

MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA
USOCOELLO

HUMBERTO RODDRIGUEZ RIVERA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA
USOCOELLO

HUMBERTO RODDRIGUEZ RIVERA

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: CARLOS ANDRES PEREZ
Ingeniero Mecánico
Magister en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	14
1. MARCO CONTEXTUAL	15
1.1 INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA	15
1.2 RESEÑA HISTORICA	16
2. MARCO TEORICO	18
2.1 EL MANTENIMIENTO	18
2.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	18
2.3 BENEFICIOS DE UN BUEN MANTENIMIENTO	18
2.4 CONSECUENCIAS DE UNA MALA PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO	19
2.5 CLASES DE MANTENIMIENTO	19
2.5.1 Mantenimiento correctivo.	20
2.5.2 Mantenimiento preventivo.	21
2.5.3 Mantenimiento predictivo.	22
2.5.3.1 Mantenimiento predictivo con base en el análisis de aceites.	23
2.6 LUBRICACIÓN	24
2.6.1 Principios básicos de lubricación.	24
2.6.2 Cuatro ventajas de la lubricación correcta.	25
2.7 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	25
3. MAQUINARIA Y VEHICULOS	28
3.1 DRAGALINAS	28
3.2 RETROEXCAVADORAS	29

3.3 TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)	30
3.4 MOTONIVELADORAS	31
3.5 VOLQUETAS Y TRACTO CAMION	32
3.6 VEHICULOS LIVIANOS	33
4. ORGANIZACION Y FUNCIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	35
4.1 COORDINADOR DE TALLER	35
4.2 AUXILIAR DE MANTENIMIENTO Y COSTOS	38
4.3 MECANICO GENERAL	39
4.4 AUXILIAR DE MECANICA	41
4.5 SOLDADOR, LATONERO Y PINTOR	42
4.6 LUBRICADOR Y SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	43
5. ELEMENTOS DE INFORMACION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO	45
5.1 FICHA TECNICA	46
5.2 SOLICITUD DE SERVICIO	46
5.3 ORDEN DE TRABAJO	48
5.3.1 Flujo del sistema de órdenes de trabajo.	49
5.4 REGISTRO GLOBAL DE REPUESTOS Y REPARACIONES	51
5.5 SOLICITUD DE MATERIALES	51
6. ANALISIS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS	53
6.1 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	53
6.1.1 Seguridad física.	53
6.1.2 Frecuencia mensual de fallos.	54
6.1.3 Costo de reparación.	54
6.1.4 Tiempo de reparación.	54

6.1.5 Severidad.	55
6.1.6 Criticidad consolidada de equipos.	55
6.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS.	56
7. PLAN DE MANTENIMIENTO	57
7.1 METODOLOGIA UTILIZADA	58
7.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	58
7.2.1 Rutina diaria.	59
7.2.2 Actividades e intervalos de MP.	59
7.3 MANTENIMIENTO EQUIPOS CRITICOS	61
7.3.1 Rutina mensual.	62
7.3.2 Rutina anual.	62
7.3.3 Mantenimiento predictivo.	62
7.4 RESULTADOS ESPERADOS	65
8. MODELO COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	67
9. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO	71
9.1 DISPONIBILIDAD	72
9.2 CONFIABILIDAD	73
9.3 MANTENIBILIDAD	74
9.4 RELACIÓN ENTRE DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD	75
9.5 CUMPLIMIENTO ÓRDENES DE TRABAJO	76
9.6 BACKLOG	76
10. CONCLUSIONES	78
11. RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFIA	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Área de influencia del distrito de riego	15
Figura 2. Canal principal Coello	16
Figura 3. Dragalina P&H	28
Figura 4. Excavadora Caterpillar 320 CL	29
Figura 5. Bulldozer Fiatallis FD-9	30
Figura 6. Motoniveladora Fiatallis FG-70	31
Figura 7. Volqueta International 4300	32
Figura 8. Organigrama de mantenimiento	35
Figura 9. Esquema flujo ordenes de trabajo	50
Figura 10. Distribución del trabajo	57
Figura 11. Esquema general plan de mantenimiento	58

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Dragalinas	29
Tabla 2. Retroexcavadoras	30
Tabla 3. Bulldozers	31
Tabla 4. Motoniveladoras	32
Tabla 5. Volquetas y tracto camión	33
Tabla 6. Vehículos livianos	33
Tabla 7. Seguridad física	53
Tabla 8. Numero de fallas al mes	54
Tabla 9. Costo de reparación	54
Tabla 10. Tiempo de reparación	55
Tabla 11. Severidad	55
Tabla 12. Criticidad consolidada de los equipos	55
Tabla 13. Equipos críticos	56
Tabla 14. Actividades MP vehículos	59
Tabla 15. Actividades MP maquinaria	60

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato ficha técnica	81
Anexo B. Formato solicitud de servicio	82
Anexo C. Formato orden de trabajo	83
Anexo D. Formato registro global de repuestos y reparaciones	84
Anexo E. Formato solicitud de materiales	85
Anexo F. Análisis de criticidad	86
Anexo G. Matriz de criticidad consolidada	87
Anexo H. Rutina diaria	88
Anexo I. Control lubricación y engrase	89
Anexo J. Rutina mensual	90
Anexo K. Rutina anual	91
Anexo L. Resultado análisis de aceite usado	92
Anexo M. Determinación de costos totales	93
Anexo N. Cuadro de consumo diario	94
Anexo O. Costos por equipo mensual	95
Anexo P. Resumen costos totales	96
Anexo Q. Indicadores gestión de equipos	97

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA USOCOELLO*

AUTOR: HUMBERTO RODRIGUEZ RIVERA**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, gestión, maquinaria, disponibilidad, costos, indicadores.

DESCRIPCION: La siguiente monografía desarrollada en la empresa U S O C O E L L O, tiene como objetivo general diseñar un modelo de gestión de mantenimiento que se adapte a las necesidades y al tamaño de la e m p r e s a, buscando lograr resultados positivos en favor de la disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y los costos.

Para lograr este objetivo la primera parte del documento se centra en recopilar información técnica relativa a equipos y maquinaria presente en la empresa, establecer una estructura organizacional y las diferentes funciones del personal de mantenimiento. Luego hace referencia a la gestión de la información en mantenimiento, después se desarrolla un análisis de criticidad y selección de equipos críticos, con esta información se elabora un plan de mantenimiento. Por último se plantea un modelo de costos e índices de gestión de mantenimiento.

El resultado será la implementación de un modelo que permita organizar el mantenimiento (reparaciones, i n f o r m e s, costos, planes de mantenimiento, históricos, p e r s o n a l, equipos, ordenes de trabajo, entre otros), facilitando la toma de d e c i s i o n e s efectivas para el mejoramiento del departamento de mantenimiento.

