



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

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.**

Juan Carlos Vielman Betancourt

Asesorado por la Inga. María del Rosario Colmenares

Guatemala, noviembre 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JUAN CARLOS VIELMAN BETANCOURT

ASESORADO POR: INGA. MARÍA DEL ROSARIO COLMENARES
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

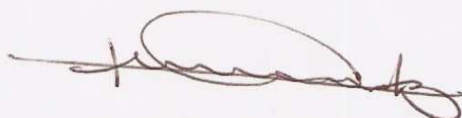
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 22 de noviembre de 2007.



JUAN CARLOS VIELMAN BETANCOURT

Guatemala, 31 de octubre de 2,008.

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad De San Carlos De Guatemala

Ingeniero Gómez.

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que, luego de haber revisado el trabajo de graduación, titulado

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.

el cual fue presentado por el estudiante JUAN CARLOS VIELMAN BETANCOURT y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

Atentamente,



Inga. María del Rosario Colmenares Samayoa

Ingeniera Civil

Colegiado No. 2706



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Vielman Betancourt**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Edwin Josué Ixpata Reyes

Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7128

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2008.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Vielman Betancourt**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2008.




/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EN PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SACOS AGRO-INDUSTRIALES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Vielman Betancourt** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por ser mi fortaleza, protegerme y guardarme en el día a día de mi vida.
- MIS PADRES** Jorge Vielman y Patricia Betancourt, por sus sabias enseñanzas que me permiten hoy agradecerles infinitamente y recompensar de todo corazón sus esfuerzos incondicionales a la oportunidad que me brindaron para realizarme como profesional.
- MIS HERMANOS** Susana, Patricia y Jorge Daniel Vielman, que mi esfuerzo y triunfo sea un ejemplo para que ellos puedan cumplir con sus metas, los quiero mucho.
- MIS ABUELITAS** En especial Tita, por ser una segunda madre y por estar siempre a mi lado dándome muestras de apoyo y cariño.
- MIS TÍAS Y PRIMOS** Gracias por su apoyo, ejemplo y consejos.
- MI NOVIA** Monica Castillo, gracias por su amor, comprensión y motivación brindada para culminar mi carrera.
- MIS AMIGOS** Gracias, por compartir tan agradables momentos en el transcurrir de mi vida y por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser fuente de conocimiento y por permitirme hacer realidad este sueño.

Facultad de Ingeniería

Por la formación profesional que me brindó.

A mi asesora

Por su colaboración brindada en todo momento.

Sacos Agro-Industriales, S.A.

Por permitirme realizar en sus instalaciones mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa	2
1.1.1. Antecedentes históricos	2
1.1.1.1. Misión	4
1.1.1.2. Visión	4
1.1.1.3. Política de calidad	4
1.2. Colaboradores del mantenimiento	4
1.2.1. Organización	5
1.2.1.1. Organigrama	7
1.3. Materia prima utilizada	7
1.3.1. Tipos de polietileno	7
1.3.1.1. Alta densidad	8
1.3.1.2. Baja densidad	8
1.3.1.3. Lineal de baja densidad	8
1.3.2. Polipropileno	9
1.4. Productos	9
1.4.1. Bolsas de polietileno	9
1.4.2. Sacos de polipropileno	10

1.4.3. Hilo multifilamento	10
1.4.4. Lazo	11
1.4.5. Sacos de yute	11
1.5. Tipos de mantenimiento	11
1.5.1. Correctivo	11
1.5.2. Preventivo	13
1.5.3. Predictivo	15
1.6. Descripción de la maquinaria	16

2 SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

2.1 Antecedentes de la maquinaria	19
2.2 Diagnostico mantenimiento preventivo	19
2.2.1 Programación del mantenimiento	20
2.2.2 Software de mantenimiento	21
2.2.3 Órdenes de trabajo	22
2.2.3.1 Generación	23
2.2.3.2 Distribución	23
2.2.3.3 Ejecución	24
2.2.3.4 Diagrama de flujo del proceso	25
2.2.4 Fallas frecuentes	27

3 PROPUESTA PARA LA MEJORA AL MANTENIMIENTO

3.1 Función	29
3.2 Objetivos	30
3.3 Aspectos a considerar en la mejora del mantenimiento	30
3.3.1 Costos del mantenimiento	30
3.3.1.1 Directos	31
3.3.1.2 Indirectos	32
3.3.1.3 Generales	32
3.4 Órdenes de trabajo	32

3.4.1	Nuevas tareas	34
3.4.2	Tareas específicas y explícitas	34
3.4.3	Instrucciones de trabajo	34
3.4.4	Herramientas de trabajo	34
3.5	Recopilación de repuestos a utilizar	35
3.5.1	Asignación de repuestos a las tareas preventivas	35
3.5.2	Almacenaje y distribución de repuestos	35
3.5.2.1	Solicitud	36
3.5.2.2	Almacenamiento	36
3.5.2.3	Revisión	37
3.5.2.4	Requisición	37
3.5.2.5	Utilización	38
3.5.2.6	Lote óptimo de repuestos	38

4 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA AL MANTENIMIENTO

4.1	Software de mantenimiento	39
4.1.1	Ingreso de nuevas tareas	39
4.1.1.1	Repuestos predeterminados	40
4.1.1.2	Instrucciones asignadas	41
4.2	Diagrama de operaciones del proceso	42
4.3	Herramientas del mantenimiento	44
4.3.1	Inspección VOSO	44
4.3.1.1	VOSO infraestructura	45
4.3.2	Criticidad de equipos	46
4.3.3	Ficha técnica de equipos	48
4.4	Programa anual de mantenimiento	49
4.5	Codificación de manuales	51

5 MEJORA CONTINUA

5.1 Monitoreo del mantenimiento	53
5.1.1 Auditorías internas	53
5.1.2 Objetivos	54
5.2 KPI'S del mantenimiento	56
5.2.1 Total de horas de paro por falla	56
5.2.2 Tiempo promedio entre fallas	56
5.2.3 Tiempo promedio de reparación	57
5.2.4 Índice de disponibilidad individual	57
5.2.5 Índice de confiabilidad individual	57
5.2.6 Resultados	58
5.2.7 Seguimiento	59
5.3 Mantenimiento predictivo	59
5.3.1 Termografía	60
5.3.2 Ultrasonido	62
5.3.3 Análisis de vibraciones	67
5.3.4 Análisis de lubricantes	70
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1	Organigrama del departamento de mantenimiento	7
2	Programa mensual del mantenimiento preventivo	21
3	Software de mantenimiento, modulo de control de órdenes de trabajo preventivo y correctivo	22
4	Diagrama de flujo del proceso, órdenes de trabajo	25
5	Gráfico de Pareto, gavilanes quebrados enero 2008	28
6	Formato de orden de mantenimiento preventivo actual	33
7	Ejemplo de orden de trabajo con repuestos predeterminados	40
8	Ejemplo de orden de trabajo con instrucciones asignadas	41
9	Ingreso de tareas al software de mantenimiento	42
10	Formato de ficha técnica	48
11	Cronograma anual mantenimiento de mantenimiento preventivo mayor	50
12	Codificación de manuales	51
13	Imagen termográfica de una instalación eléctrica	62
14	Diagrama básico para estudiar las ondas ultrasónicas	64
15	Equipo para realizar inspecciones ultrasónicas	66
16	Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo una llenadota	67
17	Transformada tiempo-frecuencia del trabajo de una pala	67
18	Degradación del aceite con el tiempo de uso	73
19	Equipo electrónico para el análisis de vibraciones	76
20	Cuando cambiar un lubricante	85
21	Curva Stribeck y los regímenes de lubricación	87
22	Inspección ultrasónica por pulso-eco	91

Tablas

I	Análisis de frecuencia de gavilanes quebrados	28
II	Costos total de mantenimiento para el mes de julio 2008	32
III	Hoja electrónica para determinar el lote optimo de repuestos	38
IV	Programa VOSO para infraestructura	46
V	Datos para la obtención de los KPI'S	58
VI	Clasificación de la viscosidad ISO	85
VII	Clasificación comparativa de la viscosidad	86

GLOSARIO

Orden de trabajo	Documento que contiene tareas de trabajo preventivo.
Inspección VOSO	Inspección que utiliza los sentidos como medio comparativo entre dos o más cosas iguales.
KPI	Indicador clave de desempeño
Yute	Nombre de las fibras textiles extraídas de la planta herbácea con el mismo nombre
PVC	Policloruro de vinilo, es un polímero termoplástico.
PET	Polietileno Tereftalato, es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles.
Orden correctiva	Documento que describe un problema emergente.
Control metrológico	Verificación de la metrología en los dispositivos de medición.
Masterbatch	Pigmentos y aditivos concentrados.
Rayos UV	Rayos ultra violeta.
Resina	Polipropileno o polietileno.

Horómetro	Dispositivo que cuenta las horas de operación de una máquina.
Cojinete	Elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, sirviéndole de apoyo y facilitando su desplazamiento.
Software de mantenimiento	Sistema operativo computarizado donde se manejan las órdenes preventivas y correctivas de mantenimiento.
Horómetro	Dispositivo análogo o digital que cuenta las horas trabajadas por un equipo.
Gavilanes	Pieza que sirve como guía de hilo en las embobinadoras de extrusión.
Diagrama de Pareto	Comparación ordenada de factores relativos a un problema la cual ayuda a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Normalmente, este bajo número de elementos, sobre el 20%, constituirá aproximadamente un 80% del problema.
Embobinadora	Parte del extrusor de polipropileno en donde se enrolla el hilo extruido.

Polución:	Contaminación intensa y dañina del agua, del aire o del medio ambiente, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.
Infrarrojo	Tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible pero menos que las microondas.
Arco eléctrico	Se genera por la ionización del aire, consecuencia de la conexión accidental entre dos electrodos de diferente potencia, de diferente posición de fase o entre un electrodo y un circuito de tierra.
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
Termoplástico	Un termoplástico es un plástico el cual, a temperatura ambiente es plástico o deformable, se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado
Transductor	Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida.

RESUMEN

La complejidad de la gestión de las actividades en el mantenimiento diario, sumados al crecimiento de nuevas técnicas, herramientas y filosofías orientadas a la optimización de los medios y las instalaciones, denotan un panorama complejo para el gestor de este tipo de problemáticas, en este caso el jefe de mantenimiento es en nuestros días quien vela por estos factores determinantes para garantizar la eficiencia del mantenimiento.

La mejora al plan de mantenimiento es necesaria, ante la constante búsqueda de aumentar la disponibilidad y productividad de los equipos, minimizando los tiempos de paro y a la vez reduciendo los costos de reparación de los mismos. Con una buena recopilación de información para la determinación del estado actual de las órdenes preventivas y todo lo que involucra la ejecución del mantenimiento, se podrán establecer las herramientas más efectivas a utilizar para darle un valor agregado a las mismas y con ello desarrollar de una mejor manera la labor preventiva del mantenimiento.

Conocimiento técnico, instrucciones, herramientas, repuestos y habilidades, son pilares fundamentales que todo colaborador del mantenimiento debe tener para ejecutar su trabajo en la mejor disposición posible. Con ello se garantiza que el mantenimiento es ejecutado con efectividad.

Órdenes preventivas claras y concisas, disponibilidad de repuestos y mano de obra, técnicas en mantenimiento predictivo y una buena gestión del mantenimiento lograrán que toda empresa pueda desarrollarse con la mayor disponibilidad y confiabilidad de sus equipos disponible.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer a la empresa **Sacos Agro-Industriales, S.A.** una mejora a su plan actual del mantenimiento preventivo, con el objeto de ofrecerle una guía que le lleve a la readecuación de sus órdenes de trabajo y a la utilización óptima de los activos productivos.

ESPECÍFICOS

1. Brindar a la empresa un diagnóstico del estado actual del mantenimiento preventivo.
2. Determinar la manera en que se efectúa actualmente el mantenimiento preventivo.
3. Describir las ventajas y desventajas de mejorar las órdenes de trabajo para mantenimiento preventivo.
4. Diseñar formatos para la elaboración de fichas técnicas de equipos críticos.
5. Proporcionar un listado de repuestos mínimos a existir en la empresa basados en modelos matemáticos de inventarios.
6. Proponer un programa de mantenimiento de infraestructura, por medio de una inspección VOSO.
7. Brindar las bases para generar indicadores de mantenimiento o KPI'S.

INTRODUCCIÓN

En toda empresa es indispensable contar con un buen departamento de mantenimiento, pues es la única entidad que vela por el buen funcionamiento de la maquinaria e infraestructura de la misma; asegurando con ello que el producto pueda ser de calidad, esté a tiempo y se reduzcan los desperdicios por desperfectos de maquinaria. A la vez se debe contar con un plan bien estructurado y que se adecúe a las necesidades de la empresa.

Con el avance de la tecnología y las nuevas modalidades de producción, las empresas se ven en la necesidad de ir evolucionando poco a poco con el fin de estar a la altura de los países industrializados; conjuntamente con estas nuevas modalidades de trabajo, el mantenimiento debe ir a la mano de estas nuevas tendencias y tratar de implementar un plan de mejora continua para que se siga brindando el buen servicio que durante años se ha venido dando a la población consumidora de los productos.

El mantenimiento tiene como objetivo primordial garantizar el buen funcionamiento de los equipos y que estos respondan a las exigencias para la cual fueron elaboradas; a la vez, se dice que el mantenimiento será efectivo sí para su desarrollo no consume más del tiempo programado, utiliza piezas y suministros de calidad, y sobre todo, cuenta con el personal calificado para la ejecución de las tareas asignadas en las órdenes de trabajo preventivo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Sacos Agroindustriales, S.A. es una empresa guatemalteca que se dedica a la fabricación de productos de empaque, los cuales son utilizados para envasar diversos productos tales como: fertilizantes, azúcar, café, cemento, harina, sal, alimentos concentrados, minerales, bebidas no carbonatadas y carbonatas, etc. La calidad y buen servicio han traspasado fronteras y actualmente se esta exportando a mercados tan importantes como Estados Unidos, Canadá, México y Centro América.

Durante todo el proceso de producción se cuenta con un estricto control de calidad y equipos especializados de la más moderna y alta tecnología. Esto ha permitido con los años, liderar el mercado y ser en la actualidad la planta de sacos de polipropileno más grande en Centro América y a la vez, situarse a la vanguardia del manejo de nuevas tecnologías.

La empresa ha sido seleccionada entre cuatro empresas a nivel mundial para desarrollar el saco laminado válvulado (AD STAR). Esto la convierte en la primera empresa en América, que a un ritmo acelerado, está sustituyendo las tradicionales tecnologías de empaque, para productos tan específicos como los de las industrias de cemento, cal, harinas, alimentos concentrados, azúcar y fertilizantes.

1.1 La empresa

Sacos Agroindustriales, S.A. empresa líder en productos de polipropileno y polietileno, actualmente es la empresa mas grande y tecnificada en Centro América en ese ramo y exporta sus productos a Estados Unidos, Canadá, México y Centro América; es por ello que el contar con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo efectivo es indispensable para que pueda satisfacer la creciente demanda que poseen sus productos.

