramiento en la máquina.

Finalmente, se procede a realizar un análisis costo-beneficio de la implantación del mantenimiento preventivo total, para analizar las propuestas de mejora del sistema propuesto.

1.4. Estructura de la Tesis.

La siguiente tesis de graduación está conformada por los siguientes capítulos:

El capítulo 1 se denomina Generalidades y describe: el objetivo general, los objetivos específicos, la metodología a seguir para tratar de resolver el problema, y finalmente, la estructura de la tesis.

El capítulo 2 se denomina Marco Teórico, en el cual describo los conceptos básicos sobre el Mantenimiento Preventivo Total, que es una filosofía del JIT, para sustentar el trabajo en definiciones claras como: 5S, mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, para tener una idea más profunda referente al tema expuesto.

El capítulo 3 se llama Diagnóstico de la Planta, en el que se describe la cultura organizacional de la empresa, el proceso que desarrolla y la situación actual de la máquina a ser mejorada. Esto da soporte para poder realizar la implantación del TPM en el siguiente capítulo.

El capítulo 4 se llama Implantación del TPM en la Máquina, en la que se implanta el mantenimiento autónomo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo, con los que se encuentran soluciones para aumentar la productividad.

El capítulo 5 se denomina Análisis de Resultados, en el cual se detalla las posibles soluciones que se deberá implantar en la máquina seleccionada de la planta. Además, se hace un análisis costo-beneficio, para ver los costos y beneficios del proyecto.

El capítulo 6 se denomina Conclusiones y Recomendaciones en el que se llega a determinar los resultados, para luego formular las recomendaciones apropiadas para mejorar la cultura organizacional existente en la planta.

CAPÍTULO 2

2.- MARCO TEÓRICO.

2.1. Filosofía JIT (Justo a Tiempo).

La filosofía JIT (justo a tiempo) que es de origen japonés, en la cual su principal objetivo es “producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de inventarios” . En la filosofía JIT, hay 3 componentes básicos:

- Imponer equilibrio, sincronización y flujo en el proceso fabril, ya sea donde no existan o donde se les pueda mejorar.
- Actitud de la empresa hacia la calidad: la idea de “ hacerlo bien la primera vez” .
- La participación de los empleados [5].

El JIT se basa en la teoría de alta dependencia, ya que existe una dependencia mutua entre todas las partes del sistema. La cultura organizacional es clave para el desarrollo del JIT, ya que esta tiene

que fomentar la resolución de problemas mediante el trabajo en equipo, enriquecimiento del trabajo (incluyendo tareas de mantenimiento y preparación de maquinarias en las responsabilidades de los operarios), rotación del trabajo y multi-habilidades [6].

2.1.1. 5 S.

Las 5 S (housekeeping) son uno de los tres pilares del gemba kaizen (expresión construida a partir de los términos *Gemba*: puesto de trabajo y *kaizen*: mejorar) en el enfoque de sentido común y bajo costo hacia el mejoramiento Kaizen en cualquier empresa, ya sea una empresa de manufactura o de servicios; debe comenzar con tres actividades: estandarización, 5 S y eliminación del “muda” (desperdicios) [7].

Los cinco pasos del housekeeping, con sus nombres japoneses, son los siguientes:

1. **Seiri (Separar)**: diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el lugar de trabajo y descargar estos últimos.

2. **Seiton (Ordenar):** disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del seiri.
3. **Seiso (Limpiar):** mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo.
4. **Seiketsu (Sistematizar):** extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores.
5. **Shitsuke (Estandarizar):** construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5S mediante el establecimiento de estándares.

Kaizen valora tanto el proceso como el resultado. Con el fin de que las personas se involucren en la continuación de su esfuerzo, la gerencia debe planear, organizar y ejecutar con cuidado el proyecto. A menudo, los gerentes desean ver el resultado y pasan por alto un proceso vital. Todo proyecto kaizen necesita incluir pasos de seguimiento. Como kaizen hace frente a la resistencia de las personas al cambio, el primer paso consiste en preparar mentalmente a los empleados para que acepten las 5 S antes de dar comienzo a la campaña. Como un aspecto preliminar al esfuerzo de las

5 S, debe asignarse un tiempo para analizar la filosofía implícita de las 5 S y sus beneficios:

- Creando ambientes de trabajo limpios, higiénicos, agradables y seguros.
- Revitalizando al lugar de trabajo y mejorando sustancialmente el estado de ánimo, la moral y la motivación de los empleados.
- Eliminando las diversas clases de desperdicio, haciendo más fácil el trabajo de los operadores, reduciendo el trabajo físicamente agotador y liberando espacio.

2.1.2. Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo se debe considerar como un instrumento para desarrollar una organización , esto significa , transformar sus creencias, cultura y formas de actuar. En procesos de mantenimiento autónomo, se pueden identificar 3 etapas fundamentales:

a) Mejorar la participación del personal operativo.- las actividades de mantenimiento autónomo, se dirigen a eliminar la pérdida de los equipos con el apoyo del personal.

b) Mejorar habilidades.- se crea un compromiso de colaboración superior y alto compromiso del trabajador para mantener una alta eficiencia en la producción.

c) Mejorar el funcionamiento organizacional.- se crea una función del trabajo autónomo donde los ciclos de aprendizaje se aplican al mejoramiento de la empresa [8].

El mantenimiento Autónomo es, básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, que pueden y deben contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

Este Mantenimiento Autónomo Incluye:

- Limpieza diaria, que se tomará como un Proceso de Inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.

- Pequeños ajustes
- Formación - Capacitación técnica.
- Reportar todas las fallas que no puedan repararse en el momento de su detección y que requieren una programación para solucionarse[9].

Cálculo del OEE.

El cálculo del OEE (eficacia global del equipo), requiere que se conozcan las pérdidas y la utilización del equipo. El TPM se concentra en pérdidas del equipo, que interrumpen la eficacia de este. Las pérdidas del equipo pueden deberse a :

- Montajes y ajustes.
- Fallas.
- Interrupciones inútiles y menores.
- Velocidad reducida.
- Defectos del proceso

a) Montajes y ajustes.- los montajes no se pueden evitar en compañías en las que el equipo debe ser montado o cambiado para diferentes productos, pero se puede reducir mucho el tiempo de montaje. Durante los ajustes, el equipo no esta en funcionamiento, por lo tanto, no elabora

productos. Dado que estas pérdidas son variables, ofrecen oportunidades para reducirlas, por lo cual se dispone de mayor tiempo productivo.

b) Fallas del equipo (averías) .- es el tiempo improductivo no planificado, y representa otra parte importante de pérdidas del equipo. Con frecuencia, representan solo una reparación menor que es difícil de manejar durante el funcionamiento. Aunque se trate de problemas menores, pueden tener consecuencias catastróficas cuando ocurren durante la producción normal.

c) Interrupciones inútiles y menores.- en general el equipo está funcionando (inútilmente), pero el producto no se está procesando. Puede haber un atasco, o la máquina anterior, o la siguiente pueden estar bloqueadas o descompuestas. La búsqueda de materiales pueden requerir que los operarios se desplacen por un momento y numerosos factores pueden provocar interrupciones inútiles y menores.

d) Velocidad reducida.- es la cuarta pérdida importante, con frecuencia, proviene de un equipo mal mantenido, desgastado o sucio. En innumerables ocasiones, éstas

pérdidas se mantienen en el proceso de producción desde la fase inicial de depuraciones de errores y puesta en marcha del equipo. A menudo, un mecanismo defectuoso o una falla de diseño pueden ocasionar problemas de pérdida de velocidad.

e) Defectos del proceso.- las piezas defectuosas y el trabajo repetido son pérdidas relacionadas con la calidad. Con el ambiente competitivo de los negocios, la calidad es un requisito mínimo; los defectos causados por el equipo son inadmisibles. Mediante TPM , se identifica , se investiga y se elimina las pérdidas de calidad , porque la tasa de calidad es un elemento clave en el cálculo del OEE [10].

2.1.3. Mantenimiento Preventivo.

El MP (mantenimiento preventivo) se refiere al trabajo repetitivo realizado de acuerdo a una frecuencia predeterminada, que se ejecuta con el propósito de evitar una falla del equipo. El objetivo es reducir las probabilidades de falla del equipo durante su operación, planificando y realizando el trabajo de mantenimiento en conjunto con los requerimientos de producción [11].

El mantenimiento preventivo consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizan las acciones necesarias: engrase, cambio de correas, desmontaje, limpieza, etc.

Las ventajas son:

- 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 el que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora.
- La reducción del mantenimiento correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad de la máquina, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios.

- Se concreta de mutuo acuerdo entre el jefe de planta y el jefe de mantenimiento, el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción [12].

El exceso o la insuficiencia de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos tiene consecuencias negativas que afectan a la disponibilidad como a la confiabilidad. Por lo tanto, es de vital importancia determinar la frecuencia óptima de mantenimiento de los equipos y evitar caer en sobre-mantenimiento o en un bajo-mantenimiento que en ambos casos reflejan altos costos y baja disponibilidad, como se indica a continuación.

a) Sub-mantenimiento (bajo mantenimiento).

Bajo costo de mantenimiento preventivo.

Alto costo de mantenimiento correctivo.

Pérdidas por baja disponibilidad a causa de fallas en el equipo.

Alto costo por consumo e inventario de refacciones.

b) Sobre-mantenimiento (exceso de mantenimiento).

Alto costo de mantenimiento preventivo.

Bajo costo de mantenimiento correctivo.

Pérdidas productivas por baja disponibilidad debido al exceso de paros programados de mantenimiento al equipo.

Alto costo por consumo e inventario de refacciones [13].

Las ventajas de la aplicación de MP en máquinas herramientas son considerables, el número de horas de paro se reducen en un 95% y las horas de reparación no planificadas en un 65% durante un periodo de instalación inferior a 4 años.

Con un adecuado mantenimiento, la disponibilidad media de horas de producción pasó de menos del 80%, a más del 86%. El plan anual de inversiones se reduce drásticamente, al tiempo que aumenta la calidad del producto y disminuye el porcentaje de desperdicio.

Un programa completo MP para máquinas y herramientas afecta a todo el personal de la planta, y no solo al personal de mantenimiento. Es un error pensar que el MP es responsabilidad única del departamento de mantenimiento.

Limpieza.