*Monografía

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento,
Director: Ing Carlos Andres Perez

SUMMARY

TITLE: MANAGEMENT OF MAINTENANCE MODEL FOR USOCOELLO COMPANY*

AUTHOR: HUMBERTO RODRIGUEZ RIVERA **

KEY WORDS: Maintenance, management, machinery, availability, costs, indicators

SUBJECT: The following monograph developed at the USOCOELLO company, it has a general objective design a m a n a g e m e n t of maintenance model, that be adapted to the needs and the company`s size searching to achieve positive results in favor of the availability, mantenibility, reliability and the costs.

To achieve this objective the first part of the document focus on compiling technical information relative to e q u i p m e n t s and present machinery at the c o m p a n y, to establish an organizational structure and the different functions of the staff of maintenance. Then it refers to the management of the information in maintenance, later it d e v e l o p s an critical analysis and the selection of critical equipments, with this information a plan of maintenance is elaborated. Finally it establish a costs of model and index.

The result will be the implementation of a model that it enable to organize the maintenance (repairs, reports, costs, p l a n s of maintenance historical, s t a f f, equipments, orders of work, between other ones), making the effective overtaking for the improvement of the department of maintenance.

*Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Ing Meanico, Carlos Andres Perez

INTRODUCCIÓN

USOCOELLO es una empresa dedicada al suministro de agua para riego de cultivos cuyo principal objetivo es consolidarse como el distrito de adecuación de tierras más eficiente y productivo en Colombia, por esta razón es que ha optado por desarrollar estrategias de mejoramiento en cada uno de los departamentos de la empresa, entre los cuales el mantenimiento juega un papel de gran importancia, más aún, si se tiene en cuenta que en la actualidad se está manejando mantenimiento correctivo y en algunos casos mantenimiento preventivo. Esto genera pérdidas económicas debidas a la baja calidad en la prestación del servicio, la disminución de la vida útil de los equipos y la depreciación de la maquinaria, las cuales son consecuencia de la ausencia de planes, estrategias, objetivos claros y precisos.

Es así, como nace la necesidad de mantener un control constante de los equipos, y del conjunto de acciones de mantenimiento necesarias para garantizar el buen estado de conservación de los activos y la disponibilidad de la maquinaria pesada como; excavadoras, tractores de orugas, motoniveladoras, dragalinas. Vehículos de carga; volquetas, tractocamión, y demás equipos que posee el distrito con el fin de conseguir resultados que se reflejen en el desarrollo y el crecimiento de la empresa.

Por lo tanto, se propone diseñar un plan de mantenimiento capaz de adaptarse a las necesidades planteadas por la empresa, basado en las políticas y objetivos de ésta, el cual es lograr resultados positivos en favor de la calidad y los costos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento para la empresa Usocoello, que se adapte a las necesidades de la empresa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, clasificar y recopilar información técnica relativa a equipos y maquinaria presente en la empresa.
- Establecer la estructura organizacional y funciones del personal de mantenimiento.
- Elaborar fichas técnicas a máquinas, equipos, vehículos y formatos para la gestión de información del mantenimiento.
- Desarrollar un análisis de criticidad y selección de equipos críticos a incorporar en el plan de mantenimiento y su modalidad.
- Diseñar el plan de mantenimiento para cada uno de los equipos y/o maquinaria críticos.
- Diseñar un modelo de costos de mantenimiento generados por la maquinaria, vehículos, y equipos de la empresa e implementar índices de gestión de mantenimiento.

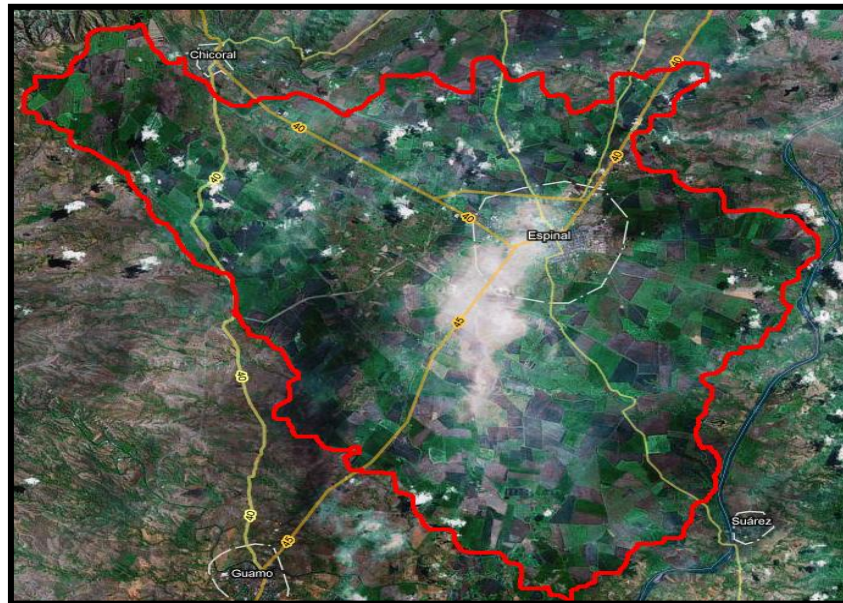
1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 INFORMACION GENERAL DE LA EMPRESA

La asociación de usuarios del distrito de adecuación de tierras de los ríos Coello y Cucuana (Usocoello), es una empresa dedicada a prestar el servicio de agua de riego para la agricultura, también ofrece servicios de asistencia técnica agronómica, servicio de topografía, nivelación laser, alquiler de maquinaria pesada para adecuación de tierras y servicio de maquinaria agrícola.

La jurisdicción del distrito comprende tierras situadas al occidente del río Magdalena, entre las localidades de Flandes, Espinal – Chicoral y Guamo. El distrito cuenta con una extensión Total 48.000 Has, con un área dotada de infraestructura para riego de 25.800 Has, con una red de canales de 388 Km. longitud y sistema de drenaje por quebradas. La asociación cuenta con 2.600 predios inscritos y 1810 usuarios registrados.

Figura 1. Área de influencia del distrito de riego.



Fuente: google earth

Posee una concesión de agua otorgada por Cortolima de 22.55 m³/seg para el desarrollo de cultivos como arroz, algodón, sorgo, maíz, maní, tabaco, frutales y estanques. Además contribuye a la generación de energía eléctrica con la planta “la ventana”, y acueducto de Espinal.

1.2 RESEÑA HISTORICA

En 1944 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y la Caja de Crédito Agrario realizaron levantamientos topográficos y estudios agrológicos, para la construcción de los Distritos de Riego de **COELLO Y SALDAÑA**. La construcción del distrito Coello fue contratada en 1950 y entró en servicio en 1953, obras ejecutadas por la firma Estadounidense **UTAH, SIDEICO Y OLAP**, bajo la interventoría de **R. J. TIPTON AND ASSOCIATED**, de Denver, Colorado.

Figura 2. Canal principal Coello.



Fuente: Autor

La Caja Agraria administró los distritos hasta el año de 1967, posteriormente el **INCORA** (instituto colombiano de la reforma agraria) administró hasta 1976, después Usocoello ha sido el administrador hasta el momento, delegado por el

INAT (instituto nacional de adecuación de tierras) que luego se liquidó creándose el **INCODER** (instituto colombiano para el desarrollo rural).