1.1.1 Antecedentes históricos

Sacos Agrícolas, nace en 1986 con la finalidad de proveer empaque al Grupo Disagro, específicamente sacos de polipropileno, con una capacidad instalada de 6.4 millones de sacos anuales. Adicionalmente, incursiona en el mercado de bolsas de polietileno y sacos de yute. Para el año de 1990, se inicia operaciones en el área de inyección y soplado.

Ese mismo año se realiza la primera ampliación del área de polipropileno, manteniéndose este crecimiento sostenido año con año. En la actualidad llega a una capacidad instalada de 100 millones de sacos anuales, constituyéndose como la empresa más grande y tecnificada de Centro América y el Caribe.

En 1991 se incorpora el departamento de reciclaje, el cual surgió de la necesidad creciente del país de minimizar los desechos industriales sólidos, procesando el 100% del producto no conforme elaborado dentro de la empresa.

En 1992 se incorpora el departamento de hilo multifilamento de polipropileno, la cual es la única planta de este tipo de hilo en Centro América, se adiciona también el área de lonas tapa cargas de PVC.

En 1996 le fue concedida la licencia para producir en Centro América, sacos laminados valvulados con maquinaria AD STAR, patentada a nivel mundial para la fabricación de los mismos, siendo la cuarta a nivel mundial en obtener la patente y primera en América.

En 1998 Sacos Agrícolas y Envases y Sacos, S.A. (Sacotex), empresas líderes en el mercado se fusionan para dar origen a Sacos Agroindustriales, S.A.

En el año 2000 surge la nueva área de producción de la empresa, la cual es una planta de soplado de envases de PET, contando con el equipo más moderno del mercado en la actualidad.

En el 2001 se extiende a cubrir el mercado hondureño formando Sacos Agroindustriales Honduras, S.A. de C.V.

En el 2002 le es concedida la certificación ISO 9001:2000 por INTECO - AENOR, lo cual le coloca a la vanguardia del mercado.

En el año 2003 crece nuevamente hacia Centro América comprando un porcentaje de participación en Nicaragua en la empresa Macsa y Rafytica en Costa Rica, finalizando el año con la instalación en México de Envases Agroindustriales, S.A. de C.V

1.1.1.1 Misión

En Sacos Agroindustriales, S.A., fabricamos y comercializamos productos de calidad mundial para envase y empaque, con la finalidad de conservar los productos e imagen de nuestros clientes.

1.1.1.2 Visión

Nuestro compromiso es la satisfacción de las expectativas de nuestros clientes, colaboradores y accionistas mediante de la administración dinámica y ética de nuestro sistema de gestión de calidad, el mejoramiento continuo en el diseño, fabricación y comercialización de productos para envase y empaque, cumpliendo con todos los requisitos del cliente y las especificaciones legales.

1.1.1.3 Política de calidad

Nuestro compromiso es la satisfacción completa a nuestros clientes internos y externos, mediante el mejoramiento continuo, la gestión de calidad de nuestros productos y servicios, así como la innovación de los mismos, cumpliendo con todos aquellos requisitos legales que el cliente requiera.

1.2 Colaboradores del mantenimiento

Para efectuar el mantenimiento de la maquinaria e infraestructura, el departamento de mantenimiento cuenta con personal altamente calificado entre los cuales se pueden mencionar: supervisores, mecánicos, electricistas, personal de limpieza, jardineros, albañiles, carpinteros, soldadores, torneros, etc.

1.2.1 Organización

Se detallaran a continuación los puestos del departamento de mantenimiento, quienes tienen diversas responsabilidades y funciones dentro de la organización.

- **Gerente de mantenimiento**

Administra el recurso humano y materiales para mantener en las mejores condiciones los equipos e instalaciones, maximizando su operación y desempeño. Controla los recursos, repuestos y suministros necesarios para efectuar los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos. Su trabajo se mide bajo objetivos mensuales y anuales, los cuales son evaluados mes a mes por gerencia general. Controla los costos directos e indirectos de su área, dando prioridad a gastos en puntos críticos para no exceder presupuesto asignado.

- **Jefe de mantenimiento**

El jefe de mantenimiento es el encargado de coordinar y administrar todos los recursos relacionados con el mantenimiento y reparación de la maquinaria de manera que el departamento de producción pueda mantener bajo control las variables y atributos de los productos que se elaboran en su área de trabajo. Supervisa el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo mediante la utilización adecuada de las herramientas para cumplir los estándares de producción. Selecciona equipos en coordinación con líderes de proyectos, estableciendo comunicación con contratistas y/o proveedores en la logística de instalación y con sus técnicos en optimización para hacer más eficiente el proceso de producción. Asegura el cumplimiento de los estándares del sistema de calidad.

- **Supervisor de mantenimiento**

Distribuye día a día las tareas asignadas por el jefe y gerente de mantenimiento a sus colaboradores a cargo. Es el responsable de que el trabajo del día se cumpla y este sea satisfactorio para producción. Solicita los repuestos y/o suministros a utilizar durante la jornada de trabajo

- **Mecánico**

Es el responsable de realizar las tareas que le fueron asignadas en cualquier orden de trabajo correctivo y/o preventivo. Utiliza los recursos racional y adecuadamente. Lubrica y preserva en buen estado todos los dispositivos mecánicos de la maquinaria.

- **Electricista y electrónico**

Realiza las tareas electrónicas y eléctricas de las órdenes de trabajo. Repara e instala los dispositivos electrónicos de la maquinaria, además ajusta y calibra los equipos sujetos a control metrológico.

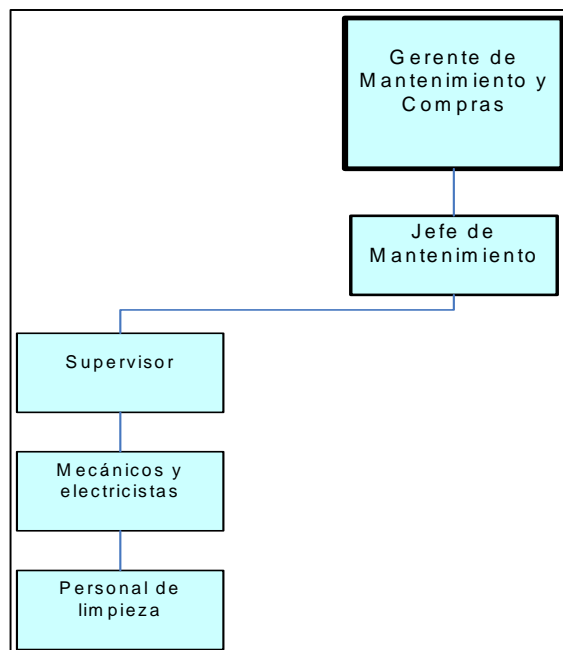
- **Personal de limpieza**

Son los encargados de realizar la limpieza de toda la infraestructura del lugar, jardines, baños, oficinas, planta, parqueos, pintar paredes, etc.

1.2.1.1 Organigrama

A continuación se muestra el organigrama de mantenimiento:

Figura 1. Organigrama del departamento de mantenimiento



Fuente: elaboración propia, segundo semestre 2007

1.3 Materia prima utilizada

Las materias primas que se utilizan para fabricar los distintos productos son el polietileno, polipropileno, aditivos, masterbatch y carbonato de calcio.

1.3.1 Tipos de polietileno

En Sacos Agroindustriales se utiliza el polietileno de baja densidad, alta densidad y lineal baja densidad.

1.3.1.1 Alta densidad

Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atm), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y Standard Oil). Su resistencia química y térmica, así como su opacidad, impermeabilidad y dureza son superiores a las del polietileno de baja densidad. Se emplea en la construcción y también para fabricar prótesis, envases, bombonas para gases y contenedores de agua y combustible.

1.3.1.2 Baja densidad

El polietileno es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $\{\text{CH}_2\text{-CH}_2\}_n$. Por su alta producción mundial (aproximadamente 60 millones de toneladas son producidas anualmente (2005) alrededor del mundo) es también el más barato, siendo uno de los plásticos más comunes.

Es químicamente inerte. Se obtiene de la polimerización del etileno (de fórmula química es $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ y llamado eteno por la IUPAC), del que deriva su nombre.

1.3.1.3 Lineal de baja densidad

Presenta una buena resistencia a la tracción, al rasgado y a la perforación o punción, buena resistencia al impacto a temperaturas muy bajas (hasta -95°C) y en películas posee excelente elongación. Sus principales aplicaciones son como película encogible, película estimable, bolsas grandes para uso pesado, acolchado agrícola, etc.

1.3.2 Polipropileno

Es un termoplástico semicristalino no polar, de dureza y rigidez elevada, tiene una excelente resistencia al impacto, y a los productos químicos corrosivos. Se utilizan en distintos procesos industriales, debido a sus buenas propiedades eléctricas, químicas y mecánicas.

Por sus propiedades aislantes hacen que tiendan a cargarse electro estáticamente y acumular polvo. Resiste químicamente a soluciones acuosas de ácidos inorgánicos, ácidos orgánicos débiles, lejías, alcohol y algunos aceites.

1.4 Productos

Entre los productos que se fabrican en Sacos Agroindustriales están: bolsa de polietileno, saco de polipropileno, hilo multifilamento, lazo, sacos de yute.

1.4.1 Bolsas de polietileno

Las bolsas de polietileno se utilizan en el embalaje de una amplísima gama de productos. Se pueden fabricar con materiales de distintos colores, espesores, medidas, impresiones y en todo tipo de acabados como: fuelles laterales o al fondo de la bolsa, asa troquelada, troqueles para colgar o de salida de aire, solapa tipo sobre, tira autoadhesiva.

1.4.2 Sacos de polipropileno

Su fabricación a partir de cintas de polipropileno de alta tenacidad y resistencia, estabilizados contra rayos UV (opcional), le otorgan gran durabilidad, aún después de varios usos.

Especialmente recomendados en el uso de:

- Productos químicos
- Harinas y subproductos
- Alimentos concentrados
- Azúcar
- Fertilizantes

Su cualidad impermeable es dada por la tela de polipropileno tejida y recubierta con una película de polipropileno homogénea y continúa, que hace innecesario el uso de otras capas o bolsas interiores protectoras. Puede adquirirse con protector contra los rayos UV opcional.

Especialmente recomendados en el uso de envase de productos que demanden una relación con la atmósfera exterior controlada.

1.4.3 Hilo multifilamento

Este hilo se fabrica al 100% de polipropileno, a su vez lleva una lubricación especial lo que le da dos propiedades importantes: cuerpo y mejor comportamiento en el equipo de costura. Esta formado de 50 a 125 filamentos, lo que le da una excelente resistencia y tenacidad en comparación con los hilos tradicionales. No absorbe humedad como otros tejidos, posee un mayor rendimiento por ser liviano.

1.4.4 Lazo

El lazo es fabricado con hilo multifilamento, posee un rendimiento alto debido a su poco peso y a la gran tracción que soporta. La cantidad de hilos entrelazados depende del diámetro del lazo a producir.

1.4.5 Sacos de yute

Sacos elaborados con tela de yute, la cual por ser de fibra natural permite que el producto se conserve fresco, sin alteraciones de olor ni sabor, tal como lo autoriza y recomienda la Organización Mundial del Café (OIC). Especiales para empaque de café, tabaco, cardamomo y otros granos.

1.5 Tipos de mantenimiento

Actualmente en Sacos Agroindustriales, S.A. se manejan tres tipos de mantenimiento, el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Cada uno es de vital importancia pues cumplen una función específica cuando se presenta una falla, se corrige y se retroalimenta para futuras apariciones.

1.5.1 Correctivo

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al equipo a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Se clasifica en no planeado y planificado.

- **No planificado:**

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no nos quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato.

- **Planificado:**

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

Igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se van acumulando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, se aprovecha las paradas, horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

1.5.2 Preventivo

El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas.

Es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado independientemente de la aparición de las fallas. Se realiza normalmente a través de inspecciones y operaciones sistemáticas. Estas pueden realizarse con el equipo en marcha, inmovilizado pero sin necesidad de desmontaje, inmovilizado con desmontaje.

Características:

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. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

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 continua.
- Reducción del 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.

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.

Puede asumir también la forma de sustituciones sistemáticas de componentes, órganos o equipos completos, que busquen prolongar la vida útil del sistema, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de fallas de estos elementos, normalmente en su etapa de desgaste.

1.5.3 Predictivo

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, 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 conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Cuando la falla se presenta de manera progresiva, pueden monitorearse ciertos parámetros físicos que permiten decidir la intervención del equipo antes de la ocurrencia de la falla.

Este tipo de mantenimiento no contemplado en la clasificación general del mantenimiento por ser una subdivisión del mantenimiento preventivo se conoce como mantenimiento por condición o predictivo ya que busca efectuar la reparación del equipo en el umbral de ocurrencia de la falla, es decir, en el preciso momento de su aparición; bajo condiciones programadas, minimizando así los costos globales de mantenimiento.

Este mantenimiento se lleva a cabo usando herramientas de predicción física (ultrasonidos, rayos X, termografía, análisis de vibración, análisis espectrográficos de lubricantes) o estadísticos uso de técnicas de confiabilidad.

Ventajas

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

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 máquinas o instalaciones donde los paros inoportunos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

1.6 Descripción de la maquinaria

En el proceso de fabricación de sacos de polipropileno se utilizan diversas máquinas, las cuales son de vital importancia para que puedan elaborarse los sacos, además estas cuentan con la mejor tecnología del mercado y su proceso se basa en un 90% del automatizado industrial.

- **Extrusoras**

Son las principales maquinas del proceso, en ellas se funde la materia prima virgen (resina) y además se agregan aditivos para darle al hilo las propiedades físico-mecánicas necesarias para que pueda ser utilizada en la elaboración de sacos de alta calidad. Su principal función es fundir la materia a mas de 200°C y con ello convertirla en hilo de poli propileno.

La resina es colocada en tolvas donde se succiona hacia los dosificadores donde se mezcla con aditivos y masterbarch, ya teniendo la mezcla, se pasa al tornillo sin fin donde es fundida la materia hasta convertirla en una delgada lamina de polipropileno y esta es cortada en fragmentos longitudinales formando los hilos.

- **Telares**

El siguiente paso luego de la extrusión es el tejido, aquí se colocan las bobinas de hilo fabricadas en las extrusoras a modo de que puedan tejer el saco. Los telares tejen con cientos de hilos los sacos a modo de que se extraiga de ellos rollos de tela listas para la impresión, corte y confección.

- **Laminadora**

Esta máquina también se considera una de las principales, ya que en ella se elaboran los sacos que se utilizan para el almacenaje de harinas, cementos, cal y otros productos que deben ser guardados con empaques totalmente impermeables para su buena conserva con ello que los consumidores finales obtengan productos libres de humedad.

- **Cortadoras**

Las cortadoras, cortan los rollos provenientes de los telares en pequeños fragmentos de diferentes medidas (sacos) según las especificaciones de los clientes. La eficiencia de estas maquinas es de 40 a 42 sacos por minuto.

