

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN

**PLAN DE LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO
MECÁNICO PARA LA MAQUINARIA PESADA UTILIZADA EN
MOVIMIENTO DE TIERRA, EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN, POR TOPSA CONSTRUCCIONES S.A.**

**INGENIERO MECÁNICO
JULIO FRANCISCO RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

Guatemala, mayo de 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN

**PLAN DE LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO
MECÁNICO PARA LA MAQUINARIA PESADA UTILIZADA EN
MOVIMIENTO DE TIERRA, EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN, POR TOPSA CONSTRUCCIONES S.A.**

POR

**INGENIERO MECÁNICO
JULIO FRANCISCO RAMÍREZ HERNÁNDEZ**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

Guatemala, mayo de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE 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. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Ing. Otto Fernando Andrino González
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 estudio especial de graduación titulado:

PLAN DE LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO PARA LA MAQUINARIA PESADA UTILIZADA EN MOVIMIENTO DE TIERRA, EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, POR TOPSA CONSTRUCCIONES S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, el 15 de febrero de 2007.

Ing. Julio Francisco Ramírez Hernández

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IV
GENERALIDADES.....	V
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	VI
OBJETIVOS.....	VI
JUSTIFICACIÓN.....	VII
ALCANCE.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	IX

1. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO, ANÁLISIS DE ACEITE Y MODELO DE APLICACIÓN

1.1 Plan de mantenimiento.....	1
1.2 Definición de falla.....	2
1.3 Criticidad de equipos.....	2
1.3.1. Equipos críticos A.....	2
1.3.2. Equipos Críticos B.....	2
1.3.3. Equipos Críticos C.....	3
1.3.4. Equipos críticos de calidad.....	3
1.3.5. Equipos críticos de medio ambiente.....	3
1.3.6. Equipos críticos de salud y seguridad.....	3
1.4. Índice ICGM (RIME).....	3
1.5. Estructura de procedimientos, guías e instrucciones de trabajo.....	6
1.6. Indicadores de mantenimiento.....	8
1.7. Índices clase mundial.....	8
1.7.1. Tiempo Medio Entre Fallas.....	9
1.7.2. Tiempo Medio Para Reparación.....	9

1.7.3.	Tiempo Medio Para la Falla.....	9
1.7.4.	Disponibilidad de equipos.....	10
1.8.	Análisis de aceite.....	11
1.8.1.	Obtención de muestras de aceite para el análisis.....	13
1.8.2.	Intervalo de muestreo.....	14
1.8.3.	Asegurar resultados del programa.....	14
1.9.	Modelo de aplicación.....	16
1.9.1.	Maquinaria pesada en la industria de la construcción.....	16
1.9.1.1.	Excavadoras.....	16
1.9.1.2.	Tractores.....	17
1.9.1.3.	Cargadores Frontales.....	20
1.9.1.4.	Retroexcavadoras.....	22
1.9.1.5.	Motoniveladoras.....	22
1.9.1.6.	Rodo compactador de terracería.....	24
2.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO.....	25
2.1.	Metodología a utilizar.....	25
2.2.	Procedimiento de mantenimiento preventivo.....	25
2.3.	Control de servicios de maquinaria.....	30
2.4.	Definición de criticidad de equipos.....	31
2.5.	Elaboración de guías de mantenimiento.....	32
2.6.	Instructivo para muestreo de aceites.....	33
2.7.	Análisis de Costos.....	39

3. MEDICIÓN Y CONTROL.....	42
3.1. Procedimiento de captación de datos para control de disponibilidad.....	42
3.2. Análisis de resultados del muestreo de aceite.....	44
3.3. Auditorias internas de mantenimiento.....	45
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Tabla 1.1.	Codificación de maquinaria según índice ICGM (RIME).....	4
Tabla 1.2.	Codificación de tipo de trabajo según índice ICGM (RIME).....	5
Tabla 1.3.	Parámetros para análisis S.O.S. Cat de aceite.....	13
Tabla 1.4.	Intervalo de muestreo de aceite.....	14
Fig. 1.1.	Excavadora Cat modelo 320C.....	17
Fig. 1.2.	Tractor Cat modelo D6R.....	20
Fig. 1.3.	Cargador frontal Cat modelo 950.....	21
Fig. 1.4.	Retroexcavadora Cat modelo 416D.....	22
Fig. 1.5.	Motoniveladora Cat modelo 140H.....	24
Fig. 1.6.	Rodo compactador de terracería Cat modelo CS-433C.....	24
Tabla 2.1.	Formato de control de servicios de mantenimiento.....	30
Tabla 2.2	Formato para cálculo de criticidad de equipos.....	31
Anexo A-1	Inventario de maquinaria.....	50
Anexo A-2	Guías de mantenimiento preventivo.....	52
Anexo A-3	Formato de control de tiempo diario.....	56
Anexo A-4	Formato de disponibilidad.....	57

GENERALIDADES

La industria de la construcción como cualquier otra, que cuenta con maquinaria o equipos, se ve en la necesidad de conservarlos ya que son activos, que le ayudaran a cumplir con los contratos adquiridos con sus clientes y a ser rentable su operación, para lograr mantenerse vigente en este mercado cada vez mas competitivo. Por lo que se necesita la mejor gestión posible de los recursos, utilizando estrategias de mantenimiento que logren mantener la disponibilidad del equipo en niveles aceptables. Dichas estrategias deben estar alineadas a los objetivos generales de la empresa, para que puedan ser evaluadas y controladas en momento oportuno.

Se ha logrado comprobar, que para lograr dar atención adecuada a la maquinaria pesada, además de realizar los servicios de mantenimiento recomendados por el fabricante, es necesario introducir al sistema indicadores que puedan evaluar la calidad de estas intervenciones preventivas. Además para no caer en exceso de atención que también no es rentable para la empresa, es necesario hacer un estudio de criticidad de equipos para priorizar los recursos, y lograr con esto dar el siguiente paso en la evolución de las tendencias de gestión de mantenimiento, que es el monitoreo de condición, mediante el análisis periódico de aceite, de estos equipos críticos sobre los cuales recae el mayor impacto de la producción de la empresa.

Para que todo lo anterior pueda ser manejado de una forma controlada, es necesario crear procedimientos por escrito, utilizando modelos de gestión de calidad para que puedan entrar al círculo de mejora continua. Y dependiendo de la complejidad de los procesos y de la condición económica de cada empresa, en la actualidad existen software que nos pueden ayudar a hacer mas eficiente la gestión de nuestro mantenimiento, pero eso no quiere decir que con un poco mas de esfuerzo, utilizando la tecnología previa a estos sistemas, no se pueda lograr mantener bajo control.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento que ha tenido la empresa en el último año, con la incorporación de más equipo a la flota, se ha tenido problemas de disponibilidad del mismo, pero se desconoce en qué porcentajes, ya que se carece de indicadores de medición, aunque se realiza mantenimiento preventivo no se hace siguiendo un procedimiento por escrito, y en ocasiones se dejan de realizar tareas por descuido, por parte del personal, que terminan en falla, ocasionando reparaciones con alto costo y pérdidas por no funcionamiento.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar el plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, utilizada en movimiento de tierra, diseñando el procedimiento adecuado dependiendo de la criticidad del equipo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar los procedimientos de taller de mantenimiento.
2. Crear hojas de chequeo de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, para cada equipo tomando como base el manual del fabricante.
3. Determinar los equipos críticos de la flota de maquinaria pesada, en el proceso constructivo de movimientos de tierra.
4. Establecer un procedimiento de captación de datos para la medición de la disponibilidad, introduciendo los indicadores de mantenimiento que se adecuen al giro de negocio.
5. Elaborar una instrucción de trabajo para el muestreo de aceites a los equipos críticos A de la flota.
6. Elaborar un análisis de costos para determinar los beneficios del método.

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día la competitividad pasa por varios factores claves: calidad, costo, tiempos y productividad. Para ello se requiere invertir en nuevas tecnologías y en bienes de capital (máquinas nuevas, automatizaciones más eficaces y nuevos métodos) y en mejorar los recursos ya existentes efectuando reconversiones o modificaciones de los mismos.

La Confiabilidad es otro factor clave de la competitividad y sólo se logra con el correcto mantenimiento. Pensar en el mantenimiento cuando el equipo ya está en estado de falla es llegar tarde, ya que el mismo debe ser adecuadamente planificado.

Al desarrollar este plan se estará trabajando en base a las tendencias mundiales de gestión de mantenimiento, y aplicado a la maquinaria pesada con la cual contamos en la empresa se puede lograr lo siguiente:

- Tomar las decisiones adecuadas después de analizar el comportamiento en un lapso de tiempo, luego de implantado el plan, para elevar la disponibilidad de la maquinaria pesada utilizada en el proceso productivo.
- Detectar fallas antes de su ocurrencia y aumentar la confiabilidad de los equipos, mediante el monitoreo de condición, en motores de combustión interna y sistemas hidráulicos, en equipos críticos. Los beneficios que se esperan obtener mediante el uso de esta técnica de mantenimiento es, ahorros por extender en algunos casos el periodo de cambio de aceite, ahorros por mano de obra, ahorros por disposición del aceite usado, y quizá el mayor de los beneficios sea el ahorro por disponibilidad productiva del equipo.

Se espera que la implementación o mejora en el sistema existente de gestión del mantenimiento nos sirva para optimizar los costos directos, como la mano de obra, los subcontratos, los repuestos, los materiales, la capacitación y los gastos de administración, y disminuir los costos indirectos, que son los que se generan por hacer mal el trabajo de mantenimiento, entre ellos encontramos los derivados de pérdidas de producción, de mala calidad de productos o servicios, de demoras en entregas, de costos de capital por tener stocks en exceso, tanto sea de repuestos como de productos en proceso, de pérdidas de energía, de problemas de

seguridad y con respecto al cuidado del medio ambiente y por la necesidad de mayor inversión debido a menor vida útil de los equipos e instalaciones.

ALCANCE DEL TRABAJO

El equipo a analizar de la flota será, la maquinaria pesada registrada en el inventario, y la cual es utilizada en los renglones de trabajo de movimientos de tierra, de Topsa Construcciones S.A.

Dichos equipos están clasificados de acuerdo a codificación previamente establecida, para su fácil identificación, como tractores, excavadoras, motoniveladoras, cargadores frontales y rodos de compactación, como se puede ver en el cuadro de inventario de maquinaria.

Además el monitoreo de condición, mediante el análisis de aceite, se aplicara al equipo que en el estudio de criticidad sea un equipo crítico A, y sus componentes a analizar serán motores de combustión interna y sistemas hidráulicos.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó para la maquinaria pesada de Topsa Construcciones S.A., empresa Guatemalteca que se dedica a prestar servicio en la industria de la construcción, específicamente en obras de infraestructura, como obras portuarias, construcción y reconstrucción de muelles portuarios, construcción de espigones y rompe olas marítimos, puentes de concreto, puentes metálicos, así como movimientos de tierra y manejo de cuencas de ríos. Debido a problemas con la disponibilidad del equipo se elaboró el plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, utilizada en movimientos de tierra diseñando procedimientos de atención a cada equipo dependiendo su criticidad. Se crearon guías de mantenimiento para cada equipo basándose en el manual del fabricante, se determinó la criticidad de los equipos con el fin de ponerles más atención a aquellos que en su momento son vitales para el avance físico de la obra, introduciéndoles en un programa de monitoreo de condición mediante el análisis de aceite, para lo cual se empleó el programa S.O.S. Caterpillar, para anticiparnos a las fallas y modificar los períodos de cambio de lubricantes. Como todo plan necesita ser medido para evaluar su desempeño se desarrolló el procedimiento de captación y procesamiento de la información, para medir mediante indicadores de mantenimiento la disponibilidad del equipo y poder generar una mejora continua de nuestra gestión de mantenimiento.

Para establecer el plan de mantenimiento, fue necesario poner los procedimientos del área de responsabilidad por escrito. Para estandarizar los procesos en todas las obras en ejecución. Además se logra comprobar que el mantenimiento de la maquinaria pesada se hace más sencillo si se lleva el orden adecuado y los insumos necesarios, si se utiliza una guía de mantenimiento. Para poder llevar a cabo los objetivos del plan, además de ponerle un poco más de cuidado a los equipos críticos A, que es el 35%, no se debe descuidar los críticos B, ya que en esta franja está la mayoría de equipos con los que cuenta la empresa y los cuales en su momento también serán vitales para la conclusión de la obra. Cada vez que se tiene la iniciativa de introducir innovaciones al sistema común de mantenimiento, monitoreo de condición mediante el análisis periódico de aceite para este caso, debe tenerse la disciplina, para analizar los datos con cierta frecuencia, para que en realidad esta herramienta sea útil para tomar decisiones y se refleje el esfuerzo de este programa en beneficios. La actualización y capacitación continua del personal a cargo del mantenimiento preventivo es muy importante, ya que de esa buena labor va a depender la vida útil de la maquinaria, debido a la alta criticidad de los equipos aquí analizados.

1. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO, ANÁLISIS DE ACEITE Y MODELO DE APLICACIÓN

1.1. Plan de mantenimiento

La planeación es el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo. La programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las ordenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y el reporte de su avance. Es obvio que una buena planeación es un requisito previo para la programación acertada. La planeación y la programación son los aspectos más importantes de una correcta administración del mantenimiento. Una planeación y programación eficaces contribuyen de manera significativa a lo siguiente:

- Reducción en los costos de mantenimiento. Los estudios desarrollados por varios investigadores, han demostrado que existe un vínculo claro entre el mantenimiento planeado y la reducción de costos.
- Mejor utilización de la fuerza de trabajo de mantenimiento al reducir demoras e interrupciones. También proporciona un buen medio para mejorar la coordinación y facilitar la supervisión.
- Mejor calidad del trabajo de mantenimiento al adoptar los mejores métodos y procedimientos y asignar a los trabajadores mas calificados para el trabajo.

El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, la hoja de la planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo. Un programa confiable debe tomar en consideración lo siguiente:

- Una clasificación de prioridades de trabajos que refleje la urgencia y el grado crítico del trabajo.

- Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (si no, la orden de trabajo no debe programarse).
- El programa maestro de producción y estrecha coordinación con la función de operaciones.
- Estimaciones realistas y lo que probablemente sucederá, y no lo que el programador desea.
- Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento; el programa se revisa y actualiza con frecuencia).

1.2. Definición de Falla

Es el cese de una entidad para realizar una función específica. El término entidad equivale en términos generales a equipo, conjunto, sistema, máquina o ítem. En un equipo pueden fallar las funciones principales: Que son aquellas para las que fue diseñado el equipo. O bien las funciones Secundarias Que son las que cumplen funciones de apoyo a las principales. Funciones Terciarias son las que cumplen aspectos de estética.