Un buen plan de mantenimiento, empieza por la buena limpieza. Este trabajo se adjudica con frecuencia al operario y no se presta atención especial a las instrucciones, esto es un error, porque todo trabajo necesita instrucciones: como, cuando, y con que hacerlo. A veces las máquinas son complicadas hasta el extremo que al operario le sería imposible limpiarla sin una pérdida considerable de tiempo, en éste caso es el departamento de mantenimiento el encargado de esta tarea. Muy a menudo combinando estas operaciones con la lubricación y la inspección antes y después de la jornada ordinaria.

Lubricación.

Cualquier herramienta funciona mejor si ésta lubricada apropiadamente. La elección de lubricantes, su almacenamiento, su distribución y empleo en producción, el establecimiento de intervalos adecuados para las operaciones de lubricación, el registro y comprobación de la lubricación son responsabilidad del ingeniero de mantenimiento. Un programa de lubricación completo, fiable

y efectivo es esencial en el programa de MP. Aun así debemos señalar que no basta un programa de lubricación, sino que debe combinarse con otras técnicas de mantenimiento predictivo (Análisis de lubricantes, Termografía).

La responsabilidad de la lubricación puede ser centralizada o descentralizada. La lubricación diaria corre a cargo del operario y por tanto la comprobación está a cargo de producción. La lubricación semanal está a cargo del mismo. Cuando se trata de máquinas especiales o muy complejas la operación requiere de personal especializado, En estos casos, la responsabilidad recae sobre la sección de mantenimiento.

Las instrucciones para la lubricación suelen venir con la máquina. En su forma más adecuada contienen un dibujo o fotografía de la máquina y una breve descripción de los distintos puntos, el tipo y cantidad de lubricante necesario para cada operación y el intervalo entre ellas.

Inspección.

La parte más importante de todo programa de MP es la inspección. La actividad de inspección no solo revela la

condición de la máquina herramienta, sino que supone un ajuste, reparación o cambio de piezas desgastadas; es decir, la corrección o eliminación de circunstancias que pueden ser causa de averías o deterioro de la máquina.

Se ha comprobado que una combinación de observaciones, pruebas y medidas puede dar lugar a un método aplicable a la mayoría de circunstancias en la industria.

El sistema consiste en 5 niveles de inspección diferentes, cada uno con su objetivo particular.

Nivel 1: Observación diaria. La lleva a cabo el operario. Implica la observación del funcionamiento de la máquina herramienta en su ciclo normal de trabajo comprobando todas sus funciones.

Nivel 2: Observación semanal. La realiza el encargado de lubricación durante la operación semanal. Incluye actividades del nivel 1, con observaciones adicionales de la presión del aceite, el funcionamiento de los dispositivos de lubricación, y las fugas de aceite.

Nivel 3: Inspección menor. A cargo de un empleado de mantenimiento especialmente entrenado, con buenos conocimientos de máquinas herramientas y sistemas eléctricos e hidráulicos de control. Las inspecciones son tales, que a veces es necesario parar la máquina. Incluye los niveles 1 y 2.

Nivel 4: inspección general. Incluye los niveles 1,2 y 3, y requiere paro de máquina. Se comprueban: el nivel de la máquina, el juego del cojinete del eje principal, el paralelismo de la guías respecto a la línea de centros. También incluye el ajuste de embragues y frenos, chavetas y cojinetes, recambio de piezas desgastadas, sustitución de correas, etc. Cada dos años suele hacerse una inspección general, o bien cada año o cada 6 meses en dos turnos, según el tipo de máquina. Debe planificarse con producción el paro de la máquina.

Al empezar el programa de MP, el departamento de producción no suele aceptar la idea. El éxito de esta operación depende de que tanto producción como mantenimiento trabajen de común acuerdo.

El nivel 4 da buena idea de la calidad actual de la máquina y de su fiabilidad. Si alguna de las pruebas indica condiciones incorrectas, se recomienda que la inspección de control de calidad (Nivel 5) se haga para dar información detallada sobre las condiciones de máquina herramienta.

Nivel 5: la inspección de control de calidad, suele ser cada tres años, al instalar una máquina nueva o reconstruida, o bien por solicitud. A veces el departamento de producción lo solicita para máquina de precisión especial o puede que haya quejas o devoluciones por control de calidad del producto [14].

2.1.4. Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle; así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del

componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

a) Análisis de vibraciones.- el interés de las vibraciones mecánicas llega al mantenimiento industrial de la mano del mantenimiento preventivo y predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan.

b) Análisis de lubricantes.- éstos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

- **Análisis Iniciales:** se realizan a productos de aquellos equipos que presenten fallas, provenientes de los resultados del estudio de lubricación y permiten correcciones en la selección del producto. Estas correcciones están motivadas por cambios de operación.
- **Análisis Rutinarios:** aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis, la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación, entre otros.

c) Análisis por ultrasonido.- este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

El Ultrasonido permite:

- Detección de fricción en máquinas rotativas.
- Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
- Detección de fugas de fluidos.
- Pérdidas de vacío.
- Detección de "arco eléctrico".

Análisis de vibraciones.

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

a) Parámetros de las vibraciones.

Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).

Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores.

Dirección: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales.

b) Tipos de vibraciones.

Vibración libre: causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

Vibración forzada: causada por un sistema vibra debida a una excitación constante.

A continuación detallamos las razones más comunes por las cuales, una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar:

- Vibración debido al Desequilibrado (maquinaria rotativa).

- Vibración debido a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa).
- Vibración debido a la excentricidad (maquinaria rotativa).
- Vibración debido a la falla de rodamientos y cojinetes.
- Vibración debido a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.) [15].

CAPÍTULO 3

3. DIAGNÓSTICO DE LA PLANTA.

3.1 Cultura Organizacional.

La empresa INFELERSA S.A tiene como productos principales el licor de cacao (sacos de 25 kg), la manteca de cacao natural (cajas de 25 kg) y el polvo de cacao(sacos de 25 kg). Tiene en total 33 personas en planta ,2 supervisores y el jefe de planta. La planta de la empresa está organizada de la manera siguiente:

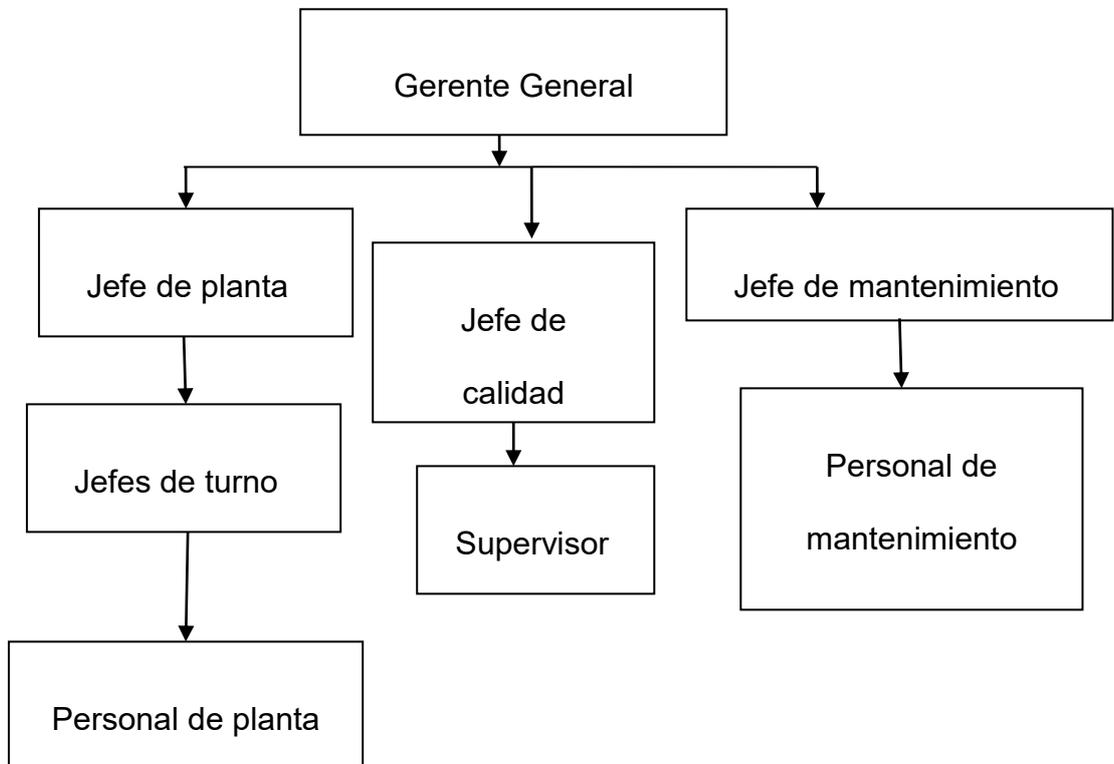


FIGURA 3.1 ORGANIGRAMA

La planta está ubicada en el kilómetro 10 vía a Daule.

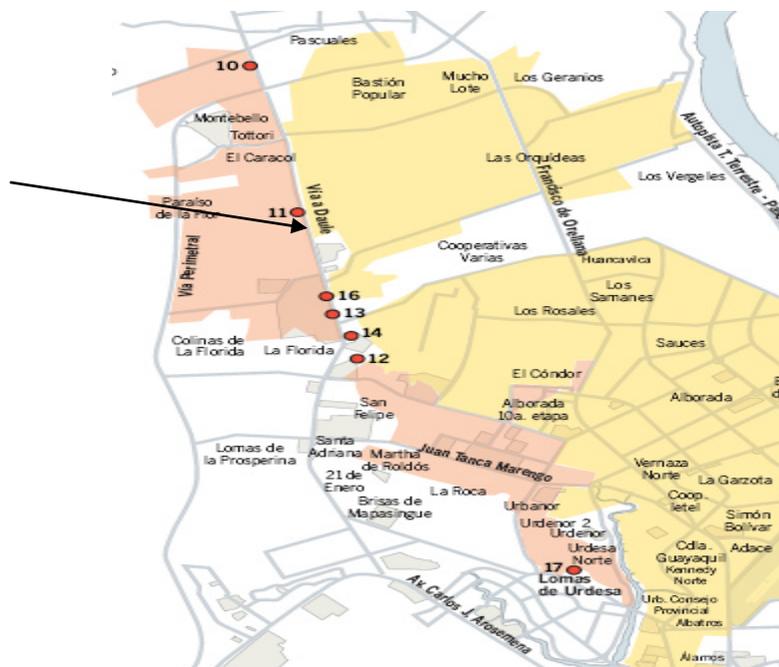


FIGURA 3.2 UBICACIÓN DE LA EMPRESA.