- **Convertidoras**

Las convertidoras, son las máquinas que convierten los rollos de tela impreso o no impreso, en sacos valvulados los cuales se utilizan para almacenar azúcar principalmente y harinas. Estas máquinas son las que se utilizan para elaborar el saco Ad-Star. Tienen una eficiencia desde 43 a 60 sacos por minuto.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

En Sacos Agroindustriales, S.A. en los últimos años se ha incrementado considerablemente la producción, paralelamente la exigencia de las máquinas; para lo cual debe de existir un plan de mantenimiento que garantice el buen funcionamiento y disponibilidad de todos los equipos.

2.1 Antecedentes de la maquinaria

En toda industria es de vital importancia el tener registros del comportamiento de la maquinaria desde su adquisición, ya que, de esa manera sabremos que herramientas utilizar para lograr que los mismos trabajen de una manera adecuada para el fin que fueron diseñados. En Sacos Agroindustriales, S.A. se cuenta con maquinaria de modelo reciente y de origen europeo.

2.2 Diagnostico mantenimiento preventivo

Es el análisis del programa preventivo que forma parte del mejoramiento continuo y apoya al personal directivo y de mantenimiento a trazar planes de acción para alcanzar los logros visualizados para el mantenimiento y competitividad industrial. Este diagnostico permite conocer el estado actual y su nivel de desarrollo, lo cual evaluado correctamente ayuda a tomar decisiones acertadas.

2.2.1 Programación del mantenimiento

Para llevar un mejor control del mantenimiento preventivo, se realiza una programación mensual de las maquinas a trabajar en dicho mes; este control se lleva con ayuda de las horas trabajadas por cada maquina, por lo que semanalmente se recolecta información de las horas que se almacenan en los horometros de las mismas. Además de esto, se observan los registros anteriores de mantenimiento para determinar en que semana del mes se realizo algún mantenimiento en particular.

Cabe resaltar que al momento de hacer la programación mensual, no deben colocarse mas de dos maquinas del mismo departamento (polipropileno y polietileno) para un solo día, es decir, se debe de procurar el colocar maquinas que pertenecen a diferentes departamentos para poder distribuir de mejor manera al personal de mantenimiento.

La programación mensual esta dividida en 3 partes: maquinas, telares limpieza y telares generales. La parte maquinas esta constituida por las maquinas grandes: extrusoras, impresoras, laminadoras, bobinadoras de hilo, extrusoras de hilo, etc.

La parte telares limpieza esta constituida por los telares, en los cuales el mantenimiento es bastante general y como su nombre lo indica, es puramente de limpieza y cambio de cojinetes. La parte telares general esta constituida por los telares, en los cuales el mantenimiento toma 3 días para poder hacer un mantenimiento más exhaustivo.

Figura 2. Programa mensual del mantenimiento preventivo

 Programa de Mantenimiento Preventivo ENERO 2008						
DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
		1	2 EXT. 1 PE 19234 CONVERTEX 2 19140	3 IMP. FILIPINI 19222 CONVERTEX 2 19140	4 CORTADORA 13PE 19235 CONVERTEX 2 19140	5 CUARTO CYREL 18729 CONVERTEX 2 19140
6	7 KON 2000 # 1 CONVERTEX 2 19243	8 FREDERICK 1 19248 CONVERTEX 2 19243	9 SLITER PP 19122 CONVERTEX 2 19243	10 RATTI 19242 IMP. KUEN YUH 19249	11 STAREX 6 19250-52 EXT. 6PE 19253	12
13	14 ARBURG 19269 CONVERTEX 3.2 19103	15 STAREX 4 KON 2000 # 2 19191	16 CORTADORA 11PE IMP. BIELLONI	17 KON 2002 RATERA 9 STARKON	18 ENFARDADORA 19277 EXT. 3PE 18866	19 STARKON
20	21 SEMIKON # 1 17576 STARKON	22 CORTADORA 10PE 19309 STARKON	23 STACOTEC 1 19246 IMP. MANUAL 3 COL STARKON	24 RATERA 10 19313 EXT. 2PE 19314 STARKON	25 STAREX 5 19291-92 STARKON	26
27	28 CONVERTEX 3.1 19307 EXT. 7PE 19308	28 STACOTEC 2 19320 RATERA 1 19310	30 CORTADORA 14PE 19322 AUSTROFIL	31 EXT. 4PE 19315 AUSTROFIL	1 Febrero AUSTROFIL	

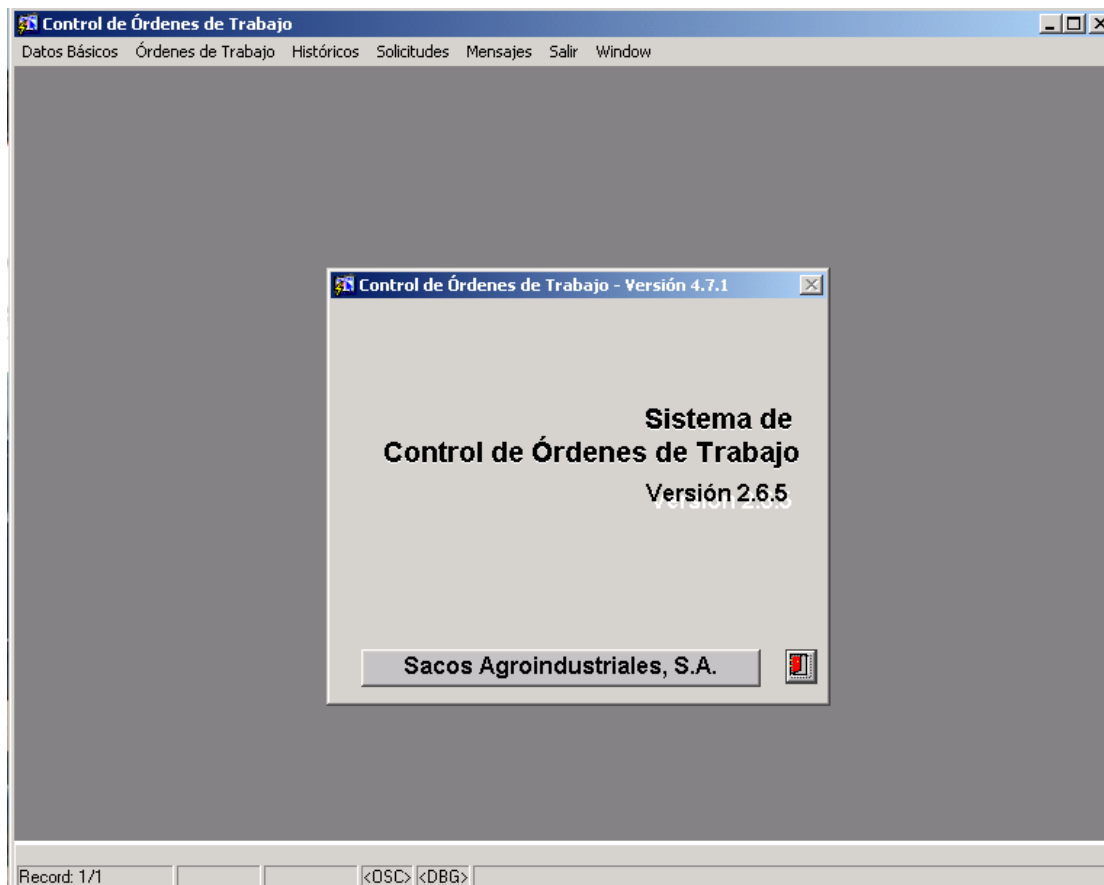
Fuente: elaboración propia, departamento de mantenimiento; enero 2008.

2.2.2 Software de mantenimiento

Es aquí donde se almacena toda la información del mantenimiento correctivo y preventivo que se ha efectuado a los equipos. Además de la generación de órdenes de trabajos, búsqueda de repuestos, estado de las órdenes, etc.

El software de mantenimiento es una herramienta de mucha utilidad para la ejecución de mantenimientos preventivos, ya que este nos genera un número de orden, el cual se utiliza para la adquisición de repuestos en la bodega de suministros y con ello se le puede dar trazabilidad a los mismos.

Figura 3. Software de mantenimiento, modulo de control de órdenes de trabajo preventivo y correctivo



Fuente: Software de mantenimiento, Sacos Agroindustriales, S.A.

2.2.3 Órdenes de trabajo

Son los documentos físicos y electrónicos en donde se encuentran todas las tareas mecánicas, electrónicas y eléctricas para la ejecución de un mantenimiento preventivo o correctivo. Todas las órdenes poseen un número correlativo para llevar un mejor control del tiraje de las mismas y de los repuestos que se utilizaron en el mantenimiento.

2.2.3.1 Generación

Teniendo el programa mensual del mantenimiento, se procede a la generación de las órdenes de trabajo, esto se realiza con ayuda del software de mantenimiento. Para generar una orden de trabajo preventivo se realizan los siguientes pasos:

- Se observa la programación mensual del mantenimiento y se elige la maquina que se desea ejecutar.
- En el software se ingresa el código interno de la maquina para indicar a que equipo se le generará la orden preventiva.
- Se indica la fecha y hora de ejecución del mantenimiento, así como también la fecha límite para hacerlo que regularmente es el ultimo día del mes.
- Se procede a generar la frecuencia del mantenimiento que puede variar dependiendo del uso de la máquina.
- Se genera la orden de mantenimiento y se anota el número de orden preventiva en el programa mensual de mantenimiento.
- Se imprime para que puedan llevarla al campo de trabajo.

2.2.3.2 Distribución

Teniendo las órdenes preventivas impresas se procede a la distribución de las mismas. El jefe de mantenimiento se las da al supervisor de mantenimiento y este distribuye las mismas hacia sus colaboradores (mecánicos, electrónicos y electricistas) para la ejecución del trabajo. Dependiendo de la máquina que se vaya a trabajar, así será el personal que ejecutara el trabajo, ya que, se tienen áreas específicas de trabajo por lo que hay personal especializado para ciertas máquinas.

El supervisor revisa la orden para determinar si necesitara el apoyo del tornero o algún trabajo de soldadura.

2.2.3.3 Ejecución

Al momento de realizar un mantenimiento preventivo, se debe de contar con lo siguiente:

- Supervisor
- Orden de trabajo
- Mecánicos
- Repuestos

El supervisor de cada área, es el encargado de velar por que cada tarea de la orden de trabajo se cumpla, también de autorizar el uso de repuestos nuevos dependiendo del estado en que se encuentren los que se cambiarán. Por lo que es aquí donde deben de anotar en la orden de trabajo el número de pieza de la maquina que están cambiando y las cantidades de las mismas, repuestos a solicitar, hora inicial y final del trabajo, lectura del horómetro de la máquina.

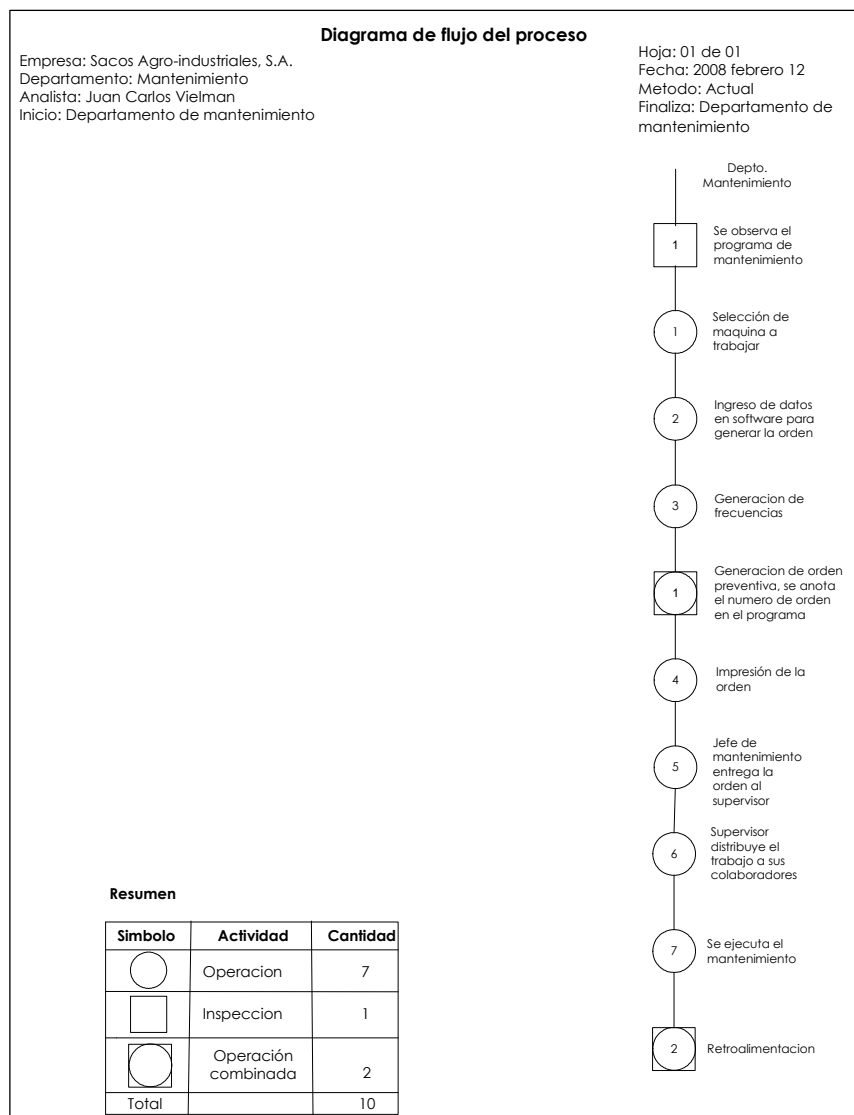
Cabe mencionar que en ciertas ocasiones, los supervisores de producción solicitan tareas especiales para realizar en las maquinas que estarán en mantenimiento, esto lo hacen saber a sus jefes de producción y al de mantenimiento; por lo que al momento de realizar el mantenimiento preventivo se genera un memorando indicando la solicitud por parte de producción.

Ya realizada la orden de mantenimiento se entrega la maquina a producción y estos revisan que todo funcione correctamente, firman la orden preventiva con lo que se cierra el trabajo. La orden finalizada es trasladada al jefe de mantenimiento para retroalimentación.

2.2.3.4 Diagrama de flujo del proceso

A continuación se muestra un resumen grafico en lo que respecta a la generación, distribución y ejecución de las órdenes de mantenimiento preventivo.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso, órdenes de trabajo



Fuente: elaboración propia, octubre 2007

1

El jefe de mantenimiento observa el programa preventivo con el fin de determinar a que máquina le corresponde el mantenimiento preventivo en alguna fecha en específico.

1

Ya teniendo la maquina a trabajar, se deben reunir los códigos correspondientes a la maquina, estos son: código de maquina y grupo de tareas al que pertenece, por ejemplo PPVA004/PPVA001 respectivamente.

2

Se ejecuta el software de mantenimiento y se trabaja en el modulo de planeación de tareas, en donde se ingresan los códigos anteriormente descritos para indicar la maquina a trabajar.

3

Ya ingresado los códigos se presiona F9 en el teclado y luego damos clic en el campo donde dice "generar frecuencias" donde colocaremos la fecha en la cual queremos ejecutar el mantenimiento.