1.3. Criticidad de equipos

Una planta o empresa usualmente comprende muchos tipos de equipos, sin embargo no todos son igualmente importantes. Los más importantes requieren mayor atención y mayores esfuerzos ya que se espera que sobre ellos recaiga la mayor parte del corazón del negocio. Para poder priorizar y enfocar las actividades de mantenimiento, se asignan niveles de criticidad que sigan un estándar establecido.

1.3.1. Equipos críticos A

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca el paro inmediato de la línea de producción o proceso.

1.3.2. Equipos críticos B

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca el paro de la línea de producción o proceso en las próximas 24 horas. Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca la reducción de la producción de la línea durante las siguientes 24 horas.

1.3.3. Equipos críticos C

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, no afecta la línea de producción durante las siguientes 24 horas.

Los aspectos siguientes también se pueden evaluar, cuando se requiere llevar controles que busquen una certificación ante algún ente en sus respectivas áreas

1.3.4. Equipos críticos de calidad

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca un daño a una variable dentro del plan de calidad.

1.3.5. Equipo crítico de medio ambiente

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca un efecto negativo a un aspecto medioambiental significativo.

1.3.6. Equipo crítico de salud y seguridad

Es todo aquel equipo que como resultado de la falla, provoca un riesgo significativo en el trabajador, en el medio ambiente o en el equipo mismo.

Otra herramienta que se podría utilizar es el índice RIME, para priorizar las tareas de mantenimiento, combinado con el análisis estadístico de Pareto para atender los equipos de mayor criticidad

1.4. Índice ICGM (RIME)

(Índice de clasificación para los gastos de mantenimiento) que en EUA Se conoce como RIME (Ranking Index for Maintenance Expenditure).

Es una herramienta que permite clasificar los gastos de conservación interrelacionando los recursos sujetos a estos trabajos con la clase o tipo de trabajo por desarrollar en ellos. Por ello el índice ICGM se compone de dos factores:

1. Código máquina: Que identifica los recursos por atender (equipos, instalaciones y construcciones).
2. Código Trabajo: Que identifica cada tipo de trabajo por realizar en dichos recursos.

El índice ICGM se obtiene de la multiplicación de estos dos factores:

$$\text{ICGM} = [\text{Código Máquina}] \times [\text{Código Trabajo}]$$

Índice ICGM Simplificado

Para establecer este índice en la empresa puede poner en práctica los siguientes pasos:

1. Se estructura un comité, compuesto por personas conocedoras de las funciones de conservación, producción y finanzas.
2. Se levanta un inventario universal, que contenga todo lo que debe ser atendido. Se anota todo tipo de maquina, edificios, jardines, caminos de acceso y en suma todos aquellos recursos físicos que integran a la empresa.
3. El comité lleva a cabo las juntas necesarias, con el fin de analizar cada una de las unidades contenidas en el inventario y asignarles un valor, de acuerdo con su importancia relativa (Productividad y calidad de producto). Con esto se obtiene el código de maquina. Se clasifica con puntuación de 1 a 10, por lo que el inventario se forma con diez tipos de recursos

Tabla 1.1 Criterios para codificación de maquinaria según índice ICGM (RIME)

CÓDIGO MÁQUINA	CONCEPTO
10	RECURSOS VITALES. Aquellos que influyen en mas de un proceso, o cuya falla origina un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no esta dispuesta a correr riesgos, por ejemplo líneas de distribución de vapor, gas aire, calderas, hornos o subestación eléctrica.
9	RECURSOS IMPORTANTES. Aquellos que aunque están en la línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede operar adecuadamente el equipo vital y además no existen maquinas redundantes o de reserva, como montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción etc.
8	RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN. Similares a los anteriores pero de los cuales existe reserva.
7	RECURSOS QUE INTERVIENEN EN FORMA DIRECTA EN LA PRODUCCIÓN. Como dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales y maquinas de inspección entre otros,
6	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN SIN REPLAZO. Tales como equipo de aire acondicionado para el área de pruebas, equipos móviles, equipo para surtimiento de materiales en almacén.
5	RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN CON REPLAZO. Similares al punto anterior pero que si tiene reemplazo.
4	RECURSOS DE EMBALAJE Y PINTURA. Como compresores, inyectores de aire, maquinas de pintura de acabado final, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que además se tenga reemplazo.

3	EQUIPOS GENERALES. Unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etc.
2	EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD. Alarmas, pasillos, almacenes calles o estacionamientos.
1	EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTÉTICAS. Todo aquello que no participa directamente en la producción, jardines, campos deportivos, sanitarios, fuentes entre otros.

El siguiente paso, es establecer un código trabajo que pueda adaptarse según las necesidades de cada empresa, como en la tabla siguiente:

Tabla 1.2 Criterios para codificación tipo de trabajo por realizar según índice ICGM (RIME)

CÓDIGO TRABAJO	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS
10	PAROS: Todo aquellos que se ejecute para tender las causas de perdida del servicio de la calidad esperada. Proporcionado por las maquinas instalaciones y construcciones, vitales e importantes; o aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar perdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos
9	ACCIONES PREVENTIVAS URGENTES. Todo trabajo tendiente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el punto anterior que pudieran seguir en inspecciones, pruebas, avisos de alarga, etc.
8	TRABAJOS DE AUXILIO A PRODUCCIÓN. Modificaciones tendentes a optimizar la producción o surgidas por cambio de productos para mejor el mismo.
7	ACCIONES PREVENTIVAS NO URGENTES. Todo trabajo tendiente a eliminar a largo paso los paros o conceptos analizados en el punto 10; lubricación, atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, entre otros.
6	ACCIONES PREVENTIVAS GENERALES. Todo trabajo tendiente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, no urgentes, y donde se haya visualizado posibles fallas.
5	ACCIONES RUTINARIAS. Trabajos en maquinas o equipos de repuesto, en herramientas de conservación y en rutinas de seguridad.
4	ACCIONES PARA MEJORÍA DE LA CALIDAD. Todo trabajo tendente a mejorar los resultados de producción y de conservación.
3	ACCIONES PARA DISMINUCIÓN DEL COSTO. Todo trabajo tendente a minimizar costos de producción y conservación que no esta considerado en ninguno de los puntos anteriores, mejora del factor de potencia de la fabrica, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en verano, etc.
2	ACCIONES DE SALUBRIDAD Y ESTÉTICA. Todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles donde el personal de limpieza no puede intervenir debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura aseo o desinfección de lugares como subestación eléctrica y salas de computación entre otros)
1	ACCIONES DE ASEO Y ORDEN. Trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de conservación.

1.5. Estructura de procedimientos, guías e instrucciones de trabajo

Hasta 1994 las normas de la ISO serie 9000, consideraban que el mantenimiento no se constituía como actividad objeto de las empresas, dado a que estas no sean exclusivamente dirigidas para este segmento del mercado. A partir de la revisión hecha en 1994, el mantenimiento pasó a ser reconocido por la ISO, como un requisito de control del proceso, habiendo sido literalmente citado conforme es indicado a continuación:

“identificar aquellas características de proyecto que son críticas para el funcionamiento apropiado y seguro del producto (por ejemplo: requisitos de operación, almacenamiento, manoseo, mantenimiento y disposición después del uso)” (54).

“El proveedor debe identificar y planificar, los procesos de producción, instalación y servicios asociados, que influyen directamente en la calidad y debe asegurar que esos procesos sean ejecutados bajo condiciones controladas que deben incluir.....”

g) Mantenimiento adecuado de equipos para garantizar la continuidad de la cobertura del proceso....” (54) y (55)

“Cuando la obtención de niveles deseados de control del proceso depende de la operación, consistente y estable, del equipo del proceso y de materiales esenciales, el proveedor debe incluir, en la totalidad del sistema de calidad, el adecuado mantenimiento de esos equipos de proceso y materiales esenciales” (56).

Por lo tanto, para cumplir estas disposiciones, las empresas que desearan obtener o mantener la certificación, deberán elaborar los manuales de procedimientos del sistema de mantenimiento, siguiendo la orientación hasta entonces enfocadas apenas para operación.

De esta manera los procedimientos deberán indicar:

El “objetivo”. De la función mantenimiento dentro de la empresa como “actividad responsable por el aumento de la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos obras e instalaciones (especialmente aquellas fundamentales a la actividad fin de la empresa), minimizando costos y garantizando el trabajo con seguridad y calidad”.

Referencias: Documentos internos o externos a la empresa, utilizados en la elaboración de los procedimientos del Sistema de Gestión del Mantenimiento.

Áreas involucradas: Los sectores de la empresa en los cuales los procedimientos de mantenimiento serán aplicados;

Estándares adoptados: terminología, se sugiere aquellas indicadas con el comité panamericano de ingeniería de mantenimiento que podrán ser complementadas con alguna específica de la propia empresa;

Estructura organizacional del órgano de mantenimiento: organigrama de cada área con la indicación de los ocupantes de los cargos, responsabilidades de cada uno, procedimientos del sistema de la calidad, planificación de actividades, aprobación y alteración de documentos;

Control: criterios de control de actividades programadas y no programadas, las solicitudes, órdenes de trabajo y encerramiento de los servicios, criterios de control de equipos de inspección, medición y ensayos.

Historial: registros históricos de acciones correctivas y preventivas, mano de obra y material aplicados, costos implicados;

Tratamiento de datos: informes de gestión, (índices, gráficos y consultas). Las acciones para la corrección de distorsiones;

Estos criterios y procedimientos, deberán ser detallados involucrando los tipos de documentos, codificaciones, identificación, calificación, flujo de informaciones y métodos adoptados, pudiendo ser utilizados tanto para sistemas manuales como para sistemas automatizados. En el aspecto de los registros se explican, en las normas de la ISO serie 9000, las orientaciones siguientes:

“Deben ser mantenidos registros para procesos, equipos y personal calificado, como apropiado” (55).

“... en un ambiente automatizado, la disposición cuidadosa puede ser igualmente obtenida por otros medios equivalentes, tales como una base de datos informatizada” (56).

1.6. Indicadores de mantenimiento

Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

La primera etapa recomendada para el desarrollo de los informes de gestión, debe ser la gestión de equipos, o sea, el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa, dependiendo de su criticidad, de acuerdo con la evaluación de los usuarios.

Esta recomendación se basa en la simplicidad de implantación de esos informes, ya que los mismos, dependen básicamente de los registros de inventario, datos de operación y de las órdenes de trabajo. De esta manera para la emisión de los primeros informes de ese grupo, es suficiente que los ítem bajo control estén identificados, tanto en los aspectos de adquisición, montaje y ubicación, como de cambios, y que el historial para cada uno contenga los datos del tipo y duración de cada mantenimiento, si fue ejecutado como provisto o no, su reflejo en los servicios o productos ofrecidos por la empresa y el respectivo código de ocurrencia o el registro literal de la ocurrencia y servicio ejecutado, agrupados a través de los datos de operación y ordenes de trabajo (para actividades programadas, no programadas y de ruta o colectiva).

Es importante recalcar, que la implantación de programas que tornan al sistema en “inteligente”, o sea, emiten informes sin solicitud del usuario, solamente deben ser realizados apartir del momento en que exista un banco de datos con un numero razonable y consistente de registros (superior a 10,000 ordenes de trabajo procesadas).

1.7. Índices Clase Mundial

Son llamados “índices clase mundial” aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis “índices clase mundial”, cuatro son los que se refieren al análisis de la gestión de equipos y dos a la gestión de costos, de acuerdo a las siguientes relaciones:

1.7.1. Tiempo Medio Entre Fallas: relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el periodo observado.

$$\text{TMEF} = \frac{\text{NoIT} * \text{HROP}}{\sum \text{NTMC}}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

1.7.2. Tiempo Medio Para Reparación: relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítem con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems en el periodo observado.

$$\text{TMPR} = \frac{\sum \text{HTMC}}{\text{NTMC}}$$

Este índice debe ser usado, para ítem en los cuales el tiempo de reparación es significativo con relación al tiempo de operación.

1.7.3. Tiempo Medio Para la Falla: relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$\text{TMPF} = \frac{\sum \text{HROP}}{\text{NTCM}}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices de Tiempo Medio Para la Falla y Tiempo Medio Entre Fallas. El primer índice (TMPF) es calculado para ítem que NO SON reparados tras la ocurrencia de una falla, o sea, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF) es calculado para ítem que SON reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto los dos índices son mutuamente exclusivos, o sea, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro, para ítems iguales.

El cálculo del Tiempo Medio Entre Fallas debe estar asociado al cálculo del Tiempo Medio Para la Reparación. Debido a que dichos índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítem observados y al periodo de observación. Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores. En caso de no existir gran cantidad de ítem, o en el caso que se desee obtener los Tiempos Promedios Entre Fallas de cada uno, es recomendable trabajar con periodos bastante amplios de observación (cinco años o más), para garantizar la confiabilidad de los resultados. Especial atención se debe tener en el desarrollo de programas informatizados para el cálculo de estos índices, pues puede ocurrir que, en el periodo considerado, el número de ocurrencias (fallas) sea cero, lo que llevaría a la computadora a realizar un cálculo, que daría como resultado un valor infinito (división entre cero), haciendo que el programa se trabase. Como sugerencia para este tipo de acontecimiento, debe ser hecha la consideración de la existencia de una falla con tiempo igual a cero, que daría un valor constante para cualquier condición de cálculo.

1.7.4. Disponibilidad de equipos: Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{\Sigma (H_{CAL} - H_{TMN})}{\Sigma H_{CAL}} * 100$$

La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad. El índice de Disponibilidad también es identificado como “**Performance o Desempeño de Equipos**” y, para cada ítem de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado.

$$DISP = \frac{\Sigma H_{ROP}}{\Sigma (H_{ROP} + H_{TMN})} * 100$$

Este índice también puede ser calculado como la diferencia entre la unidad y la relación entre las horas de mantenimiento y la suma de esas horas con las de operación de los equipos.

Otra expresión muy común, utilizada para el cálculo de la Disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas es obtenida por la relación entre el Tiempo

medio Entre Falla (TMEF) y su suma con el Tiempo medio para Reparación y los Tiempos Ineficaces del mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y nueva conexión y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación).

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$$

Es posible observar que ésta es la expresión más simple ya que es obtenida a partir de la relación entre dos otros índices normalmente ya calculados.

El índice de Disponibilidad (o Performance) es de gran importancia para la gestión del mantenimiento, pues a través de éste, puede ser hecho un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de los estándares aceptables.

Para su análisis, se recomienda poner en tablas mensualmente, la disponibilidad (o Performance) de los equipos seleccionados por el usuario y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores, a partir del cual, serán hechas las selecciones para el análisis.

1.8. Análisis de aceite

Caterpillar ha desarrollado un sistema de administración de mantenimiento que evalúa la degradación del aceite y detecta las indicaciones iniciales de desgaste de los componentes internos. El sistema desarrollado por Caterpillar para análisis de aceite se denomina Análisis S.O.S de aceite y el sistema forma parte del programa Servicios S.O.S.

