

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Diseño de Plan de Mantenimiento para Taller de Equipos
Agrícolas; Sección Bombas de Riego"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Félix Alberto Parra Gómez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el esfuerzo, dedicación y apoyo brindado durante toda mi vida.

A mi familia, mi Esposa y mis Hijos, quienes me estimulan cada día para ser un mejor ser humano.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Walter Gamarra

VOCAL

Ing. Gonzalo Zabala

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Examen Complexivo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Félix Alberto Parra Gómez

RESUMEN

El objeto de estudio es el Taller de equipos agrícolas de un Ingenio Azucarero, en el que no existen prácticas de mantenimiento preventivo, no existe un histórico de las reparaciones realizadas y en ocasiones no se cuenta con centros de costos correspondientes a los equipos. Durante el proyecto se trabajó específicamente en la sección Bombas de Riego. Esta sección cuenta básicamente de equipos de bombeo, Bombas de presión y de caudal acopladas a motores de combustión interna funcionando continuamente. El objetivo del proyecto es lograr diseñar un Plan de Mantenimiento que se ajuste al escenario de Operación de equipos que están en constante movimiento, bajo condiciones climáticas y trabajo extremos. Este Plan de Mantenimiento nos permite implementar mejores prácticas en el mantenimiento de la maquinaria, obtener costos de mantenimiento y respaldar las decisiones técnicas tomadas en cuanto a la administración del mantenimiento.

La metodología a seguir fue la lectura de manuales de mantenimiento existentes o la búsqueda de manuales para equipos de similares características y en conjunto con la experiencia adquirida en el campo, se logró diseñar un Plan de Mantenimiento preventivo. Se utilizó herramientas especializadas, dispositivos de monitoreo y reportes de análisis de aceite usado.

Al final del proyecto se implementó un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos de riego, con la obtención de los costos de mantenimiento y reparación de la maquinaria. Se utilizó varios repuestos disponibles en Bodega hace algún tiempo optimizando recursos. Se implementó la utilización de ciertos dispositivos de monitoreo, se utilizó los reportes de Análisis de aceite usado para la programación del mantenimiento y reparación en los motores de combustión interna.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. MARCO TEORICO.....	3
1.1. Motores de Combustión Interna.....	3
1.2. Motores de Encendido por chispa.....	3
1.3. Motores de Encendido por compresión (Diésel).....	4
1.4. Motores Estacionarios.....	5

1.5. La Lubricación en los Motores Diésel.....	6
1.6. Clasificación de los Lubricantes.....	7

CAPITULO 2

2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	11
2.1. Tipos de Mantenimiento.....	12
2.1.1. Mantenimiento Correctivo.....	12
2.1.2. Mantenimiento Preventivo.....	13
2.2. Técnicas Organizativas del Mantenimiento Avanzado.....	13
2.2.1. Mantenimiento Según Estado.....	13
2.2.2. Mantenimiento en Producción (TPM).....	16
2.2.2.1. Implantación de TPM.....	17
2.3. Mantenimiento Predictivo.....	18
2.4. Mantenimiento Predictivo Basado en Análisis de Aceite.....	18
2.5. Técnicas de Análisis Predictivos de Aceite. Tribología.....	19

CAPITULO 3

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	22
3.1. Equipos de la Sección Bombas de Riego.....	22
3.2. Prácticas de Mantenimiento.....	23
3.3. Identificación de Problemas.....	24

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL TALLER DE EQUIPOS AGRÍCOLAS, SECCIÓN BOMBAS DE RIEGO.....	27
4.1. Identificación de equipos a incluir en el Plan de Mantenimiento..	27
4.2. Distribución del Trabajo de Mantenimiento en el Taller.....	31
4.3. Diseño del Plan de Mantenimiento.....	33
4.4 Frecuencia del Mantenimiento.....	34
4.5 Control de la Gestión de Mantenimiento.....	36
4.6 Mantenimiento predictivo basado en el análisis de aceite usado..	37

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
5.1. Conclusiones.....	39
5.2. Recomendaciones.....	41

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AGMA	American Gear Manufacturers Association
API	American Petroleum Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GMAO	Gestión del mantenimiento asistida por ordenador
ISO	International Organization for Standardization
RCM	(Reliability Centered Maintenance) Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad
SAE	Society of Automotive Engineers
TAN	Total Acid Number
TBN	Total Basic Number
TPM	(Total Productive Maintenance) Mantenimiento Productivo Total

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
lb/pulg ²	Libras/pulgada cuadrada
KPa	Kilo Pascal
pie/min	Pie/minuto
m/s	metro/segundo
CO	Monóxido de Carbono
Bhp	Brake Horse Power (Potencia al freno)
cSt	Centi Stokes (Viscosidad Cinemática Americana a 40 y 100°C)
SSU	Saybolt Seconds Universal (Viscosidad Cinemática a 100 y 210°F)
Fe	Hierro
Cu	Cobre
Cr	Cromo
Al	Aluminio

SIMBOLOGÍA

Pb Plomo

Si Sílice

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Comparativos de viscosidad entre lubricantes.....	10
Figura 3.1.	Equipo de Bombeo Portátil.....	22
Figura 4.1.	Maestro de Maquinaria.....	27
Figura 4.2.	Maestro de Maquinaria (Motores).....	29
Figura 4.3.	Maestro de Maquinaria (Bombas).....	30
Figura 4.4.	Codificación de los Equipos.....	31
Figura 4.5.	Check List Motores.....	34
Figura 4.6.	Ruta de Lubricación Motores.....	35
Figura 4.7.	Orden de Trabajo.....	36
Figura 4.8.	Seguimiento órdenes de Trabajo.....	37
Figura 4.9.	Reporte de Análisis de Aceite Usado.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Familias de Elementos en Motores Diésel.....	21
------------	--	----

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se ha desarrollado en el Taller Agrícola de una Industria Azucarera, específicamente en la sección Bombas de Riego que cuenta con una cantidad considerable de motores de Combustión interna acoplados a bombas de presión o de caudal, estos equipos son utilizados para el riego de la caña de azúcar en el campo. En éste Taller solo se realizaban labores de mantenimiento correctivo, de tal manera que es imperativo organizar, diseñar e implantar un Plan de mantenimiento acorde a la operación de éste tipo de taller.

Tomando en cuenta los equipos con los que se cuenta en la sección, primeramente se realiza una pequeña descripción de los motores de combustión interna haciendo énfasis en uno de los consumibles más importantes que se utiliza, el lubricante.

Posteriormente se trata la teoría del mantenimiento, tipos existentes y las diferentes técnicas organizativas disponibles. Se hace un estudio especial del Mantenimiento Predictivo basado en el Análisis de aceite; tomando en consideración los resultados obtenidos.

Con estos detalles, se diseña e implementa un Plan de Mantenimiento, basado en un mix de Técnicas organizativas como son el Mantenimiento de estado y el Mantenimiento Productivo Total o TPM. Además de utilizar un

software de mantenimiento con el que se dispone para administrar el mantenimiento y las reparaciones de la maquinaria.