El mantenimiento correctivo de las máquinas la realiza uno de los jefes de turno, con ayuda del jefe de la sección y de 2 personas de la misma sección.

Actualmente en la empresa, se realiza un seguimiento a las máquinas en el motor eléctrico, por medio de cartas-máquina. En la máquina seleccionada, en el motor eléctrico se hace un seguimiento a los siguientes parámetros: potencia, velocidad, amperios, fase, rodamientos, retenedor, marca y sección de la planta. También se

pone detalles de cambios de rodamientos y lubricantes y su respectiva fecha.

3.2 Proceso del licor de cacao.

El proceso de elaboración de licor de cacao se describe de la siguiente manera:

- 1) Primero, se receipta el cacao en grano, el mismo que pasa por una despedregadora (1500 kg/hora), la cual separa las piedras.
- 2) El cacao pasa por 2 limpiadoras de cepillo (750 kg/hora cada una), para la limpieza externa del cacao.
- 3) El cacao pasa por una cinta de selección, donde manualmente se separa el maguey (suciedad o impurezas del cacao), o cualquier objeto extraño.
- 4) El cacao pasa a 3 tostadores (500 kg cada uno), que tuestan el fruto.
- 5) El cacao pasa por una descascarilladora, donde quebranta el cacao para separar la cáscara de la almendra, formándose el nibs (cacao tostado quebrantado sin cáscara).
- 6) El Nibs pasa por un silo, para luego ser llevado a un pre-molido en un molino de pistones, obteniendo el licor de cacao.

- 7) El licor de cacao pasa por un refinador , obteniéndose un licor de cacao con una textura fina.
- 8) El licor de cacao pasa por 3 filtros vibrantes, y de ahí va a 2 tanques de esterilización (10 toneladas cada uno), para bajar la carga bacteriológica o microbiológica según los parámetros establecidos.
- 9) Una vez hecha la esterilización, pasa a 2 tanques de almacenamiento (10 toneladas cada uno).
- 10) Una vez hecho esto, el licor de cacao pasa a los 4 tanques de enfriamiento (5 toneladas cada uno).
- 11) El licor de cacao es atemperado por una temperadora, es decir, que se compacta la masa de licor de cacao en base a manteca de cacao, a una temperatura de $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, para que el producto salga en buenas condiciones.
- 12) Pasa por el túnel de enfriamiento para la solidificación del licor de cacao ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$), el cual es envasado, empacado o embalado.

3.2.1. Diagrama de flujo del proceso.

El diagrama de flujo del proceso del licor de cacao es el siguiente:

DIAGRAMA DE FLUJO					
EVENTOS	SIMBOLO DE EVENTOS				
Pasos	Operación	Inspección	Almacenamiento	Transporte	Demora
Recepción de materia prima y despedregadora	○	□	▽	➔	⌒
Limpiadoras de cepillo	○	□	▽	➔	⌒
Cinta de selección	○	□	▽	➔	⌒
Tostadores de cacao.	○	□	▽	➔	⌒
Descascarilladora	○	□	▽	➔	⌒
Pre-molido	○	□	▽	➔	⌒
Refinador	○	□	▽	➔	⌒
Filtros vibrantes	○	□	▽	➔	⌒
Tanques de esterilización	○	□	▽	➔	⌒
Tanques de almacenamiento	○	□	▽	➔	⌒
Tanques de enfriamiento	○	□	▽	➔	⌒
Temperadora	○	□	▽	➔	⌒
Solidificación de cacao	○	□	▽	➔	⌒

FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

3.3 Análisis del refinador del licor de cacao.

El refinador de licor de cacao tiene como principal característica la refinación de la masa de cacao, en donde el cacao pasa por un tornillo sin fin a una determinada velocidad y temperatura (90 oC).

Este refinador tiene un tornillo sin fin que tiene bases en forma de U, y en donde el cacao se refina a través de rodillos. Tiene una velocidad de 1700 rpm que es dada por un motor eléctrico. En el cabezal (tanto el cabezal inferior como el cabezal superior del rodillo sin fin) en su parte superior, tiene 2 rodamientos y 2 retenedores unidos entre si y sirven para evitar que pase la grasa del rodamiento en el tornillo sin fin. En su parte inferior se encuentra la presitopa (es un soporte de teflón de 0,5 pulgadas de espesor dividido en 3 partes) que sirve para no dejar salir el licor de cacao del tornillo sin fin .El análisis de la condición del equipo se lo hace con un formato pre-establecido (anexo 1).



FIGURA 3.4 REFINADOR DE LICOR DE CACAO

3.4 Análisis de Fallas del refinador de licor de cacao.

La máquina tiene algunas fallas y se para por diversos motivos entre los cuales se menciona:

- a) Los tornillos del cabezal flojos, y por eso se sale el licor de cacao y mancha la tapa del refinador.
- b) La presitopa y el tornillo sin fin están desgastados, y por eso se sale el producto.
- c) Los rodamientos están desgastados, y mancha el refinador.
- d) Los rodillos están desgastados y el producto no se refina bien.
- e) Las bases en U están quebradas, y por eso los rodillos se salen fácilmente.

Para analizar los diversos problemas de esta máquina, se utiliza una tabla de clasificación TPM, en 5 categorías: general, eléctrica, lubricación, lugar de trabajo y control. Luego, en la hoja de calificación se realiza la suma de todas las calificaciones de los ítems del 0 al 5, y de ahí se divide para el número de ítems. Dependiendo del promedio, se analizan los ítems que dieron igual o menor al resultado dado en la hoja de calificación (Anexo 2).

Esta tabla de clasificación y la hoja de calificación, nos ayudan a visualizar los siguientes problemas:

- 1) Motor con polvo
- 2) Acceso a paneles eléctricos inseguros.
- 3) Cable eléctrico de motor sin revestimiento.
- 5) Líneas de enfriamiento sin direccionales.
- 6) Retenedores desgastados y sucios .
- 7) Medidor de temperatura dañado.
- 8) Herramientas sin etiquetar y en desorden.
- 9) Cabezal sucio de licor de cacao.
- 10) Derrame de licor de cacao en el piso.
- 11) Falta de buena iluminación.
- 12) Equipo de limpieza (franelas) sin buena ubicación.
- 13) No existe auditoría de limpieza.
- 14) Información del refinador sin visibilidad.
- 15) No hay lista de verificación de TPM del operador.

CAPÍTULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DE TPM EN LA MÁQUINA.

4.1 Capacitación para la implementación del TPM en la máquina.

El pilar E&F (Educación y Formación) es vital para el desarrollo de un proyecto TPM. Los principios fundamentales de este pilar son:

- 1) Eliminar pérdidas producidas por la falta de habilidades del personal operativo y mantenimiento.
- 2) Eliminar las pérdidas del sistema de E&F utilizado en la empresa para el desarrollo de capacidades.

En igual forma que en el desarrollo general de un proyecto TPM, la medición de las pérdidas del sistema productivo se constituye en el punto de partida y en el indicador de progreso, las pérdidas producidas por la falta de capacitación del personal son significativas y hacen difícil la implementación del TPM en la máquina.

Otro aspecto básico de este pilar es la metodología y pedagogía utilizada para la realización de las acciones formativas. El auto

desarrollo y la práctica, son factores importantes para lograr una verdadera transformación en la cultura de trabajo, compromiso y resultados efectivos en la cuenta de resultados de la empresa.

Para este caso en particular, se consideran 5 cursos para capacitar adecuadamente a 2 operadores de la máquina (de los 2 turnos), 2 técnicos de mantenimiento y 1 supervisor. Los 5 cursos son:

- a) Mantenimiento autónomo.
- b) Manejo de herramientas.
- c) Mecánica general (Conocimiento de la máquina).
- d) Control visual (lección de un punto).
- e) Trabajo en equipo .

Cada curso tendrá una duración de 20 horas impartidas en 2 semanas de duración.

4.2 Corrección de fallas.

Una vez conocidas las fallas de la máquina en los 5 aspectos referidos: general, eléctrica, lubricación, lugar de trabajo y control; se procede a corregir las fallas, utilizando un formato denominado “récord de oportunidades TPM” en donde se detalla cada problema encontrado, la acción a tomar, la persona responsable y por último la

fecha a realizar, para que el trabajo tenga plazo y no se quede llevarse a efecto. (anexo 3).

Las acciones a tomar son:

- 1) Limpiar el motor eléctrico.
- 2) Ajustar pernos del cabezal.
- 3) Reubicar objetos extraños en el panel eléctrico.
- 4) Cambiar presitopa del refinador.
- 5) Cambiar rodamientos del refinador.
- 6) Chequear tornillo sin fin.
- 7) Cambiar rodillos con canales elicoidales del refinador.
- 8) Cambiar piezas en U del tornillo sin fin dañadas.
- 9) Revestir el cable eléctrico del motor.
- 10) Poner direccionales en las líneas de enfriamiento.
- 11) Cambiar de retenedores del refinador.
- 12) Cambiar medidor de temperatura dañado.
- 13) Etiquetar herramientas de trabajo.
- 14) Limpiar tapa de refinador.
- 15) Ubicar correctamente los Guantes
- 16) Limpiar piso.
- 17) Chequear luces del área de trabajo.
- 18) Limpiar las herramientas de trabajo aplicando la metodología 5S.

- 19) Planificar la limpieza.
- 20) Auditar semanalmente la limpieza.
- 21) Enlistar estándares de inspecciones a través del diario TPM del operador.

4.3 Establecimiento de estándares de limpieza, lubricación, ajuste y control visual.

En el mantenimiento autónomo se debe establecer estándares en 4 aspectos: limpieza, lubricación ,ajuste y control visual. Los estándares son:

a) Limpieza técnica.

- Limpieza de motor eléctrico por polvo acumulado.
- Limpieza de tapa de refinador por suciedad con licor de cacao.
- Ubicación correcta de franelas y trapos.

b) Lubricación.

- Poner grasa a rodamientos para evitar desgaste prematuro.

c) Ajustes.

- Ajustes a pernos de tornillos del cabezal.

- Ajustes de pernos de tornillos de tapa del refinador.

d) Control visual.

- Revisión del medidor de temperatura para chequear si da la lectura adecuada

Podemos observar un formato del establecimiento de estos estándares en el anexo 4.