El análisis S.O.S. de aceite divide el análisis del aceite en cuatro categorías:

- Régimen de desgaste de componentes
- Estado del aceite
- Contaminación del aceite
- Identificación del aceite

El análisis del régimen de desgaste de componentes evalúa el desgaste que esta ocurriendo dentro del compartimiento lubricado. El analista S.O.S. utiliza los resultados del análisis elemental y de las pruebas de conteo de partículas para evaluar el desgaste. A continuación se

utilizan el análisis de tendencias y tablas de desgaste exclusivas para determinar si el régimen de desgaste es normal o anormal.

El análisis del estado del aceite se usa para determinar si el aceite se ha degradado. Se hacen pruebas para comprobar la oxidación, la sulfatación y la viscosidad del aceite. El analista S.O.S. utiliza entonces pautas establecidas o análisis de tendencias para determinar si el aceite ha llegado al final de su vida útil.

Las pruebas de contaminación del aceite se realizan para determinar si ha entrado algún componente perjudicial al compartimiento de aceite. Este análisis se basa en los resultados de las siguientes pruebas: análisis elemental, hollín, conteo de partículas, dilución de combustible, agua y glicol. El programa de servicios S.O.S. tiene pautas para el nivel de contaminación permisible en los distintos compartimientos de una maquina Cat.

La identificación de aceite es otro componente importante del programa. El uso de un aceite incorrecto en un compartimiento puede dañar gravemente los componentes principales. El analista utiliza los resultados del análisis elemental y de viscosidad para identificar las características fundamentales de los aceites.

Estos cuatro tipos de análisis se usan para vigilar el estado de las maquinas y para ayudar a identificar posibles problemas.

Se han establecido pautas basadas en la experiencia y en una correlación con averías para estas pruebas. Ver la siguiente tabla. Si se excede una o más de estas pautas, puede indicar una degradación seria de un fluido o una avería inminente de un componente.

Tabla 1.3 Parámetros para análisis S.O.S. Cat de aceite

Pautas para el análisis S.O.S. de aceite	
Parámetro de prueba	Pauta
Oxidación	(1)
Hollín	(1)
Sulfatación	(1)
Metales de desgaste	Análisis de tendencias y normas de la Tabla de desgaste Cat (1)
Agua	0.5% máximo
Glicol	0%
Dilución de combustible	4% máximo
Viscosidad – motores: ASTM D445 Medida a 100°C	Cambio de +/- 3 centistoke (cSt) de la viscosidad de un aceite nuevo
Viscosidad – sistema hidráulico y tren de fuerza: ASTM D445 Medida a 100°C	Cambio de +/- 2 centistoke (cSt) de la viscosidad de un aceite nuevo
Limpieza del sistema hidráulico	ISO 18/15 máximo
Limpieza del sistema de transmisión sin válvulas electro – hidráulicas	ISO 21/17 máximo
Limpieza de sistema de transmisión con válvulas electro - hidráulicas	ISO 18/15 máximo

(1) Los valores aceptables para estos parámetros son propiedad del programa de análisis S.O.S. de aceite.

Fuente: Recomendaciones de fluidos para maquinas Caterpillar (2004)

1.8.1. Obtención de muestras de aceite para el análisis

Antes de tomar una muestra de aceite, operar la maquina hasta que se caliente y circule bien el aceite. Para obtener una buena muestra de aceite no tomarla de la corriente de drenaje. El método de la corriente de drenaje puede permitir que el aceite sucio de la parte inferior del compartimiento contamine la muestra. Asimismo, nunca hunda el tomador de muestras en un recipiente de aceite ni vierta en el mismo el residuo que queda en los filtros usados.

Hay dos formas de obtener muestras de aceite, estos métodos se indican por orden de preferencia:

- Utilizando válvula de muestreo en lineal, para los sistemas de aceite presurizados.
- Utilizando el método de extracción por vacío

1.8.2. Intervalos de muestreo de aceite

Obtener las muestras de aceite lo mas próximo posible a los intervalos adecuados, debe establecerse una tendencia uniforme de datos. Para establecer una historia pertinente de datos, realizar muestreos uniformes de aceite espaciados uniformemente.

Tabla 1.4 Intervalos de muestreo de aceite

Compartimiento	Intervalo recomendado de muestreo	Válvula de muestreo	Tipo de aceite
Motor	250 horas (1)	Si	DEO
Transmisión	500 horas	Si	TDTO
Sistema hidráulico	500 horas	Si	HYDO
Diferencial y mando final	500 horas	No	HYDO, FDAO

(1) Para obtener los mejores resultados, las muestras de aceite de motores deben tomar en intervalos de 250 horas. Un intervalo de muestreo de 250 horas puede proporcionar una indicación oportuna de contaminación y degradación del aceite.

Fuente: Recomendaciones de fluidos para máquinas Caterpillar (2004)

Tradicionalmente los intervalos S.O.S. de muestreo han sido de 250 horas para motores y 500 horas para todos los otros compartimientos. Sin embargo, en aplicaciones de servicio severo, se recomienda un muestreo más frecuente del aceite. El servicio severo para compartimientos lubricados ocurre con cargas altas, altas temperaturas y condiciones polvorientas. Si existe alguna de estas condiciones, deben tomarse muestras de aceite del motor cada 125 horas y de los otros compartimientos de la máquina cada 250 horas. Estas muestras adicionales aumentaran la posibilidad de detectar una avería potencial.

1.8.3. Asegurar resultados del programa

Llenar la etiqueta correctamente.

Para asegurar resultados precisos de la muestra, anote toda la información solicitada para cada comportamiento de la máquina. El modelo, número de serie y las unidades del medidor de servicio tanto del equipo como del aceite son muy importantes. Si es necesario, se puede obtener la información sobre la clasificación y el tipo de aceite y la lectura del medidor de servicio de los registros del taller cuando efectuaron el último cambio de aceite. También es de importancia primordial indicar si cambió (o no cambió) el aceite al tomar la muestra.

Las muestras de aceite nuevo son necesarias para analizar las condiciones en que se encuentra el aceite. Al recibir aceite de una marca nueva o un envío de aceite en gran volumen, enviar una muestra indicando en la etiqueta el tipo, la marca y la clasificación del aceite. Para evitar que la etiqueta se engrase y facilitar su lectura, llenarla con la información antes de tomar las muestras.

Todo el esfuerzo que implica este monitoreo de condición, se justifica, cuando se lleva gráficamente, por componente de cada maquina, la tendencia de desgaste de piezas internas, que nos puede servir para tomar decisiones, tanto de reparación antes de la falla, como de incremento ó disminución en las frecuencias de cambio de aceites para aumentar la vida útil de los componentes.

Por otra parte es posible elaborar un indicador del estado de un motor de combustión interna diesel, combinando la información suministrada por el análisis de aceite, los registros de consumo de aceite y combustible, sumado a mediciones de desempeño, que habitualmente sólo son utilizadas para diagnóstico, como es la medición de la compresión en cilindros y la medición de la presión en el cárter, permitirá proyectar la vida útil remanente, lo que mejorará la planificación de las reparaciones y compra de repuestos, disminuyendo así el capital inmovilizado en repuestos.

Las estadísticas prueban que del 75 al 85% de todas las fallas en sistemas hidráulicos son resultado directo de la contaminación del fluido. Los contaminantes transportados en el aceite afectan a los distintos componentes del circuito; bombas, motores, válvulas, y cilindros hidráulicos por la corrosión producida por los ácidos que se forman debido a la oxidación del aceite y la contaminación con agua. También se pueden producir atascamientos de válvulas por presencia de partículas. Según la clase de bombas y válvulas que componen el circuito hidráulico, y la presión de trabajo de las mismas. Realizando el control de contaminación y el monitoreo de condición del estado de salud del lubricante se pudo llegar a extender 8 veces la vida en servicio comparada con el intervalo entre cambios indicado por el fabricante, lo que genera una importantísima disminución del consumo de lubricantes, y la consecuente disminución de los costos de lubricantes, y mano de obra asociada a lubricación. El control de contaminación y que el lubricante se mantenga por debajo de un objetivo de limpieza, reduce el desgaste sufrido por los componentes, extendiendo de ésta manera la vida útil de bombas hidráulicas, motores hidráulicos y válvulas.

1.9. Modelo de Aplicación

1.9.1. Maquinaria Pesada en la industria de la construcción

En las últimas décadas, los adelantos en la tecnología de ingeniería y el aumento del uso de sistemas hidráulicos han hecho equipos de construcción más versátiles y efectivos. Los cables grandes y los voladizos se han sustituido por bombas hidráulicas, émbolos y mangueras que ocupan menos espacio y permiten un mayor margen de movimiento. El uso de equipo hidráulico y material de construcción más fuerte ha aumentado considerablemente las capacidades de operación del equipo de construcción moderno. Este aumento de capacidades exige el uso de fluidos hidráulicos y lubricantes de calidad que toleren condiciones de operación estrictas.

Maquinas removedoras de tierra

Las maquinas removedoras de tierra se utilizan típicamente para nivelar y mover grandes cantidades de tierra. Estas máquinas incluyen tractores, cargadores, motoniveladoras y aplanadoras. Una vez que se ha excavado la tierra, debe quitarse y moverse fuera del paso. Las máquinas transportadoras también se utilizan para nivelar los sitios nuevos de construcción. Las máquinas transportadoras se utilizan en un ciclo para despejar el sitio de construcción, para quitar escombros, nivelar el sitio y dar acabado a la tierra. Al inicio de un proyecto, los tractores se utilizan generalmente para despejar la vegetación y cualquier otro obstáculo no deseado.

Los cargadores se utilizan entonces para quitar los escombros no deseados. Las motoniveladoras y las aplanadoras siguen con el nivelado y el acabado de la tierra.

1.9.1.1. Excavadoras

Las excavadoras son similares a las palas de superficie, pero con unas pequeñas diferencias. Las excavadoras se utilizan para cavar casi cualquier material debajo del nivel de las orugas ó a determinadas distancias de altura dependiente del alcance que tenga. Las excavadoras se utilizan para todas las aplicaciones que implican excavación, incluyendo zanjas, sótanos, cimientos, destape de tuberías enterradas y cualquier otro trabajo de excavación en espacios confinados. Pueden utilizarse también como una grúa pequeña para instalar tuberías y apuntalamiento de capas. La excavadora tiene un armazón base que sostiene las orugas e impulsa los componentes del montaje. La superestructura sostiene el aguilón y el cucharón, el motor la cabina y los controles, y el sistema hidráulico. La excavadora también tiene capacidad de girar la

superestructura 360 grados sobre el armazón base. Como en el cucharón es donde se concentran todos los esfuerzos de penetración es importante el mantenimiento del mismo y de la utilización de la herramienta de corte adecuada a la aplicación.

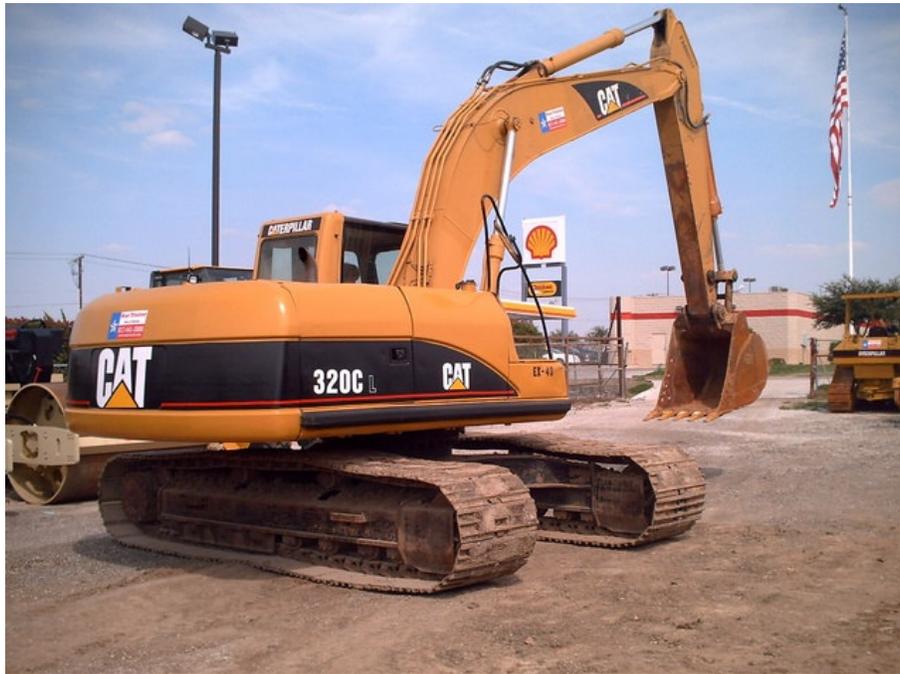


Fig. 1.1 Ilustración de una excavadora Cat modelo 320C

1.9.1.2. Tractores

Los tractores son una de las máquinas más versátiles utilizadas en la industria de la construcción. Con frecuencia se utilizan para desmontar la superficie de la tierra, para despejar vegetación, para excavaciones de poca profundidad, para empujar otras máquinas de construcción, para dar mantenimiento a caminos de transporte, para abrir caminos pilotos, para extender, para nivelar y para romper terrenos. Los tractores son principalmente movedores de tierra a corta distancia. La corta distancia se considera cualquiera menor de 300 pies (90 m).

Un tractor consiste de una unidad de fuerza montada en un armazón con una cuchilla. El armazón base sujeta el montaje para la cuchilla de empuje, la rueda dentada motriz, y los rodillos para las orugas. El armazón base también sujeta el cuerpo superior del tractor. La superestructura está montada sobre el armazón base. La superestructura sujeta el motor, la transmisión, la parte hidráulica, la cabina y los controles.

Los tractores pueden tener orugas o ruedas, aunque el tipo de ruedas se usa muy poco en la actualidad. La cuchilla se extiende al frente de la máquina y la sujetan dos conexiones de brazo

fuerte. La cuchilla está controlada por dos juegos de cilindros hidráulicos dobles; un juego está conectado a los brazos y controla la inclinación de la cuchilla, el otro juego está conectado al armazón superior y controla la elevación de la cuchilla. Normalmente, la cuchilla es angular para depositar el material a un lado. Un tractor utiliza cuatro tipos básicos de cuchillas: recta, angular, en U y de empuje.

Similarmente a la pala de superficie y a la excavadora, las uniones móviles en el brazo y los de la cuchilla requieren lubricante para proteger contra las condiciones ambientales. Los accesorios de engrasado para las uniones y otras piezas móviles requieren un lubricante para presión extrema que resista el lavado por agua y la oxidación. El lubricante también debe proteger contra el desgaste bajo cargas pesadas. Los lubricantes que se utilizan en los tractores deben funcionar bien en temperaturas altas y bajas. Los lubricantes con características de un buen bombeo son ideales para los tractores con sistemas de lubricación centralizados. Los tractores también utilizan fluidos hidráulicos con características similares a aquellos que se utilizan en las palas de superficie y las excavadora.