También se implementa la utilización de los Análisis de aceite usado para respaldar los requerimientos de reparaciones en los motores y controlar el mantenimiento realizado por el personal de mecánicos.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEORICO

1.1 Motores de Combustión Interna

En los motores de combustión interna del tipo de pistón, se supone que el proceso de combustión ocurre a volumen constante, a presión constante o por alguna combinación de ambos. El proceso a volumen constante es característico del ciclo de encendido por chispa o “de Otto”; el de presión constante sólo se encuentra en el ciclo de baja velocidad de encendido por compresión o “de Diésel”.

1.2 Motores de Encendido por Chispa

En este tipo de motores se utilizan líquidos volátiles o gases como combustible, se tienen relaciones de compresión entre 6:1 y 12:1 (limitadas por la detonación en la combustión de la mezcla aire-combustible) y presiones de compresión desde menos de 150 hasta más de 300 lb/pulg² (1034 a 2068 KPa), se emplean carburadores o sistemas de inyección del combustible, y trabajan según el ciclo Otto. La gasolina es el combustible que más se utiliza en este tipo de motores.

1.3 Motores de Encendido por Compresión (Diésel)

En este tipo de motores se emplean combustibles líquidos de baja volatilidad, que varían desde combustóleo y destilados hasta petróleo crudo, se tienen relaciones de compresión entre 11.5:1 y 22:1 y presiones de compresión de 400 a 700 lb/pug² (2760 a 4830 KPa), y trabajan según el ciclo de Diésel. En general no se usan dispositivos de encendido, aunque los motores de más baja relación de compresión y cámaras múltiples pueden requerir auxiliares en el arranque.

Las ventajas son bajo consumo específico de combustible, elevada eficiencia térmica a cargas parciales, un posible costo más bajo del combustible, emisión baja de CO y de hidrocarburos con cargas bajas y moderadas, y excelente durabilidad.

En el ciclo de cuatro tiempos se requieren cuatro carreras del pistón o dos revoluciones del cigüeñal por ciclo. Este ciclo se usa casi en exclusiva en los motores de automóviles, tractores y aviones, en todos los tipos y tamaños, y también en motores de otras clasificaciones, excepto en la mayor parte de los de fuera de borda.

Regularmente se emplean soplores o compresores impulsados mecánicamente o por una turbina, accionada a su vez por los gases

de escape, para suministrar aire suficiente para que ingrese al cilindro y, en algunos casos para supercargar el motor.

1.4 Motores Estacionarios

Los motores estacionarios pueden ser del ciclo Otto o de Diésel, utilizan combustibles líquido o gaseoso y aplican el ciclo de dos o de cuatro tiempos. La salida de potencia llega a ser hasta de 48000 bhp por motor, aproximadamente. En los tamaños más grandes los cilindros se forman de varias partes, como son las camisas y los pistones que para los motores diésel tienen generalmente tres anillos (rines) pudiendo llegar a tener cuatro.

Por lo común, los motores estacionarios operan a velocidad constante y se regulan por estrangulación de la carga de combustible, en los del ciclo Otto, y al variar la cantidad de combustible inyectado, en los Diésel.

Se aplican relaciones de compresión tan bajas como 6:1 con los motores de encendido por chispa, y en los de encendido por compresión, tan bajas como 12:1.

Generalmente, los motores de éste tipo se construyen con 1 hasta 12 cilindros, en línea vertical, o con una disposición del tipo en V, hasta con 16 o más cilindros.

1.5 La Lubricación en los Motores Diésel

Un lubricante líquido apropiado tiene una importancia extrema para que la operación de un motor de combustión interna sea satisfactoria; evita el desgaste excesivo y la acumulación de depósitos, así como elimina el calor de las zonas del motor es las que la temperatura es relativamente alta.

La mayor parte de los aceites para motores se componen de aceite base y aditivo. Por lo general, los aceites base son minerales, pero algunos son sintéticos. Se incorpora aditivos químicos en las formulaciones de los aceites para motores, con el fin de lograr características deseables de rendimiento que no proporcionan los aceites base por sí solos.

Tanto las propiedades físicas como las químicas de un aceite para motores afectan su rendimiento. La propiedad física principal que interviene es la viscosidad; ésta debe ser lo suficientemente baja a temperaturas bajas, como para que se pueda hacer girar y arrancar el motor, y lo bastante alta a temperaturas elevadas como para suministrar una película adecuada de aceite entre las superficies que tienen contacto. También se necesita una viscosidad suficientemente alta para ayudar a evitar un consumo excesivo de aceite a temperaturas elevadas. Otra propiedad física que afecta el consumo

es la volatilidad; el consumo puede ser alto hasta límites indeseables con un aceite de volatilidad excesiva. La viscosidad también puede modificarse por medio de aditivos.

Los aditivos químicos realizan también otras funciones en un aceite para motores. Por ejemplo los inhibidores de la oxidación reducen la degradación por oxidación y térmica, que puede conducir a que se formen depósitos de barniz y sedimentos, hasta un espesamiento excesivo. Los aditivos detergentes-dispersantes suspenden los productos insolubles que se forman durante la operación del motor, de modo que pueda extraerse de éste al purgar el aceite usado. Los agentes anti desgaste ayudan a proteger las superficies metálicas que se encuentran en contacto, en especial las sujetas a lubricación límite. Los agentes antiespumantes evitan la formación de espuma y el arrastre de aire, y sus efectos adversos sobre la presión del aceite y la transferencia del calor. Los inhibidores de herrumbre eliminan la formación de productos de corrosión sobre las superficies ferrosas y reducen el desgaste corrosivo. Los agentes reductores de fricción bajan la fricción límite.

1.6 Clasificación de los Lubricantes

Las propiedades que requiere un lubricante dependerán del uso al que se destine, variando mucho de unas necesidades a otras, por esta

razón existe una gran variedad de lubricantes y sistemas de clasificación.

A continuación se mencionará las clases de lubricantes, desarrollando aquellas que se serán requeridas para éste trabajo:

- **Clasificación ISO.** (1975; # que identifica la viscosidad en cSt a 40°C.)
- **Clasificación AGMA.**(engranajes; # 1 la 13; viscosidad en SSU a 100°F -cSt a 37.8°C-)
- **Clasificación ASTM.** (engranajes; en desuso tras el vigor de la ISO)

Clasificación SAE.

La SAE clasifica los aceites para motores tomando en cuenta su viscosidad.

La viscosidad se mide a 104°F (40°C) y a 210°F (100°C); los números de viscosidad SAE 5W, 10W y 20W están relacionados con mediciones a 104°F (40°C), y los SAE 30,40 y 50 con mediciones a 210°F (100°C). Los aceite multigrados, como SAE 5W20 y el SAE 10W30, son los que tienen características de viscosidad que satisfacen los requisitos correspondientes a ambas temperaturas.