1

Ya generada la frecuencia entonces ahora se genera la orden de trabajo haciendo clic en el campo de generación de orden, nos aparece el número de orden y este se anota en el programa preventivo.

4

Luego dentro del panel de tareas se encuentra el icono para imprimir la orden, haciendo clic derecho con el mouse se imprime la orden preventiva.

5

Ya impresa la orden, el jefe de mantenimiento procede a entregarla al supervisor indicándole que debe ejecutar el trabajo.

6

El supervisor revisa la orden y reúne los recursos para poder ejecutar la misma, coordina al personal de mantenimiento para realizar el trabajo.

7

Con ayuda de los colaboradores del departamento, suministros y repuestos se ejecuta el mantenimiento. Se supervisa el trabajo y tanto el personal de producción como el de mantenimiento firman la orden para dar por finalizado el mismo.

2

Ya entregada la maquina, el supervisor la entrega al jefe de mantenimiento quien la revisa para verificar que lo programado ha sido ejecutado, así como también si existen repuestos a comprar para un próximo mantenimiento y/o anotaciones relevantes.

2.2.4 Fallas frecuentes

Día a día se generan diversas órdenes correctivas, las cuales representan tiempo, falta de producción y dinero perdido. Existe maquinaria que siempre presenta fallas frecuentes lo que se traduce a problemas comunes y repetitivos que consumen tiempo y recursos.

Las fallas generadas durante los procesos son evidencia de que algo anda mal y esto es razón para poner atención a las fallas frecuentes que nos absorben la mayor parte del tiempo y recurso humano para poder repararlas. Actualmente se tiene conocimiento de las fallas mas frecuentes en áreas específicas como: telares, confección y extrusión de polipropileno. Lo que respecta a extrusores se puede decir que se hace un análisis de falla de las embobinadoras para determinar la cantidad de gavilanes que se dañan al mes. Esto es de vital ayuda para la generación de diagramas de Pareto y con ello atacar a las embobinadoras que están teniendo muchos problemas.

Básicamente consta de un análisis de frecuencia de los gavilanes que se quiebran constantemente. Esto se hace con la recopilación de información proveniente de las órdenes de trabajo correctivo que diariamente se generan. Estas son revisadas por el jefe de mantenimiento quien las va clasificando entre relevantes y no relevantes, utilizando símbolos y colores para diferenciarlas de los diferentes rubros que se analizan; falla eléctrica, mecánica, electrónica, de producción, etc. Luego se tabulan los datos en una hoja electrónica en la cual se realiza todo el análisis estadístico hasta llegar al diagrama de Pareto.

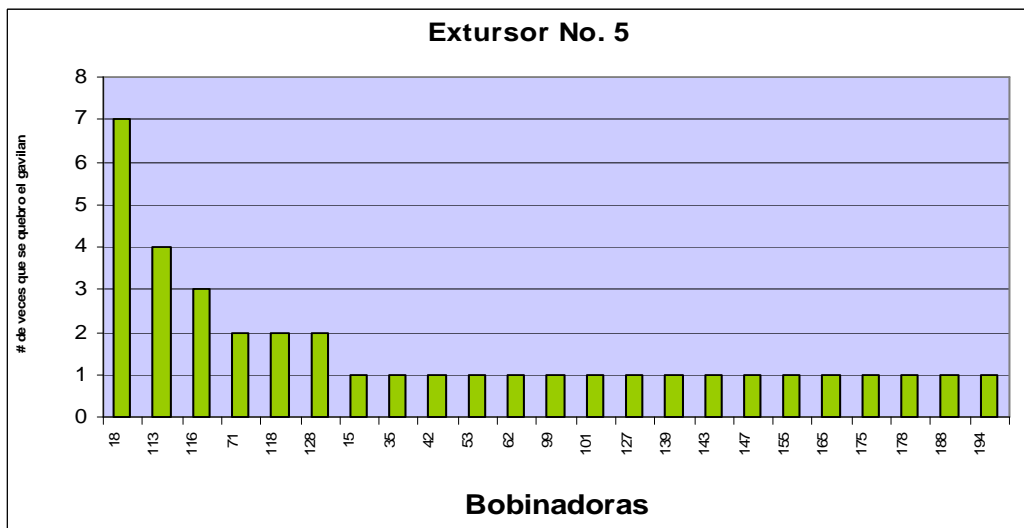
A continuación se muestra un ejemplo del análisis de fallas en las embobinadoras de los extrusores:

Tabla I. Análisis de frecuencia de gavilanes quebrados.

EXTRUSOR No.5		EXTRUSOR No.5	
Embobinadora	F	Embobinadora	F
18	7	101	1
113	4	127	1
116	3	139	1
71	2	143	1
118	2	147	1
128	2	155	1
15	1	165	1
35	1	175	1
42	1	178	1
53	1	188	1
62	1	194	1
99	1	TOTAL	37

Fuente: elaboración propia, departamento de mantenimiento; enero 2008

Figura 5: Gráfico de Pareto, gavilanes quebrados enero 2008



Fuente: elaboración propia, departamento de mantenimiento; enero 2008

3. PROPUESTA PARA LA MEJORA AL MANTENIMIENTO

En Sacos Agroindustriales, S.A. no se cuenta con un plan de mejora que pueda responder a las exigencias que hoy en día se les hacen a los equipos, la demanda del producto crece pero no es lo mismo para otros departamentos. Es por ello que se propondrá realizar una recopilación de tareas preventivas para todos los equipos que ayuden a mejorar el desempeño, funcionamiento y disponibilidad de la maquinaria al momento de ser requeridos por producción.

Con el fin de mejorar el mantenimiento preventivo y reducir los paros no programados de las maquinas, se tiene como objetivo primordial recopilar información necesaria para la mejora del mantenimiento, esto se realizara con ayuda de los supervisores de cada área y la respectiva orden de trabajo de mantenimiento preventivo.

3.1 Función

Mantener, reparar y revisar los equipos e instalaciones, desarrollando programas de mantenimiento preventivo y predictivo eficaces, capaces de suplir la creciente demanda de los equipos, entregándolos en óptimas condiciones de trabajo, con el menor numero posible de fallas y paros futuros.

3.2 Objetivos

Primordialmente se desea una reducción de paros por falta de mantenimiento, esto se conseguirá en una buena parte con la actualización de las órdenes preventivas. Llevar a cabo una inspección sistemática de todos los equipos e infraestructura, con intervalos de control para la detección de cualquier desgaste o rotura. Otros de los objetivos son los siguientes:

- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo.
- Controlar el costo directo del mantenimiento mediante el uso correcto y eficacia del tiempo, materiales, hombres y servicio.
- Agilizar los trabajos de mantenimiento con órdenes mas explicitas
- Llevar un mejor control del uso de los repuestos
- Obtener niveles de inventarios óptimos con el fin de tener repuestos a tiempo.

3.3 Aspectos a considerar en la mejora del mantenimiento

Toda mejora siempre traerá consigo algún tipo de inversión económica, tiempo y sacrificio por parte del personal involucrado. Deben de considerarse los rubros que afectará esta mejora, sobre todo los económicos. La idea de una mejora no quiere decir necesariamente un gasto, sino más bien un ahorro en todo sentido: tiempo, dinero, productos defectuosos, etc.

3.3.1 Costos del mantenimiento

La finalidad básica de la misión de costos del mantenimiento es estimular la optimización del uso de mano de obra, cantidad de materiales, contratos y minimizar tiempos de paro; estableciendo objetivos atractivos desde el punto de vista de un beneficio potencial y el costo de mantenimiento.

El manejo adecuado de los costos de mantenimiento puede ayudar a vislumbrar para muchas empresas la barrera entre la competitividad y la ruina. Un elemento fundamental es el sistema de información que permite conocer los costos a tiempo, con exactitud y veracidad; además de ello, la información debe ser oportuna, es decir, es necesario diseñar el flujo de datos para que, tan rápidamente como sea posible, ellos sean procesados y también rápidamente sean analizados para tomar acciones correctivas.

Cualquier persona dentro de la organización debe estar muy consiente de la responsabilidad de velar por los costos, permaneciendo informado de su estado y de su contribución para controlar el sistema de órdenes de trabajo “documento fundamental en el sistema de control de costos”, pues debe diligenciarse con la mayor exactitud posible porque la sumatoria de sus datos permite conseguir la información necesaria en el sistema.

3.3.1.1 Directos

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor; influyen la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere. Estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general las actividades y controles que se realizan a los equipos, comprendiendo:

- Costos de mano de obra directa y contratada
- Costos de materiales y repuestos directos y contratados
- Costos de la utilización de herramientas, equipos directamente y contratación.

3.3.1.2 Indirectos

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a un trabajo específico. Por lo general, suelen ser: la supervisión, bodega, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración, servicios públicos, etc.

3.3.1.3 Generales

Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo o de funciones no propiamente productivas y que a su vez dan soporte a las áreas que desempeñan labores que se relacionan directamente con el negocio. Para que los gastos generales de mantenimiento tengan utilidad como instrumento de análisis, se deben clasificar con cuidado, a efecto de separar el costo fijo del variable, que en algunos casos se asignan como directos o indirectos.

Tabla II. Costos total de mantenimiento para el mes de julio 2008

MANTENIMIENTO	SUMINISTROS	REPUESTOS	SERVICIOS	TOTAL
TOTAL MANTENIMIENTO	Q2,147.13	Q5,333.20	Q9,391.75	Q16,872.08

Fuente: departamento de compras.

3.4 Órdenes de trabajo

Para que el mantenimiento pueda mejorarse, es indispensable que se conozcan muy bien las principales tareas que se ejecutan en las órdenes de trabajo que actualmente se utilizan. Con ello se podrá determinar que partes y que no son trabajadas en cada mantenimiento y quizás la falta de tareas en las órdenes preventivas sea la causa de tanto paro correctivo.

Se procederá a recopilar información con ayuda de los supervisores de mantenimiento de cada área del proceso y quienes irán indicando que tareas deben agregarse a las órdenes, con el fin de mejorar las mismas y hacer más efectivas las órdenes preventivas.

Figura 6. Formato de orden de mantenimiento preventivo actual

SACOS AGROINDUSTRIALES, S.A.		Orden de Trabajo		26-05-2008
Ced. 04		F01-PGMT-01 Version 01		04:52 PM
Anillo Periferico 17-36 Zona 11, Guatemala				Pág. 1
				CCTOTT5R
<hr/>				
Orden Trabajo N° 20036				
Unidad Mto	PECO010	CORTADORA # 10		
Tipo	Preventivo	Ubicación	CORTE DE POLIETILENO	
Prioridad	BAJA	Responsable	Tiempo Est.	0.3333 HRS
<hr/>				
<u>Tarea</u>	<u>Descripción</u>			
PECO003	Limpieza de Motor de las Fajas			
<hr/>				
Solicita _____				
Observaciones				

Fecha inicio _____				
Fecha final _____				
			_____	_____
			V°B Jefe de Taller	V°B Departamento

Fuente: software de mantenimiento, abril 2008

3.4.1 Nuevas tareas

Surgirán de la inspección que se realice en las rutinas de mantenimiento al momento de ir actualizando las órdenes preventivas. Esto será llevado a cabo por los supervisores de cada área, y los operadores de las maquinas, pues ellos indicarán las partes que mas problemas les surgen al momento de operar los equipos.

Esto será de gran ayuda debido a que las órdenes serán actualizadas y posiblemente algunas tareas se eliminarán y serán sustituidas por otras.

3.4.2 Tareas especificas y explicitas

Con la nueva recopilación de datos, se pretende que las tareas sean mas especificas, es decir, que contengan mas información del trabajo a realizar y a la vez sean mas explicitas y no muy generales.

3.4.3 Instrucciones de trabajo

Cada tarea tendrá opciones de incluir instrucciones, así por ejemplo si existe algún lubricante especial a utilizar al momento de hacer la tarea ahí mismo se indicara la cantidad y el tipo de lubricante.

3.4.4 Herramienta de trabajo

Es importante especificar en las órdenes de trabajo las herramientas a utilizar, esto nos evitara: demoras por buscar la herramienta correcta, daño en los elementos que haya que desmontar por el uso inadecuado de herramientas, deterioro de los equipos por falta de uso, lubricación, etc.

3.5 Recopilación de repuestos a utilizar

Es importante tener el conocimiento de los repuestos a utilizar durante un mantenimiento, esto debido a que deberán de estar en la bodega de suministros al momento de ser requeridos por los colaboradores del mantenimiento.

3.5.1 Asignación de repuestos a las tareas preventivas

Ya teniendo un buen conocimiento de los repuestos que se utilizaran en cada tarea, se procederá a asignar los mismos a las órdenes preventivas. Esto ayudará a reducir el tiempo que se demoran en suministros para despacharlo, así como también el tiempo que espera el colaborador de mantenimiento en ir a traerlo, ya que, con anticipación el departamento de compras tendrá el programa mensual de mantenimiento por lo que sabrán los días de mantenimiento de cada maquina y eso facilitará su trabajo para preparar los repuestos.

3.5.2 Almacenaje y distribución de repuestos

Un buen almacenaje y distribución de los repuestos traerá consigo un buen desempeño del mantenimiento, ya que, si los repuestos están ubicados en áreas adecuadas, se podrá garantizar su buen funcionamiento. La distribución también es relevante para el fácil acceso y ubicación de los mismos.

3.5.2.1 Solicitud

Todos los días el supervisor de mantenimiento le lleva un listado de repuestos a utilizar en los próximos días al jefe de mantenimiento, ya sea para mantenimiento preventivo o correctivo, quien le debe proporcionar los mismos en el menor tiempo posible, asegurándole la calidad de los mismos. Esta solicitud debe ser aprobada por el gerente de mantenimiento, a quien se le debe dar razón de ser de los repuestos a utilizar y de la cantidad de los mismos.

Ya aprobada la solicitud se procede a entregársela al jefe de compras, quien cotizara los repuestos con los proveedores calificados por la empresa para la solicitud de los mismos. Es aquí donde el tiempo de entrega de los repuestos al departamento de mantenimiento depende de la habilidad del departamento de compras, ya que esta en sus manos el poder tener un repuesto de calidad y al menor tiempo posible.

3.5.2.2 Almacenamiento

Al momento de ingresar los repuestos a la empresa, se llama al personal encargado de la bodega de suministros, quienes revisan que los mismos estén en buen estado, cuenten con la calidad necesaria, concuerden con lo que se indica en el envío respectivo, así como también la cantidad de los mismos.

De la misma manera que se van ingresando, son colocados en las estanterías que se encuentran en la bodega de suministros, se codifican de acuerdo al tipo de repuesto y a la máquina a la cual pertenecen, se anotan en los ingresos del día.

3.5.2.3 Revision

Todos los días a primera hora el supervisor de mantenimiento esta obligado a verificar los repuestos que ingresaron a la bodega en la noche anterior, esto con el fin de saber si lo que solicitó anteriormente fue lo llegó a la planta y también para saber si ya puede utilizar los mismos; de lo contrario debe de informar al jefe de mantenimiento que aun no tiene los repuestos solicitados anteriormente.