Cuchilla recta

Un tractor equipado con una cuchilla recta generalmente se conoce como hoja de empuje recta. Una cuchilla recta es principalmente una cuchilla para trabajo pesado que se utiliza para excavar, amontonar material, hacer zanjas y rellenar. La cuchilla puede estar inclinada, siendo así una excelente herramienta de penetración en superficies duras. Las cuchillas rectas también se pueden usar para desalojar cantos grandes. Aunque la cuchilla se llama cuchilla recta, la mayoría de las cuchillas son curvadas perpendiculares a la línea de corte. La curvatura permite que el material ruede hacia delante. El volumen de material que se puede mover hacia delante depende del tamaño y de la forma de la cuchilla.

Cuchillas Angulares

Las cuchillas angulares se utilizan para acomodar material a un lado. Los tractores equipados con una cuchilla angular se conocen como topadora angular. Las cuchillas angulares son generalmente más anchas y más pesadas que las cuchillas rectas para permitir el corte de un campo de ancho total cuando está en ángulo. Las cuchillas angulares están montadas en un armazón en forma de C que permite a la cuchilla tener un ángulo hasta de 25 grados a la derecha o a la izquierda. La cuchilla angular se puede inclinar pero no ladear.

Las posiciones de la cuchilla angular crean un movimiento hacia los lados de la carga en referencia al movimiento hacia delante del tractor. La topadora angular se utiliza para nivelar y cambiar pendientes, para abombar caminos, relleno lateral de zanjas y para hacer pequeñas cunetas. Se utiliza para abrir caminos en terrenos accidentados y es mejor que la cuchilla recta para rellenar zanjas pequeñas. Sus desventajas son su costo más elevado, peso y mantenimiento; torpeza en espacios restringidos y dificultad para dar vuelta con gran carga.

Cuchilla en U

Las cuchillas en U son similares a las cuchillas rectas pero con una curvatura mucho más profunda que alcanza la forma en U. Los extremos exteriores de la cuchilla tienen un pequeño ángulo hacia adentro para reducir el derrame de material suelto. Las cuchillas en U se utilizan para acarrear volúmenes mucho más grandes de material. Sin embargo, debido a su forma, sus funciones se limitan a tierra o rocas ligeras, no cohesivas ni sueltas.

Cuchilla de Empuje

Las cuchillas de empuje son herramientas para uso general, no de elaboración. Se utilizan principalmente para empujar palas de arrastre de carga. Las palas de arrastre pueden cargarse por si mismas en tierra muy ligera pero generalmente las debe empujar un tractor para ayudar con la carga. Las cuchillas de empuje son más angostas y más compactas que una cuchilla normal. Usualmente están endurecidas con una placa de empuje que hace a la cuchilla mucho más fuerte. Las cuchillas de empuje también están equipadas comúnmente con amortiguadores para absorber los golpes del contacto inicial con la pala de arrastre.



Fig. 1.2 Ilustración de un tractor Cat modelo D6R

1.9.1.3 Cargadores Frontales

El cargador es una máquina versátil, de auto propulsión que está montada sobre orugas o ruedas. También se conoce como una pala cargadora, una pala tractor o un cargador frontal. Los cargadores están equipados con un cucharón montado al frente con el cual pueden cavar, agarrar con cucharón, levantar, acarrear y vaciar en unidades de arrastre, depósitos, tolvas, transportadores y pilas de existencias. Otros aditamentos montados al frente y atrás permiten trabajar como topador, pala de arrastre, mordaza, horquilla elevadora, rompe terreno, cuneta, zanja, montacargas.

Los cargadores y las máquinas de arrastre con frecuencia trabajan juntos. Los cargadores son muy similares al tractor en su apariencia, salvo que un cucharón esta montado al frente de la unidad de fuerza en lugar de una cuchilla. Por lo tanto, los lubricantes que se utilizan en los cargadores son los mismos que se utilizan en los tractores.

Los cargadores de orugas son casi idénticos en apariencia a los tractores y se utilizan principalmente para cargar y empujar material suelto. El motor, los engranajes y el sistema hidráulico son similares al tractor, pero la posición de las orugas está más al frente para proporcionar u contrapeso cuando se carga y distribuir el peso más uniformemente cuando el cucharón esta completamente cargado.

El armazón y el armazón del frente del cargador de tipo orugas están hechos de acero. El cucharón esta controlado por arietes hidráulicos, el sistema hidráulico incluye una bomba hidráulica sobre una transmisión viva desde el motor, una válvula de control de escape de presión, una reserva de aceite, filtros y controles. Los cargadores tipo orugas están equipados con dispositivos de corte para desengranar los controles del montacargas cuando el cucharón alcanza altura predeterminada.

Los cargadores tipo orugas tienen la ventajas de buena flotación y tracción en terreno suave o disparejo. Funcionan sobre objetos puntiagudos que romperían los neumáticos y tienen un diseño compacto para maniobrabilidad en lugares estrechos. Sin embargo, están limitados por su velocidad lenta.

Los cargadores de ruedas se utilizan principalmente para apilar montones y cavar en terrenos suaves. Su estructura es muy diferente a las máquinas de orugas. Consisten de un armazón pivotado con el motor montado sobre las ruedas traseras. La cabina está montada sobre el armazón del frente o de atrás, dependiendo de la preferencia del fabricante. El pivote proporciona al cargador buenas capacidades de maniobrabilidad. Permite que el armazón del frente gire hasta 40 grados a cualquier lado de la posición del frente. esta característica es muy útil cuando se requiere girar en un radio pequeño.



Fig. 1.3 Ilustración de un cargador frontal Cat modelo 950

1.9.1.4. Retroexcavadora

Muchos sitios de construcción requieren excavación de cosas como cajas de registro y zanjas de desagüe, y la carga de materiales sueltos en máquinas de acarreo para su traslado. La mayoría de este trabajo se realiza a menor escala. La retroexcavadora/cargador de cucharón es la herramienta perfecta para este trabajo. Consiste de un armazón rígido, un cucharón cargador y una retroexcavadora. Por lo general, el motor y la transmisión son similares a aquellos que se encuentran en otras unidades de carga y operan con una acción de carga similar. Sin embargo, la transmisión usualmente se mueve a un asiento y panel de control independientes para operar el cargador o la retroexcavadora. La retroexcavadora puede girar en un margen de 90 grados. Mientras que la retroexcavadora está en uso, la máquina debe estar estabilizada mediante el uso de voladizos operados hidráulicamente en la parte posterior y el cucharón al frente, lo cual reduce el movimiento y la fuerza en los ejes.



Fig. 1.4 Ilustración de una retroexcavadora Cat modelo 416D

1.9.1.5. Motoniveladora

Muchos proyectos de traslado de tierra requieren que la tierra final tenga un acabado preciso sin ondulaciones ni curvaturas. Aunque un operador capacitado para manejar un tractor podría lograr resultados satisfactorios, la motoniveladora está diseñada específicamente para trabajos como perfilado, acabados, recorte de cimientos, recorte de superficies de subbase en

caminos y terraplenes, alisado de paredes en diques llenos de tierra y dar mantenimiento a caminos de acarreo.

El motor, la transmisión, la cabina de conductor y los controles están en la parte posterior del armazón. La transmisión puede ser de tipo embrague, convertidor de torsión o de tipo hidrostático. La transmisión necesita suministrar engranaje lento y poderoso para trabajo pesado o preciso, velocidad moderada para trabajo más ligero, poder viajar a velocidades hasta de 35 millas por hora y ser capaz de moverse en reversa. Las máquinas modernas permiten al conductor trabajar sentado y aún ver claramente para maniobrar la cuchilla. La cuchilla opera de manera similar a la cuchilla del tractor, pero está colgada entre el eje frontal y los ejes posteriores en lugar de estar frente a la máquina. La cuchilla en máquinas modernas se opera hidráulicamente desde la cabina del conductor y se puede girar en un círculo de 360 grados.

La cuchilla se puede mover un promedio de tres pies (90 cm.) de cada lado. La mesa redonda que lleva la cuchilla se eleva, baja e inclina mediante dos brazos. Las ruedas del frente sujetan una viga puente larga de la cual cuelga la cuchilla. Algunos tipos tienen una viga que está unida con pivotes al armazón posterior para permitir un radio pequeño de vuelta y dar más maniobrabilidad, así como permitir un ángulo acodado. En otros modelos, la conexión es rígida y la dirección sólo es posible a través del eje frontal. Este diseño permite a las ruedas apoyarse para resistir las cargas laterales y operar a diferentes profundidades para perfilar terraplenes. Las ruedas posteriores tienen accionamiento por dos poleas y están activadas a través de una transmisión de cambios.

Las uniones móviles y la mesa giratoria requieren de engrasado que resista la corrosión y el lavado por agua, que proporcione protección para cargas y fuerzas pesadas y que trabaje bien en diferentes condiciones ambientales. El sistema hidráulico requiere un fluido que proporcione protección contra corrosión y desgaste a los componentes hidráulicos críticos, que resista la oxidación para una vida de servicio más larga, que libere el aire arrastrado rápidamente e impida depósitos de lodo y barniz. La transmisión debe lubricarse con lubricante con anti-desgaste que resista la degradación térmica.



Fig. 1.5 Ilustración de una motoniveladora Cat modelo 140H

1.9.1.6. Rodo compactador de terracería

Se utiliza cuando la superficie de terracería ya ha quedado al nivel deseado y se necesite cierta cantidad de compactación, previo a la aplicación de algún recubrimiento asfáltico ó de concreto en el caso de carreteras. También se utiliza para la compactación de rellenos, instalándole ciertos aditamentos al rodo liso.



Fig. 1.6 Ilustración de un rodo compactador de terraceria Cat modelo CS-433C

2. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

Tomando como base todos los conceptos anteriores, la siguiente etapa del presente trabajo tratará sobre la elaboración del procedimiento de mantenimiento preventivo, el análisis de la criticidad de los equipos en estudio y la elaboración de las guías de mantenimiento preventivo para cada equipo con sus respectivas frecuencias, elaboración de formatos de servicios de mantenimiento preventivo y control de disponibilidad.

2.1. Metodología a utilizar

Para la realización del presente trabajo se utilizará la información bibliográfica proporcionada por el fabricante de las diferentes marcas de maquinaria pesada, que actualmente posee la empresa registradas en su inventario general de equipos, para recopilar en un formato previamente diseñado todas las actividades a realizar por parte del técnico de mantenimiento con sus respectivas frecuencias, y como el análisis de aceite como monitoreo de condición conlleva la creación de un programa, se incluirá en estas rutas de mantenimiento para estar manejando dos planes simultáneos. Además se utilizará toda la información obtenida en los cursos durante los estudios de maestría, así como también de lo disponible en Internet, y mi propia experiencia adquirida durante la implementación de procedimientos en sistemas de gestión de calidad para el área de mantenimiento.

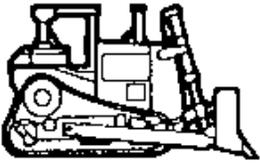
2.2. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo

El presente procedimiento se realizó, tomando como referencia lo recomendado por la Norma ISO 9000:2000, aunque no se pretende por el momento optar a la certificación, considero que es un formato muy bueno lo cual nos ayudará a ordenar nuestros procesos y documentarlos de una mejor manera.

En el encabezado del formato debe ir el logo de la empresa, el nombre del documento, el título del documento, edición y fecha para llevar el control de que se este utilizando la versión más actualizada, también es necesario identificarlo con algún código para que sea fácil identificar a que área de la empresa pertenece. Además en el pie de la página deberá llevar el nombre o cargo de las personas que participaron tanto en la elaboración como en la revisión y aprobación

de acuerdo al orden jerárquico de la organización. Se recomienda que a la hora de publicar cualquier procedimiento tanto el encabezado como las firmas de autorización aparezcan en cada una de las páginas para evitar cambios sin autorización y llevar un mejor control de la documentación.

A continuación se presenta la propuesta del procedimiento de servicios y mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada utilizada en el proceso de movimiento de tierra de Topsa Construcciones S.A., la intención es que esta sea la etapa de inicio, para luego se pueda aplicar este procedimiento a cualquier área de aplicación donde haya involucrado equipo.

 <p><i>Topsa construcciones S.A.</i></p>	<p>TOPSA CONSTRUCCIONES S.A.</p> <p>PROCEDIMIENTOS DE TALLER</p>	<p>Edición: 1</p> <p>Fecha: 15/08/06</p> <p>Pagina:</p>
	<p>Titulo: SERVICIOS Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>	<p>código: PR-MT-01</p>

Objetivo:

Ejecutar los servicios de mantenimiento preventivo, en la maquinaria de la constructora, asegurando su frecuencia y proveer soluciones a posibles problemas y así aumentar la disponibilidad de las mismas.

Alcance:

Tiene alcance para toda la maquinaria necesaria en proyectos, propiedad de la constructora y declarada en el inventario general de equipos.

Definiciones y/o Abreviaturas:

(JT) Jefe de Taller: Persona encargada de coordinar las tareas de mantenimiento en Taller y/o campo.

(IR) Ingeniero Residente: Persona encargada de todas las actividades productivas del proyecto en ejecución.

(AP) Administrativo de Proyecto: Persona encargada de llevar todos los controles administrativos del proyecto.

(EC) Encargado de compras: Persona encargada de coordinar la compra de los suministros y/o servicios requeridos para mantener la operación de las distintas áreas del proceso de producción y Taller.

(AT) Administrativo de Taller: Persona encargada de llevar todos los controles administrativos de Taller, entre otros el control de servicios del equipo y vehículos

(MEC, ELM, SOL) Mecánico, electromecánico, soldador: Persona encargada de ejecutar los trabajos de mantenimiento, en el Taller y/o en cualquier proyecto en ejecución.

Responsabilidad y autoridad:

- Es responsabilidad de los Jefes de Taller e ingenieros residentes, velar por el cumplimiento del presente documento.
- Es responsabilidad del AP proveer por lo menos una vez por semana y a más tardar el día jueves de la misma, los horómetros y kilometrajes del equipo asignado al proyecto donde labora.
- Es responsabilidad de AT llevar al día su formato de control de servicios, y circular una copia a todos los involucrados, una vez por semana a más tardar el día viernes de la misma.

Desarrollo:

JT: Elabora una guía de mantenimiento para cada equipo de alta en el inventario, con sus respectivas frecuencias, de acuerdo al manual del fabricante de la misma, y le da de alta en el programa electrónico de servicios de la empresa.

AP: Provee semanalmente una copia con todos los horómetros y kilometrajes del equipo al AT.