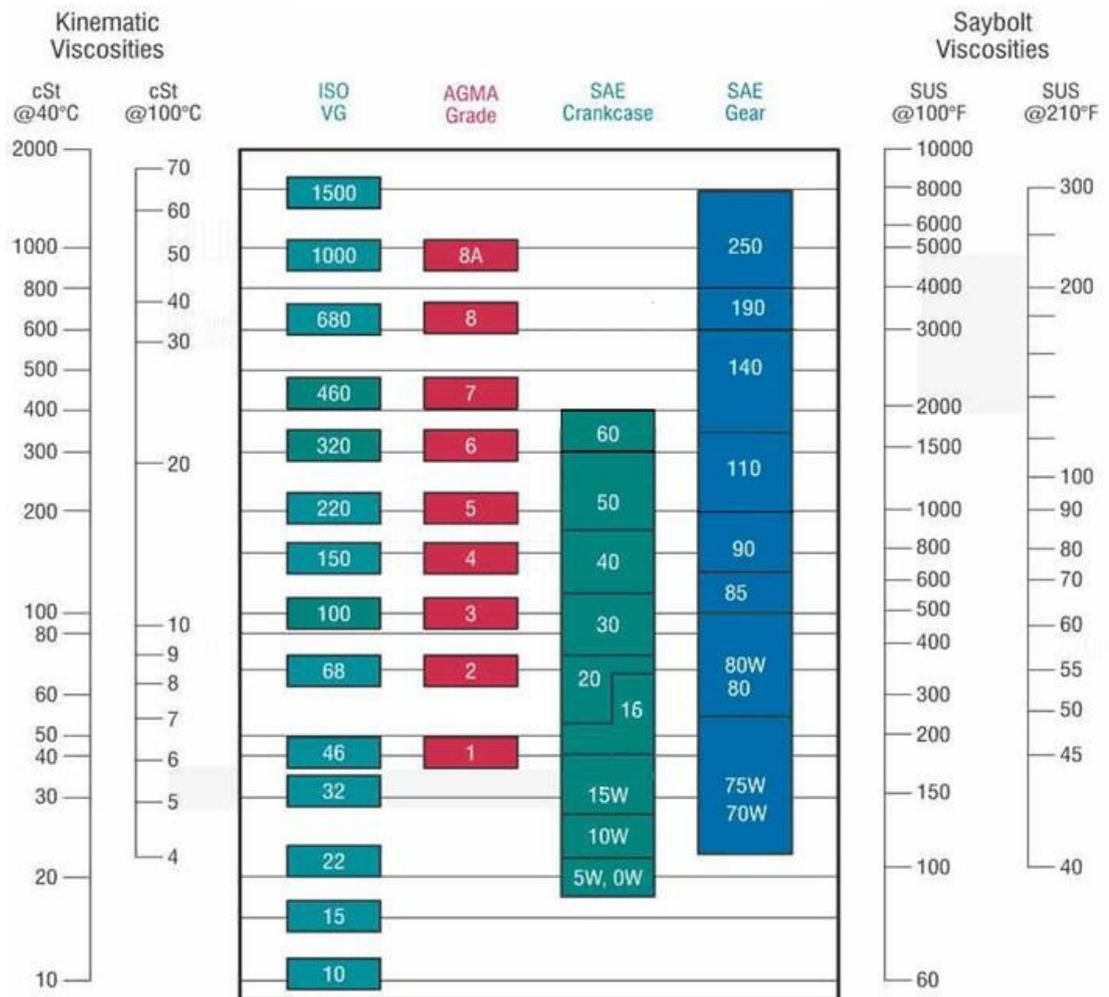
Clasificación API.

Por otro lado ésta clasificación divide a los lubricantes tomando en cuenta su nivel de calidad, incluyendo aceites para motores que comprenden calidades desde la de un aceite mineral puro, hasta los requeridos en el servicio severo de autobuses de pasajeros y camiones de servicio pesado. Las designaciones por letras con SL y SM se aplican para motores gasolina, en función de la segunda letra del alfabeto especificada es de mejor calidad; por otro lado las designaciones por letras como CI y CJ se aplican para motores a diésel, tomando en cuenta el mismo criterio.

En la Figura 1.1 se puede observar comparaciones entre las clasificaciones de viscosidad mencionadas.

FIGURA 1.1

COMPARATIVOS DE VISCOSIDAD ENTRE LUBRICANTES



Cortesía de CITGO Lubricants.

CAPÍTULO 2

2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento industrial es un campo de la Ingeniería de gran interés y con una amplia repercusión económica, tal como lo justifica el hecho de que en las sociedades industriales los costos de mantenimiento constituyen un porcentaje apreciable del costo de producción.

Aunque el enfoque científico del mantenimiento data sólo de unas pocas décadas, ha logrado un importante desarrollo en su concepción, metodología y niveles de aplicación. De la mera reparación de las averías surgidas en máquinas, vehículos y equipos, ha pasado a constituir un sistema complejo de gestión optimizada de recursos técnicos y organizativos que corrige, previene y predice tales averías, garantizando la disponibilidad, fiabilidad y utilización eficiente de las instalaciones, siempre dentro del cumplimiento de criterios de seguridad, calidad y compatibilidad medio-ambiental. Se trata por tanto de una actividad complicada y amplia, cuyo tratamiento formal precisa de enfoques rigurosos y multidisciplinarios.

A continuación se tratará de desarrollar contenidos de gran interés en la práctica del mantenimiento moderno: los aspectos técnicos

asociados al mantenimiento predictivo, el análisis de la productividad de las acciones de mantenimiento, y la integración de las certificaciones de calidad y medio ambiente desde la óptica del mantenimiento.

La importancia de la trazabilidad de los equipos industriales y de su soporte documental, como base del conjunto de responsabilidades técnicas. Sin dejar de mencionar a la gestión del mantenimiento asistida por ordenador, GMAO, como el elemento necesario y eficiente de ayuda al tratamiento integrado del conjunto de acciones estratégicas, tácticas y operativas que comprende la gestión del mantenimiento industrial actual.

2.1 Tipos de Mantenimiento

2.1.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo, conocido como reparación de fallos, tiene dos divisiones a un nivel inferior:

- Mantenimiento Programable (o diferido)
- Mantenimiento inmediato (o urgente)

2.1.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, a su vez, se subdivide en sólo dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento basado en condición (o Predictivo), se define como las acciones de mantenimiento llevadas a cabo en función de unos parámetros o variables medidas y las que se desconoce su evolución.
- Mantenimiento predeterminado (o preventivo sistemático)

2.2 Técnicas Organizativas del Mantenimiento Avanzado

El RCM es una técnica que nos ayuda a replantear todo nuestro mantenimiento con base en la fiabilidad o análisis de fallos y utiliza, entre otras y como táctica de mantenimiento tras el análisis de dichos fallos, la tecnología de mantenimiento llamada Predictivo. TPM es otra técnica organizativa, basada en transferir a producción gran parte (o todas) las actividades de mantenimiento.