4.4 Lección de un punto.

La lección de un punto es una herramienta para transmitir al personal, conocimientos y habilidades sobre el equipo, casos de problemas y de mejoras. El objetivo principal de la lección de un punto es elevar los conocimientos y habilidades del personal en corto plazo. Otros objetivos son:

- Obtener en forma óptima, los conocimientos relacionados con la máquina para ser utilizados en el momento adecuado.
- Estimular el trabajo en grupo.
- Fortalecer el compromiso del operario con el equipo.

La lección de un punto nace cuando un miembro de un grupo pone en práctica una idea, la expresa con originalidad, comunicando a sus

compañeros la solución del problema, y de esta manera se obtiene una lección de un punto clara y confiable [16].

En este caso, se expone en el refinador de licor de cacao, que podría pasar si se desgastan las bandas del motor eléctrico (anexo 5).

4.5 Cálculo del OEE.

En el cálculo del OEE (eficacia global del equipo), se requiere conocer las pérdidas del equipo, en este caso el refinador. Este índice calcula 3 partes: disponibilidad, producción y calidad. Estas 3 partes son:

1) Disponibilidad.- trata con que frecuencia el equipo está disponible y cuánto tiempo se toma en poner a punto el equipo. Las pérdidas en la disponibilidad son:

- Ajustes.
- Fallas.

2) Producción.- trata sobre si el equipo se para muchas veces y si trabaja a la velocidad diseñada. Las pérdidas en la producción son:

- Ocios y pequeñas paradas.
- Reducción de velocidad.

3) Calidad.- trata sobre si los productos salen del proceso con calidad y si los procesos son repetitivos. Las pérdidas en la calidad son:

- Arranque.
- Defectos y reproceso.

Las pérdidas en el refinador se deben principalmente a:

a) Ajustes.

- Ajustes en los pernos de la tapa del refinador.
- Ajustes en los pernos del cabezal.

b) Fallas.

- Lubricación de rodamientos.
- Cambios de rodamientos por desgaste en el refinador.
- Cambio de presitopa por desgaste.

c) Interrupciones inútiles y menores.

- Limpieza de tapa de refinador.

d) Velocidad reducida.

- Desgaste de bandas del refinador.

Para calcular el OEE, en este caso se tomó un día de observación de 12 horas para poder deducir los tiempos de paradas de máquinas mencionadas anteriormente (anexo 6).

Los resultados de las paradas se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 1

MAYORES PÉRDIDAS EN EL REFINADOR (MINUTOS)

MAYORES PERDIDAS EN EL REFINADOR						
	TIEMPO Y CAMBIO DE AJUSTES	FALLAS	OCIO Y PARADAS PEQUEÑAS	REDUCCIÓN DE VELOCIDAD	ARRANQUE	DEFECTOS Y REPROCESO
Disponibilidad	85	170				
Producción			10	30		
Calidad					0	0

Como se ve en la tabla, las fallas representan el 23,61% en tiempo perdido de producción. Por lo tanto es la mayor pérdida que se registra en el equipo.

TABLA 2

CÁLCULO DE EFICIENCIA

CÁLCULO DE EFICIENCIA		
	COD	
TIEMPO TOTAL(MIN)	A	720
TIEMPO DE PAROS PLANEADOS(MIN)	B	115
TIEMPO DISPONIBLE(MIN)	$C = A - B$	605
TIEMPO DE PAROS NO PLANEADOS(MIN)	D	180
TIEMPO DE OPERACION(MIN)	$E = C - D$	425
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	$F = E / C$	0,70
PRODUCCIÓN TOTAL (KG)	$G = BUENA + K$	2168,08
VELOCIDAD TEÓRICA(KG/MIN)	H	16,67
PRODUCCION TEÓRICA (KG)	$I = E * H$	7084,75
ÍNDICE DE PRODUCCIÓN	$J = G / I$	0,31
PRODUCCIÓN RECHAZADA (KG)	K	0
ÍNDICE DE CALIDAD	$L = (G - K) / G$	1
EFICIENCIA TOTAL DEL EQUIPO	$F * J * L$	21,50%

El tiempo total de trabajo es 720 minutos, el tiempo total de paros planeados es 115 minutos, y el tiempo de paros no planeados es de 180 minutos. De esta forma, si restamos estos 2 tiempos del tiempo total, el tiempo de operación es de 425 minutos, y esto dividido para el tiempo disponible nos da el índice de disponibilidad:

$$F = \frac{E}{C} = \frac{425}{605}$$

$$F = 0,70$$

La velocidad teórica de la maquina es de 1000 kg/hora, y si la llevamos a kg/min el resultado será:

$$1000 \frac{kg}{hora} \times \frac{1 hora}{60 minutos} = 16,67 \frac{kg}{min}$$

La producción teórica se la calcula multiplicando la velocidad teórica de la máquina por el tiempo de operación:

$$I = E \times H = 425 \text{ min} \times 16,67 \text{ kg/min} = 7084,75 \text{ kg}$$

La producción total se la estimó de la siguiente manera: se sumó todas las paradas que tuvo la máquina que da como resultado 335 minutos y eso multiplicado por la velocidad teórica nos da:

$$G = 16,67 \text{ kg/min} \times 335 \text{ minutos} = 4916,67 \text{ kg}$$

Luego, se resta la producción teórica de 4916,67 kg y da como resultado:

$$\text{Producción Total} = 7084,75 \text{ kg} - 4916,67 \text{ kg} = 2168,08 \text{ kg}$$

Al no haber producción rechazada, la producción total queda 2168,08 kg.

El índice de producción es el siguiente:

$$J = \frac{G}{I} = \frac{2168,08}{7084,75}$$

$$J = 0,31$$

El índice de calidad es 1, al no existir producción rechazada.

De este modo, el índice de eficiencia total de la máquina es:

Eficiencia total = I. disponibilidad x índice producción x índice calidad

$$Eficiencia\ total = 0,70 \times 0,31 \times 1$$

$$Eficiencia\ total = 0,2150 \times 100$$

$$Eficiencia\ total = 21,50\%$$

Por lo tanto la pérdida de capacidad es del 78,50%. En la siguiente tabla se ve como las fallas constituyen el 23,61% de la pérdida de capacidad y por lo tanto, hay que darle prioridad para solucionarlo.

TABLA 3

ANÁLISIS DE LAS MAYORES PÉRDIDAS

Tiempo de trabajo efectivo	21,50%
cambios y ajustes	11,81%
fallas	23,61%
ocio y paradas menores	1,39%
Reducción de velocidad	4,17%

En el siguiente gráfico se ve más claramente la diferencia que marca este problema para que la puesta en marcha del equipo se vea seriamente afectada.

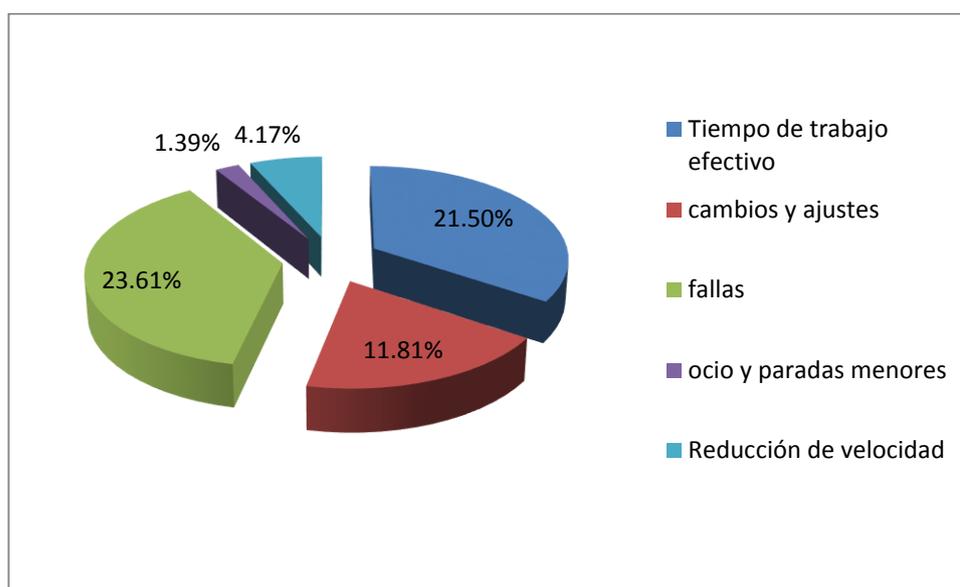


FIGURA 4.1 ANÁLISIS DE LAS MAYORES PÉRDIDAS.

Del análisis de las fallas , se desprende la siguiente tabla:

TABLA 4

ANÁLISIS DE FALLAS

LUBRICACIÓN	38,24%
RETENEDORES	26,47%
PRESITOPA	35,29%

En la tabla, se observa como los 2 problemas principales son el engrase de los rodamientos por desgaste y el cambio de presitopa por estar excesivamente desgastado.

En el siguiente gráfico se ve mejor la situación:

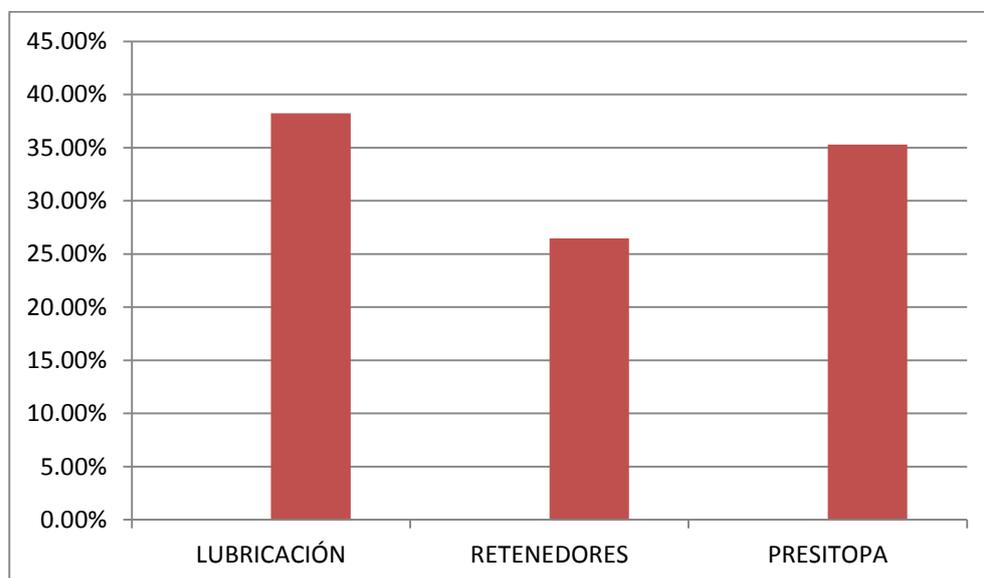


FIGURA 4.2 ANÁLISIS DE FALLAS.