AT: Digita los datos proporcionados por el AP, en su formato control de servicios de maquinaria, el cual al realizar la diferencia entre el horómetro o kilometraje del último servicio realizado y el ingresado, le dará una alarma, si le da un valor menor o igual a 80 horas para el caso de la maquinaria, o 1000 kilómetros en el caso de vehículos y camiones, lo cual indicará que se deberá abrir una OT para realizar el pedido de lo necesario de acuerdo al tipo de servicio que corresponda.

El formato de control de servicios de maquinaria incluye los siguientes datos:

- código del equipo
- Nombre del equipo
- Nombre de operador
- Fecha último servicio
- Horómetro o kilometraje del último servicio
- Horómetro o kilometraje del próximo servicio
- Fecha de última actualización de datos
- Horómetro o kilometraje de última actualización
- Horas o kilómetros que faltan para el próximo servicio
- Tipo de servicio último
- Tipo de servicio próximo

AT: Imprime la guía de mantenimiento que corresponda, para realizar la OT y solicitar lo necesario.

JT: Autoriza la OT

AT: Ingresar la OT al sistema de control de flota, el cual está en línea con el servidor de la oficina central.

EC: Revisa el sistema de acuerdo a su procedimiento, para revisar las OT's abiertas, por falta de compra de repuestos, y le da trámite a la misma.

AT: Recibe en bodega de Taller los insumos necesarios, los identifica y dependiendo de la magnitud de cada proyecto procede a lo siguiente:

- a) Si el proyecto cuenta con una bodega y la estructura de taller adecuada, envía lo necesario para el o los servicios con sus respectivas guías de mantenimiento, con sus respectivas notas de envío, y le informa al encargado de taller del proyecto, para la ejecución del mismo.
- b) Si el proyecto no cuenta con bodega pero sí con un mecánico asignado fijo al mismo, se le envía directamente a él los insumos y la guía de mantenimiento, con su respectiva nota de envío, para que se ejecute el mismo.
- c) Si por la cercanía de algún proyecto al Taller, no es necesario mantener personal fijo en el mismo, procede a coordinar con el JT para asignar el personal necesario para su ejecución.

JT: Revisa en bodega, los insumos para los servicios de mantenimiento pendientes, y coordina con el ingeniero residente o encargado de proyecto, la fecha y hora a la que se puede realizar.

JT: Asigna a un mecánico, electromecánico o soldador, dependiendo de las tareas a realizar, de acuerdo a la guía de mantenimiento.

Mecánico, electromecánico o soldador: Procede a realizar el servicio de acuerdo a la guía de mantenimiento, teniendo el cuidado de ejecutar cada una de las tareas asignadas, y si en la ejecución detecta causas potenciales de falla, lo anota en el área designada para observaciones en el formato, para su posterior análisis con el Jefe de Taller, y generar las OT's respectivas si fuera necesario.

JT: Verifica que se hayan realizado todas las tareas descritas en la guía de mantenimiento, hace las anotaciones necesarias, firma de conformidad del trabajo, y envía el formato revisado al Administrativo del Taller.

AT: Revisa y realiza los ajustes del formato si fuera necesario y solicitado, e ingresa el horómetro o kilometraje al control de servicios de maquinaria, para iniciar nuevamente el ciclo.

Registros:

Se consideran como registros los siguientes:

- guía de mantenimiento preventivo
- Formato de control de servicios de maquinaria
- La OT de solicitud de servicio
- La OT que se genere de la guía de mantenimiento preventivo

Y deberán ser archivados en el Taller de san Miguel Petapa por el AT, en el lugar destinado para ello, en carpetas individuales por maquina.

Referencias:

- Norma ISO 9001:2000
- Procedimiento de compras
- Inventario general de equipos
- Manuales de operación y mantenimiento

Elaboró: Ing. Julio Ramírez Jefe de Taller	Revisó: Gerente Administrativo	Aprobó: Gerente General
--	---------------------------------------	--------------------------------

2.3. Control de servicios de maquinaria

El formato de control de servicios de mantenimiento se adjunta a continuación, ya que este es el que se utiliza para la programación de los servicios de mantenimiento preventivo, es una hoja de Excel la cual al actualizar los datos automáticamente realiza las operaciones y van apareciendo las horas que faltan para el próximo servicio y en donde la alarma se active, se procede a programarlo, dicha alarma se tiene establecida cuando falten menos de 80 horas para terminar su ciclo, esto se hizo con el fin que el Departamento de Operaciones tenga el tiempo suficiente para abastecer de lo solicitado por el Taller de Mantenimiento.

Tabla 2.1 Formato de control de servicios de mantenimiento

FORMATO DE CONTROL DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

Codigo	Maquina	Operador	Fecha	Horometro ultimo Servicio	Proximo Servicio	Fecha		Horas que faltan	Observaciones
T1-1	Tractor D8K	Sin Operador	18-11-06	1468	1718	24-01-07	1471	247	
T1-2	Tractor D8K	Rolando Morales	20-01-07	289	539	07-03-07	414	125	
T1-5	Tractor D6R		30-01-07	12854	13104	07-03-07	13100	4	Ya se mandaron filtros
T1-6	Tractor D6M	Julio Rodríguez	12-01-07	3280	3530	07-03-07	3330	200	
T1-7	Tractor D6R XL	Ovidio Hernández	21-02-07	10448	10698	07-03-07	10531	167	
T1-8	Tractor D6R	René Palma	27-12-06	1240	1490	27-02-07	1373	117	Ya se hizo actualizar
T1-9	Tractor Ford	Sin Operador	01-06-06	729	829	08-02-07	804	25	Programado
T1-10	Tractor D8N	Roberto Ramírez	26-01-07	1089	1339	07-03-07	1148	191	Hacerle al horometro 1240
T1-11	Tractor D8T		21-02-07	250	500	07-03-07	326	174	
T2-1	Retroexcavadora JCB	Leonel Alfaro	22-12-06	371	621	21-02-07	575	46	Ya se mandaron filtros
T2-3	Retroexcavadora JCB		28-01-07	4750	5000	21-02-07	4750	250	
T2-4	Excavadora Link Belt		26-11-06	10790	11040	07-03-07	10789	251	
T2-5	Excavadora Link Belt	Julio Cesar Bautista	19-01-07	978	1228	07-03-07	1113	115	
T2-6	Retroexcavadora 416D Cat	Jacinto Gabriel	26-12-06	4255	4505	07-03-07	4250	255	
T2-7	Excavadora 320C CAT	Marcelo Rodríguez	31-01-07	3289	3539	28-02-07	3421	118	
T2-8	Excavadora 320CL CAT		27-01-07	815	1065	07-03-07	819	246	
T2-9	Excavadora 322 CLME CAT	Luis Carrera	30-01-07	3480	3730	07-03-07	3514	216	
T2-10	Excavadora 330 CL	Ever Alfaro	10-01-07	2231	2481	07-03-07	2338	143	
T2-11	Excavadora 320 CL	Ronaldo Pérez	30-01-07	2109	2359	07-03-07	2329	30	Ya se mandaron filtros
T2-12	Excavadora 320 CL	Marlon Hernández	30-01-07	2138	2388	07-03-07	2384	4	Ya se mandaron filtros
T2-13	Excavadora 330 CAT	Rubén Gonzales	26-01-07	2075	2325	07-03-07	2124	201	
T2-14	Excavadora Hyundai 290	Waldemar Gonzales	06-02-07	1297	1547	07-03-07	1297	250	
T2-15	Excavadora Case CX240		07-03-07	1065	1315	07-03-07	1077	238	
T2-16	Excavadora 320 CL		26-01-07	488	738	02-03-07	620	118	
T2-17	Excavadora Case CX240	Epiñano Aquino	19-01-07	775	1025	07-03-07	789	236	Ya se hizo actualizar
T2-18	Excavadora 330 D	Luis Carrera		0	250	07-03-07	233	17	Ya se mandaron filtros
T2-19	Excavadora Hyundai 210			66	266	07-03-07	212	54	Ya se mandaron filtros
T2-20	Excavadora Hyundai 210			58	258	07-03-07	207	51	Ya se mandaron filtros
T4-1	Patrol 140 G	Santos Enrique Arias	21-02-07	3190	3440	07-03-07	3247	193	
T4-2	Patrol 120G	Daniel Pérez	22-02-07	1181	1431	07-03-07	1197	234	
T4-3	Patrol 120H	Sin Operador	26-01-07	604	854	07-03-07	752	102	
T4-4	Patrol 140 G		26-01-07	2862	3112	21-02-07	2980	132	
T4-5	Patrol 120H	Juán Pineda	20-01-07	4970	5220	07-03-07	5021	199	
T4-6	Patrol 140 H		09-02-07	2041	2291	07-03-07	2213	78	Ya se mandaron filtros
T5-2	Cargador 955L	Juán Vasquez	17-12-06	5988	6238	07-03-03	6155	83	
T5-3	Cargador 918F	Jorge Ruiz	05-11-06	15327	15577	28-02-07	15542	35	Ya se mandaron filtros
T5-4	Cargador 950F	Julio de León	16-11-06	19583	19833	07-03-07	19827	6	Ya se mandaron filtros
T5-5	Cargador 950F		29-01-07	8672	8922	07-03-07	8795	127	
T6-1	Compactadora I/R SD70		04-01-07	3828	4078	13-02-07	3877	201	
T6-2	Compactadora Bomag	Sin Operador	12-12-06	2909	3159	07-03-07	3000	159	
T6-3	Compactadora Bomag		22-02-07	2840	3090	07-03-07	2873	217	
T6-4	Compactadora CS433 CAT		04-01-07	2247	2497	07-03-07	2442	55	Ya se mandaron filtros
T6-5	Compactadora I/R SD100	Manuel Figueroa	02-09-06	4652	4902	07-03-07	4663	239	
T6-6	Compactadora Bomag	Sin Operador	20-01-05	233	483	10-01-07	456	27	Ya se mandaron filtros
T6-7	Compactadora I/R de llantas		27-01-07	3701	3951	21-02-07	3736	215	
T6-8	Rodo Cat CS 533 E	Efraín de León	26-12-06	507	757	07-03-07	681	76	Ya se mandaron filtros

Fuente: Topsa construcciones S.A. (2006)

2.4. Definición de criticidad de los equipos

Para definir la criticidad de los equipos, se tomo como referencia la clasificación A, B y C, la cual está dada en base a la incidencia sobre la producción, el grado de mantenibilidad, o sea, si el tiempo y/o costo de reparación es alto, soportable o irrelevante, y la existencia de equipo redundante en el proceso, es decir, la facilidad que se tenga de disponer de otro equipo de las mismas características a la hora de que este fallará. Obviamente esta clasificación no es generalizada para todas las empresas constructoras, ya que va a depender del criterio de los evaluadores, de la capacidad instalada, de las políticas de renovación de flota, de la capacitación con la que cuente el personal, etc.

Tabla 2.2 Formato para calculo de criticidad de equipos

FORMATO DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

Ubicación Técnica	Equipo	Denominación de objeto técnico	INCIDENCIA SOBRE LA PRODUCCION (50%)			GRADO DE MANTENIBILIDAD (33.33%)			EXISTE ALGUN EQUIPO DE BACK-UP/ES EL EQUIPO REDUNDANTE (16.67%)		Criticidad de manto	Sum Crit
			Inmediato	<= 24 hrs.	> 24 hrs.	Alto	Medio	Bajo	SI	NO		
EQUIPOS												
			150	75	0	100	50	0	0	50		
PROYECTOS	T1-1	TRACTOR DE ORUGA DK8			1		1		1	1	B	100.0
PROYECTOS	T1-2	TRACTOR DE ORUGA DK8			1		1			1	B	100.0
PROYECTOS	T1-5	TRACTOR DE ORUGA D6R		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T1-6	TRACTOR DE ORUGA D6M		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T1-7	TRACTOR DE ORUGA D6R		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T1-8	TRACTOR DE ORUGA D6R		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T1-10	TRACTOR DE ORUGA D8N		1		1				1	A	225.0
PROYECTOS	T1-11	TRACTOR DE ORUGA D8T	1			1				1	A	300.0
PROYECTOS	T2-1	RETROEXCAVADORA JCB		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-3	RETROEXCAVADORA JCB		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-4	EXCAVADORA LINK BELT 2800		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-5	EXCAVADORA LINK BELT 3400		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-6	RETROEXCAVADORA CAT 416		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-7	EXCAVADORA CAT 320		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-8	EXCAVADORA CAT 320		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-9	EXCAVADORA CAT 322		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T2-10	EXCAVADORA CAT 330	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-11	EXCAVADORA CAT 320		1			1			1	A	175.0
PROYECTOS	T2-12	EXCAVADORA CAT 320		1			1			1	A	175.0
PROYECTOS	T2-13	EXCAVADORA CAT 330	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-14	EXCAVADORA HYUNDAI 290LC-7	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-15	EXCAVADORA CASE CX-240	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-16	EXCAVADORA CAT 320		1			1			1	A	175.0
PROYECTOS	T2-17	EXCAVADORA CASE CX-240		1			1			1	A	175.0
PROYECTOS	T2-18	EXCAVADORA CAT 330	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-19	EXCAVADORA HYUNDAI 210LC-7	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T2-20	EXCAVADORA HYUNDAI 210LC-7	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T4-1	MOTONIVELADORA CAT 140G		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T4-2	MOTONIVELADORA CAT 120G			1		1		1		C	50.0
PROYECTOS	T4-3	MOTONIVELADORA CAT 120H		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T4-4	MOTONIVELADORA CAT 140G		1			1			1	A	175.0
PROYECTOS	T4-5	MOTONIVELADORA CAT 120H		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T4-6	MOTONIVELADORA CAT 140H	1				1			1	A	250.0
PROYECTOS	T5-2	CARGADOR FRONTAL CAT 955			1		1			1	B	100.0
PROYECTOS	T5-3	CARGADOR FRONTAL CAT 918			1		1			1	B	100.0
PROYECTOS	T5-4	CARGADOR FRONTAL CAT 950		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T5-5	CARGADORFRONTAL CAT 950		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-1	RODO COMPACTADOR IR SD70		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-2	RODO COMPACTADOR BOMAG 172D		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-3	RODO COMPACTADOR BOMAG 212D		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-4	RODO COMPACTADOR CAT C433		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-5	RODO COMPACTADOR IR SD100		1			1		1		B	125.0
PROYECTOS	T6-8	RODO COMPACTADOR CAT CS533E		1			1		1		B	125.0

Equipos criticos A	15	35%
Equipos criticos B	27	63%
Equipos criticos C	1	2%
Total	43	100%

Fuente: Cementos Progreso S.A. (2006)

De acuerdo a la evaluación anterior, podemos ver que la cantidad de equipos críticos A, es el 35%, equipos críticos B 63% y equipos críticos C 2%. Por lo que la atención en cuanto a análisis periódico de aceite, se centrara solo en los equipos de criticidad A, y el resto sin descuidar ninguno, se trataran de acuerdo a las indicaciones de mantenimiento del manual de mantenimiento de cada equipo.