Este aspecto es bien importante, ya que de lo contrario no se sabrá con mayor anticipación si algún pedido ya ingresó a la planta, también no se podrá reclamar algo si ya ha pasado bastante tiempo desde su ingreso al momento de requerirlo a la bodega.

Por lo que el supervisor deberá informar inmediatamente al jefe de mantenimiento o directamente con el de compras.

3.5.2.4 Requisición

La requisición de repuestos la realizan los colaboradores de mantenimiento, para su efecto, se deberá de contar con una solicitud de repuestos a bodega de suministros, donde el mecánico o supervisor indica la cantidad y número de pieza que necesita para realizar un trabajo determinado. En dicha solicitud debe de indicar la maquina a la cual se le colocará la pieza dañada, nombre de la persona que esta solicitando el repuesto, firma autorizada del departamento para poder sustraer el repuesto de la bodega, fecha e indicar si se trata de repuesto usado o no.

3.5.2.5 Utilización

La utilización de los repuestos por parte de los colaboradores de mantenimiento, deberá hacerse de la manera como indica el fabricante de los mismos, ya que es la única manera de garantizar su buen funcionamiento. Por lo que deben de utilizar el equipo adecuado para el montaje de los mismos, de lo contrario puede que las piezas no queden bien ajustadas y dañen otras partes de las maquinas. El jefe de mantenimiento es el responsable por velar que los mecánicos cuenten con las herramientas ideales para desarrollar su trabajo de una manera eficaz, limpia y ordenada; evitando consigo perdidas de tiempo por mal manejo de materiales y herramientas para trabajar.

3.5.3.6 Lote óptimo de repuestos

Para determinar el lote óptimo de repuestos, se implementó una hoja electrónica en la cual deberán ingresar las variables que se solicitan en la misma, a continuación se muestra la dicha hoja:

Tabla III. Hoja electrónica para determinar el lote optimo de repuestos

Asignando SS, PP, Lote Optimo y Máx de Inventario																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Constantes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Costo del Pedido</td> <td>\$25.00</td> </tr> <tr> <td>Costo de Oportunidad del capital</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Costo de Almacenamiento</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>Dias de Imprevistos</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Cambio</td> <td>7.75</td> </tr> </tbody> </table>												Constantes		Costo del Pedido	\$25.00	Costo de Oportunidad del capital	20%	Costo de Almacenamiento	15%	Dias de Imprevistos	15	Tipo de Cambio	7.75						
Constantes																													
Costo del Pedido	\$25.00																												
Costo de Oportunidad del capital	20%																												
Costo de Almacenamiento	15%																												
Dias de Imprevistos	15																												
Tipo de Cambio	7.75																												
Codigo	Material	LT (meses)	Costo Unitario (Q)	Costo Unitario (\$)	Consumo Mensual (U)	Consumo Anual (U)	SS (U)	PP (U)	Lote Optimo (U)	MAX (U)	Cantidad de Pedidos																		
		2	180	23.23	0.33	4	0.17	0.83	5	5.83	0.80																		
<table> <thead> <tr> <th>Variable:</th> <th>Denominación:</th> <th>Formula:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LT</td> <td>Lead Time o Tiempo de Entrega</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>Safety Stock o Stock de Seguridad</td> <td>Dias de imprevistos * Consumo diario promedio</td> </tr> <tr> <td>PP</td> <td>Punto de Pedido</td> <td>SS + LT * Consumo Mensual</td> </tr> <tr> <td>Lote Optimo</td> <td>Tamaño del Lote optimo</td> <td>$\sqrt{\frac{2 * \text{Consumo anual} * \text{costo pedido}}{[\text{costo unitario} * (\text{costo de oportunidad del capital} + \text{costo almacenamiento})]}}$ ^1/2</td> </tr> <tr> <td>MAX</td> <td>Nivel Máximo de Inventario</td> <td>PP + Lote Optimo</td> </tr> </tbody> </table>												Variable:	Denominación:	Formula:	LT	Lead Time o Tiempo de Entrega		SS	Safety Stock o Stock de Seguridad	Dias de imprevistos * Consumo diario promedio	PP	Punto de Pedido	SS + LT * Consumo Mensual	Lote Optimo	Tamaño del Lote optimo	$\sqrt{\frac{2 * \text{Consumo anual} * \text{costo pedido}}{[\text{costo unitario} * (\text{costo de oportunidad del capital} + \text{costo almacenamiento})]}}$ ^1/2	MAX	Nivel Máximo de Inventario	PP + Lote Optimo
Variable:	Denominación:	Formula:																											
LT	Lead Time o Tiempo de Entrega																												
SS	Safety Stock o Stock de Seguridad	Dias de imprevistos * Consumo diario promedio																											
PP	Punto de Pedido	SS + LT * Consumo Mensual																											
Lote Optimo	Tamaño del Lote optimo	$\sqrt{\frac{2 * \text{Consumo anual} * \text{costo pedido}}{[\text{costo unitario} * (\text{costo de oportunidad del capital} + \text{costo almacenamiento})]}}$ ^1/2																											
MAX	Nivel Máximo de Inventario	PP + Lote Optimo																											

Fuente: elaboración propia, junio 2008

4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA AL MANTENIMIENTO

4.1 Software de mantenimiento

Será la herramienta a utilizar para la implementación de la mejora, en este sistema se ingresará toda la información recopilada en lo que respecta a: ingreso de nuevas tareas, repuestos e instrucciones.

4.1.1 Ingreso de nuevas tareas

Ya recopiladas las nuevas tareas para agregar a las órdenes preventivas, se procede a realizar una clasificación de las mismas, con el fin de seleccionar las mas relevantes ha realizar mensualmente y anualmente. El jefe de mantenimiento seleccionará e indicara cuales podrán realizarse mensualmente y cuales anualmente; esto dependerá de lo complicado de la parte a analizar, el desgaste que sufre y las protecciones que se le brindan.

Entonces con la selección elaborada, se ingresaran las tareas en los grupos de tareas correspondientes a mantenimiento mensual y anual según sea lo asignado por el jefe de mantenimiento.

Esto es de gran utilidad ya que para el mantenimiento anual existe un grupo específico de tareas el cual es generado una vez al año y el mismo tiene una duración de 3 días efectivos de mantenimiento, por lo que los repuestos deben de estar en stock de suministros.

4.1.1.2 Instrucciones asignadas

Al igual que los repuestos, cada tarea contendrá ahora instrucciones de trabajo lo cual facilitara las labores de los mecánicos haciendo mas comprensible cada ítem de la orden de trabajo, en las instrucciones podrá encontrar la forma de hacer el trabajo, el tipo de lubricante a utilizar, herramientas a utilizar, etc.

Figura 8. Ejemplo de orden de trabajo con instrucciones asignadas

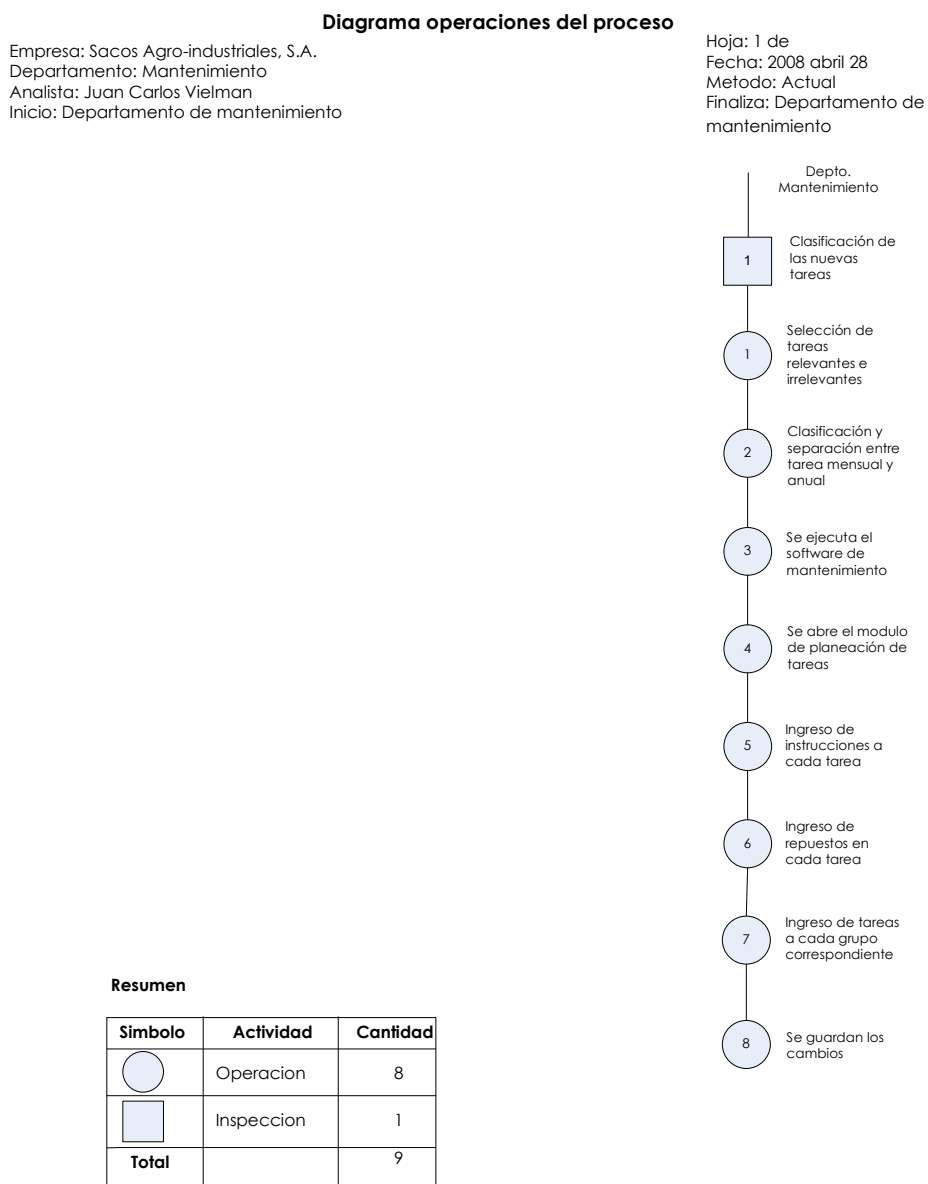
SACOS AGROINDUSTRIALES, S.A. Ced. 04 Anillo Periferico 17-36 Zona 11, Guatemala		Orden de Trabajo F01-PGMT-01 Version 01		26-05-2008 04:52 PM Pág. 1 CCTOTT5R
<hr/>				
Orden Trabajo N° 20036				
Unidad Mto	PECO010	CORTADORA # 10		
Tipo	Preventivo	Ubicación	CORTE DE POLIETILENO	
Prioridad	BAJA	Responsable	Tiempo Est.	0.3333 HRS
<hr/>				
Tarea	Descripción			
PECO003	Limpieza de Motor de las Fajas 1 Desmontar las tapaderas del motor 2 Verificar rotor y estator por posibles daños 3 Verificar estado de cojientes, cambiar si es necesario 4 Limpieza externa e interna del motor 5 Revisar estado de escobillas			
Responsable	Inició	Finalizó	Lectura Dispositivo	Máquina parada <input checked="" type="checkbox"/>
<hr/>				
Observaciones	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			
<hr/>				
Fecha inicio	<hr/>			
Fecha final	<hr/>			
V°B Jefe de Taller			V°B Departamento	

Fuente: software de mantenimiento, mayo 2008

4.2 Diagrama de operaciones del proceso

A continuación se muestra el diagrama de operaciones del ingreso de tareas al software de mantenimiento.

Figura 9. Ingreso de tareas al software de mantenimiento



Fuente: elaboración propia, primer semestre 2008.

1

Las tareas se clasificarán de acuerdo al rubro eléctrico, electrónico y/o mecánico.

1

Dentro de todas las tareas recopiladas, existirán algunas que serán de poca relevancia para la orden preventiva, es por ellos que se filtran para únicamente colocar las relevantes.

2

Existirán tareas que por la complejidad de las mismas, no será posible hacerlas con unas pocas horas de trabajo; para ello se considerará su importancia y el tiempo estimado de trabajo para poder colocarlas en mantenimientos mensuales y/o anuales.

3

Ahora ejecutamos el software de mantenimiento para poder trabajar en los grupos de tareas y así ingresar las mismas.

4

Abrimos el modulo de planeación de tareas para ubicarnos en el campo de tareas, ingresamos los datos solicitados para agregar una nueva tarea y con esto la creamos.

5

Para hacer mas especifica una tarea, le asignamos instrucciones; por ejemplo utilizar alguna herramienta especifica o darle cierto torque a un tornillo, etc.

6

A ya creada la tarea, se procede a la asignación de repuestos; siempre y cuando la tarea lo amerite.

7

Luego de ingresadas las tareas, estas se asignan a los grupos de trabajo correspondiente a cada maquina, es decir, se agrupan para tener en un grupo varias tareas asociadas a una maquina en particular.

8

Ya ingresado todo al sistema, se procede a guardar los cambios haciendo clic izquierdo en el icono de salvar.

4.3 Herramientas del mantenimiento

Son todas aquellas herramientas que se utilizan para llevar un mejor control del mantenimiento de los equipos e infraestructura de la empresa. Cada una de ellas esta destinada a un área en específico: infraestructura, equipos críticos e investigación.

4.3.1 Inspección VOSO

Es una técnica bastante útil y de muy bajo costo que ayuda a determinar los posibles fallos con el uso de los sentidos, sentido común y check list. Esta herramienta se utiliza para verificar el estado de la infraestructura de la planta e instrumentos de medición. La inspección VOSO se basa en lo siguiente:

- **Ver:** se refiere al sentido de la vista, es muy importante mantener los ojos abiertos y poder visualizar sobre todo fugas; además, cuando la apoyamos con ayudas visuales como marca de nivel normal de aceite, niveles normales de temperaturas y presiones. Se apoya con fotografías para comparar estados actuales con estándares.

El proceso de ver contiene los siguientes pasos:

- Definir los puntos de visualización
 - Definir límites, rangos, detalles
 - Instalar marcas y ayudas visuales
 - Definir quien, cada cuando, el análisis y las acciones a tomar
-
- **Oler:** el sentido del olfato nos ayuda a detectar aromas de algunos fluidos; motores quemados, desgaste excesivo, roce de fricciones, desgaste de fajas.

- **Sentir:** al utilizar el sentido del tacto es necesario tener en mente que la seguridad es primero. El tacto lo usamos principalmente para inspeccionar:
 - Vibraciones: engranajes, ventiladores, cojinetes, chumaceras
 - Temperatura
 - Desgaste

- **Oír:** el sentido del oído se puede aplicar para escuchar cambios en los sonidos, ruidos extraños, cambios en el ruido

Las técnicas VOSO usualmente no usan herramientas de apoyo, sin embargo puede utilizarse:

1. Pistola de temperatura
2. Estetoscopio

Es importante en la inspección VOSO definir procedimientos claros a través del check list.