2. MARCO TEORICO

2.1 EL MANTENIMIENTO

Se entiende por mantenimiento como “la función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento y el buen estado de conservación de las instalaciones”¹; mantener es organizar, planear y efectuar operaciones de; lubricación, limpieza, inspección, reparación y mejoras destinadas al aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, asegurando de esta manera la continuidad y calidad de la producción.

2.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Contar con una planta altamente productiva y eficiente, se ha convertido en el principal objetivo de la alta dirección, la cual, consciente del papel que juega el mantenimiento para el cumplimiento de dicho objetivo, ha visto en éste un gran “aliado” que representa grandes beneficios en favor de los costos.

Esto se consigue al comprender por parte de la alta dirección los objetivos y funciones del mantenimiento, sus consecuencias, necesidades, al trabajar en equipo y al aceptar que la organización es el medio más efectivo para obtener resultados satisfactorios.

2.3 BENEFICIOS DE UN BUEN MANTENIMIENTO

Diseñar una planeación adecuada para las acciones de mantenimiento que se deben llevar a cabo, representa la obtención resultados económicos positivos reflejados en la protección y conservación de los activos, la protección del capital y

¹ BALDIN, Asturio. y FURLANETTO, Luciano. Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1982. p. 19

la garantía de una producción estable al certificar que los equipos é instalaciones se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento.

2.4 CONSECUENCIAS DE UNA MALA PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Los problemas en el mantenimiento provienen de una mala dirección y se ven reflejados en todas las áreas de la empresa; un mal mantenimiento genera deterioro, desgaste y disminución de la vida útil de los equipos. Adicionalmente ocurren pérdidas económicas debidas a las constantes paradas de la producción, se disminuye la calidad del producto, se crean perjuicios en el prestigio debido al no cumplimiento de los pedidos, se aumenta el consumo de repuestos, entre otros. Generando un aumento significativo en los costos de producción y por consiguiente una disminución de la utilidad.

2.5 CLASES DE MANTENIMIENTO

En la actualidad existen diferentes formas de ejecutar el mantenimiento; entre las cuales se encuentran:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.

Estos, han ido evolucionando progresivamente debido a los altos niveles de confiabilidad requeridos por la industria y a la necesidad de contar con equipos altamente eficientes.

2.5.1 Mantenimiento correctivo. Consiste “en corregir los daños que se presentan en los equipos mediante la eliminación de las causas que los producen una vez se realiza el análisis y la investigación de los problemas”².

Este tipo de mantenimiento solo es justificable cuando exista conveniencia económica; es decir, cuando hayan bajos costos indirectos del fallo, cuando se adopta una política de renovación frecuente de los equipos ó cuando los eventuales paros no son críticos para la producción, y se ve caracterizado por la carga de trabajo irregular del personal, el trabajo bajo presión después del fallo y la demora en la consecución de repuestos.

Adicionalmente el realizar operaciones de tipo correctivo implica las siguientes desventajas:

- Grandes pérdidas por paradas imprevistas.
- Deterioro de los componentes aledaños al que fallo inicialmente.
- Genera riesgos innecesarios en la seguridad industrial.
- Requiere personal técnico permanente para reparación.
- Está sujeto a reparaciones defectuosas propias de la emergencia.
- Altera la vida útil de los equipos.
- Genera inconformidad en el personal por la irregularidad laboral.

² RUEDA GOMEZ, Gustavo. El Mantenimiento Industrial. Op. Cit. p. 37.

2.5.2 Mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se puede definir como “la conservación planeada de fabrica y equipos, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva resultante de negligencias. No debería permitirse que ninguna máquina ó instalación llegase hasta el punto de ruptura”³ . Su principal característica es que las acciones de mantenimiento son previstas, preparadas, programadas y debidamente organizadas, representando una herramienta valiosa en la disminución de los costos.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son muchas y pueden ser observadas de distintas formas:

- Pérdida de tiempo menor como resultado de menos paros de maquinaria.
- Mejor conservación y duración de los equipos, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido.
- Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
- Menor costo por concepto de reparaciones, cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes y con ello aumenta todavía más el costo de reparación, una atención antes que se presenten las

³ NEWBROUGH, E.T. Administración de Mantenimiento Industrial. México: Diana. 1979. p. 69.

averías reducirá los costos.

- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
- Identificación del equipo que genera costos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo maquinas anticuadas.
- Mejores condiciones de seguridad.⁴

El logro de estos beneficios no es fácil y solo se puede llevar a cabo al realizar una correcta organización, planeación y programación de las acciones preventivas para lo cual se debe contar con el personal, la documentación y los materiales adecuados. El mantenimiento puede ser realizado de diferentes formas, entre ellas se encuentran el mantenimiento de vigilancia el cual, mediante visitas periódicas se controla el estado de los equipos y el mantenimiento sistemático que es efectuado según unos tiempos ó unidades de uso establecidos, requiriendo de esta manera un conocimiento del comportamiento del equipo en el tiempo.

Es importante aclarar que el proceso de adaptación a un programa de mantenimiento preventivo, es lento y sus resultados serán observados a un largo plazo.

2.5.3 Mantenimiento predictivo. En éste tipo de mantenimiento la intervención preventiva, es realizada de acuerdo a la condición operativa del equipo, determinada mediante dispositivos de control instalados en éstos. El

⁴ Ibíd. p. 71.

mantenimiento predictivo solo es justificable en instalaciones industriales en las cuales el costo de los equipos sea elevado, ya que para su implementación se requiere:

- Que se justifique por el costo y criticidad de los equipos.
- Que se disponga del recurso humano capacitado y equipos técnicos.
- Que exista una adecuada estructura organizativa de mantenimiento e información.
- Que exista convicción de la dirección.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- Evita las pérdidas de tiempo con el diagnóstico automático.
- Disminución de las paradas de producción.
- Reducción del consumo de repuestos al determinar el funcionamiento anormal antes de la ocurrencia de la falla.
- Transforma las paradas fortuitas en intervenciones programadas.

2.5.3.1 Mantenimiento predictivo con base en el análisis de aceites. El mantenimiento predictivo utiliza varias técnicas para conocer el comportamiento de un equipo, una de las que actualmente se utiliza es el análisis de aceites lubricantes usados. Los beneficios tangibles de implementar esta herramienta son la reducción de paros innecesarios por fallas, reparaciones innecesarias, aumento de la vida útil de los equipos, disminución de gastos, aumento de la confiabilidad

de la maquinaria, mantenimiento efectivo, mejor planeación y programación de la producción. Los beneficios implícitos son el aumento de la confiabilidad por parte del cliente al recibir su pedido a tiempo, calidad del producto relacionada con un mejor funcionamiento de los equipos, y por consiguiente, la generación de ventajas frente a la competencia.