2.5. Elaboración de Guías de Mantenimiento Preventivo

Las guías de Mantenimiento Preventivo se hicieron para todos los equipos, independientemente de su criticidad, la evaluación anterior se hizo para determinar que equipos se integraran al monitoreo de condición mediante el análisis de aceite.

Basados en el estudio anterior se determinó que todos los equipos de criticidad A, se integrarán al monitoreo de condición mediante el análisis de aceite, y para tal proceso se utilizara al representante de la marca con la que mas contamos en la flota que tiene laboratorio, y cuentan con el programa S.O.S, desarrollado por Caterpillar, el cual es un sistema de administración de mantenimiento que evalúa la degradación del aceite y detecta las indicaciones iniciales de desgaste de los componentes, llevando un control en conjunto con el Jefe de Taller de la empresa.

Para la elaboración de las guías de mantenimiento fue necesario, revisar los manuales de mantenimiento de cada una de las maquinas y colocar los ítem a realizar en el formato, con sus respectivas frecuencias ver anexos.

Al tener la infraestructura anterior terminada, y autorizados los procedimientos de mantenimiento preventivo, el siguiente paso es capacitar al personal involucrado en los procedimiento en mención, para que todos cumplan con su responsabilidad al entrar en vigencia.

2.6. Instructivo para muestreo de aceites

Debido a que en ocasiones las muestras de aceite, puede que no sean representativas, por diversas razones, se desarrollo el siguiente instructivo para disminuir este efecto y lograr con ello el máximo aprovechamiento de esta herramienta de análisis.

 <i>Topsa construcciones S.A.</i>	TOPSA CONSTRUCCIONES S.A.	Edición: 1
	INSTRUCTIVOS DE TALLER	Fecha: 15/08/06
	Titulo: MUESTREO DE ACEITE PARA MAQUINARIA PESADA	Página: Código: INS- MT-01

Objetivo:

Asegurar el muestreo adecuado del aceite, durante los servicios de mantenimiento preventivo, en la maquinaria de la constructora, asegurando su frecuencia y proveer soluciones a posibles problemas y así aumentar la disponibilidad de las mismas.

Alcance:

Tiene alcance para motores de combustión interna, sistemas hidráulicos, transmisiones y mandos finales de la maquinaria pesada con clasificación de criticidad A utilizada en movimientos de tierra necesaria en proyectos, propiedad de la constructora y declarada en el inventario general de equipos.

Definiciones y/o Abreviaturas:

(JT) Jefe de Taller: Persona encargada de coordinar las tareas de mantenimiento en Taller y/o campo.

(EC) Encargado de compras: Persona encargada de coordinar la compra de los suministros y/o servicios requeridos para mantener la operación de las distintas áreas del proceso de producción y Taller.

(AT) Administrativo de Taller: Persona encargada de llevar todos los controles administrativos de Taller, entre otros el control de servicios del equipo y vehículos

(MEC) Mecánico: Persona encargada de ejecutar los trabajos de mantenimiento, en el Taller y/o en cualquier proyecto en ejecución.

Responsabilidad y autoridad:

- a. Es responsabilidad de los Jefes de Taller, velar por el cumplimiento del presente documento.

- b. Es responsabilidad de AT llevar al día su formato de control de servicios, y circular una copia a todos los involucrados, una vez por semana a mas tardar el día viernes de la misma.

Desarrollo:

JT: Elabora una guía de mantenimiento para cada equipo de alta en el inventario, con sus respectivas frecuencias, incluyendo en los equipos críticos A, el muestreo de aceite de los diferentes componentes del equipo de acuerdo al manual del fabricante de la misma, y le da de alta en el programa electrónico de servicios de la empresa.

MEC: Cada vez que le aparece en su guía de mantenimiento, el muestreo de aceite de algún componente procede de acuerdo a los siguientes métodos:

Usando una sonda de válvulas de aceite

Este método de tomar muestras requiere un Sonda de Latón y un tubo de aproximadamente 15 cm (6 pulg). Si se van tomar muestras de varios comportamientos, comenzar por el sistema más limpio – generalmente el sistema hidráulico, seguir con la transmisión o el sistema de dirección y finalmente el sistema del motor.

Utilizar un trozo de tubo nuevo para cada máquina o motor. Después de tomar muestra de aceite del motor, es de suma importancia descartar el tubo debido a la disponibilidad de que el hollín y los aditivos del aceite queden depositados en el tubo y contaminen otras muestras.

Paso A.

Hacer funcionar el motor a velocidad baja en vacío y quite la tapa contra el polvo de la válvula del compartimento en que va a tomar la muestra.



Paso B.

Insertar la sonda en la válvula y recoger aproximadamente 100 ml (4 oz. líquidas) de aceite en un recipiente para basura. Si el flujo de aceite es muy lento a baja en vacío. Puede ser necesario que alguien acelere la velocidad del motor hasta alta en vacío mientras se extrae la muestra de aceite. Desechar debidamente este aceite. (Este proceso limpia la válvula y ayuda

a obtener con mayor seguridad una muestra que represente el estado en que se encuentra el aceite).



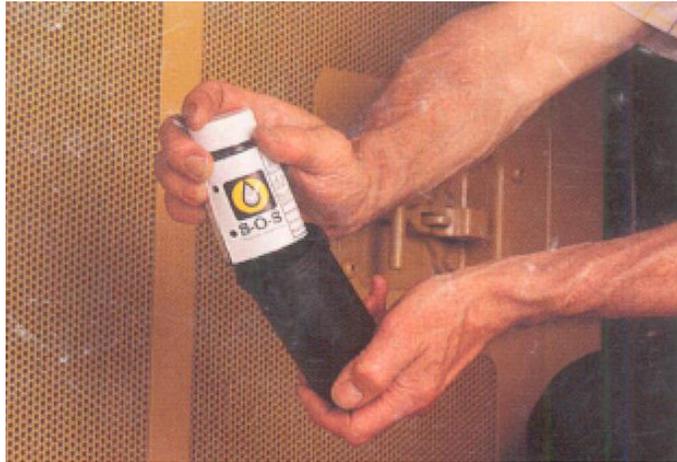
Paso C.

Volver a insertar la sonda en la válvula y llenar tres cuartas partes de la botella para muestras. No llenarla completamente. No permitir la entrada de suciedad en la botella ni en la tapa.



Paso D.

Sacar la sonda de la válvula y asegurar la tapa a la botella. Luego poner la botella con la etiqueta debidamente llenada en el tubo de envío.



Usando el método de extracción por vacío

Este método para tomar muestras requiere una bomba de vacío. Utilizar este método para los sistemas bajo presión que no están equipados con válvulas para tomar muestras.

Se recalca la importancia de utilizar un nuevo trozo de tubo después de tomar muestras de aceite de motor, debido a la posibilidad de que el hollín y los aditivos del aceite queden depositados en el tubo y contaminen otras muestras.

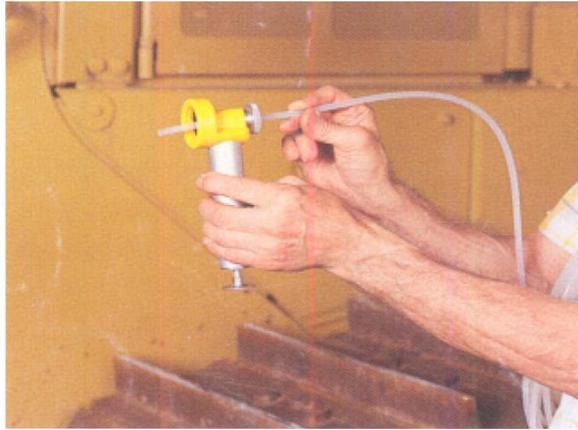
Paso A.

Apague el motor, mida el tubo nuevo y córtelo del largo de la varilla indicadora de nivel. Si el compartimiento de donde está tomando la muestra no tiene una varilla, corte el tubo de modo que llegue hasta la mitad de la profundidad del aceite.



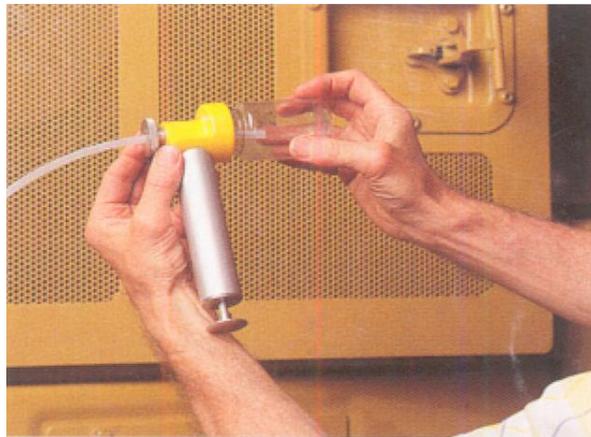
Paso B.

Inserte el tubo por la cabeza de la bomba de vacío y apriete la tuerca de retención. El tubo debe sobresalir aproximadamente 4 cm (1 pulgada) de la base de la cabeza de la bomba de vacío.



Paso C.

Conecte una nueva botella de muestreo a la bomba de vacío e inserte el extremo del tubo en el aceite. No permita que el tubo toque el fondo del compartimiento.



Paso D.

Accione la manija de la bomba para crear un vacío. Mantenga la bomba en posición vertical. Si la voltea se puede contaminar con el aceite. Si le entra aceite a la bomba, desármela y límpiela antes de tomar la muestra. Llene tres cuartas partes de la botella para muestras. No la llene completamente.



Paso E.

Saque el tubo del compartimiento. Saque la botella de la bomba de vacío y asegure la tapa a la botella. Luego ponga la botella con la etiqueta debidamente llenada en el tubo de envío.



MEC: Procede a enviar las muestras al Taller Central.

JT y/o AT: Revisa que toda la información solicitada en la etiqueta este debidamente anotada y envía las muestras al laboratorio del proveedor para su análisis.

Proveedor: En tiempo oportuno deberá hacer llegar el reporte del análisis, en el cual indicara las tendencias de desgaste de los diferentes elementos internos de cada componente en evaluación, de acuerdo a su curva de desgaste definida. Si en caso no existiera curva de desgaste debido a la marca del componente, se deberá elaborar, para tener futuras referencias.

Registros:

Se considera como registro:

- El reporte de análisis de aceite

Y deberán ser archivados en el Taller Central, en el lugar destinado para ello, en carpetas individuales por maquina.

Referencias:

- c. Norma ISO 9001:2000
- d. Inventario general de equipos
- e. Manuales de operación y mantenimiento

Elaboró: Ing. Julio Ramírez Jefe de Taller	Revisó: Gerente Administrativo	Aprobó: Gerente General
--	---------------------------------------	--------------------------------

2.7 Análisis de costos

El costo de mantenimiento va estar ligado al costo de operación de la maquina, y este dependerá del tipo o condiciones de terreno, de la habilidad y experiencia en la operación, de la disponibilidad y calidad de repuestos y lubricantes, y de las políticas de renovación de la flota. En el cuadro siguiente podremos ver el costo de los servicios de mantenimiento preventivo, para una excavadora Caterpillar modelo 330CL, para las primeras 4000 horas de uso.

ANALISIS DE COSTOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

MAQUINA EXCAVADORA CATERPILLAR
 MODELO 330 CL

TIPO DE SERVICIO	FILTRO ACEITE DE MOTOR	FILTRO DE COMBUSTIBLE	TRAMPA DE AGUA	FILTRO HIDRAULICO PILOTO	FILTRO HIDRAULICO RETORNO	FILTRO HIDRAULICO TANQUE	FILTRO AIRE PRIMARIO	FILTRO AIRE SECUNDARIO	ACEITE DE MOTOR	ACEITE HIDRAULICO	ACEITE MANDOS FINALES	ACEITE MANDO DE ROTACION	MANO DE OBRA	COSTO POR SERVICIO
250 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
500 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67			Q 619.55				Q 90.00	Q 3,653.61
750 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
1000 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67	Q 1,021.86	Q 684.78	Q 619.55		Q 340.12	Q 404.90	Q 120.00	Q 6,135.27
1250 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
1500 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67			Q 619.55				Q 90.00	Q 3,653.61
1750 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
2000 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67	Q 1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q 3,222.02	Q 340.12	Q 404.90	Q 150.00	Q 9,387.29
2250 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
2500 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67			Q 619.55				Q 90.00	Q 3,653.61
2750 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
3000 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67	Q 1,021.86	Q 684.78	Q 619.55		Q 340.12	Q 404.90	Q 120.00	Q 6,135.27
3250 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
3500 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67			Q 619.55				Q 90.00	Q 3,653.61
3750 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40						Q 619.55				Q 60.00	Q 1,635.27
4000 HORAS	Q 267.96	Q 321.36	Q 366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q 1,043.67	Q 1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q 3,222.02	Q 340.12	Q 404.90	Q 150.00	Q 9,387.29
														COSTO TOTAL CADA 4000 HORAS
														Q58,741.76

Como puede verse en el cuadro anterior no esta incluido ningún costo de tren de rodaje ni de herramienta de corte, ya que estos dependerán de los factores antes mencionados, pero deben ser tomados en cuenta en el historial de la maquina, para cuando se desee obtener un valor real del costo en determinado periodo de operación.

Aplicando el sistema de monitoreo de condición, mediante el análisis periódico de aceite, pretendemos encontrar el periodo optimo de cambio del mismo, ya que de acuerdo a experiencia de otras empresas, en algunos casos se ha encontrado que utilizando la frecuencia de cambio de

aceite de motor cada 250 horas, por ejemplo, el aceite aun esta en condiciones de operar, por lo que al extender su vida de uso podremos reducir los costos de los servicios de mantenimiento, como se puede ver el cuadro siguiente, pero quizá lo mas importante es el ahorro por disponibilidad y confiabilidad, ya que se podrá estar monitoreando las condiciones internas de operación de los componentes y se logrará planificar intervenciones de mantenimiento sin afectar el proceso productivo.