Ahora, habiendo encontrado la raíz del problema, se sugiere el siguiente plan de mejora mediante un formato que está en el anexo 7.

4.6 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo en el refinador es básicamente la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que debe llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan y no a una demanda del operario o usuario. El mantenimiento preventivo contiene 4 fases:

- a) Análisis de la historia de fallas del equipo.
- b) Diario TPM del operador.
- c) Lista crítica de repuestos- Rutas de trabajo.
- d) Mantenimiento planeado.

4.6.1 Análisis de la historia de fallas del equipo.

El análisis de la historia de fallas del refinador se logra a través de datos obtenidos por la observación del operador de la máquina. El historial de fallas del equipo se detalla a continuación en la siguiente tabla:

TABLA 5

ANÁLISIS DE LA HISTORIA DE FALLAS

causas de fallas	No. De fallas
Lubricación de rodamientos	37
desgaste y cambio de Presitopa	28
desgaste y cambio de Retenedores	23
Tornillos flojos del cabezal	10
Desgaste de bandas	7

Como se ve en la tabla, la lubricación de rodamientos y el desgaste de la presitopa son las 2 fallas que más se repiten en la máquina.

De enero a septiembre del 2008, se detalla el número de fallas en la máquina :

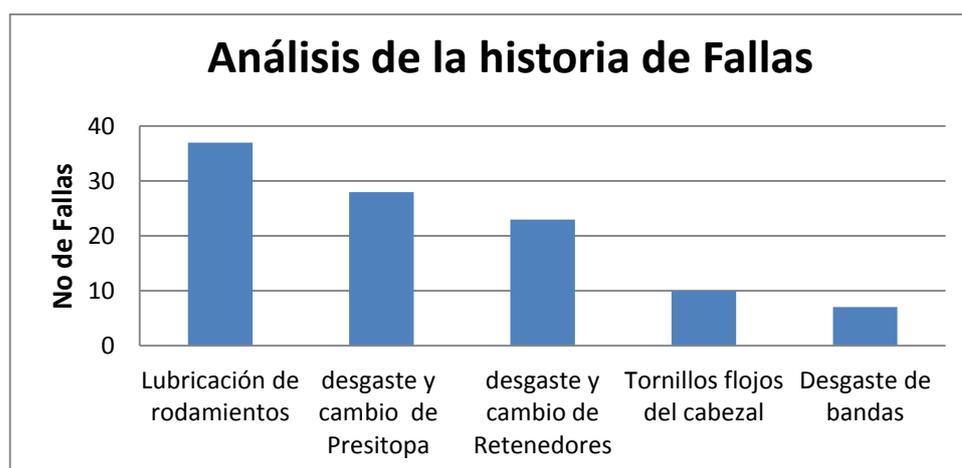


FIGURA 4.3 ANÁLISIS DE LA HISTORIA DE FALLAS.

Aquí se observa que las mayores fallas en el equipo son 4, y las analizamos en la siguiente tabla:

TABLA 6

MAYORES FALLAS

DEFECTOS	%	SOLUCIÓN
Lubricación de rodamientos- desgaste y cambio de presitopa	61,90%	Lubricación mensual de rodamientos y chequeo de presitopa mensual
Desgaste de retenedores-tornillos flojos del cabezal	31,43%	chequeo y cambio de retenedores y apretado de tuercas
% de mayores fallas	93,33%	

Como conclusión, los 4 problemas principales de la máquina representa el 93,33% del total de las fallas. Las soluciones son: la lubricación mensual de rodamientos, el chequeo de la presitopa, chequeo y cambio de retenedores y apretado de tuercas.

4.6.2 Diario TPM del operador.

El diario TPM del operador, es para señalar estándares de inspecciones que sean fáciles de entender y tener a sus operarios formados en ellos. Se recomienda que en el caso del refinador se hagan los siguientes chequeos:

- 1) Ajuste de tuercas y pernos.
- 2) Lubricación de rodamientos .
- 3) Verificación de las bandas .
- 4) Comprobar si las tuberías de líneas de enfriamiento están en buen estado y con direccionales.
- 5) Controlar si el motor eléctrico está limpio, en buen estado y los cables que estén protegidos.
- 6) Verificar si el medidor de temperatura está en perfecto estado.
- 7) Examinar si la tapa de refinador esta limpio.

El formato del diario TPM del operador se encuentra en el anexo 8.

4.6.3 Lista crítica de partes de repuestos – Rutas de trabajo.

Es conveniente tener en cuenta que el listado de repuestos recomendados debe ser hecho con mucho cuidado porque seguramente, se necesitará piezas nuevas para reemplazar las que están deterioradas.

Con esta lista, tenemos la seguridad de que los repuestos son piezas exactamente iguales a las que se encuentran montadas en el equipo.

Para los casos en que los materiales y repuestos sean de uso constante, se debe usar un formato con una lista crítica de

repuestos y las rutas de trabajo según el anexo 9. En este anexo se observa claramente que las piezas en U son los repuestos más numerosos, y por lo tanto, el de más alto precio (U\$1980).

Las rutas de trabajo que se ven en el dibujo son 3 y se obtuvieron los siguientes tiempos:

Ruta 1: 128 segundos.

Ruta 2: 137 segundos.

Ruta 3: 108 segundos.

La ruta más recomendada para transportar los materiales es la ruta 3, porque da como resultado el menor tiempo posible.

4.6.4 Mantenimiento planeado.

Una parte del mantenimiento debe hacerse mientras el equipo está en pleno funcionamiento, o cuando el equipo esté parado, con el objetivo de disminuir los costos de parada, dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

Si el mantenimiento se realiza de esta manera, se reducirán las demoras hasta un punto en que habrá un costo total mínimo de las paradas de máquina en la planta (anexo 10).

4.7 Mantenimiento Predictivo.

La última etapa del TPM es el mantenimiento predictivo, que es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestre una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- Vibración de cojinetes
- Temperatura de las conexiones eléctricas
- Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente.

4.7.1 Análisis de vibración.

Para el mantenimiento predictivo, se recomienda aplicar el análisis de vibración entre los rodamientos del refinador. El método de análisis de vibraciones, ruido y ondas ha sido el más ampliamente utilizado haciendo uso de diferentes técnicas como son el análisis de: vibración en tiempo y frecuencia, de ondas de choque, del ruido, de emisión acústica, etc.

Todas las máquinas tienen un nivel de vibración que puede ser considerado normal o inherente a su funcionamiento. Cuando este nivel aumenta y empieza a ser excesivo, es normalmente el síntoma de la presencia de una falla.

La presencia de componentes de alta frecuencia, es el síntoma que permite detectar incipientemente la falla. Cuando la falla progresa, la excitación de tipo impulsiva aumenta por un tiempo hasta cuando los filos, esquinas o rebordes de los defectos se alisan producto del desgaste y los niveles de impacto disminuyen e incluso pueden llegar a desaparecer.

Para realizar el análisis y diagnóstico de fallas utilizando la medición de la vibración, se ha desarrollado diferentes técnicas e instrumentos, dependiendo del rango de frecuencias dentro del cual

se desea hacer el análisis. Unas están enfocadas a la zona de las altas frecuencias y otras a la zona de frecuencias bajas e intermedias.

Estas técnicas son consideradas como las herramientas más efectivas para diagnosticar :

BPFO (Ball pass frequency of the outer race), es la frecuencia de paso de los elementos rodantes por un defecto en la pista externa.

BPMI (Ball pass frequency of the inner race), es la frecuencia de paso de los elementos rodantes por un defecto en la pista interna.

BSF (Ball spin frequency), es la frecuencia de giro de los elementos rodantes.

FTF (Fundamental train frequency), es la frecuencia de rotación del canastillo o jaula que contiene los elementos rodantes[17].

Para facilitar el diagnóstico se debe aislar las vibraciones de alta frecuencia de las otras vibraciones, empleando un filtro especial alrededor de la frecuencia natural que es excitada. De esta forma es posible extraer la frecuencia y la amplitud de los impactos de la vibración global.

Para medir las vibraciones hay muchos equipos portátiles. Entre esos está el medidor de vibraciones **TK81**, que es un instrumento portátil para mediciones básicas de vibración. Este instrumento puede medir la vibración total así como filtrar la señal de vibración en todo el intervalo de frecuencias por medio de un filtro sintonizable.

Su capacidad de filtrar la señal de vibración lo convierte en un instrumento particularmente útil para diagnosticar problemas de vibración que ocurran a una frecuencia en particular en cualquier tipo de maquinaria.

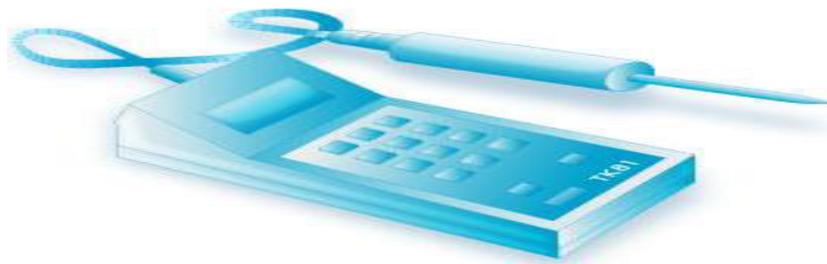


FIGURA 4.4 MEDIDOR DE VIBRACIONES TK81.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

5.1 Propuestas para mejoras.

Las propuestas para mejoras detalladas en el capítulo anterior tienen que ver con el establecimiento de:

- a) Análisis de fallas del refinador, mediante una tabla y hoja de clasificación.
- b) Estándares de limpieza, lubricación, ajuste y control visual.
- c) Lección de un punto para mejoramiento continuo.
- d) Cálculo del OEE y análisis de principales fallas en base a registros de la máquina.
- e) Análisis histórico de fallas en el equipo para establecer las mayores fallas y dar soluciones.
- f) Diario TPM del operador que es para que el operador realice las debidas inspecciones a la máquina.

- g) Lista crítica de partes de repuestos y rutas de trabajo para que el tiempo sea el menor posible.
- h) Estrategia de mantenimiento planeado para poder realizar las actividades de mantenimiento en un plazo determinado.
- i) Recomendación de hacer el mantenimiento predictivo mediante el análisis de vibración en los rodamientos del refinador.