2.2.1 Mantenimiento Según Estado

Una forma de establecer lo que debemos hacer en cada máquina o instalación puede consistir en llevar a cabo inspecciones regulares, de frecuencia corta y realizadas por personal muy experimentado que, a

la vista de la situación del elemento y su funcionamiento, programen y definan que preventivo hay que realizar. Este tipo de mantenimiento (llamado a veces de entretenimiento), se ha aplicado siempre como medida preventiva y, en un extremo en cuanto a tecnificación y sensorización automatizada, sería un mantenimiento monitorizado sin intervención humana.

El personal técnico que realiza las inspecciones periódicas tiene que ser muy experimentado y conocedor de las instalaciones, los equipos y sus modos de fallo. Su responsabilidad será la de definir el procedimiento operativo preventivo a la medida y las acciones que se llevarán a cabo, como:

- Realizar un Orden de Trabajo preventiva para reparar la anomalía detectada (ruido, calentamiento, mal funcionamiento, etc.)
- Reconfigurar el proceso productivo aplicando sistemas de derivación, puestas fuera de servicio de la máquina o elemento deteriorado y actuación paralela; etc.
- Poner fuera de servicio el elemento con síntomas de avería, anulando su funcionalidad en espera de la intervención correctiva, antes de que la avería sea más catastrófica.

A la postre, esta programación del mantenimiento condicionada al peritaje o instrucción de un experto es, en parte, lo que el modelo japonés de TPM aboga, pasando la responsabilidad y el mantenimiento del primer nivel al operador de la maquinaria.

El hecho de que este mantenimiento según estado se encomiende a personas experimentadas, en la confianza de que dicha experiencia y conocimientos dará luces sobre futuras intervenciones necesarias, no quiere decir que se deje a la subjetividad de los mismos, para esto se debe elaborar fichas de las visitas, para que estas intervenciones rutinarias aporten conocimiento del material y las instalaciones, y nos ayuden a establecer un programa de intervenciones sistemáticas asociadas.

Muchos autores llaman a esta forma de trabajo Mantenimiento preventivo flexible, muy usualmente puesto en práctica cuando es imposible respetar una periodicidad constante o cuando la misma vemos que no es eficiente, pero no tenemos la posibilidad de rehacer el plan de mantenimiento por falta de datos, experiencia, personal, etc. Este método operativo es muy útil para el establecimiento del programa de mantenimiento sistemático, pues, partiendo de los consejos y manuales del constructor, y en tanto en cuanto tenemos experiencia para ver cómo se comporta la máquina, se pueden llevar a

cabo inspecciones que nos ayuden a definir intervenciones, su periodicidad y la guía de trabajo.

2.2.2 Mantenimiento en Producción (TPM)

El término TPM fue definido en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas y se desarrolló sobre todo en la Industria del automóvil, implementándose en empresas como Toyota, Nissan y Mazda. Posteriormente se intentó trasladar a otros sectores industriales aunque con resultados desiguales. Así pues, desde finales de la década de 1980 se ha intentado extender a Estados Unidos y Europa.

El TPM es un sistema de gestión del mantenimiento que se basa en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica responsabilidad conjunta de todos los empleados, sobre todo de los técnicos y operarios. Para ello, es necesario que se fomente el trabajo en equipo, la motivación y el estímulo, además de la coordinación entre ambos departamentos.

A continuación se listará algunas de las ventajas y mejoras que se pueden obtener de una adecuada implantación del TPM:

- Reducción del número de averías de los equipos

- Reducción del tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo
- Aumento del control de herramientas y equipos
- Conservación del medio Ambiente y ahorro de energía
- Mayor formación y experiencia de los recursos humanos

El TPM se basa, según las definiciones acuñadas en Japón, en los principios de “las cinco S” que significan lo siguiente:

- Seiri Organización y clasificación
- Seiton Orden
- Seiso Limpieza e inspección
- Seiketsu Estandarización o normalización
- Shitsuke Cumplimiento o disciplina

2.2.3.1 Implantación de TPM

La implantación del TPM debe basarse, en la participación de los agentes involucrados. A nadie debe ocurrírsele plantear una puesta en marcha de un sistema como éste, fundamentado en transmitir la responsabilidad a producción, sin una total claridad de los objetivos marcados y sin darse a esta área la máxima participación posible atendiendo a sus propuestas.

2.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es aquella metodología que basa las intervenciones en la máquina o instalación sobre la que se aplica, en la evolución de una determinada variable que sea realmente identificadora de su funcionamiento y fácil de medir.

La diferencia entre el mantenimiento sistemático y preventivo, es que mientras el primero planifica intervenciones de forma constante y con base en una periodicidad concreta, el segundo no define ninguna periodicidad, si no que aconseja el lanzamiento de una orden de trabajo preventiva cuando la variable medida comienza a encontrarse en una zona de peligrosidad funcional de la máquina y por supuesto antes de que se produzca un fallo catastrófico.

2.4 Mantenimiento Predictivo Basado en Análisis de Aceite

El mantenimiento predictivo basado en los análisis químicos de aceites y de las partículas que tienen los mismos en suspensión, es un método extremadamente útil y lamentablemente, poco extendido en nuestro entorno de mantenimiento industrial.

Muchos son los laboratorios que con equipamiento, experiencia y metodología, son capaces de ayudarnos a establecer criterios de aceptabilidad y rechazo en estos aceites y sus partículas en suspensión. De tal manera que pueden ayudarnos a determinar no sólo los períodos óptimos de sustitución, sino las causas que están originado su degradación y contaminación.

2.5 Técnicas de Análisis Predictivos de Aceites. Tribología

Un método de mantenimiento predictivo muy utilizado debido a la relativa facilidad en la interpretación de resultados y su relativo bajo costo de implantación, es el análisis de lubricantes.

Según diversos estudios, aproximadamente el 70% de los fallos catastróficos que originan que elementos mecánicos queden fuera de uso, se debe al desgaste, bien sea por fricción semiseca durante largo tiempo o seca y límite.

Cuando el sistema a implantar va encaminado a detectar tamaños de partículas y concentraciones de las mismas (normalmente férricas), la técnica utilizada es la ferrografía, cuya filosofía se basa en la precipitación magnética de las partículas ferrosas como paso previo a un análisis de las mismas (por contador de partículas, por ferrógrafo analítico o por ferrógrafo de lectura directa). Hasta 10 μm suelen considerarse niveles o tamaños normales de partículas en suspensión,

por debajo de estos tamaños la ferrografía no suele ser útil y debe utilizarse la espectrometría.

Para el caso de detección de la procedencia de la anomalía, otra técnica utilizada es la espectrometría, que, como es conocido, se basa en la intervención de la radiación electromagnética de las diversas materias, pues cada metal o elemento se caracteriza por unas longitudes de onda, denominadas bandas de absorción, que hacen fácil la identificación y diferenciación entre unos componentes y otros.

Frecuentemente la causa de la falla se presenta por sí misma en el análisis de aceite, haciendo del ejercicio de la interpretación algo simple. La contaminación por agua explica la presencia de óxidos rojos, mientras que las partículas de tierra compuestas de Silicio es con frecuencia la causa de desgaste de corte y plaquetas. Otras causas de falla que pueden definir en modo de desgaste incluyen el uso equivocado para la aplicación, alto AN, dilución por combustible, agotamiento de aditivos y oxidación del aceite.