4.3.1.1 VOSO infraestructura

Con el fin de llevar un mejor control y con base a un estándar de verificación de actividades, se implementó un programa VOSO en lo que respecta a infraestructura, el cual se describe a continuación:

Tabla IV. Programa VOSO para infraestructura

VOSO INFRAESTRUCTURA								
Descripción del lugar	Mecanismo/Sección matriz/Componente	Tarea/Actividad	Tipo Tarea/Actividad	Frecuencia Calendario	Turno	No. Personas	Tiempo estimado	Descripción puesto de trabajo
Nave 01	Sanitarios Extrusion PP	Limpieza de sanitarios, lava manos, espejo, piso, paredes, recoger basura	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	1 horas	Personal de limpieza
	Sanitarios Hombres	Limpieza de sanitarios, lava manos, espejo, piso, lockers, duchas, paredes, recoger basura	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	1 horas	Personal de limpieza
	Sanitarios Mujeres	Limpieza de sanitarios, lava manos, espejo, piso, lockers, duchas, paredes, recoger basura	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	2 horas	Personal de limpieza
	Jardines	Césped bien cortado, barrer patio, mantenimiento de fuente, plantas, canales fluviales, recoger basura	Jardinería, VOSO	Diario	Diurno	2	3 horas	Personal de jardines
	Techos	Revisar laminas dañadas, limpieza de telarañas, polvo, lámparas	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	2	Personal de limpieza
Nave 03	Sanitarios	Limpieza de sanitarios, lava manos, espejo, piso, duchas, paredes, recoger basura	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	45min	Personal de limpieza
	Jardines	Césped bien cortado, barrer patio, plantas, canales fluviales, recoger basura	Jardinería, VOSO	Diario	Diurno	1	2 horas	Personal de jardines
	Techos	Revisar laminas dañadas, limpieza de telarañas, polvo, lámparas	Limpieza, VOSO	Diario	Diurno	1	2	Personal de limpieza

Fuente: elaboración propia, agosto 2008

4.3.2 Criticidad de equipos

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación, sistemas y/o componentes está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tasa de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:



- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla

4.3.3 Ficha técnica de equipos

Es indispensable contar con una ficha técnica para la identificación de los equipos, en ella se establecerán los detalles técnicos más relevantes. A continuación se presenta un modelo que puede ser utilizado para tener un estándar de hojas técnicas:

Figura 10. Formato de ficha técnica

FICHA TÉCNICA		DATOS DE MOTOR PRINCIPAL	
		Marca	Marathon Electric
Nombre	Starex 4	Amperaje	230A @ 1790RPM
Marca	Starlinger	Potencia	200HP
Modelo	STAREX 120/1400	RPM	2700 max safe
No. De serie	9600171500	Modelo	FVJ 445THFN8040BD F2 1
Voltaje	440V 60Hz	No.Serie	70000139
Frecuencia	60Hz	Peso	2404Lb/1090Kg
Año de fabricación	1996	Proveedor	Ipsa
Comprado nuevo o usado	Nuevo	Fecha de instalacion	2008 agosto
Planos mecanicos	Si		
Planos electricos	Si		
Manual de Mantenimiento	Si		
Fabricante	Starlinger		
Representante en Guate	NO HAY		

Fuente: elaboración propia Julio 2008

4.4 Programa anual de mantenimiento

Se refiere a la implementación de un cronograma anual de mantenimiento preventivo mayor que se realiza al haber cumplido 8,000 horas de trabajo de una máquina y esto ocurre una vez al año. Para este mantenimiento existen tareas más complejas y profundas que generalmente no se pueden realizar en un preventivo mensual. Para ello se toman en cuenta los equipos que son sometidos a horas de producción constantes y que a la vez son críticos para el proceso.

Entre las tareas que se realizan para este mantenimiento se pueden mencionar:

- Cambio de partes por recomendación del fabricante.
- Mantenimiento preventivo a motores DC (taller externo)
- Mantenimiento preventivo a motores AC (taller externo)
- Revisión de cajas reductoras
- Reparación de ejes
- Limpieza general de la maquina
- Pintura de la maquina
- Otros

Todo este trabajo tiene una duración de 3 a 4 días dependiendo de:

- Las condiciones en las que se encuentre la maquina
- Estado en que se encuentre el motor DC
- Disponibilidad de repuestos
- Trabajos externos de mecanizado de piezas

A continuación se muestra el cronograma anual de mantenimiento preventivo correspondiente al año 2008

Figura 11. Cronograma anual mantenimiento de mantenimiento preventivo mayor

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO MAYOR PREVENTIVO												
ACTIVIDAD	MAQUINA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Mantenimiento Mayor/montaje	Convertex 2	1 y 2										
Montaje y habilitación	Starkon	3 y 4										
Mantenimiento Mayor	Austrofil	5										
Mantenimiento Generador	Planta 1	5										
Mantenimiento Mayor	Kon 2000 # 1		6									
Mantenimiento Mayor	Imp Kuen Yu		7									
Mantenimiento Mayor	Ratti		8									
Mantenimiento Mayor	Ext 4 PE		9									
Mantenimiento Generador	Planta 2		9									
Mantenimiento Mayor	Cortadora 3 PE			10								
Mantenimiento Mayor	Kon 2000 # 2			11								
SEMANA SANTA				12								
Mantenimiento Mayor	Frederick 1			13								
Mantenimiento Generador	Planta 3			13								
Mantenimiento Mayor	Starex 4				14							
Mantenimiento Mayor	Arburg				15							
Mantenimiento Mayor	Kon 2002				16							
Mantenimiento Mayor	Cortadora 14 PE				17							
Mantenimiento Mayor	Frederick 2				18							
Mantenimiento Generador	Planta 4				18							
Mantenimiento Mayor	Imp. Indemo					20						
Mantenimiento Mayor	Cortadora 10 PE					21						
Mantenimiento Mayor	Frederick 3					22						
Mantenimiento Generador	Planta Cumins					22						
Mantenimiento Mayor	Bob. Ratera						23					
Mantenimiento Mayor	Convertex 3.1		Sliter PP				24					
Mantenimiento Mayor	Ext 3 PE						25					
Mantenimiento Mayor	Stacotec 1						26					
Mantenimiento Mayor	Cortadora 11 PE							27				
Mantenimiento Mayor	Starex 6							28				
SEMANA DE ANIVERSARIO, MANTO Sub-estaciones y pozo								29				
Mantenimiento Mayor	Stacotec 2							30				
Mantenimiento Mayor	Cortadora 2 PE							31				
Mantenimiento Mayor	Imp Filipini								32			
SEMANA DE LA VIRGEN DE ASUNCION									33			
Mantenimiento Mayor	Convertex 3.2								34			
Mantenimiento Mayor	Cortadora 13 PE								35			
Mantenimiento Mayor	Imp Bielloni									36		
Mantenimiento Mayor	Ext 6 PE									37		
SEMANA DE INDEPENDENCIA										38		
Mantenimiento Mayor	Starex 5									39		
Mantenimiento Mayor	Imp Schmutz										40	
Mantenimiento Mayor	Bob. Schmutz										41	
Mantenimiento Mayor	Ext 7 PE										42	
Mantenimiento Mayor	Sliter PE										43	
Mantenimiento Mayor	Recostar 65										44	
Mantenimiento Mayor	Plastiblow											45
Mantenimiento Mayor	Hacoba											46

Fuente: elaboración propia, diciembre 2007

4.5 Codificación de manuales

Para facilitar al uso de los manuales de todas las maquinas se creo una codificación especial para poder identificar y ubicar cada manual dentro de la empresa.

A continuación se describe como se codifican los manuales:

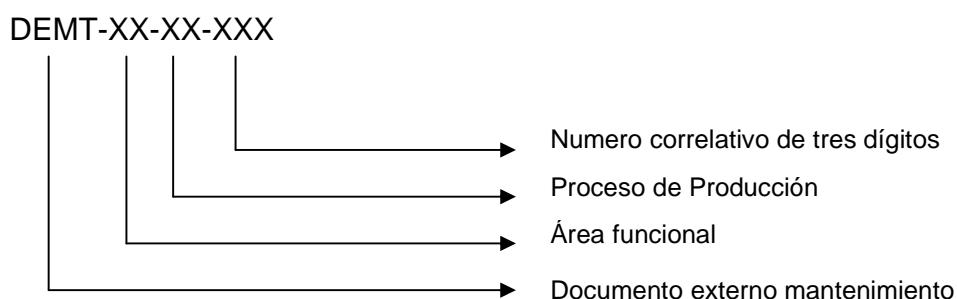


Figura 12. Codificación de manuales

Código alfabético	Área funcional
PP	Polipropileno
PE	Polietileno
YT	Yute
CP	Compresores
RE	Reprocesado
CH	Chillers
VI	Vehículos

Código alfabético	Proceso de Producción
CR	Cortadoras
TL	Telares
EX	Extrusión
LM	Laminado
IP	Impresión
VL	Valvulado
LZ	Lazo
IS	Inyección y soplado
CO	Confección

Fuente: elaboración propia, febrero 2008

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Monitoreo del mantenimiento

Para que el sistema de mantenimiento pueda desempeñar su papel, todos sus factores y componentes deben estar bien diseñados, optimizados, y ser evaluados y mejorados continuamente. La importancia de una mejora continua radica en el establecimiento de un sistema productivo que brinde los resultados esperados por la organización, estableciendo parámetros de medición que brinden información útil para la evaluación del sistema.

5.1.1 Auditorías internas

Con el fin de determinar si las disposiciones determinadas por la organización están siendo ejecutadas conforme a lo planificado y esperado; se llevarán a cabo auditorías internas que monitoreen la gestión del mantenimiento.

Esto deberá ser planificado en un programa de auditorías, tomando en cuenta el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas. Deberán de definirse los criterios de las auditorías, el alcance de las mismas, su frecuencia y metodología. La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría.

5.1.2 Objetivos

Deberán de trazarse objetivos que midan de alguna manera el desempeño del mantenimiento, los cuales serán útiles para demostrar la capacidad para proporcionar de forma coherente el servicio que satisfaga los requisitos de los clientes internos y externos de la empresa.

Ayudaran a aumentar la satisfacción del cliente a través de la planificación eficaz del sistema de mantenimiento incluyendo el cumplimiento del presupuesto anual ante gerencia general, buscando siempre obtener ahorros significativos y proyectos de mejora.

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Los objetivos serán los que se mencionan a continuación:

- **Máxima producción:**

Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos. Reparar las averías en el menor tiempo posible.

- **Mínimo costo:**

- Reducir a su mínima expresión las fallas.
- Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.
- Manejo óptimo de stock.
- Manejarse dentro de costos anuales regulares.

- **Calidad requerida:**

Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida. Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones. Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

- **Conservación de la energía:**

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
- Controlar el rendimiento de los equipos

- **Conservación del medio ambiente:**

Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes. Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

- **Higiene y seguridad:**

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
- Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

- **Implicación del personal:**

- Obtener la participación del personal para poder implementar los KPI'S.
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad.

5.2 KPI'S del mantenimiento

Se utilizan para medir el grado de implementación y madurez del sistema de gestión de mantenimiento, el estado de los activos y el comportamiento de la mano de obra. Con la información obtenida por medio de los KPI'S se pueden tomar buenas decisiones.

5.2.1 Total de horas de paro por falla

Equivale al tiempo de reparación del total de las fallas generadas durante un lapso determinado. Este valor generalmente se da en horas.

Total de horas de paro por falla = $(\Sigma \text{ de fallas en minutos})/60$

5.2.2 Tiempo promedio entre fallas

Es el promedio del tiempo transcurrido entre fallas. Mide la periodicidad de las fallas en un activo, este valor debe ser lo mas alto posible.

MTBF (horas) = $\frac{\text{tiempo real de operación del equipo}}{\text{Cantidad de paros emergentes por falla}}$

5.2.3 Tiempo promedio de reparación

Es el tiempo promedio que se demora en realizar una reparación, mide la capacidad y rapidez del personal de conservación industrial para hacer las reparaciones, este valor debe ser lo mas bajo posible.

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{total de horas de paro por fallas}}{\text{Cantidad de paros emergentes por falla}}$$

5.2.4 Índice de disponibilidad individual

Brinda un valor que indica la disponibilidad de cada maquina durante un lapso determinado, generalmente es durante un mes. Este valor debe ser lo más cercano a 1.

$$\text{IDI} = (\text{tiempo total disponible del periodo} - (\text{tiempo de paros preventivos programados} + \text{tiempo de paros correctivos programados} + \text{total de horas de paro por fallas})) / \text{tiempo total disponible del periodo}$$

Todo lo anterior debe de ir en horas.

5.2.5 Índice de confiabilidad individual

Indica la confiabilidad de los equipos al ponerlos en marcha durante un lapso determinado, generalmente es durante un mes. Este valor debe ser lo más cercano a 1.

ICI = (tiempo total disponible del periodo-(tiempo de paros correctivos programados + total de horas de paro por fallas)) / tiempo total disponible del periodo

Todo lo anterior debe de ir en horas.

5.2.6 Resultados

Con la utilización de los KPI'S se obtendrán resultados valiosos para diagnosticar la eficiencia, disponibilidad y confiabilidad de los equipos en las diversas líneas de producción.

Estos valores serán de gran utilidad para la programación de la producción, basándose a las ventas estimadas y tiempos de entrega propuestos a los clientes. Esto ayudará a obtener los pedidos a tiempo, pues se contemplaran los efectos causados por los paros programados y no programados, lo que reducirá en buen porcentaje los pedidos extralimitados para la entrega.

A continuación podemos ver en resumen los KPI'S obtenidos durante el mes de enero año 2008:

Tabla V. Datos para la obtención de los KPI'S

Area de Producción	Tiempo Total Disponible del período (hrs) TTD	Tiempo de Paros Preventivos Programados (hrs) TPPP	Número de Paradas por falla NPF	Minutos totales de Paro por fallas	Tiempo de Operación Programado (hrs) TOP	Total de Horas de Paro por fallas	Indice de Disponibilidad Individual IDI	Indice de Confiabilidad Individual ICI
Extrusion PP	744	36	22	2140	708	35.6667	0.9037	0.9521
Valvulado	744	96	52	3530	648	58.8333	0.7919	0.9209
Impresion PP	744	36	34	2220	708	37.0000	0.9019	0.9503
Cortadoras PP	744	48	97	6115	696	101.9167	0.7985	0.8630
Laminado	744	24	36	1875	720	31.2500	0.9257	0.9580
Costura	744	0	58	5513	744	91.8833	0.8765	0.8765
Jumbo	744	0	185	9297	744	154.9500	0.7917	0.7917
Cortadoras PE	744	48	63	5055	696	84.2500	0.8222	0.8868
Hilo	744	84	23	1980	660	33.0000	0.8427	0.9556
Impresion PE	744	0	1	0	744	0.0000	1.0000	1.0000
Reprocesado	744	0	5	820	744	13.6667	0.9816	0.9816
Extrusion PE	744	72	6	880	672	14.6667	0.8835	0.9803
	8928	444	582	39425	8484	657.0833	0.8767	0.9264

Fuente: elaboración propia, enero 2008

5.2.7 Seguimiento

La importancia del seguimiento que se le debe hacer a los KPI'S radica en que de esta manera se podrá determinar mes a mes cuanto mas se ha mejorado o cuanto se ha empeorado en la reducción y/o aumento de paros no programados, la confiabilidad de los equipos y por ende la gestión del mantenimiento.