5.2 Análisis Costo- Beneficio.

El análisis costo beneficio en la implementación del mantenimiento preventivo total (TPM) en el refinador de licor de cacao , se deduce de 2 aspectos fundamentales:

- **Ingresos:** provienen del ahorro de los costos que se suponen que se evitarán al disminuir las fallas y daños en la máquina que podrían ocurrir sin implementar el TPM en el refinador.
- **Gastos:** se tiene en cuenta el valor económico que supone la implantación del TPM en la máquina para arreglar las deficiencias y restaurar el equipo.

a) Gastos.

Los gastos que resultarán al implementar el TPM en el refinador de licor de cacao son:

- Costo de repuestos en stock: **U\$ 3442,31.**
- Costo de repuestos utilizados: los costos de los repuestos que se utilizaron son:
 - ✓ Presitopa= U\$ 30.
 - ✓ 2 Rodamientos= U\$ 176,96.
 - ✓ 30 piezas en U = U\$ 120.
 - ✓ 2 Retenedores=U\$ 3,8.

El total será de : **U\$330,76.**

- Mano de Obra: son 2 personas que ponen a punto la máquina: 1 operario que gana U\$200 al mes y 1 persona de mantenimiento que gana U\$ 500 al mes. Si cada mes tiene 20 días laborables entonces el operario gana U\$ 10 dólares al día y la persona de mantenimiento gana U\$ 25 al día. Si se dedican 2 días enteros a esa tarea entonces el costo total será de: **U\$ 70.**
- Capacitación y entrenamiento TPM : para la capacitación y entrenamiento en el TPM, se considera que 2 operadores, 2 técnicos en mantenimiento y 1 supervisor deben coger 5 cursos de capacitación que a continuación describimos:

- Mantenimiento autónomo.
- Manejo de herramientas.
- Mecánica general (Conocimiento de la máquina).
- Control visual (lección de un punto).
- Trabajo en equipo .

Cada curso tendrá una duración de 20 horas impartidas en 2 semanas de duración. Por cada persona se deberá pagar U\$160, siendo en total U\$ 800. Si son 5 cursos , entonces el total será:

$$U\$800 \times 5 = U\$4000$$

El total será de :**U\$4000.**

- Nuevo medidor de temperatura: **U\$50.**
- Análisis de vibración: **U\$150.**
- Adquisición de motor eléctrico: **U\$ 96,60.**

Los gastos totales son: **U\$ 8139,36.**

b) Ingresos.

Los ahorros de los costos que se prevee que resultará para implementar el TPM en el refinador de licor de cacao son:

- ***Lubricación de rodamientos.***

Como fueron 37 veces que sucedió según el análisis de fallas de la máquina, y son 21,67 minutos de parada de producción promedio según el registro OEE, son:

$$37 \text{ veces} \times 21,67 \text{ minutos} = 801,79 \text{ minutos}$$

$$801,79 \text{ minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 13,36 \text{ horas.}$$

Y al tomar en cuenta que el refinador rinde 1000 kilos/hora, el resultado en kilos será:

$$13,36 \text{ horas} \times 1000 \frac{\text{kilos}}{\text{hora}} = 13360 \text{ kilos}$$

Y si se considera que 45,36 kilos cuestan U\$165,71, entonces el resultado será:

$$13360 \text{ kilos} \times \frac{U\$165,71}{45,36 \text{ kilos}} = U\$ 48807$$

Será en total: **U\$48807.**

- ***Desgaste de presitopa.***

Como fueron 28 veces que sucedió según el análisis de fallas de la máquina, y son 60 minutos de parada de producción promedio según el registro OEE, entonces:

$$28 \text{ veces} \times 60 \text{ minutos} = 1680 \text{ minutos}$$

$$1680 \text{ minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 28 \text{ horas.}$$

Y al tomar en cuenta que el refinador rinde 1000 kilos/hora, el resultado en kilos será:

$$28 \text{ horas} \times 1000 \frac{\text{kilos}}{\text{hora}} = 28000 \text{ kilos}$$

Y si considera que 45,36 kilos cuestan U\$165,71, entonces el resultado será:

$$28000 \text{ kilos} \times \frac{U\$165,71}{45,36 \text{ kilos}} = U\$102290,12$$

Será en total: **U\$ 102290,12.**

- **Desgaste de retenedores.**

Como fueron 23 veces que sucedió según el análisis de fallas de la máquina, y son 45 minutos de parada de producción promedio según el registro OEE, entonces:

$$23 \text{ veces} \times 45 \text{ minutos} = 1035 \text{ minutos}$$

$$1035 \text{ minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 17,25 \text{ horas}$$

Y al tomar en cuenta que el refinador rinde 1000 kilos/hora, el resultado en kilos será:

$$17,25 \text{ horas} \times 1000 \frac{\text{kilos}}{\text{hora}} = 17250 \text{ kilos}$$

Y si se considera que 45,36 kilos cuestan U\$165,71, entonces el resultado será:

$$17250 \text{ kilos} \times \frac{U\$165,71}{45,36 \text{ kilos}} = U\$ 63018$$

Será en total: **U\$63018.**

- **Tornillos flojos del cabezal.**

Como fueron 10 veces que sucedió según el análisis de fallas de la máquina, y son 28,33 minutos de parada de producción promedio según el registro OEE, entonces:

$$10 \text{ veces} \times 28,33 \text{ minutos} = 283,3 \text{ minutos}$$

$$283,3 \text{ minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 4,72 \text{ horas}$$

Y al tomar en cuenta que el refinador rinde 1000 kilos/hora, el resultado en kilos será:

$$4,72 \text{ horas} \times 1000 \frac{\text{kilos}}{\text{hora}} = 4720 \text{ kilos}$$

Y si se considera que 45,36 kilos cuestan U\$165,71, entonces el resultado será:

$$4720 \text{ kilos} \times \frac{U\$165,71}{45,36 \text{ kilos}} = U\$ 17243,19$$

Será en total: **U\$17243,19.**

- **Desgaste de bandas.**

Como fueron 7 veces que sucedió según el análisis de fallas de la máquina, y son 30 minutos de parada de producción promedio según el registro OEE, entonces:

$$7 \text{ veces} \times 30 \text{ minutos} = 210 \text{ minutos}$$

$$210 \text{ minutos} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 3,5 \text{ horas}$$

Y al tomar en cuenta que el refinador rinde 1000 kilos/hora, el resultado en kilos será:

$$3,5 \text{ horas} \times 1000 \frac{\text{kilos}}{\text{hora}} = 3500 \text{ kilos}$$

Y si se considera que 45,36 kilos cuestan U\$165,71, entonces el resultado será:

$$3500 \text{ kilos} \times \frac{U\$165,71}{45,36 \text{ kilos}} = U\$ 12786,26$$

Será en total: **U\$12786,26**

Los ingresos totales son: **U\$244144,57.**

Entonces el beneficio de implementar el programa TPM en la máquina será de restar los ingresos menos los gastos:

$$\text{Ingresos} - \text{gastos} = 244144,57 - 8139,36$$

$$\textit{Beneficio} = \text{U\$ } 236005,21$$

Lo que da como resultado que la empresa aumenta sus ingresos en U\$ 2360005,21 por el período de los 10 primeros meses del año 2008 desde que empieza el proceso de mejoramiento continuo.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

a) Conclusiones.

- 1) Se diseñó un programa de mantenimiento preventivo total (TPM) en el refinador de licor de cacao, que permitirá reducir las paradas de máquinas y procesos en la planta de la empresa INFELERSA S.A.
- 2) Se realizó un análisis de fallas del refinador, mediante una tabla de clasificación TPM, la cual nos ayudó a visualizar los principales problemas de la máquina. Se implementó un formato nuevo llamado record de oportunidades para solucionarlos en el corto plazo.
- 3) Para implementar el mantenimiento autónomo se realizó los siguientes pasos:
 - Establecimiento de estándares de limpieza, lubricación, ajuste y control visual.
 - Establecimiento de lección de un punto para la comunicación de mejoras prácticas.

- Establecimiento de cálculo del OEE, con un 21,50% de eficiencia. Se espera que con las mejoras propuestas aumente en un 100%.
- Establecimiento del análisis de las mayores pérdidas, lo cual dió como resultado que las fallas son la mayor pérdida con un 23,61%.

4) Para implementar el mantenimiento preventivo se realizó los siguientes pasos:

- Establecimiento del análisis de Fallas, que dió como resultado que la falta de lubricación de rodamientos en un 38,24% y el desgaste de la presitopa en un 35,29% , son los principales problemas.
- Establecimiento del análisis histórico de fallas, en el cual se establece que la lubricación de rodamientos y el desgaste de la presitopa con 37 y 28 veces respectivamente, son las principales fallas del equipo históricamente.
- Establecimiento del diario TPM del operador para realizar chequeos diarios a la máquina, y detectar futuras anomalías.
- Establecimiento de lista de partes críticas de repuestos, que dió como resultado que el repuesto más crítico son las piezas en U, por lo que cuestan U\$1980.

- Establecimiento de estrategia de mantenimiento planeado, en donde se detallan las actividades de mantenimiento, la frecuencia, el tiempo que se para la máquina y las horas de mantenimiento.
- 5) El análisis costo-beneficio da como resultado que los ingresos que se registran en la implementación del TPM, son superiores a los costos de implementación, lo que da un beneficio que puede ser aprovechado por la empresa para una futura inversión.

b) Recomendaciones.

- 1) Se recomienda implementar el mantenimiento predictivo en la máquina, mediante un análisis de vibraciones en los rodamientos, para saber si el equipo presenta algún tipo de anomalía y realizar las correcciones necesarias.
- 2) Evitar las malas costumbres de ubicar objetos extraños en el panel eléctrico del refinador.
- 3) Crear cultura para la aplicación constante de puesta de direccionales en las líneas de enfriamiento.
- 4) Implementar una correcta planificación de limpieza y una auditoría de limpieza, por lo menos 1 vez al año.