En la Tabla 2.1 se muestran combinaciones especiales de metales de desgaste que se presentan en los motores de combustión interna que utilizan como combustible el diésel.

Tabla 2.1. Familias de elementos en Motores Diésel

Resultado Analizado	Causas de desgaste excesivo		Combinación de elementos	Probable localización del problema
Partículas de desgaste en exceso	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada de tierra (2 a 6, 8) • Ingreso de agua (1,3 a 7) • Ingreso de comb. (3,4,6) • Manejo inadecuado del lubricante (1,2,6,8) • Mantenimiento inadecuado (1,3,5) 	1	Fe	Engranajes de tiempo, árbol de levas, balancín
		2	Fe, Cr, Al	Camisa, Pistón , anillos
		3	Cu, Pb	Metal de cojinete, árbol de levas, bujes
		4	Fe, Cu, Pb	Metal de cojinete, árbol de levas, bujes
		5	Fe, Cr	Camisa, anillos
		6	Fe, Cu, Cr, Al, Pb	Metal de cojinete, camisa, anillos, pistón
		7	Cu	Enfriador de aceite
		8	Al	Pistón de Aluminio, rodamientos de turbo

Cuando se detectan Al y Si, hay contaminación por tierra en el aceite

Además de las partículas en el lubricante, el análisis propio del aceite y su comparación con características originales, es un índice claro predictivo para localizar fallos en una máquina, a continuación se detallan:

- Viscosidad
- Índice de Viscosidad
- Contaminación (agua u otros componentes químicos)
- Disolución por combustible (no más del 2,5%)
- Carbonilla
- Oxidación
- Nitruración
- Acidez (TAN -Total Acid Number-)
- Basicidad (TBN –Total Base number-)

CAPÍTULO 3

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Equipos de la Sección Bombas de Riego

Al llegar al Taller de bombas de riego, lo primero que se hizo fue reconocer los equipos con los que se contaba en la sección, los cuales eran básicamente: motores de combustión interna (diésel) de varias marcas, bombas de presión, bombas de caudal y bombas de pozo profundo con sus respectivos cabezales de transmisión y accesorios. Los equipos mayormente se ven como se indica en la Figura 3.1.

FIGURA 3.1. Equipo de Bombeo Portátil



La gran mayoría del personal encargado del mantenimiento de los equipos en el Taller tiene conocimientos técnicos y varios años de experiencia, pero es notoria la desorganización. Existen varios grupos de mecánicos que trabajan en el Taller encargándose de las reparaciones mayores requeridas, mientras que dos Grupos de mantenimiento, de dos a tres personas, divididos en dos vehículos se encargan de las labores de mantenimiento y reparaciones leves en el campo.

3.2 Prácticas de Mantenimiento

Cuando se consultó sobre las labores de mantenimiento, se encontró los siguientes detalles a tomar en cuenta para el diseño de un Plan de Mantenimiento:

- Se realiza mantenimiento mayormente correctivo, pues se repara o cambia los elementos que presentan fallos en los diferentes equipos.
- No se lleva un control de las horas trabajadas por los equipos, pues el Grupo de mantenimiento asignado no ingresa, ni toma en cuenta las horas indicadas por el horómetro instalado en los motores cuando realiza sus recorridos.

- No existe registros de las novedades encontradas en los equipos laborando en el campo para la planificación del mantenimiento a realizar posteriormente.
- No se cuenta con un historial de los equipos que fueron reparados en el Taller.
- No hay disponibilidad de un Software de Mantenimiento asistido por un ordenador/computador.
- Cuando se requiere retirar algún repuesto de la Bodega General, éstos no se cargan necesariamente al código contable correspondiente, en su lugar se carga el o los repuestos a cualquier código contable de la sección.
- La existencia de manuales de partes y de mantenimiento de los equipos es escasa o no existe.
- Los proveedores de consumibles, como es el caso de las baterías, lubricantes y filtros no prestan ningún servicio de post venta. Hace falta capacitación básica para el personal técnico y para los operadores de los equipos.

3.3. Identificación de Problemas

Luego de conocer al personal con el que se trabajará, hacer un recorrido a la maquinaria con la que se cuenta y conocer un poco más

sobre las condiciones de trabajo de los equipos en el campo, se ha identificado los siguientes problemas:

- El personal no cuenta con una organización en cuanto a sus labores, es decir no están plenamente identificadas las jefaturas y las responsabilidades que cada uno de ellos en el Taller.
- Al taller le hace falta orden y limpieza en cuanto a las herramientas y los puestos de trabajo.
- No se utiliza ciertas herramientas disponibles por desconocimiento o por negligencia.
- Existe mucho descontrol en cuanto a la asistencia del personal a laborar.
- Los dos vehículos de mantenimiento, junto con su personal asignado, realizan el recorrido de las máquinas al azar, es decir que salen desde el taller sin conocer la ubicación exacta de la maquinaria, de tal manera que dan mantenimiento de los equipos que se encuentran en el camino.
- Los vehículos de mantenimiento se encuentran en mal estado mecánico y no cuentan con los equipos/herramientas necesarios para las labores que se les asignan.
- Solo se ha creado códigos contables para los motores de combustión interna, de tal manera que si generan gastos en el

mantenimiento de las bombas acopladas a los éstos, esos valores de repuestos y mano de obra son cargados al motor.

- En la Bodega General existe un mismo repuesto de marcas diferentes, con diferentes números de parte, esto provoca confusión en el personal y baja rotación de los repuestos.
- Los equipos son operados en el campo por personal que pertenece a otros Departamentos y no existe una capacitación básica sobre su manejo y cuidado.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TALLER DE EQUIPOS AGRÍCOLAS; SECCIÓN BOMBAS DE RIEGO

4.1 Identificación de Equipos a incluir en el Plan de Mantenimiento

Para el diseño del Plan de mantenimiento sólo se tomará en cuenta los motores Diésel acoplados a bombas destinados al riego de la caña de azúcar o al drenaje de los canales en la época de invierno.

Aclarando esto, se puede asegurar que el Taller, en la sección Bombas de Riego tiene creados 165 códigos de mantenimiento y contables como se muestra en la Figura 4.1.

FIGURA 4.1 Maestro de Maquinaria

SECCION BOMBAS DE RIEGO			MOTOR				POTENCIA	AÑO FABRIC.
CODIGO			DESCRIPCION DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL MAQ.	POTENCIA	AÑO FABRIC.
03	006	060	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05520	130 Hp	1987
03	006	061	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05521	130 Hp	1987
03	006	062	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05522	130 Hp	1987
03	006	063	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05523	130 Hp	1987
03	006	064	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05524	130 Hp	1987
03	006	065	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05525	130 Hp	1987
03	006	066	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05526	130 Hp	1987
03	006	067	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05527	130 Hp	1987
03	006	068	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05528	130 Hp	1987
03	006	069	BOMBA DE RIEGO	CATERPILLAR	3306	64Z-05529	130 Hp	1987

Se puede notar que el listado tiene errores pues toma en cuenta a los equipos como Bombas de Riego, sin identificar que existen dos dispositivos acoplados totalmente diferentes en cuanto a su funcionamiento, mantenimiento, reparación y costos como son:

- Motor de combustión interna a Diésel
- Bombas de presión, caudal o de Pozo profundo según sea el caso.