El análisis de aceites usados proporciona información sobre el nivel de contaminación con partículas sólidas, la relación de la viscosidad con la temperatura, el contenido de aditivos, el nivel de deterioro del aceite usado, el nivel de desgaste mecánico de las superficies metálicas que se lubrican y las materias orgánicas.

2.6 LUBRICACIÓN

La lubricación es parte del mantenimiento preventivo, tiene como objetivo principal disminuir la fricción, el desgaste y el calentamiento entre dos superficies en contacto con movimiento relativo entre sí y aunque es un aspecto de gran importancia muchas veces es visto con culpable negligencia.

Un adecuado programa de lubricación es esencial para el buen funcionamiento de la maquinaria y el aumento de su vida útil, lo cual lo convierte en uno de los aspectos claves en el programa de mantenimiento.

2.6.1 Principios básicos de lubricación. Cada maquinaria requiere una lubricación adecuada a las condiciones en que trabaja:

- Aunque en una máquina existan muchas piezas semejantes, su lubricación puede ser diferente debido a las distintas condiciones de trabajo.

- Como el lubricante trabaja en condiciones variables, debe reunir las condiciones especiales que le permitan actuar sin tropiezos ni daños para los equipos que debe proteger.

2.6.2 Cuatro ventajas de la lubricación correcta.

- Evita la mala utilización del lubricante, para ello existen pautas técnicas que indican cuál de ellos se precisa en cada caso.
- Reduce al mínimo la resistencia al movimiento permitiendo mejor trabajo al mecanismo, lo que equivale a menor consumo de energía.
- Protege a las máquinas contra el desgaste y fallas de las piezas asegurando su trabajo continuo, lo que se traduce en una producción ininterrumpida.
- Disminuye el desgaste de la máquina, prolongando su duración esto significa menor costo de mantenimiento.

2.7 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

El departamento de mantenimiento genera y necesita bastante información, por lo que se hace necesario prestar atención a la forma en la cual esta se recopila. La administración del mantenimiento necesita contar con medios claros y precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos; computar tiempo, materiales y costos; saber qué acciones son necesarias para reducir al mínimo el tiempo de paro y finalmente evaluar los resultados comparándolos con lo planeado, estimado y programado. Los procedimientos deben ser analizados, valorados y cambiados si se hace necesario, para que puedan alcanzarse los objetivos de un tiempo óptimo

de aprovechamiento en la producción y un costo adecuado para el mantenimiento.⁵

Por tanto, el sistema de gestión de la información debe ser sencillo y práctico; cada documento debe poseer una finalidad específica y la información contenida en éstos debe ser lo más clara, breve y exacta posible con el fin de ayudar a conseguir lo que la empresa se ha propuesto. Los documentos esenciales para la gestión de información son:

- **Ficha técnica.** En este documento, se puede conseguir información y especificaciones exactas del equipo, el fabricante y demás datos que puedan ser útiles en caso de paro. Son necesarias en el mantenimiento de la planta para el anuncio de reparaciones, cambios y piezas de repuesto, así como para la asignación de programas de inspección. Adicionalmente cuenta con una lista de componentes de la máquina encargada de ayudar al personal que tiene la responsabilidad del mantenimiento del equipo y el empleado del almacén para el control de existencias.
- **Informe de daños (solicitud del servicio).** Todo trabajo de mantenimiento debe originarse en un documento, con el fin de evitar la realización de labores sin importancia, innecesarias o no autorizadas, y para contar con un registro de la tarea efectuada por máquina. La demanda de servicio puede provenir del personal de producción o de mantenimiento. En este último caso puede ser el resultado de inspecciones de carácter preventivo ó de problemas encontrados por un trabajador de mantenimiento.
- **Orden de trabajo.** Son peticiones escritas de servicios a cumplir por el departamento de mantenimiento. Establecen la información para la

⁵ NEWBROUGH, E.T. Administración de Mantenimiento Industrial. México: Diana. 1974. p 49.

realización de un trabajo, proporciona los datos sobre los cuales se preparan las demandas de material, instrucciones de trabajo individual y se hacen asignaciones de tareas al personal y al equipo. Cuando ha sido completado el trabajo y se han hecho todas las anotaciones, estos comprenden los informes que sirven al departamento de mantenimiento en sus actividades de control de labores y de costos.

- **Registro global de repuestos y reparaciones (hoja de vida).** Incluye toda la información referente a las intervenciones ejecutadas sobre cada equipo y tiene como función el suministrar información de retorno derivada de las intervenciones de mantenimiento, permite tomar decisiones al comparar los resultados en un periodo de tiempo, estos datos son fundamentales para determinar la frecuencia de algunas intervenciones, control de costos de mantenimiento y la gestión de stocks de repuestos.

- **Solicitud de materiales.** Esta solicitud es la base para el control de repuestos que se encuentran en el almacén; es diligenciada por el personal de mantenimiento cada vez que se requiera la utilización de algún equipo o elemento de este.

3. MAQUINARIA Y VEHICULOS

Para el desarrollo de actividades de conservación y mantenimiento el distrito cuenta con maquinaria pesada, vehículos de carga y livianos. Las principales actividades que se realizan son las de dragado de canales y drenajes, mantenimiento de vías y adecuación de tierras entre otras.

3.1 DRAGALINAS

La dragalina consta de una grúa con una pluma de gran longitud y dos tambores de cable, uno de elevación y otro de arrastre, montados sobre un tren de rodaje de orugas o camiones, como se observa en la (figura 3). Del cable de elevación se suspende un balde “draga” que, una vez depositada sobre el fondo se desplaza mediante el cable de arrastre, estas máquinas permiten extraer el material cuando se encuentra por debajo del nivel del agua.

Figura 3. Dragalina P&H



Fuente: Autor

Las dragalinas con las que cuenta el distrito son las siguientes:

Tabla 1. Dragalinas

No. Interno	Descripción
P-02	Dragalina BUCYRUS ERIE 54B
P-42	Dragalina P&H 320H
P-120	Dragalina SUMITOMO PC-77S

Fuente: Autor

3.2 RETROEXCAVADORAS

La excavadora hidráulica es un equipo de excavación y carga ampliamente utilizado, consta básicamente de una pluma, un balancín y un balde, se utiliza en la excavación de tierras, en el arranque de materiales no consolidados, limpieza de canales y en la carga de materiales en camiones.

Figura 4. Excavadora Caterpillar 320 CL



Fuente: Autor

Las retroexcavadoras con las que cuenta el distrito son las siguientes:

Tabla 2. Retroexcavadoras

No. Interno	Descripción
P-05	Retroexcavadora CATERPILLAR 225B
P-320	Retroexcavadora CATERPILLAR 320C L
P-130-1	Retroexcavadora CASE CX-130
P-130-2	Retroexcavadora CASE CX-130
P-416	Retroexcavadora CATERPILLAR 416D

Fuente: Autor

3.3 TRACTORES DE ORUGAS (BULLDOZER)

El bulldozer o tractor de orugas se utiliza en el arranque, empuje y apilado de materiales, para su posterior carga y transporte, en el desbroce de terreno y extendido de material de relleno, sin olvidar labores auxiliares como apertura, nivelación y limpieza de caminos.