ANEXO 1

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO

Descripción del equipo:	Refinador del licor de cacao.	Evaluado por :	Grupo de trabajo TPM.
Fecha:	9/11/2008		

Confiabilidad/comentarios:	Buena. velocidad de la máquina: 1700 rpm. requerimiento 1500-2000 rpm.
-----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Capacidad/comentario:	1000 kilos/hora. Ninguno
------------------------------	--------------------------

Condición general:	medidor de temperatura dañado, dificultad para la limpieza, motor con cables eléctricos sin revestimiento, tornillos flojos en el cabezal, presitopa desgastada
---------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Apariencia/limpieza:	No existen estándares para limpieza.
-----------------------------	--------------------------------------

comodidad de operación:	Buena.
--------------------------------	--------

seguridad/ambiente:	regular.
----------------------------	----------

Comentarios:	bases en U rotas , tornillo sin fin y rodamientos desgastados
---------------------	---------------------------------------------------------------

ANEXO 2

TABLA DE CLASIFICACIÓN TPM			
CATEGORÍA	ITEM	CLASIFICACION:0(POBRE)-5(BUENO)	CALIFICACION.
General	1	Equipo libre de suciedad, polvo, aceite en exceso, etc.	2
	2	Pernos tornillos y soporte de equipos bien ajustados.	2
	3	Todo lo que está en el equipo es usable y maquinable.	2
	4	Toda cubierta de equipo y acceso a paneles de control es seguro.	2
Electrica	5	Cables eléctricos están revestidos y las conexiones ajustadas	1
	6	Switches, paneles y medidores están limpios, rotulados y operables	3
	7	Consola de equipos están limpias y todas las lámparas indicadoras trabajan	5
Lubricación	8	Lubricación y líneas de enfriamiento tienen flecha direccionales y no gotean	2
	9	Retenedores limpios.	2
	10	Medidores de temperatura operables	0
Lugar de trabajo	11	Herramientas en orden	2
	12	Cubiertas en su lugar y limpias	2
	13	Accesorios de seguridad limpios, en su lugar y operables.	2
	14	Piso limpio.	1
	15	Área de trabajo limpia y barrida.	4
	16	buena iluminación	2
	17	Herramientas rotuladas	1
	18	Herramientas ubicadas cerca del operador.	4
	19	Solo material necesario está en el sitio de trabajo	4
Control	20	Existe una planificación diaria de limpieza	4
	21	Existe auditoría semanal de limpieza	0
	22	Información importante del equipo actualizada y visible	1
	23	Lista de verificación diaria del TPM	0

ANEXO 2**HOJA DE CALIFICACIÓN**

SUME LOS 23 ITEMS	48
DIVIDA PARA 23	2.09

DEPARTAMENTO:	MANTENIMIENTO
FECHA:	9/11/2008
UBICACIÓN:	MOLIENDA-LICOR DE CACAO

ITEM	RAZÓN DE BAJA CALIFICACIÓN
1	Motor con polvo
2	Tornillos del cabezal flojos
2	Tornillos de tapa flojos
3	Presitopa desgastada
3	Rodamientos desgastados
3	Tornillo sin fin desgastado
3	Rodillos desgastados
3	Piezas en U dañadas
4	Acceso a paneles eléctricos inseguros-objetos extraños
5	Cable de motor eléctrico sin revestimiento
8	Líneas de enfriamiento de chaqueta sin direccionales
9	Retenedores desgastados, sucios y sin visibilidad
10	Medidor de temperatura dañado
11	Herramientas sin etiquetar
12	Tapa de refinador sucia de licor de cacao
13	Guantes de cuero fuera de lugar
14	Licor de cacao en el suelo
16	Falta de iluminación
17	Herramientas sin identificación
21	No existe buena planificación de limpieza
22	No hay auditoria semanal de limpieza
23	No hay lista de verificación de TPM

ANEXO 3

RÉCORD DE OPORTUNIDADES TPM

GRUPO DE TRABAJO: MOLIENDA DE CACAO

FECHA: 9/14/2008

Ítem No.	Descripción del problema	Acción a tomar	persona responsable
1	Motor con polvo	Limpiar Motor eléctrico	Operario
2	Tornillos del cabezal flojos	Ajuste de pernos	operario
3	Acceso a paneles eléctricos inseguros-objetos extraños	Reubicar objetos extraños	operario
4	Presitopa desgastada	Cambiar presitopa	mecánico
5	Rodamientos desgastados	Cambio de rodamientos	mecánico
6	Tornillo sin fin desgastado	Chequear tornillo sin fin	mecánico
7	Rodillos desgastados	Cambiar rodillos	mecánico
8	Piezas en U dañadas	cambiar piezas en U	mecánico
9	Cable de motor eléctrico sin revestimiento	Revestimiento de cable eléctrico	electricista
10	Lineas de enfriamiento de chaqueta sin direccionales	Puesta de direccionales	supervisores
11	Retenedores desgastados, sucios y sin visibilidad	Cambio de retenedores	mecánico
12	Medidor de temperatura dañado	Cambio de medidor de temperatura dañado	mecánico
13	Herramientas sin etiquetar	Etiquetar herramientas	supervisores
14	Tapa de refinador sucia de licor de cacao	Limpieza de tapa de refinador	Operario
15	Guantes de cuero fuera de lugar	Ubicación correcta de Guantes	Operario
16	Licor de cacao en el suelo	Limpieza del piso	Personal de limpieza
17	Falta de iluminación	Chequear luces del area de trabajo	electricista
18	Herramientas sin identificacion	Limpieza 5 S	supervisores
19	No existe buena planificación de limpieza	Planificación de limpieza	Jefe de Planta
20	No hay auditoria semanal de limpieza	Auditoria semanal de limpieza	Jefe de Planta
21	No hay lista de verificación de TPM	Lista de verificación	Operario

ANEXO 4**ESTABLECIMIENTO DE ESTÁNDARES Y CONTROL VISUAL.**

PARTE DEL EQUIPO	PROBLEMA	ACCIÓN CORRECTIVA	FRECUENCIA	TIEMPO	RESPONSABILIDAD
Motor eléctrico	suciedad con polvo	Uso de franela-limpieza	diariamente	10 minutos	Operario
Tapa de refinador	suciedad con licor de cacao	Uso de trapo-limpieza	diariamente	10 minutos	Operario
Rodamientos	desgastados	lubricación	mensual	20 minutos	Operario
Panel de control	objetos dentro del panel	Reubicación de objetos extraños	diariamente	10 minutos	Operario
Pernos del cabezal	desajustados	ajuste	diariamente	30 minutos	Operario
Tornillos de tapa del refinador	desajustados	ajuste	diariamente	30 minutos	Operario
Medidor de temperatura	dañado	Comunicación con el Dpto de mantenimiento-reemplazo	mensual	30 minutos	Dpto Mantenimiento

ANEXO 5

COMUNICACIÓN DE LAS MEJORES PRACTICAS.

LECCIÓN DE UN PUNTO

TÍTULO: BANDAS DEL MOTOR ELECTRICO DEL REFINADOR.

Habilidades Operador.

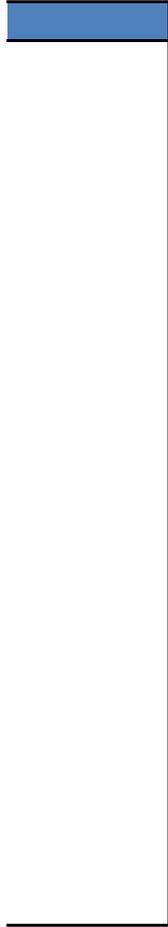
Calidad

Seguridad

Producción

Las bandas del motor del refinador tienen una velocidad de 1700 RPM que es la misma del motor eléctrico, y por consiguiente al trabajar 2 jornadas de 12 horas consecutivas, sufre un desgaste que podría ocasionar la parada de producción por el espacio de 2 horas. Al tomar en cuenta que el refinador procesa 1000 kilos/hora, entonces se pierden de producir 2000 kilos de licor de cacao en total, y si se conoce que 45,36 kilos de cacao cuestan U\$165,71, entonces serán US 7306,44 de pérdida. Por lo tanto hay que chequear semanalmente las bandas antes de que entre en operación la máquina.





ANEXO 6
COLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS: OEE OBSERVACIONES.

EQUIPO: REFINADOR DE LICOR DE CACAO
FECHA: 9/17/2008

DEPARTAMENTO: MANTEN

ACTIVIDAD	CONDICIÓN	Empieza	Termina	TIEMPO TOTAL	OCIO Y PEQUEÑAS PARADAS		FALLAS			AJUSTES	ARRANQUE	RED. DE VELOCIDAD
					LIMPIEZA DE TAPA	OTROS	LUBRICACIÓN	RETENEDORES	PRESITOPA			
Ajuste de pernos	NP	8:00	9:00	60						30		
Lubricación de rodamientos	P	9:00	10:00	60			20					
Cambio de presitopa	NP	10:00	11:00	60					60			
Cambio de retenedores	NP	11:00	12:00	60				45				
Ajuste de pernos	P	12:00	13:00	60						30		
		13:00	14:00	60								
Cambio de bandas	P	14:00	15:00	60								30
Lubricación de rodamientos	NP	15:00	16:00	60			20					
Limpieza de tapa	P	16:00	17:00	60	10							
Ajuste de pernos	P	17:00	18:00	60						25		
Lubricación de rodamientos	NP	18:00	19:00	60			25					
		19:00	20:00	60								
Total				720	10		65	45	60	85	0	30

P= Paros Planeados
NP= Paros No planeados

TOTAL PAROS PLANEADOS= 115
TOTAL PAROS NO PLANEADOS= 180

ANEXO 7

PLAN DE MEJORA REFINADOR

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A MEJORAR

Muchas fallas en el equipo interrumpen el normal desenvolvimiento de la máquina y ocasiona retraso en la producción

RESUMEN DE ACCIONES A SEGUIR

- 1) Cambiar presitopa en un período de tiempo adecuado, para evitar parada de máquina.
- 2) Lubricar rodamientos en un tiempo determinado.
- 3) Cambio de retenedores en un tiempo determinado.

PLAN PARA MONITOREAR MEJORAS.

- 1) Inspección del equipo en su condición normal.
- 2) Reuniones de operador con equipo de trabajo involucrado en las mejoras.
- 3) Implementación de mejoras y hacerles seguimiento.

ANEXO 8

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

DIARIO TPM DEL OPERADOR

MP DEL OPERADOR

- 1. Chequear si tuercas y pernos están bien ajustados
- 2. Chequear si los rodamientos han sido lubricados .
- 3. Chequear si las bandas están en perfecto estado.
- 4. Chequear si las tuberías de líneas de enfriamiento están en buen estado y con direccionales.
- 5. Chequear si el motor eléctrico está limpio, en buen estado y los cables que estén protegidos.
- 6. Chequear si el medidor de temperatura está en perfecto estado.
- 7. Chequear si la tapa de refinador está limpio.