Hasta el momento todos los costos de mantenimiento y reparación son cargados al código creado para el motor, lo cual distorsiona totalmente la información que será de utilidad para el diseño del Plan de Mantenimiento deseado.

Se procede a realizar un inventario físico de toda la maquinaria, para recabar la información necesaria y lograr la creación de los códigos requeridos para la Implementación del diseño.

Luego del inventario se obtuvo los siguientes datos para los equipos con los que cuenta el Taller:

- 165 Motores que se dividen en: 123 motores acoplados a bombas de presión o de caudal y 42 motores estacionarios para estaciones de drenaje o Bombas de Pozo profundo. Las

marcas de los diferentes motores en su mayoría son Caterpillar, Deutz y John Deere.

- 165 bombas divididas de la siguiente manera: 123 Bombas de presión y caudal de las marcas Jacuzzi, Cornell, IHM e Hidromac; 36 Bombas de pozo profundo de las marcas Jacuzzi, Colbombas, American Marsh, National Pump y 6 Bombas de Caudal para drenaje marca Delta Delfini, IHM.

Como se observa en la Figura 4.1, el código 03 identifica a la maquinaria del Taller Agrícola; el número 006 identifica a las Bombas de Riego y el tercer número de hasta tres dígitos se refiere al número que identifica al motor.

Para no confundir al personal técnico y administrativo del taller, ya acostumbrado a la codificación, además de tomar en consideración que los equipos más críticos de la Sección Bombas de Riego son los motores de combustión interna, se mantendrá la codificación anterior, haciendo un cambio en la Descripción del equipo a “Motor de Equipo de Bombeo” como se muestra en la siguiente Figura 4.2.

FIGURA 4.2. Maestro de Maquinaria (Motores)

SECCION BOMBAS DE RIEGO -MOTORES			MOTOR			
CODIGO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL MAQ.	POTENCIA	AÑO FABRIC.
03 006 060	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05520	130 Hp	1987
03 006 061	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05521	130 Hp	1987
03 006 062	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05522	130 Hp	1987
03 006 063	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05523	130 Hp	1987
03 006 064	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO (FABR.)	CATERPILLAR	3306	64Z-05524	130 Hp	1987
03 006 065	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05525	130 Hp	1987
03 006 066	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO (TANQ.)	CATERPILLAR	3306	64Z-05526	130 Hp	1987
03 006 067	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05527	130 Hp	1987
03 006 068	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05528	130 Hp	1987
03 006 069	MOTOR DE EQUIPO DE BOMBEO	CATERPILLAR	3306	64Z-05529	130 Hp	1987

En cuanto a las Bombas se crea una nueva codificación; manteniendo el código 03 para los equipos del Taller Agrícola, se utilizará el código 034 para identificar a la Bomba de Riego y se mantendrá el número del motor correspondiente como se muestra en la Figura 4.3. De ésta manera se podrá obtener las horas de trabajo de las bombas con la ayuda del horómetro instalado en los motores.

FIGURA 4.3. Maestro de Maquinaria (Bombas)

SECCION BOMBAS DE RIEGO - BOMBAS			BOMBA				
CODIGO			DESCRIPCION DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL MAQ.	AÑO FABRIC.
03	034	060	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	WOL561	1987
03	034	061	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	SVE20116	1987
03	034	062	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	15APR87.050	1987
03	034	063	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	WOA916	1987
03	034	064	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL	(SIN MODELO)	65801-14.75	1987
03	034	065	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL		5HE-UD554	1987
03	034	066	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	15APR87.047	1987
03	034	067	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	WOL562	1987
03	034	068	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	15APR87.045	1987
03	034	069	BOMBAS DE RIEGO	JACUZZI	(SIN MODELO)	15APR87.049	1987
03	034	071	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL	(SIN MODELO)	107280 15.25	1987
03	034	078	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL	(SIN MODELO)	67725 14.75	1990
03	034	080	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL	(SIN MODELO)	67727 14.75	1990
03	034	081	BOMBAS DE RIEGO	CORNELL	(SIN MODELO)	65805 14.75	1990

Una vez que se ha concluido la codificación e identificación de la maquinaria, se le comunica al personal sobre los cambios para aclarar cualquier duda, a la vez que se da las indicaciones para que se proceda a marcar con pintura toda la maquinaria para lograr identificarla y los técnicos se familiaricen con los códigos. Estos

códigos mencionados deberán ser visibles en los equipos, como se muestra en la Figura 4.4.

FIGURA 4.4. Codificación de los Equipos



4.2. Distribución del Trabajo de Mantenimiento en el Taller

Se cuenta con 4 Maestros mecánicos en el Taller, incluido el Maestro Mecánico Jefe de Sección, uno de ellos será el responsable del mantenimiento que se realiza fuera del Taller, tendrá a cargo los dos vehículos con los que cuenta la sección y al personal (3 mecánicos) para ésta labor. Los dos vehículos se dividirán la maquinaria laborando en el campo geográficamente, es decir se dividirá la extensión del terreno en dos partes y cada uno de los grupos trabajando en los vehículos deberá documentar sus recorridos de

mantenimiento para cada equipo visitado, con la ayuda de un Check List.

Los Maestros que permanezcan en el Taller serán los responsables de las labores de mantenimiento mayores y reparaciones de los equipos que ingresen a éste.

El Maestro Mecánico Jefe de Sección dividirá sus labores entre la supervisión y control de los trabajos en el Taller y la de los dos camiones laborando en el campo, según se presente el requerimiento. A demás de reportar y organizar con el Supervisor de Equipos Agrícolas el mantenimiento de la maquinaria y el control del personal.

Todo el personal de mecánicos que requiera de algún repuesto para el mantenimiento o reparación de un equipo, deberá solicitar la respectiva Orden de Trabajo y la requisición de materiales con el código del equipo, diferenciando si es para utilizar en el motor o en la bomba, además del valor del horómetro del motor.

Los operadores de los equipos no pertenecen al Taller, por este motivo se ha solicitado al Departamento de Campo y a la Gerencia del taller, que éstos sean capacitados por parte del personal de mecánicos, para que de ésta manera ellos puedan entender de mejor manera el funcionamiento del equipo, evitar negligencia en la

operación y para que tengan el conocimiento necesario para realizar cualquier labor sencilla de mantenimiento; como por ejemplo:

- Revisar niveles de fluidos: aceite y refrigerante.
- Identificación y lectura de indicadores como de temperatura, presión de aceite, voltaje de las baterías, tacómetro, etc.
- Lubricación/engrase de cojinetes
- Inspección visual e identificación de ruidos extraños en el equipo

4.3. Diseño del Plan de Mantenimiento

Con la codificación de la maquinaria lista, la distribución del trabajo organizada para los mecánicos en el Taller y en el campo; y la concientización del personal en cuanto a la necesidad de documentar y registrar la mayor cantidad de datos posibles cuando se trabaja en la maquinaria, se procede al diseño del Plan de Mantenimiento.