**ANALISIS DE COSTOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO
UTILIZANDO ANALISIS DE ACEITE
MAQUINA EXCAVADORA CATERPILLAR
MODELO 330 CL**

TIPO DE SERVICIO	FILTRO ACEITE DE MOTOR	FILTRO DE COMBUSTIBLE	TRAMPA DE AGUA	FILTRO HIDRAULICO PILOTO	FILTRO HIDRAULICO RETORNO	FILTRO HIDRAULICO TANQUE	FILTRO AIRE PRIMARIO	FILTRO AIRE SECUNDARIO	ACEITE DE MOTOR	ANALISIS ACEITE DE MOTOR	ACEITE HIDRAULICO	ANALISIS ACEITE HIDRAULICO	ACEITE MANDOS FINALES	ACEITE MANDO DE ROTACION	MANO DE OBRA	COSTO POR SERVICIO	
250 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
500 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67			Q 619.55	Q180.00		Q180.00			Q 90.00	Q 4,013.61	
750 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
1000 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67	Q1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q180.00		Q180.00	Q 340.12	Q 404.90	Q 120.00	Q 6,495.27	
1250 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
1500HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67			Q 619.55	Q180.00		Q180.00			Q 90.00	Q 4,013.61	
1750 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
2000 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67	Q1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q180.00		Q180.00	Q 340.12	Q 404.90	Q 150.00	Q 6,525.27	
2250 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
2500 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67			Q 619.55	Q180.00		Q180.00			Q 90.00	Q 4,013.61	
2750 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
3000 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67	Q1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q180.00		Q180.00	Q 340.12	Q 404.90	Q 120.00	Q 6,495.27	
3250 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
3500HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67			Q 619.55	Q180.00		Q180.00			Q 90.00	Q 4,013.61	
3750 HORAS									Q180.00						Q 15.00	Q 195.00	
4000 HORAS	Q267.96	Q321.36	Q366.40	Q 596.68	Q 347.99	Q1,043.67	Q1,021.86	Q 684.78	Q 619.55	Q180.00	Q3,222.02	Q180.00	Q 340.12	Q 404.90	Q 150.00	Q 9,747.29	
																COSTO TOTAL CADA 4000 HORAS	Q46,877.55

De acuerdo a datos proporcionados por el representante de Caterpillar en Guatemala, llevando un buen control del monitoreo de aceite, se pueden alcanzar frecuencias de mas de 500 horas para el caso de los motores de combustión interna y arriba de 4000 horas para sistemas hidráulicos.

Comparando los dos cuadros anteriores, podemos ver que utilizando el monitoreo de aceite en equipos críticos A, se puede lograr cierto ahorro en el valor de los costos de servicios de mantenimiento. Utilizando el mismo procedimiento comparativo para las distintas familias de equipos, se puede obtener un porcentaje de ahorro global, para lo cual es necesario calcular un promedio ponderado del ahorro para los distintos equipos, ya que varían las cantidades de los mismos, como se puede apreciar en el cuadro siguiente:

FAMILIA DE EQUIPOS	%AHORRO (a)	CANDIDAD EQUIPOS CRITICOS "A" POR FAMILIA (b)	VALOR PONDERADO (a X b)
TRACTORES CAT D8	16.40	2	32.80
EXCAVADORAS CAT 330	16.79	3	50.37
EXCAVADORAS HYUNDAI 290	15.80	1	15.80
EXCAVADORAS CAT 320, HYUNDAI 210 y CASE 240	15.15	7	106.05
MOTONIVELADORAS CAT 140	21.55	2	43.10
SUMATORIA		15	248.12

Promedio ponderado = $[\sum \text{valor ponderado}] / [\sum \text{cantidad de equipos críticos A}]$

Promedio ponderado = $248.12 / 15 = 16.54\%$

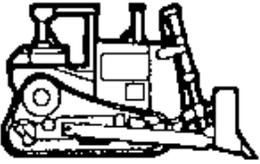
Podemos apreciar entonces que utilizando el monitoreo de aceite en los equipos críticos A, se puede lograr un ahorro de hasta 16.54%, en el valor de los costos de servicios de mantenimiento.

3. MEDICIÓN Y CONTROL

Para medir la disponibilidad del equipo, se desarrollo el procedimiento y el formato para recopilar la información diaria de cada maquina ver anexo A-4, sacada del reporte diario del operador ver anexo A-3, para poder medir el Tiempo Medio Entre Fallas, el Tiempo Medio Por Reparación y la Disponibilidad.

A continuación se presenta el procedimiento para el desarrollo de esta actividad.

3.1. Procedimiento de captación de datos para control de disponibilidad

 <i>Topsa construcciones S.A.</i>	TOPSA CONSTRUCCIONES S.A. PROCEDIMIENTOS DE TALLER	Edición: 1 Fecha: 15/08/06 Pagina:
	Titulo: CONTROL DE DISPONIBILIDAD	Código: PR- MT-02

Objetivo:

Asegurar la alimentación de información a la base de datos para tener acceso en tiempo a la disponibilidad del equipo.

Alcance:

Tiene alcance para la maquinaria pesada utilizada en movimientos de tierra necesaria en proyectos, propiedad de la constructora y declarada en el inventario general de equipos.

Definiciones y/o Abreviaturas:

(JT) Jefe de Taller: Persona encargada de coordinar las tareas de mantenimiento en Taller y/o campo.

(IR) Ingeniero Residente: Persona encargada de todas las actividades productivas del proyecto en ejecución.

(AT) Administrativo de Taller: Persona encargada de llevar todos los controles administrativos de Taller, entre otros el control de servicios del equipo y vehículos.

(AP) Administrativo de Proyecto: Persona encargada de llevar todos los controles administrativos del proyecto.

(OPER) Operador: Persona encargada de operar el equipo que se utiliza en los proyectos en ejecución.

Digitador: Persona encargada de ingresar y procesar toda la información proveniente de los proyectos.

Responsabilidad y autoridad:

- a. Es responsabilidad de Operador llenar correctamente la boleta del control de tiempo diario y entregarla al Administrativo del Proyecto todos los días.
- b. Es responsabilidad del Administrativo de cada proyecto, revisar las boletas de control tiempo diario, y enviarlas a la oficina central, en un máximo de cinco días.
- c. El digitador será el encargado de ingresar los valores al sistema.

Desarrollo:

OPER: Luego de terminar su jornada laboral, procede a llenar su reporte de Control de Tiempo Diario, anotando todo lo solicitado, poniendo mucha atención en el cuadro de disponibilidad, en el cual si por alguna razón se paro la maquina para hacer reparaciones o mantenimiento, anotar el tiempo utilizado, y en el espacio de observaciones ampliar la información.

AP: Recibe la hoja de control de tiempo diario del operador, y revisa que esté debidamente firmada por los involucrados y las envía a la oficina central.

Digitador: Recibe las hojas de control de tiempo diario, y de acuerdo al código de la maquina ingresa los datos de tiempo trabajado, de reparación y/o mantenimiento al sistema. Al final del mes o en cualquier momento que se requiera se podrá generar el reporte de disponibilidad y su tendencia.

JT: Recibe el reporte de disponibilidad, lo evalúa y para cualquier valor debajo de 80%, será necesario tomar las acciones correctivas necesarias.

Registros:

Se considera como registro:

- El reporte de disponibilidad mensual del equipo.

Y deberán ser archivados en el Taller Central, en el lugar destinado para ello, en carpetas individuales por maquina.

Referencias:

- a. Norma ISO 9001:2000
- b. Inventario general de equipos
- c. Manuales de operación y mantenimiento

Elaboró: Ing. Julio Ramírez Jefe de Taller	Revisó: Gerente Administrativo	Aprobó: Gerente General
--	---------------------------------------	--------------------------------

3.2. Análisis de resultados del muestreo de aceite

El análisis de los resultados del muestreo de aceite se llevará en conjunto con el laboratorio en donde se realizaran las pruebas. Dicho laboratorio proporcionará oportunamente el reporte el cual indicará los valores siguientes para motores de combustión interna:

- a) Elementos de desgaste en Partes por millón (ppm) como, Aluminio, plomo, cromo, hierro, cobre, estaño, magnesio, molibdeno, silicio.
- b) Condición de los aditivos, TBN (KOH/mg), zinc y fósforo (ppm)
- c) Contaminación del lubricante en porcentajes de agua y combustible
- d) La viscosidad en cSt a 40 y 100 grados centígrados
- e) Las condiciones del lubricante en porcentajes de sulfatación, nitración, oxidación y hollín

Para el caso de los aceites hidráulicos las pruebas que mas comúnmente se realizan son:

- a) Espectroscopia de Metales: Hierro, Cobre, Plomo, Aluminio, Cromo, y Níquel
- b) Espectroscopia de Silicio
- c) Medida de Viscosidad cinemática
- d) Contenido de Agua
- e) Medición del TAN
- f) Oxidación
- g) Conteo de partículas

Con estos valores se elaborará una curva de tendencia, para ver que elementos se salen de la curva característica del componente, para anticiparnos a una falla o para modificar la frecuencia de cambio del lubricante, utilizando lubricantes de buena calidad se espera que el periodo de cambio se extienda para lograr con esto el objetivo de ahorro de costos.

Caterpillar cuenta con curvas de tendencias de desgaste que les sirven de patrón, cuando hacen un análisis, dependiendo de las horas de trabajo, para predecir el comportamiento de los componentes, para el equipo que es de otra marca será necesario elaborar las curvas de desgaste.

3.3. Auditorías Internas de Mantenimiento

Con el fin de retroalimentar los logros del plan, se requiere hacer auditorias, con el objetivo de conocer si se han cumplido o no las expectativas planificadas y con ello determinar la efectividad del mismo. Para lograrlo se debe realizar un programa de auditorias, donde los resultados deben ser publicados y documentados y además se debe hacer el seguimiento a las desviaciones encontradas para asegurar por medio de los responsables, evitar o controlar su recurrencia.

CONCLUSIONES

1. Para establecer un plan de mantenimiento, es necesario que los procedimientos del área de responsabilidad estén por escrito, y que toda la información generada por ellos sea registrada, para estandarizar los procesos en todas las obras en ejecución.
2. El mantenimiento de la maquinaria pesada se hace más sencillo si se lleva el orden adecuado y los insumos necesarios, utilizando una guía de mantenimiento.
3. Para poder llevar a cabo los objetivos del plan, además de ponerle más cuidado a los equipos críticos A, que es el 35%, no se debe descuidar los críticos B, ya que en esta franja se encuentra la mayoría de equipos con los que cuenta la empresa y que en su momento también serán vitales para la conclusión de la obra.
4. Cada vez que se tiene la iniciativa de introducir innovaciones al sistema común de mantenimiento, monitoreo de condición mediante el análisis periódico de aceite para este caso, se debe tener la disciplina para analizar los datos con cierta frecuencia, para que esta herramienta sea útil para tomar decisiones y se refleje el esfuerzo de este programa en beneficios.
5. Se logró determinar que utilizando el monitoreo de aceite en los equipos críticos A, se puede lograr un ahorro de hasta 16.54%, en el valor de los costos de servicios de mantenimiento.
6. La actualización y capacitación continua del personal a cargo del mantenimiento preventivo es muy importante, ya que de esa buena laborar va a depender la vida útil de la maquinaria, debido a la alta criticidad de los equipos aquí analizados.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que se hagan revisiones de los procedimientos de mantenimiento cada seis meses, para verificar si están funcionando adecuadamente, de lo contrario hay que hacer los ajustes necesarios.
2. Cuando se tome la decisión de tomar un modelo de gestión del mantenimiento basado en las Normas ISO 9000, tomar en cuenta que el responsable del proceso documentado es quien tiene que redactarlo, para evitar contrariedades, ya que se debe partir de la premisa “Escríbalo como lo hace y hágalo como lo escribió”.
3. Debido a que los servicios de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada, son revisiones, limpieza y cambio de fluidos hidráulicos, y debido a la cantidad de maquinaria, se recomienda la compra de un camión de servicios, el cual deberá contar con, aire comprimido para sopletear filtros y accionamiento de las bombas de despacho de los distintos aceites, con sus carretes y mangueras respectivas.
4. Se recomienda analizar los índices de mantenimiento propuestos cada mes, y llevar un control de tendencia para mejorar los equipos en donde haya deficiencia, y priorizar las intervenciones.
5. Para llevar controles de gestión de calidad del mantenimiento, no necesariamente es obligatorio utilizar software especializado, ya que se pueden hacer de forma sencilla, utilizando bases de datos de las existentes en los paquetes que traen las PC, aunque esto signifique un poco más de esfuerzo, todo dependerá de la velocidad de respuesta de las intervenciones de mantenimiento que se deseen.

BIBLIOGRAFÍA

1. STONER, James y FREEMAN, Edward. Administración. México, Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1992.
2. DAVID, Fred. Conceptos de Administración Estratégica. Pearson Educación.
3. JONES, Gareth y HILL, Charles. Administración estratégica. McGraw Hill, Tercera Edición.
4. Dounce Villanueva, Enrique. La Productividad en el mantenimiento Industrial. Compañía Editorial Continental. 2003. México.
5. Krajewski, Lee J., Ritzman, Larry P. Administración de Operaciones Estrategia y Análisis. 5ta. Edición. México: Pearson Educación, 2000. 928pp.
6. Roy Jorgensen Assoc. Inc. & Héctor E. Ochoa U. Manual de administración de Equipos, Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Publicas, 1983. Guatemala.
7. Duffuaa, Raouf, Dixon. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. Editorial Limusa S.A. de C.V., México 2006, 419pp.
8. Caterpillar, 1997. Productos de Mantenimiento Preventivo, como tomar una buena muestra de aceite. PSHP6001-07.
9. Caterpillar, octubre 2004, Recomendaciones de Fluidos para Maquinas Caterpillar. SSBU6250-13.
10. Ing. Santiago Sotuyo Blanco. Ellman, Sueiro y asociados Optimización Integral de Mantenimiento. Disponible en: http://www.ellman.net/admin/noticias/noticia_17.pdf

11. Altmann Carolina. El análisis de aceite como herramienta del mantenimiento proactivo en flotas de maquinaria pesada. Primer congreso uruguayo de mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad. 21 y 22 de Abril de 2005. Montevideo – Uruguay. Disponible en:http://www.uruman.org/material_tecnico/X%20Titulos/Analisis%20de%20Aceite%20en%20mantenimiento%20proactivo.pdf

12. Medidas de tendencia central. El promedio ponderado. Disponible en :
http://www.cca.org.mx/dds/cursos/estadistica/html/m9/promedio_ponderado.htm