Figura 5. Bulldozer Fiatallis FD-9



Fuente: Autor

Los tractores de orugas con los que cuenta el distrito son los siguientes:

Tabla 3. Bulldozers

No. Interno	Descripción
B-01	Bulldozer CATERPILLAR D8H
B-02	Bulldozer CATERPILLAR D6T
B-354	Bulldozer FIATALLIS FD-20
B-364	Bulldozer FIATALLIS FD-9
B-365	Bulldozer FIATALLIS FD-9

Fuente: Autor

3.4 MOTONIVELADORAS

Su principal uso es en la distribución, nivelación de rellenos o terraplenes, en la conformación de cunetas en la calzada de calles, también en la remoción de capas de rodadura y material de base. Esto lo hace por capas en la que el suelo va perdiendo una cantidad de centímetros hasta llegar al nivel indicado.

Figura 6. Motoniveladora Fiatallis FG-70



Fuente: Autor

Las Motoniveladoras con las que cuenta el distrito son las siguientes:

Tabla 4. Motoniveladoras

No. Interno	Descripción
M-120	Motoniveladora CATERPILLAR 120H
M-432	Motoniveladora FIATALLIS FG-70
M-433	Motoniveladora FIATALLIS FG-70

Fuente: Autor

3.5 VOLQUETAS Y TRACTOCAMION

Su utilización se centra en el transporte de materiales como arena, balastro, gravilla, mixto, tierra y sedimento (lodo). El tracto camión se utiliza con un remolque para el transporte de maquinaria (cama baja).

Figura 7. Volqueta International 4300



Fuente: Autor

Las volquetas y tracto camión con las que cuenta el distrito son las siguientes:

Tabla 5. Volquetas y tracto camión

No. Interno	Descripción
V-01	Volqueta INTERNATIONAL 4300
V-03	Volqueta INTERNATIONAL 4300
V-04	Volqueta INTERNATIONAL 4300
V-820	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-821	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-822	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-823	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-824	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-825	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-826	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
V-827	Volqueta MERCEDES BENZ 1314
TC-607	Tracto Camión FORD 9000

Fuente: Autor

3.6 VEHICULOS LIVIANOS

Su utilización se centra en el transporte de personal para la operación, mantenimiento del distrito, actividades legales y administrativas.

Tabla 6. Vehículos livianos

No. Interno	Descripción
OTD-600	Montero MITSUBISHI SW
OTD-602	Montero MITSUBISHI Pajero
OTD-603	Montero MITSUBISHI Pajero
OTD-604	Montero MITSUBISHI Pajero
OTD-605	Pick Up MITSUBISHI L300
OTD-607	Montero MITSUBISHI SW
EPB-295	Pick Up TOYOTA HI-LUX
EPB-296	Pick Up TOYOTA HI-LUX

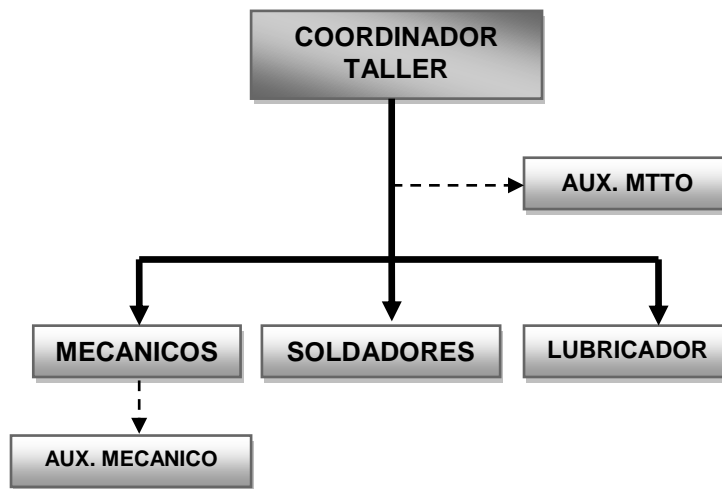
GRC-678	Campero CHEVROLET Vitara 3p
GRC-679	Campero CHEVROLET Vitara 3p
GRC-680	Campero CHEVROLET Vitara 3p
EPB-376	Campero CHEVROLET Vitara 3p
EPB-377	Campero CHEVROLET Vitara 3p
EPB-378	Campero CHEVROLET Vitara 3p
EPB-379	Campero CHEVROLET Vitara 3p
BOF-246	Campero CHEVROLET Grand Vitara 5p
EPB-383	Pick Up CHEVROLET DMax 2.5 TD
EPB-384	Pick Up CHEVROLET DMax 3.6 V6

Fuente: Autor

4. ORGANIZACION Y FUNCIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

La organización establece la autoridad, responsabilidad y relaciones para obtener con efectividad los objetivos de la empresa. Definir las funciones y establecer el lugar que ocupa cada hombre dentro de la organización, es esencial para el buen funcionamiento del departamento de mantenimiento; por lo tanto, se establece un organigrama interno de mantenimiento (Figura 8) que permite al personal la visualización de las líneas de autoridad, la identificación exacta de sus funciones y su relación con las del resto de la organización.

Figura 8. Organigrama de mantenimiento



Fuente: Autor

4.1 COORDINADOR DE TALLER

Jefe Inmediato: Jefe departamento Conservación

Nivel: Supervisión

Objetivo: Dirigir, controlar y supervisar las actividades de mantenimiento, reparación de la maquinaria, vehículos y demás equipos existentes en el distrito.

Funciones:

1. Asignar al personal del grupo de taller, el trabajo que debe realizarse, de acuerdo con las necesidades de reparación, revisión y mantenimiento de equipo.
2. Supervisar, que los formatos de control de mantenimiento del equipo pesado y liviano (cambio de aceite, filtros, revisiones, reparaciones), se ejecuten de acuerdo con los procedimientos establecidos.
3. Tramitar ante el jefe inmediato las solicitudes de repuestos, herramientas y otros elementos que se requieran en el taller, para cumplir con los programas establecidos.
4. Prestar asistencia técnica a los encargados del desarrollo del mantenimiento y solucionar problemas o situaciones imprevistas.
5. Elaborar y presentar informes sobre el estado de los vehículos, maquinaria, equipo y los demás que sean solicitados.
6. Constatar el buen estado y especificaciones de los repuestos, y verificar que se cumpla el trabajo de instalación, montaje y puesta a punto con dicho repuesto.
7. Vigilar que se cumplan las medidas preventivas de seguridad industrial en el área del taller.
8. Establecer la necesidad de adjudicación de contratos con terceros para la reparación de vehículos y maquinaria que, por razones técnicas o de racionalización del trabajo existente se requieran hacer.