Se utiliza un mix de Mantenimiento según estado y TPM pues se ajusta a la operación de la maquinaria en éste tipo de Industria. Además se implementa el servicio de análisis de aceite que ofrece la empresa que provee los lubricantes para aplicar mantenimiento Predictivo basado en Análisis de aceite usado. Para implementar el

Mantenimiento según estado, en primer lugar se determina que dentro del equipo de bombeo, el elemento más crítico en cuanto al mantenimiento es el motor de combustión interna, por tanto este diseño se centrará en él.

4.4 Frecuencia del Mantenimiento

Se utilizará la información de los manuales mantenimiento de motores con que se cuenta en la Biblioteca del taller, se genera un documento al que se llamará Check List, este documento será llenado por el mecánico de mantenimiento en el campo para cada una de los equipos que visite, la información recopilada se ingresa en un software de mantenimiento adquirido por el taller como se muestra en la Figura 4.5.

FIGURA 4.5. Check List Motores

CHECK LIST / INSPECCION MOTORES		
		Frecue n.
RUTA: BOMBAS RIEGO-IN		
6-060	Hora	Hora Fin:
Revision filtro de aire		250
Cambiar filtro de aire		250
Revision union y empalme		24 H
Revision lineas de combustible		250
Cambio de filtro de combustible		300
Drenar separador de agua		24 H
Drenar tanque de combustible		250
Revision fuga de aceite		24 H
Revision fuga de refrigerante		24 H
Revision fuga de combustible		24 H
Revision Niveles de aceite del motor		24 H
Revisar estado de bandas/correas		24 H
Revisar funcionamiento de indicadores		24 H
Revisar horometro		24 H
Revisar nivel de refrigerante en radiador		24 H
Revisar bases del motor		500
Revision externa de baterias y bornes		150
Revisar nivel de electrolito baterías		150

Como se puede observar las revisiones diarias (24 horas), mayormente visuales, las hará el operador, el cual informará al mecánico de mantenimiento si se llegara a presentar alguna novedad. Los trabajos de mantenimiento más complejos los realizará el mecánico en función de la programación.

Se crea también una ruta de Lubricación para los motores, debido a que el lubricante es uno de los insumos de alta rotación y considerable costo, ésta Ruta de lubricación básicamente genera órdenes de trabajo para el cambio de aceite cada 300 horas de trabajo aumentando 50 horas a las 250 horas que recomienda el fabricante, el aceite a utilizar especificado por el manual de mantenimiento es un aceite multigrado 15W40 API CI-4, en la Figura 4.6 se muestra la ruta de lubricación en el software de mantenimiento adquirido.

FIGURA 4.6. Ruta de Lubricación Motores

RUTAS DE LUBRICACION / INSPECCION						
		Frecue n.	Sig. Lectu	Se eiecut	Item	Cantidad Unidad
RUTA: BOMBAS RIEGO-L						
06-121	Hora	Hora Fin:				
Cambio de Aceite motor		300	8670		0100200012 ACEITE PARA MOTOR 15W40 CI4	GALO
Cambio de filtro de aceite motor		300	8670		5900100024 FILTRO ACEITE # LFP3191# B-76 # 1791 # 1	C/U
Cebiar aceite al motor		24 H	8394		0100200012 ACEITE PARA MOTOR 15W40 CI4	GALO
Engrasar Rueda Izquierda Chasis		500	8870		0100300002 GRASA NLGI 2 CON COMPLEJO DE LITIO	LIBRA
Engrasar Rueda Derecha Chasis		500	8870		0100300005 GRASA NLGI 2 CON COMPLEJO DE LITIO	LIBRA

4. 5. Control de la Gestión de Mantenimiento

Para el control de la Gestión de Mantenimiento se utiliza el software del que se dispone, desde donde se puede generar reportes sobre:

- Órdenes de compra generadas por equipo
- Estado de la Orden de Trabajo
- Órdenes generadas por sección
- Costos Mano de Obra utilizada
- Costos de Materiales utilizados

A continuación se muestran las Figuras 4.7 y 4.8 sobre la información que se obtiene del software de mantenimiento, acerca de un motor en específico.

FIGURA 4.7. Orden de Trabajo

The screenshot displays the 'Orden trabajo' (Work Order) software interface. The window title is 'Orden trabajo'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Navegar', 'Opciones', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for 'Salir', 'Guardar', 'Desha', 'Nuevo', 'Notas', 'Documento', 'Dirección', 'Contactos', 'Primero', 'Previo', 'Refrescar', 'Siguiente', and 'Ultimo'. The main content area is divided into several sections:

- Principal:** Clv Orden Trabajo: 0062621, Clave posición: 1706002, Clave OM: 6-212, Instrucción Trab: T0132, Clave contador: , Interv. contador: 0.00, Próx Valor Conta: 0.00.
- Relacionado a OT:** BOMBAS DE CAUDAL, MOTOR DEUTZ 90HP DIESEL CONT.ENFRIAD/AIR, Lista OM, Mantenimiento general.
- Intervalo:** 1 Año, Intervalo fijo (checked), Fecha inicio planificada: 23/06/2014 10:47, Fecha final planificada: 22/01/2015 00:00.
- Estado y Tarea:** Código trabajo: ZAFRA_EQ, Estado trabajo: TER Trabajo terminado, Tipo tarea: MP - Trabajos MP, Expansión (unchecked), Tiempo de parada planead: 0.00, Parado (unchecked), Línea parada (unchecked), Prioridad tarea: 3.
- Personal y Proyecto:** Clv proyecto: , Pedido por: JMORETA, Responsable: SUPERV.B.RIEGO, Clv cuenta: 681020002, Propósito costo: MANT PREV, Nro de tarea: 100.574, Clave de ronda: .

At the bottom, there are several buttons: 'Imprim OT', 'Mano d Obra', 'Repuesto', 'Instrucc.', 'Regis.trab.', 'Búsqueda', 'Hist.tarea', 'Sub OT', 'Dialog Crea', 'Hist. Inspec', and 'Inspección'. The status bar at the very bottom shows 'Clv Orden Trabajo'.