ANEXO 9

LISTA CRÍTICA DE REPUESTOS

NOMBRE DE LA PARTE	Medida	No. DE LA PARTE	NÚMERO DE PARTES	DISPONIBLE	TIEMPO DE ENTREGA	COSTO(U\$)	COSTO TOTAL No DE PARTES	USO
Retenedores	D. Interno= 52 mm	REF-001	2	6	Inmediato	1.9	3.8	Para retener la grasa de los rodamientos
	D. Externo= 70 mm							
	Altura= 8 mm							
Piezas en U	Altura = 23 mm	REF-002	495	500	Inmediato	4	1980	Para ubicación de los rodillos
	espesor= 19,5 mm							
	interior= 11,5 mm							
Rodillos con canales elicoidales	longitud= 143 mm diámetro= 25,4 mm	REF-003	247	220	Inmediato	4	988	Refinar licor de cacao
Rodamientos	*2312 S - NU2312	REF-004	3	7	6 semanas	88.48	265.44	Para combinarse con retenedores
Presitopa(lb)	0,5 pulgadas de espesor	REF-005	2	2	Inmediato	85.61	171.22	Evitar que el producto salga fuera de la maquina
Bandas de motor	trapezoidal tipo B 84	REF-006	5	2	1 hora	6.77	33.85	Dan velocidad al motor
						TOTAL	3442.31	

2312S	*Medidas: Diámetro exterior: 130 mm
NU2312	*Diámetro interior:60 mm
	*espesor: 46 mm

PROVEEDOR

Hivimar

Hivimar

Hivimar

Hivimar

La llave

Maquinarias Henriquez

ANEXO 10

MANTENIMIENTO PLANEADO

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA U HORAS DE TRABAJO	TIEMPO EN QUE LA MÁQUINA PARÓ PARA SERVICIO	TIPO DE MANTENIMIENTO	
Limpieza de motor eléctrico	DIARIO		No para la máquina	AUTÓNOMO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Limpieza de tapa del refinador	DIARIO		No para la máquina	AUTÓNOMO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Ajuste de pernos en el cabezal	DIARIO		30 minutos por cada parada de máquina	AUTÓNOMO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Cambiar presitopa del refinador	DIARIO		60 minutos por cada parada de máquina	PREVENTIVO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Cambio de rodamientos del refinador	DIARIO		45 minutos por cada parada de máquina	PREVENTIVO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Cambio de retenedores	DIARIO		45 minutos por cada parada de máquina	PREVENTIVO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Lubricación de rodamientos	DIARIO		20 minutos por cada parada de máquina	AUTÓNOMO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Cambio de piezas en U	DIARIO		3 horas por cada parada de máquina	PREVENTIVO
	MENSUAL			
	4 MESES			
	ANUAL			
Cambio de rodillos con canales elicoidales	DIARIO		3 horas por cada parada de máquina	PREVENTIVO
	MENSUAL			
	5 MESES			
	ANUAL			

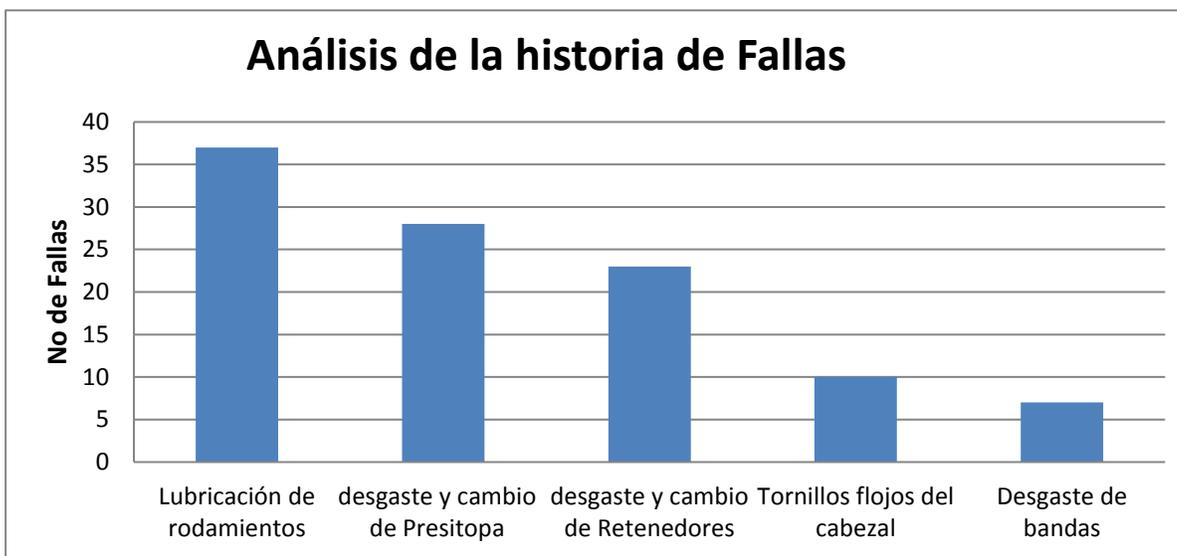
Análisis de la Historia de Fallas (Enero-Septiembre 2008)

Causas de Fallas	No. De fallas
Lubricación de rodamientos	37
desgaste y cambio de Presitopa	28
desgaste y cambio de Retenedores	23
Tornillos flojos del cabezal	10
Desgaste de bandas	7

61.90%

31.43%

105



MAYORES FALLAS

DEFECTOS	%	SOLUCION
Lubricacion de rodamientos- desgaste y cambio de presitopa	61.90%	Lubricacion mensual de rodamientos y chequeo de presitopa mensual
Desgaste de retenedores- tornillos flojos del cabezal	31.43%	chequeo y cambio de retenedores y apretado de tuercas
% de mayores fallas	93.33%	

LISTA CRITICA DE REPUESTOS				
NOMBRE DE LA PARTE	Medida	TIEMPO DE ENTREGA	COSTO(U\$)	PROVEEDOR
Retenedores	D. Interno= 52 mm			
	D. Externo= 70 mm			
	Altura= 8 mm			
Piezas en U	Altura = 23 mm			
	espesor= 19,5 mm			
	interior= 11,5 mm			
Rodillos con canales elicoidales	longitud= 143 mm			
	diametro= 25,4 mm			
Rodamientos	2312 S - NU2312			
Presitopa	0,5 pulgadas de espesor			
Bandas de motor	trapeizodal tipo B 84			

MAYORES PERDIDAS EN EL REFINADOR						
	Tiempo de cambios y ajustes	Fallas	Ocio y Paradas Pequeñas	Reduccion de Velocidad	Arranque	Defectos y Reproceso
Disponibilidad	85	170				
Produccion			10	30		
Calidad					0	0

CALCULO DE EFICIENCIA		
	Cod	
Tiempo total(min)	A	720
Tiempo de paros planeados(min)	B	115
Tiempo disponible(min)	$C = A - B$	605
Tiempo de paros no planeados(min)	D	180
Tiempo de operacion(min)	$E = C - D$	425
Indice de disponibilidad	$F = E / C$	0.7
Produccion total (Kg)	$G = BUENA + K$	2168.08
Velocidad teorica(Kg/min)	H	16.67
Produccion teorica (Kg)	$I = E * H$	7084.75
Indice de produccion	$J = G / I$	0.31
Produccion rechazada(Kg)	K	0
Indice de calidad	$L = (G - K) / G$	1
Eficiencia Total del equipo	$F * J * L$	21.50%

Analisis de fallas

Fallas	
Lubricación	38.24%
Retenedores	26.47%
Presitopa	35.29%

causas de fallas	No. De fallas
Lubricacion de rodamientos	37
desgaste y cambio de Presitopa	28
desgaste y cambio de Retenedores	23
Tornillos flojos del cabezal	10
Desgaste de bandas	7

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Unctad, "Producción de cacao por países",
www.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/mercado.htm, junio 2008.
- [2] Sica, "Historia e importancia de la cadena de cacao en el Ecuador"
[,www.sica.gov.ec/cadenas/cacao/docs/importanciacadencacao05.htm](http://www.sica.gov.ec/cadenas/cacao/docs/importanciacadencacao05.htm),
junio , 2008.
- [3] Anecacao, "Estadísticas", [anecacao.kom.ec/index.php?option=com_ wrapper&Itemid=95](http://anecacao.kom.ec/index.php?option=com_wrapper&Itemid=95), octubre 2008.
- [4] Anecacao, "zonas productoras", [anecacao.kom.ec/ index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=26](http://anecacao.kom.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=26), octubre 2008.
- [5] Hay E., *Justo a tiempo*, editorial norma, Hispanoamérica 2003.
- [6] Abad J , *Producción II*, (Anotaciones de clases de la materia de Producción II , impartidas en mayo 2003).
- [7] Rovira C, "5 S: los 5 pasos del housekeeping",
www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/5slascincos/,
Septiembre , 2008.
- [8] Alvarez H, "Fundamentos del mantenimiento autónomo",
www.ceroaverias.com/pageflip/fundautonomo.htm, septiembre , 2008.

- [9] Solomantenimiento, "Mantenimiento autónomo",
www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-autonomo.htm,
septiembre , 2008.
- [10] Zandin K., *Manual del Ingeniero Industrial (Tomo II)*, McGraw- Hill
Interamericana, quinta edición, 2001.
- [11] Kyber , "Gestión del Mantenimiento",
www.kyber.cl/Industria/mantenimiento.html, septiembre , 2008.
- [12] Molina J, "Mantenimiento y seguridad industrial",
www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml#PREVENT, septiembre , 2008.
- [13] Huacuz H, " Determinación de la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo", www.noria.com/sp/cmcm/2k3/hector.pdf, septiembre , 2008.
- [14] Aguado N, "Mantenimiento preventivo en máquinas herramientas",
www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/mantenimiento-preventivo-en-maquinas.htm, septiembre , 2008.
- [15] Irene F, "mantenimiento Predictivo",
[www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_mecánica/mantenimiento predictivo/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_mecánica/mantenimiento_predictivo/) ,septiembre, 2008.
- [16] Tpmonline , "Lección de un punto",
www.tpmonline.com/presents/pdfs/LUPSpanish4pdf.pdf, septiembre ,
2008.

[17] Estupiñan E, "Técnicas de diagnóstico para el análisis de vibraciones de rodamientos", www.mantenimientoplanificado.com/art%EDculos%20PREDICTIVO_archivos/galileo.dim.edec.cl%20lmv/articulo_rodamientos_CHILE1.pdf , septiembre 2008.