9. Diseñar e implementar normas, procedimientos y manuales, relacionados con la operación y control de personal, vehículos, repuestos, herramientas y accesorios.
10. Revisar y evaluar los reportes de mantenimiento y protocolos de entrega.
11. Revisar y actualizar indicadores de servicio de mantenimiento.
12. Colaborar en coordinación del jefe inmediato la elaboración del presupuesto anual del departamento.
13. Apoyar el estudio de proyectos de adquisición de equipos y modernizaciones para el distrito.
14. Emitir conceptos sobre la baja de equipos cuando se estime conveniente.
15. Realizar la evaluación de desempeño del personal a cargo.
16. Mantener informado a su Jefe de los resultados de su gestión.
17. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Grado universitario en ingeniería mecánica o industrial, curso de mecánica general, mantenimiento y reparación de maquinaria pesada, experiencia profesional de 2 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por informes cuadros y correcto mantenimiento, reparación de maquinaria y equipo. Por el normal desarrollo de las actividades

asignadas al grupo de trabajo. Exige responsabilidad plena por la aplicación de conocimientos especializados en mantenimiento de equipos.

4.2 AUXILIAR DE MANTENIMIENTO Y COSTOS

Jefe Inmediato: Coordinador de taller

Nivel: Supervisión

Objetivo: Registrar información estadística relacionada con los costos de operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.

Funciones:

1. Llevar control del consumo de lubricantes y combustibles suministrados al equipo liviano y pesado.
2. Registrar y llevar las hojas de vida de los vehículos, maquinaria y equipo del distrito.
3. Registrar y llevar los formatos de lubricación y engrase de la maquinaria y equipo del distrito.
4. Elaborar órdenes de trabajo, entregarlas y recibirlas cuando estas se hayan terminado para su respectivo cierre.
5. Llevar los costos de mantenimiento, de los vehículos y maquinaria (combustible, lubricantes, filtros, baterías, llantas, repuestos, trabajos externos), del distrito.
6. Informar al jefe inmediato cualquier anomalía presentada en el rendimiento o consumo de la maquinaria y vehículos.

7. Elaborar y presentar informes de rendimientos de la maquinaria y vehículos del distrito.
8. Recibir los informes de actividades de maquinaria pesada, para su respectivo control.
9. Llevar el control de obras de mampostería del distrito.
10. Preparar los informes, cuadros estadísticos, oficios, presupuesto y toda correspondencia cuando sea requerido.
11. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Bachiller en cualquier modalidad, curso en manejo y aplicación de computadores, experiencia de 2 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por la correcta elaboración de controles e informes.

4.3 MECANICO GENERAL

Jefe Inmediato: Coordinador de taller

Nivel: Ejecución

Objetivo: Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria, equipos y vehículos del distrito.

Funciones:

1. Realizar reparaciones, rectificaciones y ajustes de; convertidores, sistemas hidráulicos, motores, cajas, transmisiones, sistemas de traslación y rotación,

sistemas de dragado y cargue, sistemas de inyección, y sistemas de mando, de la maquinaria y vehículos Diesel o gasolina y demás equipo del distrito.

2. Consultar planos, catálogos y listados para solicitar los repuestos y demás elementos para el mantenimiento de cada máquina.
3. Mantener al orden del día los informes y reportes sobre las tareas realizadas durante cada mantenimiento.
4. Evaluar y determinar las necesidades de herramientas, repuestos y accesorios con el fin de mantener la existencia de mínimos requeridos.
5. Asesorar a los operadores y conductores, de la maquinaria y vehículos acerca del funcionamiento y los objetivos de los controles e instrumentos, para así lograr los mejores resultados.
6. Responder por la buena organización y funcionamiento de las herramientas y equipos asignados.
7. Realizar la entrega del equipo o vehículo después de cualquier mantenimiento efectuado, con la debida autorización del jefe inmediato.
8. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Bachiller técnico, curso de mecánica diesel o gasolina, reparaciones hidráulicas y ajuste de motores, experiencia de 5 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por el correcto desarrollo del trabajo asignado y por la orientación del mismo, además de equipo y herramienta requerido para realizar sus labores. Los errores en el trabajo pueden causar pérdidas materiales y económicas para el distrito.

4.4 AUXILIAR DE MECANICA

Jefe Inmediato: Mecánico

Nivel: Ejecución

Objetivo: Colaborar en las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria, equipos y vehículos del distrito.

Funciones:

1. Atender y colaborar en las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, reparaciones mecánicas y limpieza de equipo.
2. Efectuar los trabajos que le asigne el jefe inmediato a la reparación mantenimiento y cambio de piezas o repuestos de los vehículos, maquinaria y equipo.
3. Ordenar y mantener en completa limpieza las herramientas y equipo, además del lugar de trabajo.
4. Operar equipos de mecánica, lavado y otros similares ubicados en el taller de acuerdo con las instrucciones impartidas.
5. Responder por el buen uso de herramientas, equipo y otros asignados para el correcto desempeño de las funciones asignadas.
6. Colaborar en la elaboración de informes y reportes sobre las tareas realizadas durante cada mantenimiento.
7. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Cuatro años de educación media, experiencia de 2 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por herramientas y equipo asignado. Los errores en el trabajo pueden causar pérdidas materiales y económicas para el distrito.

4.5 SOLDADOR, LATONERO Y PINTOR

Jefe Inmediato: Coordinador de taller

Nivel: Ejecución

Objetivo: Realizar trabajos de latonería, soldadura y pintura necesarios en la reparación y mantenimiento de la maquinaria, equipos y accesorios del distrito.

Funciones:

1. Mantener y conservar el normal funcionamiento de las compuertas y demás estructuras metálicas existentes en el distrito.
2. Elaborar piezas metálicas y reconstruir estructuras deterioradas siguiendo procedimientos que permitan su buen funcionamiento.
3. Elaborar compuertas radiales, de cortina y demás elementos relacionados con las mismas.
4. Aplicar recubrimientos a los baldes, cucharones, dientes, cuchillas, entre otros para protegerlos del desgaste.
5. Realizar soldaduras, cortes, pulimento de piezas de acuerdo con modelos, lineamientos, instrucciones y especificaciones técnicas establecidas para garantizar la correcta ejecución del trabajo del mantenimiento de equipos y estructuras.
6. Efectuar trabajos de latonería en placas, láminas, y cubiertas metálicas de los vehículos, maquinaria y equipo existente en el distrito.
7. Mantener al orden del día los informes y reportes sobre las tareas realizadas durante cada mantenimiento.

8. Evaluar y determinar las necesidades de herramientas, y accesorios con el fin de mantener la existencia de mínimos requeridos.
9. Responder por la buena organización y funcionamiento de las herramientas y equipos asignados.
10. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Bachiller técnico, curso de soldadura, latonería y pintura, experiencia de 2 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por el correcto desarrollo del trabajo asignado y por la orientación del mismo, además de equipo y herramienta requerido para realizar sus labores. Los errores en el trabajo pueden causar pérdidas materiales y económicas para el distrito.