Estadísticamente se podrá llevar un monitoreo de la tendencia que vaya teniendo la confiabilidad de los equipos y con ellos se podrá llevar a cabo una investigación mas profunda de los factores mas sobresalientes que estén afectando los KPI'S, para ello existen métodos predictivos que ayudan a maximizar la vida útil de los equipos y determinar con mas exactitud el momento de falla de un dispositivo.

5.3 Mantenimiento predictivo

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente en una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse basado en un plan de monitoreo determinado justo antes de que este falle. De esta manera el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida útil del componente se maximiza.

5.3.1 Termografía

La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de termovisión por infrarrojos.

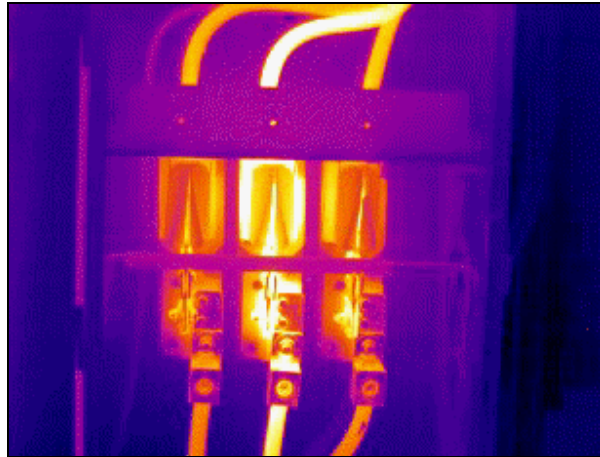
Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, paneles eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante cámaras termográficas infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de alta y baja tensión.
- Paneles, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.

- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.
- Los beneficios de reducción de costos incluyen
 - ahorros de energía,
 - protección de los equipos,
 - velocidad de inspección y diagnóstico,
 - verificación rápida y sencilla de la reparación, etc.
- Ventajas
 - Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorro de gastos.
 - Baja peligrosidad del operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
 - Determinación exacta de puntos deficientes en la línea de proceso.
 - Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
 - Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.
 - Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la falla
- Desventajas
 - Capacidad limitada para la identificación de defectos internos en la medida que el defecto no se manifieste externamente por incremento de la temperatura.
 - Los reflejos solares pueden enmascarar o confundir defectos.
 - El estado de carga del elemento bajo análisis puede influir en la determinación de las anomalías.

Figura 13. Imagen termográfica de una instalación eléctrica



Fuente: Archivo Sacos Agroindustriales, S.A.

5.3.2 Ultrasonido

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos, pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El ultrasonido permite:

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

Se denomina *ultrasonido pasivo* a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

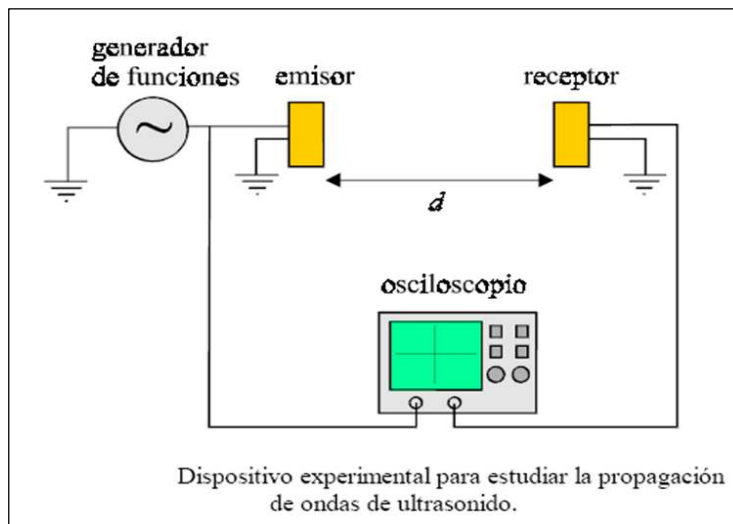
El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20 a 20,000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40Khz frecuencia con características muy aprovechables en el mantenimiento predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

Aplicaciones

- La aplicación del ultrasonido de baja intensidad tiene, como propósito, transmitir la energía a través de un medio y con esto obtener informaciones del mismo.
- Como ejemplo de esas aplicaciones podemos citar:
 - Ensayo no destructivo de materiales
 - Medidas de propiedades elásticas de los materiales y
 - Diagnóstico médico

- Las aplicaciones de alta intensidad tienen como objetivo producir alteración del medio a través del cual la onda se propaga. Como ejemplo citaremos la Terapia médica, Atomización de líquidos, Limpieza por cavitación, Ruptura de células biológicas y homogenización de materiales.
- El ultrasonido de baja intensidad en medicina para diagnóstico, se basa en la Reflexión de ondas ultrasónicas. El diagnóstico con ultrasonido es más seguro que la radiación ionizante, como los Rayos X, por eso es preferible en exámenes prenatales
- Las ventajas del diagnóstico con ultrasonido son su seguridad, conveniencia por no ser invasivo y traumático, además de su capacidad en detectar fenómenos no perceptibles por los Rayos X.

Figura 14. Diagrama básico para estudiar las ondas ultrasónicas.



Fuente: www.uesystems.com

Principios

- La impedancia acústica es la resistencia que oponen los materiales al paso de una onda ultrasónica.
- Ondas acústicas iguales a las ondas sónicas.
- Transmisión de energía entre partículas que propicia el oscilamiento.
- El número de oscilaciones son de acuerdo al tipo de onda que se trata.
- Se propagan en todos los medios elásticos donde exista fracciones de materia (átomos o moléculas capaces de vibrar).
- La vibración depende de la separación de las partículas.

Ventajas en la metalurgia

- Baja velocidad de inspección cuando se emplean métodos manuales, si se tienen que revisar cantidades grandes de productos.
- Requiere de personal con una buena preparación técnica y gran experiencia.
- Dificultad para inspeccionar piezas con geometría compleja, espesores muy delgados o de configuración irregular.
- Dificultad para detectar o evaluar discontinuidades cercanas a la superficie sobre la que se introduce el ultrasonido.
- Alto costo del equipo.
- Se requiere de agente acoplante.

Parámetros a ser controlados en un equipo ultrasónico:

- Sensibilidad: es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.

- Resolución: es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad.
- Frecuencia central: los transductores deben utilizar un rango de frecuencia especificado para obtener una aplicación óptima.
- Atenuación del haz: es la pérdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.
- Reflexión: cantidad de energía ultrasónica que es reflejada al incidir en una interface acústica.
- Ley de reflexión: el ángulo de onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente de la misma especie.
- Refracción: se lleva a cabo cuando un haz ultrasónico pasa de un medio a otro, siendo su velocidad del medio diferente entre sí y cambia la dirección en relación con la dirección de incidencia.

Figura 15. Equipo para realizar inspecciones ultrasónicas

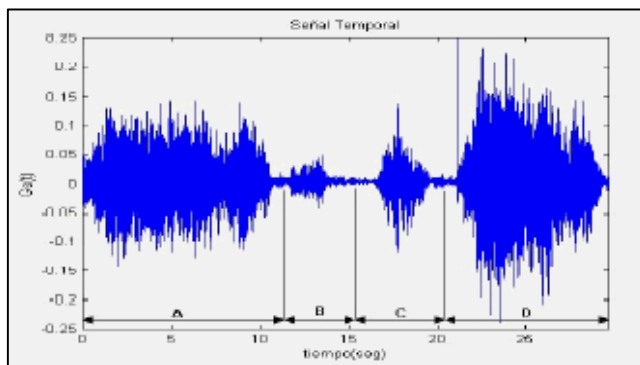


Fuente: www.uesystems.com

5.3.3 Análisis de vibraciones

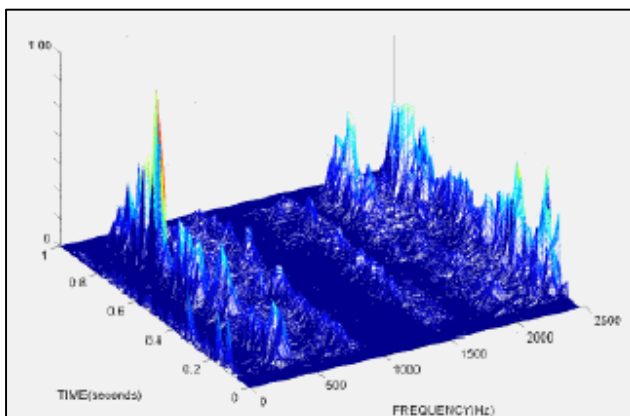
El interés de las vibraciones mecánicas llega al mantenimiento industrial de la mano del mantenimiento preventivo y predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

Figura 16. Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo una llenadora.



Fuente: Sacos Agro-Industriales, S.A.

Figura 17. Transformada tiempo-frecuencia del trabajo de una pala.



Fuente: Sacos Agro-Industriales, S.A.

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.

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.

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 (hertzios).
- *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

La vibración puede tener origen en

1. Desalineamiento
2. Desbalance
3. Engranajes
4. Resonancia
5. Efectos aerodinámicos
6. Efectos eléctricos
7. Aflojamiento mecánico

El objetivo del análisis de vibraciones es poder extraer el máximo de información relevante que ella posee. Para esto existen diferentes técnicas de análisis tanto en el dominio tiempo como en el dominio frecuencia, las cuales tienen sus propias ventajas para algunas aplicaciones en particular.

A continuación se presenta algunas de las técnicas más utilizadas en la inspección de máquinas.

Análisis espectral

La esencia del análisis espectral es descomponer la señal vibratoria en el dominio del tiempo en sus componentes espectrales en frecuencia. Esto permite, en el caso de las máquinas, correlacionar las vibraciones medidas generalmente en sus descansos, con las fuerzas que actúan dentro de ella.

Análisis de la forma de onda.

El análisis de la forma de la vibración en el tiempo a veces puede proveer información complementaria al análisis espectral. Este análisis es adecuado para reconocer los siguientes tipos de problemas:

- Impactos
- Rozamientos intermitentes
- Modulaciones en amplitud y frecuencias
- Transientes
- Truncaciones.

Análisis de fase de vibraciones

Se puede definir la diferencia de fase entre dos vibraciones de igual frecuencia como la diferencia en tiempo o en grados con que ellas llegan a sus valores máximos, mínimos o cero.

El análisis de diferencias de fase a la velocidad de giro de una máquina entre las vibraciones horizontal y vertical o entre las vibraciones axiales de los diferentes descansos del sistema motormáquina, permite determinar los movimientos relativos entre ellos, y diferenciar entre problemas que generan vibraciones a frecuencia 1x rpm:

- Desbalanceamiento
- Desalineamiento
- Eje doblado
- Resonancia
- Poleas excéntricas o desalineadas.

5.3.4 Análisis de lubricantes

Cuando se analiza el aceite de una maquina, existen varias técnicas diferentes que pueden aplicarse para determinar la composición química del aceite y buscar materiales extraños en el.

La ferrografía y la detección de virutas magnéticas examinan partículas de desgaste con base de hierro en los aceites lubricantes para determinar el tipo y grado del desgaste, y pueden ayudar a señalar el componente específico que se esta desgastando.

El análisis espectrométrico del aceite mide la presencia y cantidad de contaminantes en el aceite mediante el espectrómetro de emisión atómica o absorción.

Es útil para determinar la presencia no solo de hierro, sino también de otros elementos metálicos y no metálicos, que pueden estar relacionados con la composición de las diversas partes de la maquina, como rodamientos, anillos de pistones, etc. es útil cuando la partículas de desgaste están siendo generadas inicialmente en las primeras etapas de falla, ya que dichas partículas son pequeñas.

La cromatografía mide los cambios en las propiedades de los lubricantes, incluyendo la viscosidad, punto de inflamación, pH, contenido de agua y fracción insoluble, mediante la absorción y análisis selectivos.

10 razones comunes por las que un programa de análisis de lubricantes falla:

1. El programa no está identificado y enfocado con la estrategia del mantenimiento predictivo.
2. Las muestras de aceite no proporcionan información de calidad, debido a puertos mal localizados o métodos de muestreo inadecuados.
3. Los métodos y las pruebas que se efectúan a los aceites son incorrectas o incompletas.
4. No se establecen límites de advertencia y metas de control adecuados.

5. La frecuencia de muestreo es inadecuada y falta de pruebas de seguimiento por excepción.
6. Poca demanda de servicios de alta calidad de laboratorios independientes de análisis de aceite (o no se quiere pagar por ellos).
7. Inadecuado conocimiento del diseño de la maquinaria e información de la operación en la interpretación de resultados.
8. Falta de análisis y combinación de datos de inspecciones y sensorial con el resultado de análisis de aceite para determinar las causas de falla.
9. Falta de entrenamiento en la interpretación, para asegurar una respuesta adecuada a los resultados anormales.
10. Falta de sistemas para medir el progreso de los programas y celebrar los éxitos.

Condiciones a monitorear:

- Densidad de rebaba de desgaste
- Conteo de partículas
- Análisis de elementos metálicos
- Viscosidad
- Ferrografía.

Elementos a monitorear:

- Rebabas
- Análisis de elementos metálicos

- Humedad
- Conteo de partículas
- Temperatura
- Viscosidad
- Ferrografía analítica
- Análisis de vibración

La máquina está prácticamente descompuesta y requiere ser reparada o reemplazada.

Elementos a monitorear:

- Análisis de elementos metálicos
- Análisis de vibración
- Ferrografía analítica

Figura 18. Degradación del aceite con el tiempo de uso.



Fuente: www.venoco.com/noticias.asp?id=87&id_linea=1

Pasos para implementar un Programa de Análisis de Aceite exitoso:

- Filosofía del Mantenimiento Proactivo y revisión de las bases del análisis de aceite y los elementos claves de su implementación
- Selección del equipo
- Pruebas de Análisis de Aceite
- Análisis en sitio
- Selección del laboratorio
- Selección del software de análisis de aceite
- Equipo para toma de muestras
- Cambios a los sistemas de filtración y respiradores
- Entrenamiento a lubricadores, operadores y programadores.
- Revisar prácticas de lubricación y manejo de lubricantes.
- Instalación de puertos de muestreo, válvulas, etc.
- Instalación de filtros, respiradores, equipo móvil de filtración, etc.
- Instalación del software

- Establecer límites de advertencia y metas por equipo
- Instalar instrumentación para pruebas en sitio.
- Establecer interfase con el laboratorio
- Validar laboratorio
- Entrenamiento en interpretación de resultados
- Alcanzar las metas iniciales (limpieza, humedad, etc.)
- Desarrollar el manual de análisis de aceite y lubricantes
- Reaccionar a resultados anormales Proactivos y Predictivos
- Establecer tendencias de los equipos
- Establecer beneficios y ahorros del programa
- Celebrar el éxito.
- Incorporar otros equipos
- Ajustar las metas y límites de los equipos.

La educación y el entrenamiento son factores claves en este proceso y deberán ser acompañados con la incorporación de nuevas tecnologías y cambios estructurales y estratégicos.