FIGURA 4.8 Seguimiento Ordenes de Trabajo

Esta...	Orden trabajo	Ve...	ECU	P	Tipo de trab	Objeto Mantenim	Clave posi...	Descripción	Responsable	Estado	Fecha inicio planificada	Fecha final planificada	Mano de O
!!!	0062621	--	3	MP	6-212	1706002	Mantenimiento general	SUPERV.B.RIEGO	TER	23/06/2014 10:47	22/01/2015 00:00	0923842581	
!!!	0062621-01	--	3	MP	6-212	1706002	Consumo de combustible	SUPERV.B.RIEGO	TER	15/06/2014 10:47	06/01/2015 00:00	0920992401	
!!!	0062621-02	--	3	MP	6-212	1706002	Lubricación	SUPERV.B.RIEGO	TER	23/06/2014 10:47	22/01/2015 00:00	0923600662	
!!!	0062621-03	--	3	MP	6-212	1706002	Revisión de batería y sistema eléctrico	SUPERV.B.RIEGO	TER	23/06/2014 10:47	22/01/2015 00:00	0917033300	

4.6. Mantenimiento Predictivo basado en el Análisis de Aceite

Como se había mencionado antes, se aprovechará el servicio de análisis de aceite usado para monitorear los motores y lograr programar un mantenimiento predictivo para las reparaciones que se presenten en función de los resultados que muestren los reportes.

De los resultados de los reportes de análisis de aceite usado, se puede programar reparaciones de motores por presencia de metales de desgaste, corroborar si el sistema de inyección está en buen

estado, revisar el buen funcionamiento del sistema de refrigeración, entre otros.

En la Figura 4.9 se muestra un Reporte de Análisis de aceite usado, donde se puede observar la información que ofrece.

FIGURA 4.9. Reporte de Análisis de Aceite Usado

Datos Muestra								SOLICITUD [7089]		
Lubricante:	ULTRADIESEL CI-4/SL 15W40			Condición:	Usado		Muestra #:	14		
Componente:	MOTOR			Marca:	No definido		Horómetro(HR/KM):	1277		
Código:	2-242			Tipo:	TRACTOR DE RUEDA		Uso Anti(HR/KM):	296		
Modelo:	9120			Per Toma Muestra:	N-D		Serial:	RW9320E042673		
Fecha Toma:	02/Sep/2014			Fecha Recepción:	09/Sep/2014		Fecha Análisis:	09/Sep/2014		
Datos Diagnóstico										
Muestra #:	14						Condición:	Normal		
Diagnóstico										
Lubricante en condiciones aceptables para seguir en uso. Se sugiere seguir con el monitoreo periódico de las condiciones del lubricante y del equipo.										
	Resultado de Análisis	Histórico						Límites Críticos Referenciales		
Fecha Toma	01-sep-2014	02-sep-2014	15-ago-2014	26-jul-2014	19-nov-2013	07-nov-2013	07-nov-2013	Método	Min	Max
Fecha Análisis	09-sep-2014	09-sep-2014	25-ago-2014	19-ago-2014	03-dic-2013	03-dic-2013	03-dic-2013			
Muestra #	7059	7089	6905	6712	4155	4137	4125			
Condición	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal			
Estado Lubricante										
Agua, Cracking Test	NEG.	NEG.	NEG.	NEG.	NEG.	NEG.	NEG.	Plancha		
Color Visual	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	NEGRO	Visual		
TBN, Proc. B, mg KOH/gr	7.8	8.7	8.7	12.2	9.82	9.35	8.99	ASTM D 2896	< 5	
Visc, 100°C, cSt	14.21	14.92	13.83	14.70	13.95	14.15	13.76	ASTM D 445	<11	>17
Aditivo										
Si (Silicio), mg/Kg		6.3	7.5	12				ASTM D 6595	0	>15
Si (Silicio), ppm	2				2	6	5			
Desgaste del Equipo										
Al (Aluminio), mg/Kg		2.6	2.6	1.3				ASTM D 6595	0	>20

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Se puede concluir que el Plan de Mantenimiento diseñado fue ideal para un Taller con las características mencionadas, en el que únicamente se realizaba mantenimiento correctivo y por ejemplo, los motores se reparaban cuando ya presentaban humo excesivo o se fundían. Implementar el mix de Mantenimiento según estado y TPM, organizando y documentando el mantenimiento realizado a los equipos, permitió alimentar con importante información el software de mantenimiento que había adquirido el Taller.

Fue primordial la creación del código contable y de mantenimiento para las bombas de riego y su separación de los motores de combustión interna, pues esto nos permite conocer los costos reales del mantenimiento de cada equipo, como se detalla:

- Costo de reparación de un motor de combustión interna=
\$ 4000,00 aproximadamente.
- Costo de reparación de un bomba de aspersión/caudal=
\$ 500,00 aproximadamente.

- Costo de reparación de una bomba de Pozo profundo=
\$ 2000,00 aproximadamente.

Se pudo comprobar que los equipos críticos en esta operación son los motores de combustión interna, los cuales trabajando cerca de 20 horas día, si reciben el mantenimiento y operación adecuados, demuestran que han sido diseñados para trabajar bajo las condiciones más severas. De esta manera la Dirección de la Empresa entiende mejor la operación y está dispuesta a seguir invirtiendo en éste tipo de equipos.

De los análisis de aceite usado se pudo obtener una ampliación en los períodos de cambio de aceite de 250 horas a 300 horas, el cual podría aumentar conforme se utilice un lubricante de mejores características técnicas.

Se ha podido controlar el cambio efectivo de los filtros de aire por ejemplo, con la ayuda del análisis de partículas metálicas en el aceite usado, pues si la muestra presenta Sílice y Aluminio es posible que el filtro no haya sido cambiado ó que el equipo se encuentre laborando en una zona con más polvo de lo común, de tal manera que se puede acortar la frecuencia de cambio.

En cuanto a las reparaciones de los motores, éstas ya pueden ser programadas con tiempo utilizando el análisis de partículas metálicas,

con sus cifras límite, podemos determinar si hay desgaste en los rines y en los cojinetes por ejemplo. De ésta manera y con la debida anticipación se puede contar con los repuestos necesarios para la reparación del motor.

Los daños en los motores por la contaminación de diésel en el aceite y el control del buen funcionamiento de los enfriadores de aceite al mostrarse mezcla de refrigerante y aceite se han eliminado.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda mantener la utilización del software de Mantenimiento cuidando siempre que los datos sean ingresados correctamente, pues ayudará enormemente a la Administración del mantenimiento, así como a implementar controles en el inventario de repuestos que se mantiene en Bodega y al control de la mano de obra requerida para cada trabajo.

De igual manera se recomienda mantener el servicio de Análisis de aceite usado y trabajar muy de cerca con el proveedor de Lubricantes, para en conjunto encontrar las mejores prácticas de Lubricación para los equipos del Taller.

Es aconsejable solicitar al proveedor de baterías por ejemplo, el dictar capacitaciones al personal técnico y de operadores sobre el cuidado

de las baterías, he implementar controles conjuntos para el buen mantenimiento de éstas.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE EUGENE A., BAUMEISTER III THEODORE, Marks Manual del Ingeniero Mecánico TOMO 1, McGraw-Hill, México 2001, páginas de la 9-89 a la 9-122
2. GONZÁLEZ FRANCISCO J., Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado 4^a Edición, Editorial Fundación Confemetal (FC Editorial), España 2012,
3. FITCH JAMES C., Guía de Procedencia de Elementos de Aceite Usado, NORIA, 2013.