4.6 LUBRICADOR Y SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

Jefe Inmediato: Coordinador de taller

Nivel: Ejecución

Objetivo: Realizar actividades de mantenimiento preventivo y suministro de combustible a la maquinaria, equipos y vehículos del distrito.

Funciones:

1. Atender y colaborar en las actividades de mantenimiento preventivo y limpieza de equipo.
2. Efectuar la revisión preliminar como lubricación, combustible, nivel de aceite, refrigerante y demás componentes que garanticen el normal funcionamiento del equipo.

3. Solicitar los lubricantes, filtros, líquido de frenos, refrigerante, agua para batería y demás elementos necesarios para efectuar el correcto mantenimiento a la maquinaria, vehículos y equipo.
4. Efectuar los cambios de aceite y filtros a motores, cajas, diferenciales, convertidores, compresores, reductores y sistemas hidráulicos.
5. Elaboración de informes y reportes sobre las tareas realizadas durante cada mantenimiento.
6. Realizar el engrase a los diferentes componentes de la maquinaria, vehículos y equipo del distrito.
7. Suministrar el combustible a los vehículos, maquinaria y equipo del distrito.
8. Registrar el suministro de combustibles y lubricantes en el cuadro de control diario.
9. Ordenar y mantener en completa limpieza las herramientas, equipo de lubricación y engrase, e igualmente el lugar de trabajo.
10. Responder por el buen uso de herramientas, equipo y otros asignados para el correcto desempeño de las funciones asignadas.
11. Cumplir las demás funciones que le asigne el Jefe inmediato, acordes con la naturaleza del cargo.

Requisitos: Cuatro años de educación media, curso en mantenimiento preventivo vehicular, curso de lubricación, experiencia de 2 años específica o relacionada.

Responsabilidad: Responde por el correcto desarrollo del trabajo asignado y por la orientación del mismo, además de equipo y herramienta requerido para realizar sus labores.

5. ELEMENTOS DE INFORMACION Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

Un sistema eficiente de operación y control del mantenimiento es el pilar principal de una sólida administración, esto significa coordinar la demanda de los trabajos de mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia.

Existen numerosos tipos de formatos que han sido utilizados exitosamente, pero un sistema normal simplificado de información puede contener los siguientes elementos básicos:

- Registro de equipos, registro de maquinaria o ficha técnica.
- Estándares de mantenimiento, mantenimiento básico, o actividades de mantenimiento.
- Repuestos críticos por equipo y recomendaciones de almacenamiento.
- Cuadro de inspecciones, reportes y registro de las mismas.
- Solicitud del servicio y órdenes de trabajo.
- Hoja de vida, bitácora o histórico de intervenciones en los equipos.
- Tarjeta de costos por máquina y cuadro de costos del mantenimiento.
- Tablas o cuadros de fallas y causas más comunes.
- Programación del mantenimiento.

- Seguimiento de programas o ejecutorias de mantenimiento programado.⁶

5.1 FICHA TECNICA

La ficha técnica debe contener los datos más sobresalientes del equipo, es el documento que lo identifica y describe completamente, básicamente debe contener:

- Código del equipo o número interno.
- Datos generales (fabricante, modelo y serie).
- Características principales (especificaciones técnicas, motor, componentes, dimensiones, peso).
- Consumibles (lubricantes, filtros).
- Fecha de fabricación e instalación.
- Repuestos importantes.

La ficha técnica se diseñó con base en la información anterior y se puede observar en el **(Anexo A)**. Este documento debe ser diligenciado y actualizado por el auxiliar de costos y mantenimiento en colaboración con el coordinador de taller.

⁶ BORRAS PINILLA, Carlos. Posgrado en gerencia de mantenimiento: Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander, 2009. p. 73

5.2 SOLICITUD DE SERVICIO

Los trabajos de mantenimiento en este caso correctivo o preventivo, deben generarse a partir de un documento como soporte de la actividad que se va a realizar, y que posteriormente se utilizará en la elaboración de una orden de trabajo. La información que debe contener este documento es la siguiente:

- Fecha (Mes, día y año en que se expide).
- Código de la máquina.
- Odómetro (horas o kilómetros).
- Prioridad (trabajo requerido es de urgencia, normal o de rutina).
- Tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo, otro).
- Descripción general del fallo / avería.
- Solicitado por (firma de la persona que solicita el servicio).
- Aprobado por: (firma de la persona que aprueba el servicio).

La forma de solicitud de servicio de mantenimiento se puede observar en el **(Anexo B)**. La demanda de servicio puede provenir del operador de la máquina, o por el personal de mantenimiento, y debe ser entregada al auxiliar de costos y mantenimiento o al coordinador de taller.

5.3 ORDEN DE TRABAJO

Es el documento en el que el jefe de mantenimiento informa al técnico de mantenimiento (mecánico, soldador, electricista) sobre la tarea que tiene que realizar. Es la fuente de información más importante de mantenimiento, porque se recolectan los datos más importantes de cada intervención.

En las órdenes se deben detallar:

- No. de orden correlativo.
- Equipo al cual se le realiza el trabajo.
- Odómetro (horas o kilómetros).
- Fecha y hora del inicio de reparación.
- Descripción del trabajo realizado.
- Duración.
- Repuestos utilizados.
- Otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.
- Personas que han intervenido.
- Fecha y hora del final de la intervención.

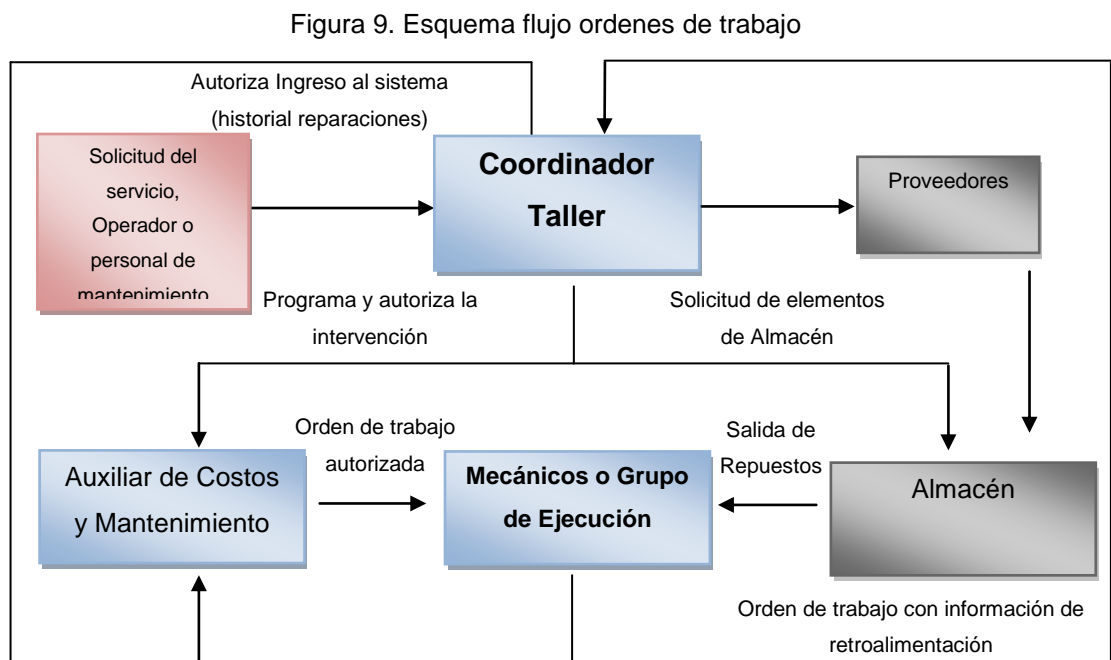
La forma de la orden de trabajo se puede observar en el **(Anexo C)**. Es importante determinar quién puede generar una orden de trabajo, o autorizar su ejecución, y quien debe realizarla, para esto es necesario definir claramente el flujo de la orden de trabajo desde su generación hasta su cierre.