Figura 19. Equipo electrónico para el análisis de vibraciones



Fuente: www.svantek.cl/956.htm

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo la información necesaria para elaborar un diagnóstico del mantenimiento actual preventivo, y se actualizó las órdenes preventivas, debido a que estas fueron creadas hace muchos años y presentan deficiencias en la ejecución de los mantenimientos preventivos.
2. La ejecución actual del mantenimiento preventivo está basada a órdenes preventivas de trabajo generadas desde el software de mantenimiento. Dichas órdenes se basan a la cantidad de horas trabajadas durante cierto lapso estimado y a la vez contienen siempre las mismas tareas preventivas, las mismas fueron actualizadas y mejoradas para hacer más efectivo el mantenimiento.
3. Las ventajas obtenidas al mejorar las órdenes de trabajo son: cada tarea contiene instrucciones de trabajo, repuestos a utilizar, son más explícitas, se revisan puntos en las máquinas que no se revisaban por falta de tiempo o por que en la orden no aparecía, se lleva un mejor control del mantenimiento preventivo basado en tiempo de trabajo efectivo y no en tiempo estimado.
4. Las desventajas son: tiempo que se requiere para la recopilación de información, análisis y depuración de la misma, capacitación del personal para ejecutar tareas más sofisticadas en el menor tiempo posible.
5. Se diseñó el formato para la elaboración de fichas técnicas de equipos críticos.

6. Se proporcionó la hoja electrónica para determinar el lote óptimo a existir en la empresa basados en modelos matemáticos de inventarios.
7. Se propuso un programa de mantenimiento de infraestructura, por medio de una inspección VOSO.
8. Se brindaron las bases para la generación de indicadores de mantenimiento o KPI'S.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a la empresa Sacos Agroindustriales, S.A., la implementación de análisis causa raíz en los telares, con el fin de reducir los paros correctivos.
2. Aplicar los KPI'S en toda máquina para determinar la disponibilidad y confiabilidad de las mismas.
3. Obtener apoyo tecnológico para el ahorro energético por medio del mantenimiento predictivo, realizando rutinas de inspecciones termográficas, ultrasónicas y análisis de vibraciones.
4. Establecer un programa de inspección VOSO para la maquinaria crítica.
5. Obtener una actualización del software de mantenimiento para que este sea más amigable a los usuarios.
6. Crear un equipo de trabajo dentro del departamento de mantenimiento que se encargue del desarrollo de proyectos y mejoras a la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

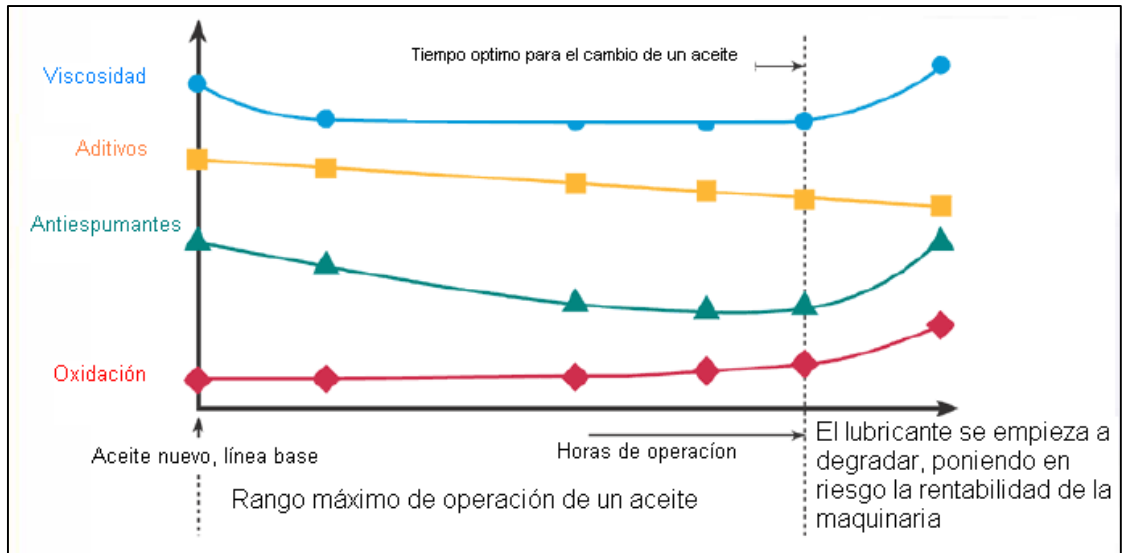
1. Daffussa, Salih O. Sistemas de Mantenimiento, planeación y control; México, Limusa 2002
2. Enríquez Díaz, Leonel Alberto. Diseño del manual de mantenimiento preventivo de motogeneradores de energía eléctrica en EQUISEGUA. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC Facultad de Ingeniería 2006.
3. Fuentes Mazariegos, Wagner Alejandro. La ingeniería preventiva como uno de los aspectos involucrados en el mejoramiento de la eficiencia de una línea de producción. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC Faculta de Ingeniería 2005.
4. Loubouneix, Vincent. Tratado de la calidad total. México, Limusa 2000.
5. Palma Barrera, Rubén Daría. Plan de mantenimiento de la planta PET, Sacos Agroindustriales, S.A. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC Facultad de Ingeniería 2007.
6. Ramírez Cavassa, Cesar. Ergonomía y productividad. México, Limusa 2003.
7. Smith, Edward H. Manual del ingeniero mecánico. México Prentice-Hall 1998.
8. Villatoro Álvarez, Alejandro José. Programa de mejoramiento en la administración de actividades de mantenimiento mecánico preventivo, en la planta de suelas para calzado I.C.A.S.A. (Tesis) USAC Facultad de Ingeniería. 2006.

ANEXO 1

LUBRICANTES

- 1. CUÁNDO CAMBIAR UN LUBRICANTE**
- 2. CLASIFICACIÓN DE LA VISCOSIDAD ISO**
- 3. CLASIFICACIÓN COMPARATIVA DE LA VISCOSIDAD**
- 4. CURVA STRIBECK Y LOS REGÍMENES DE LUBRICACIÓN**

Figura 20. Cuándo cambiar un lubricante



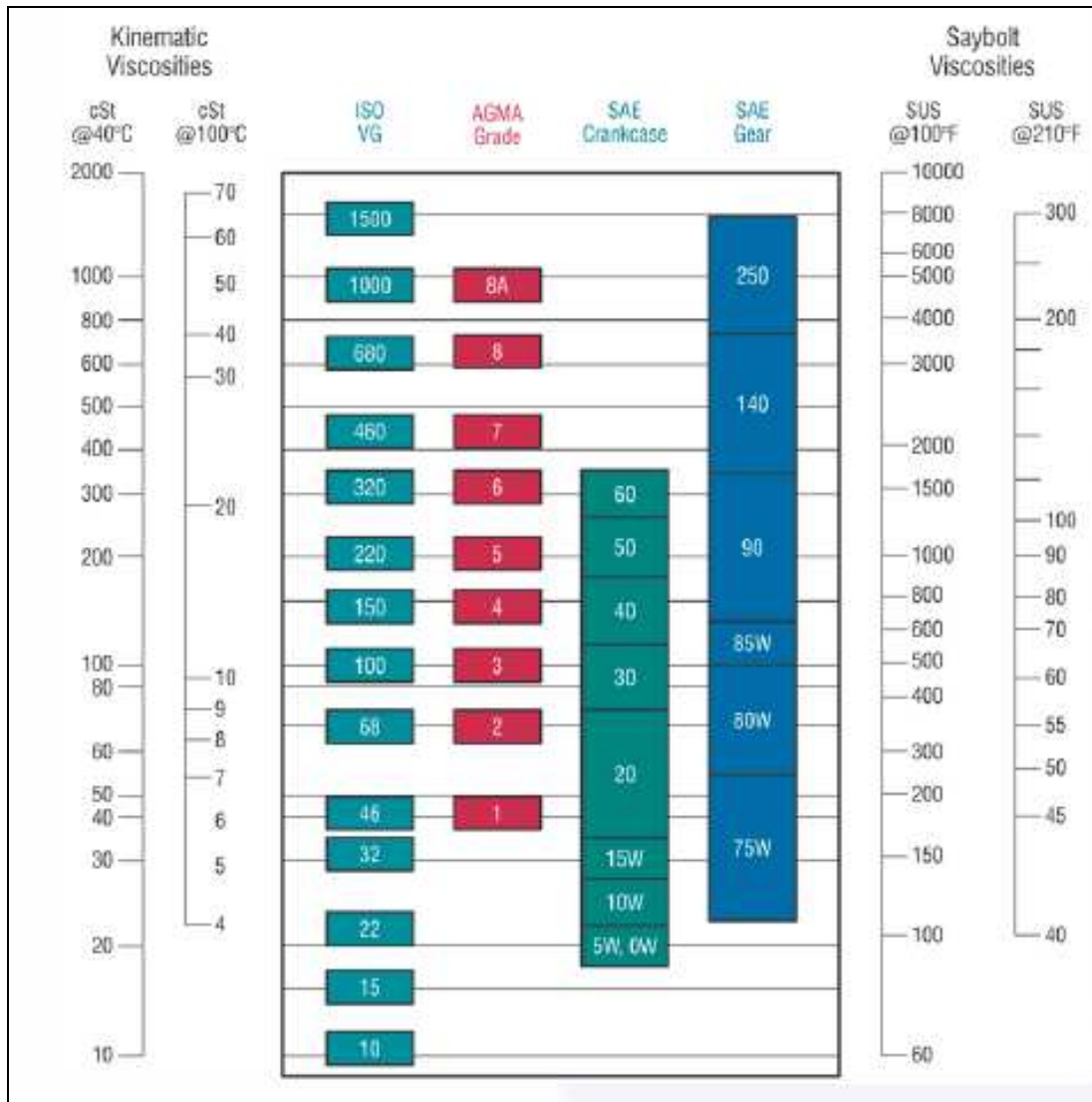
Fuente: análisis de lubricantes, Castrol.

Tabla VI. Clasificación de la viscosidad ISO

ISO Viscosity Grade	Midpoint Kinematic Viscosity mm ² /s at 40°C (104°F)	Kinematic Viscosity Limit mm ² /s at 40°C (104°F) Minimum	Kinematic Viscosity Limit mm ² /s at 40°C (104°F) Maximum
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.7	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	18.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	29.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650
ISO VG 2200	2200	1900	2420
ISO VG 3200	3200	2880	3520

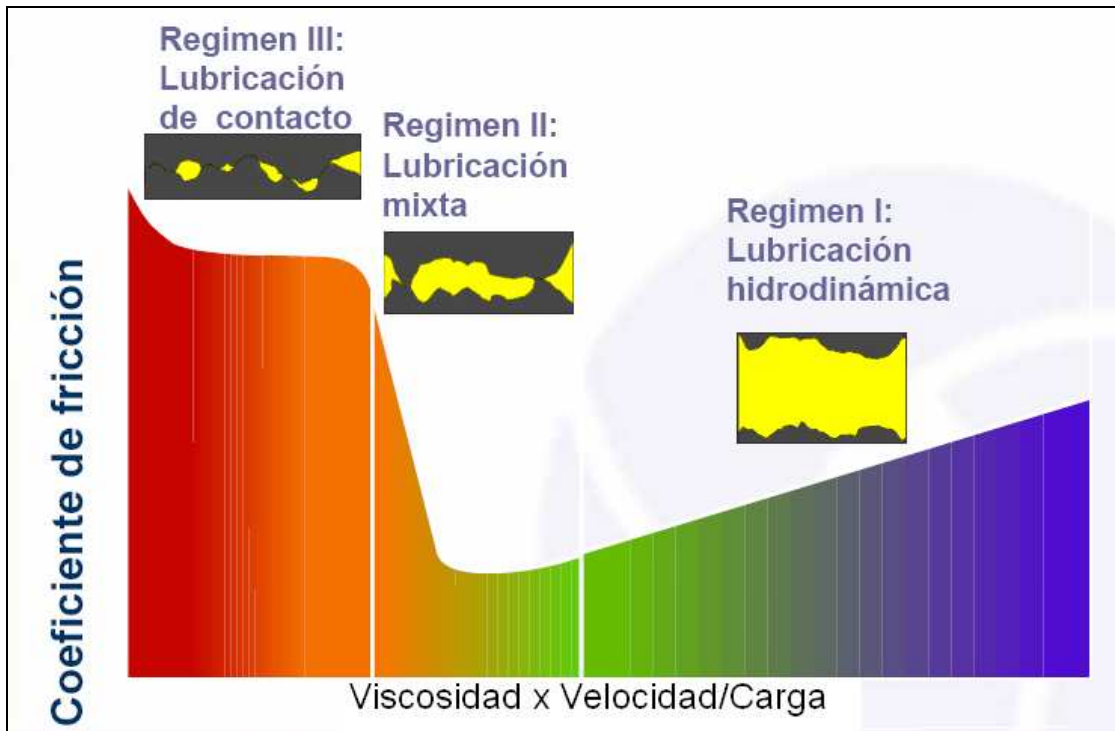
Fuente: análisis de lubricantes, Castrol.

Tabla VII. Clasificación comparativa de la viscosidad



Fuente: análisis de lubricantes, Castrol.

Figura 21. Curva Stribeck y los regímenes de lubricación



Fuente: análisis de lubricantes, Castrol.

ANEXO 1

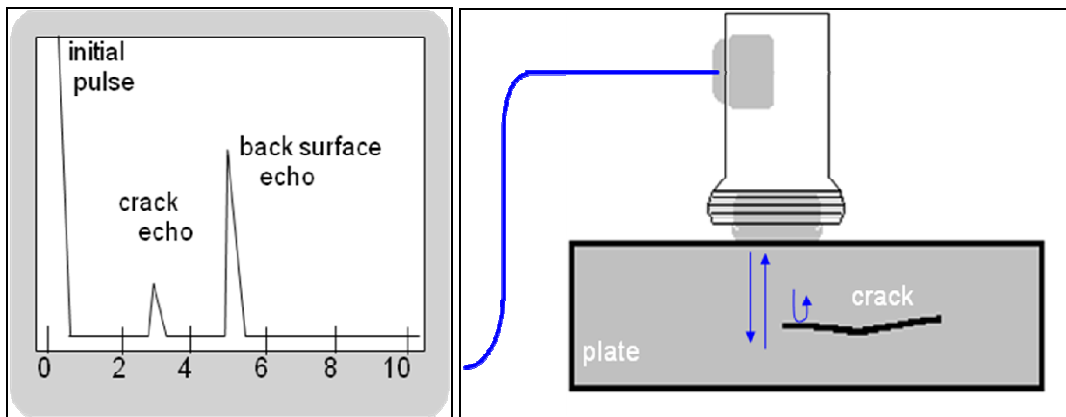
ULTRASONIDO

1. PULSO-ECO

Ultrasonido pulso-eco

Se emiten pulsos de ultrasonido y se esperan reflexiones las cuales pueden proceder de superficies posteriores (palpadores normales) o de discontinuidades, por lo tanto en un osciloscopio mediante el principio piezoeléctrico aparecen ecos de fondo para cada reflexión.

Figura 22. Inspección ultrasónica por pulso-eco



Fuente: análisis predictivo, SKF