ANEXOS

Anexo A-1 Inventario de maquinaria

TOPSA CONSTRUCCIONES S.A. INVENTARIO DE MAQUINARIA

CODIGO	TIPO	MODELO	MARCA	AÑO
T1-1	TRACTOR DE ORUGA	D8K	CATERPILLAR	1984
T1-2	TRACTOR DE ORUGA	D8K	CATERPILLAR	1981
T1-5	TRACTOR DE ORUGA	D6R-FTC	CATERPILLAR	1997
T1-6	TRACTOR DE ORUGA	D6M-XL	CATERPPILLAR	1998
T1-7	TRACTOR DE ORUGA	D6R-XL	CATERPILLAR	1999
T1-8	TRACTOR DE ORUGA	D6R XL SERIE II	CATERPILLAR	2005
T1-10	TRACTOR DE ORUGA	D8N	CATERPILLAR	1989
T1-11	TRACTOR DE ORUGA	D8T	CATERPILLAR	2006
T2-1	EXCAVADORA	214-4 Serie 2	JCB	1997
T2-3	EXCAVADORA	214-4 Serie 3	JCB	1998
T2-4	EXCAVADORA	2800 Quantum	LINK BELT	1999
T2-5	EXCAVADORA	3400 Quantum	LINK BELT	1999
T2-6	EXCAVADORA	416-D	CATERPILLAR	2003
T2-7	EXCAVADORA	320-C	CATERPILLAR	2005
T2-8	EXCAVADORA	320 CL	CATERPILLAR	2005
T2-9	EXCAVADORA	322-CL ME	CATERPILAR	2005
T2-10	EXCAVADORA	330 CL BR	CATERPILLAR	2005
T2-11	EXCAVADORA	320CL	CATERPILLAR	2005
T2-12	EXCAVADORA	320-C	CATERPILLAR	2006
T2-13	EXCAVADORA	330-CL ME	CATERPILLAR	2006
T2-14	EXCAVADORA	290 LC-7	HYUNDAI	2006
T2-15	EXCAVADORA	CX-240	CASE	2006
T2-16	EXCAVADORA	320 CL	CATERPILLAR	2006
T2-17	EXCAVADORA	CX-240	CASE	2006
T2-18	EXCAVADORA	330 DL	CATERPILLAR	2006
T2-19	EXCAVADORA	210 LC-7	HYUNDAI	2006
T2-20	EXCAVADORA	210 LC-7	HYUNDAI	2006
T4-1	MOTONIVELADORA	140-G	CATERPILLAR	1981
T4-2	MOTONIVELADORA	120-G	CATERPILLAR	1981
T4-3	MOTONIVELADORA	120-H	CARTEPILLAR	1996

T4-4	MOTONIVELADORA	140-G	CATERPILLAR	1991
T4-5	MOTONIVELADORA	120-H	CATERPILLAR	2003
T4-6	MOTONIVELADORA	140-H	CATERPILLAR	2005
T5-2	CARGADOR FRONTAL	955-L	CATERPILLAR	1981
T5-3	CARGADOR FRONTAL	918-F	CATERPILLAR	1994
T5-4	CARGADOR FRONTAL	950-F	CATERPILLAR	1991
T5-5	CARGADOR FRONTAL	950-F	CATERPILLAR	1991
T6-1	RODO COMPACTADOR	SD-70D	INGERSOLL RAND	1996
T6-2	RODO COMPACTADOR	172-D2	BOMAG	1998
T6-3	RODO COMPACTADOR	212-D2	BOMAG	1999
T6-4	RODO COMPACTADOR	C433C	CATERPILLAR	2003
T6-5	RODO COMPACTADOR	SD 100 DB	INGERSOLL RAND	1996
T6-8	RODO COMPACTADOR	CS 533 E	CATERPILLAR	2005

Anexo A-2 Guías de mantenimiento preventivo

T2-18 Excavadora CAT-330

T2-18		SERVICIO DE 250 HORAS		
T2-18	Mantenimiento			
T2-18	Motor	Repuestos	Marca	250
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento primario del filtro de aire	142-1339		250
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento secundario del filtro de aire	142-1404		250
T2-18	Limpiar tapa y colador del tanque de combustible			250
T2-18	Cambiar separador de agua del sistema de combustible	1R-0770		250
T2-18	Cambiar filtro de combustible	1R-0762		250
T2-18	Drenar Agua y sedimentos del tanque de combustible			250
T2-18	Tomar muestra de aceite de motor	15W40		250
T2-18	Cambio de aceite de motor	15W40		250
T2-18	Cambio de Filtro de aceite de motor	1R-0716		250
T2-18	Revisar nivel del radiador	ELC		250
T2-18	Limpiar panel del radiador			250
T2-18	Inspeccionar/ajustar/reemplazar fajas			250
T2-18	Estructura Superior	Repuestos	Marca	250
T2-18	Inspeccionar/lubricar/ajustar varillaje del cucharón			250
T2-18	Inspeccionar protectores de dientes del cucharón			250
T2-18	Tomar muestra de aceite del sistema hidráulico	ESSO XD-3 30		250
T2-18	Revisar nivel de aceite del sistema hidráulico	ESSO XD-3 30		250
T2-18	Lubricar cojinete de rotación			250
T2-18	Revisar nivel de aceite del mando de rotación	MOBIL TRANS HD 50		250
T2-18	Tren de Rodaje, cabina y Otros	Repuestos	Marca	250
T2-18	Inspeccionar y limpiar filtro de recirculación de Aire acondicionado			250
T2-18	Llenar depósito de limpiaparabrisas			250
T2-18	inspeccionar limpiaparabrisas			250
T2-18	Revisar y ajustar tensión de cadenas			250
T2-18	Inspeccionar rodos superiores			250
T2-18	Inspeccionar rodos inferiores			250
T2-18	Revisar guías de cadenas y sus tornillos			250
T2-18	Revisar ruedas guía			250
T2-18	Revisar zapatas de cadena y apriete de tornillos			250
T2-18	revisar ruedas motrices (segmentos)			250
T2-18	Revisar nivel de mandos finales	MOBIL TRANS HD 50		250
T2-18	Inspeccionar cables y terminales de batería			250
T2-18	Revisar nivel de electrolito de la batería			250
T2-18	Comprobar alarma de desplazamiento			250
T2-18	Revisar luces de iluminación			250

T2-18		SERVICIO DE 500 HORAS		
T2-18		Mantenimiento		
T2-18		Motor	Repuestos	Marca
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento primario del filtro de aire		142-1339	500
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento secundario del filtro de aire		142-1404	500
T2-18	Limpiar tapa y colador del tanque de combustible			500
T2-18	Cambiar separador de agua del sistema de combustible		1R-0770	500
T2-18	Cambiar filtro de combustible		1R-0762	500
T2-18	Drenar Agua y sedimentos del tanque de combustible			500
T2-18	Tomar muestra de aceite de motor		15W40	250
T2-18	Cambio de aceite de motor		15W40	500
T2-18	Cambio de Filtro de aceite de motor		1R-0716	500
T2-18	Limpiar respiradero del carter			500
T2-18	Revisar nivel del radiador		ELC	500
T2-18	Limpiar panel del radiador			500
T2-18	Inspeccionar/ajustar/reemplazar fajas			500
T2-18		Estructura Superior	Repuestos	Marca
T2-18	Inspeccionar/lubricar/ajustar varillaje del cucharón			500
T2-18	Inspeccionar protectores de dientes del cucharón			500
T2-18	Tomar muestra de aceite del sistema hidráulico		ESSO XD-3 30	250
T2-18	Revisar nivel de aceite del sistema hidráulico		ESSO XD-3 30	500
T2-18	Lubricar cojinete de rotación			500
T2-18	Tomar muestra de aceite del mando de rotación		MOBIL TRANS HD 50	500
T2-18	Revisar nivel de aceite del mando de rotación		MOBIL TRANS HD 50	500
T2-18		Tren de Rodaje, cabina y Otros	Repuestos	Marca
T2-18	Inspeccionar y limpiar filtro de recirculación de Aire acondicionado			500
T2-18	Llenar depósito de limpiaparabrisas			500
T2-18	inspeccionar limpiaparabrisas			500
T2-18	Revisar y ajustar tensión de cadenas			500
T2-18	Inspeccionar rodos superiores			500
T2-18	Inspeccionar rodos inferiores			500
T2-18	Revisar guías de cadenas y sus tornillos			500
T2-18	Revisar ruedas guía			500
T2-18	Revisar zapatas de cadena y apriete de tornillos			500
T2-18	revisar ruedas motrices (segmentos)			500
T2-18	Tomar muestra de aceite de mandos finales		MOBIL TRANS HD 50	500
T2-18	Revisar nivel de mandos finales		MOBIL TRANS HD 50	500
T2-18	Inspeccionar cables y terminales de batería			500
T2-18	Revisar nivel de electrolito de la batería			500
T2-18	Comprobar alarma de desplazamiento			500
T2-18	Revisar luces de iluminación			500

T2-18

SERVICIO DE 1000 HORAS

T2-18		Mantenimiento		
T2-18	Motor	Repuestos	Marca	1000
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento primario del filtro de aire	142-1339		1000
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento secundario del filtro de aire	142-1404		1000
T2-18	Limpiar tapa y colador del tanque de combustible			1000
T2-18	Cambiar separador de agua del sistema de combustible	1R-0770		1000
T2-18	Cambiar filtro de combustible	1R-0762		1000
T2-18	Drenar Agua y sedimentos del tanque de combustible			1000
T2-18	Calibrar valvulas de motor			1000
T2-18	Tomar muestra de aceite de motor	15W40		1000
T2-18	Cambio de aceite de motor	15W40		1000
T2-18	Cambio de Filtro de aceite de motor	1R-0716		1000
T2-18	Limpiar respiradero del carter			1000
T2-18	Revisar nivel del radiador	ELC		1000
T2-18	Limpiar panel del radiador			1000
T2-18	Inspeccionar/ajustar/reemplazar fajas			1000
T2-18	Estructura Superior	Repuestos	Marca	1000
T2-18	Inspeccionar/lubricar/ajustar varillaje del cucharon			1000
T2-18	Inspeccionar protectores de dientes del cucharon			1000
T2-18	Tomar muestra de aceite del sistema hidraulico	ESSO XD-3 30		1000
T2-18	Revisar nivel de aceite del sistema hidraulico	ESSO XD-3 30		1000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico de la caja de drenaje	126-1813		1000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico piloto	126-2081		1000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico de retorno	093-7521		1000
T2-18	Lubricar cojinete de rotacion			1000
T2-18	Tomar muestra de aceite del mando de rotacion	MOBIL TRANS HD 50		1000
T2-18	Cambiar aceite del mando de rotacion	MOBIL TRANS HD 50		1000
T2-18	Tren de Rodaje, cabina y Otros	Repuestos	Marca	1000
T2-18	Inspeccionar y limpiar filtro de recirculacion de Aire acondicionado			1000
T2-18	Llenar deposito de limpiaparabrisas			1000
T2-18	inspeccionar limpiaparabrisas			1000
T2-18	Revisar y ajustar tension de cadenas			1000
T2-18	Inspeccionar rodos superiores			1000
T2-18	Inspeccionar rodos inferiores			1000
T2-18	Revisar guias de cadenas y sus tornillos			1000
T2-18	Revisar ruedas guia			1000
T2-18	Revisar zapatas de cadena y apriete de tornillos			1000
T2-18	revisar ruedas motrices (segmentos)			1000
T2-18	Toma de muestra de aceite de mandos finales	MOBIL TRANS HD 50		1000
T2-18	Cambio de aceite de mandos finales	MOBIL TRANS HD 50		1000
T2-18	Inspeccionar cables y terminales de bateria			1000
T2-18	Revisar nivel de electrolito de la bateria			1000
T2-18	Comprobar alarma de desplazamiento			1000
T2-18	Revisar luces de iluminacion			1000

T2-18

SERVICIO DE 2000 HORAS

T2-18	Mantenimiento			
T2-18	Motor	Repuestos	Marca	2000
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento primario del filtro de aire	142-1339		2000
T2-18	Limpiar y/o reemplazar elemento secundario del filtro de aire	142-1404		2000
T2-18	Limpiar tapa y colador del tanque de combustible			2000
T2-18	Cambiar separador de agua del sistema de combustible	1R-0770		2000
T2-18	Cambiar filtro de combustible	1R-0762		2000
T2-18	Drenar Agua y sedimentos del tanque de combustible			2000
T2-18	Calibrar valvulas de motor			2000
T2-18	Tomar muestra de aceite de motor	15W40		2000
T2-18	Cambio de aceite de motor	15W40		2000
T2-18	Cambio de Filtro de aceite de motor	1R-0716		2000
T2-18	Limpiar respiradero del carter			2000
T2-18	Revisar nivel del radiador	ELC		2000
T2-18	Limpiar panel del radiador			2000
T2-18	Inspeccionar/ajustar/reemplazar fajas			2000
T2-18	Estructura Superior	Repuestos	Marca	2000
T2-18	Inspeccionar/lubricar/ajustar varillaje del cucharon			2000
T2-18	Inspeccionar protectores de dientes del cucharon			2000
T2-18	Tomar muestra aceite del sistema hidraulico	ESSO XD-3 30		2000
T2-18	Cambiar aceite del sistema hidraulico	ESSO XD-3 30		2000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico de la caja de drenaje	126-1813		2000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico piloto	126-2081		2000
T2-18	Cambiar filtro de aceite hidráulico de retorno	093-7521		2000
T2-18	Lubricar cojinete de rotacion			2000
T2-18	Engrasar engranaje de rotacion			2000
T2-18	Tomar muestra de aceite del mando de rotacion	MOBIL TRANS HD 50		2000
T2-18	Cambiar aceite del mando de rotacion	MOBIL TRANS HD 50		2000
T2-18	Tren de Rodaje, cabina y Otros	Repuestos	Marca	2000
T2-18	Inspeccionar y limpiar filtro de recirculacion de Aire acondicionado			2000
T2-18	Llenar deposito de limpiaparabrisas			2000
T2-18	inspeccionar limpiaparabrisas			2000
T2-18	Revisar y ajustar tension de cadenas			2000
T2-18	Inspeccionar rodos superiores			2000
T2-18	Inspeccionar rodos inferiores			2000
T2-18	Revisar guias de cadenas y sus tornillos			2000
T2-18	Revisar ruedas guia			2000
T2-18	Revisar zapatas de cadena y apriete de tornillos			2000
T2-18	revisar ruedas motrices (segmentos)			2000
T2-18	Tomar muestra de aceite de mandos finales	MOBIL TRANS HD 50		2000
T2-18	Cambio de aceite de mandos finales	MOBIL TRANS HD 50		2000
T2-18	Inspeccionar cables y terminales de bateria			2000
T2-18	Revisar nivel de electrolito de la bateria			2000
T2-18	Comprobar alarma de desplazamiento			2000
T2-18	Revisar luces de iluminacion			2000

Anexo A-3 Formato de control de tiempo diario



TOPSA
CONSTRUCCIONES, S. A.

CONTROL DEL TIEMPO DIARIO

Empresa: _____
 Proyecto: _____
 Fecha Actual: _____
 Máquina: _____
 Código: _____

Horómetro Final

Horómetro Inicial

Total Horas

DISPONIBILIDAD

Renglón de Trabajo	Horas del Reloj no trabajadas Durante el turno normal por		Total horas de Reloj Trabajadas	
	Reparaciones	Mantenimiento	Ord.	Ext.
	Hrs.	Hrs.		

Trabajo Efectuado y Observaciones:

Nombre Operador: _____

Firma Operador: _____

Firma Encargado: _____

Nº 0128250

UN-IMPRESION - TEL-FAX: 2335-0685 - 10.000 J. DEL 125.021 AL 136.000 - 08/00.