5.3.1 Flujo del sistema de órdenes de trabajo. Se refiere a los procedimientos para la realización del trabajo y el orden en que se procesa el mismo. Los siguientes son los pasos secuenciales para el procesamiento de órdenes de trabajo:

1. El coordinador de taller o el auxiliar de mantenimiento recibe la solicitud de servicio realizada por el operador o por el personal de mantenimiento, se planea y se genera la orden de trabajo (original y copia), con la información requerida para la ejecución.
2. Se realiza al mismo tiempo la solicitud de elementos de almacén. En caso de no encontrarse en stock, se realiza la solicitud de materiales a los proveedores, por intermedio del almacén y con las respectivas autorizaciones (jefe de departamento, gerencia, disponibilidad presupuestal).
3. El coordinador de taller asigna el trabajo al técnico apropiado y el auxiliar de mantenimiento y costos entrega la orden de trabajo.
4. El mecánico o el grupo que ejecuta el trabajo retira los repuestos y materiales en el almacén, y procede a efectuar el trabajo requerido.
5. Terminada la intervención, se completa la información del trabajo que se realizó (como tiempo real, material utilizado, descripción del trabajo realizado), y esta es entregada al coordinador de taller.

6. El coordinador de taller verifica la información y revisa la calidad del trabajo terminado, y autoriza el ingreso al historial de reparaciones del equipo (hoja de vida), el cual es efectuado por el auxiliar de mantenimiento y costos.
7. Con ayuda del departamento de contabilidad el auxiliar de mantenimiento y costos determina el valor de la reparación, y registra esta información en los costos de mantenimiento del equipo.
8. Por último el auxiliar de mantenimiento y costos guarda el original en un archivo de órdenes de trabajo concluidas, y una copia en el archivo del historial del equipo.

Los pasos anteriores pueden ser manuales o automatizados, o llevarlos en hojas de cálculo (Excel). La (figura 9) muestra un diagrama de flujo donde se ilustran estos pasos.



Fuente: Autor

5.4 REGISTRO GLOBAL DE REPUESTOS Y REPARACIONES

El registro global de repuestos y reparaciones, es el archivo de historia del equipo, en el que se registra información acerca de todo el trabajo realizado. Contiene información de todas las reparaciones realizadas al equipo en particular, el tiempo empleado en la reparación, y el responsable de haber efectuado el trabajo.

En la hoja de vida se debe detallar:

- Fecha y odómetro.
- Inspecciones, reparaciones, servicio y ajustes realizados, las fallas y las acciones correctivas empleadas.
- Trabajo realizado en el equipo, componentes reparados o reemplazados, condición de desgaste o rotura, entre otros.
- Tiempo consumido en llevar a cabo las reparaciones.⁷

La forma del registro global de repuestos y reparaciones se puede observar en el **(Anexo D)**. El encargado de registrar esta información es auxiliar de mantenimiento y costos.

5.5 SOLICITUD DE MATERIALES

Esta solicitud **(Anexo E)** es la base para el control de repuestos que se encuentran en el almacén, es diligenciada por el personal de mantenimiento cada vez

⁷ DUFFUA, Salih O. Sistemas de mantenimiento: planeación y control. México: Limusa wiley. 2007. p. 56.

que se requiera la utilización de algún equipo o elemento del almacén, y autorizada por el coordinador de taller.

La solicitud debe contener la siguiente información:

- Fecha.
- Destino (equipo en el cual va a ser empleado el material).
- Clase de artículo (descripción de los artículos requeridos de almacén).
- Referencia (código o referencia del manual de partes).
- Cantidad.
- Solicitado por (nombre de la persona que solicita el material).

6. ANALISIS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS

“USOCOELLO” cuenta con maquinaria especializada para el movimiento de tierras, el objetivo principal del departamento de conservación es mantener los equipos en un alto grado de productividad, maximizando así la disponibilidad y confiabilidad. Todos los equipos y maquinaria presentes en la empresa no tienen la misma importancia, y como los recursos de mantenimiento son limitados, se debe destinar la mayor parte de estos a los equipos importantes.

Para determinar cuáles son los equipos más importantes presentes en la empresa, se desarrolla un análisis de criticidad, teniendo en cuenta diferentes criterios a evaluar.

6.1 PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Las variables involucradas en el análisis de criticidad son; seguridad física, la tasa de fallas o número de fallas, el tiempo de reparación y los costos de mantenimiento. Estas variables se tomaron de información que se encontraba en el departamento de conservación y los costos históricos que se tenían del departamento de contabilidad y almacén.

6.1.1 Seguridad física. Es un valor cuantitativo otorgado en función de los accidentes a las personas que operan o mantienen los equipos, así:

Tabla 7. Seguridad física

Descripción	Valor
No afecta la seguridad física	1
Afecta a una persona e incapacidad de carácter temporal	3
Afecta de 2 a 5 personas e incapacidad de carácter temporal	5

Fuente: Autor

6.1.2 Frecuencia mensual de fallos. Se toma el listado de activos y se evalúa la cantidad de fallas ocurridas al mes para cada equipo partiendo de los datos suministrados por el personal de mantenimiento y de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla 8. Numero de fallas al mes

Descripción	Valor
Una falla	1
Entre 2 y 4 fallas	3
Mayor de 5 fallas	5

Fuente: Autor

6.1.3 Costo de reparación. Es un valor cuantitativo otorgado al costo de la falla en función del costo de los repuestos y la mano de obra, establecido con base en los valores reales y dando como resultado los siguientes valores:

Tabla 9. Costo de reparación

Descripción	Valor
Menor de \$ 100.000.00	1
Mayor a \$ 100.000.00 y menor de \$ 1.000.000.00	2
Mayor a \$ 1.000.000.00 y menor de \$ 5.000.000.00	3
Mayor a \$ 5.000.000.00 y menor de \$ 15.000.000.00	4
Mayor de \$ 15.000.000.00	5

Fuente: Autor

6.1.4 Tiempo de reparación. Es el tiempo en el que el personal de mantenimiento logra reparar una falla, teniendo en cuenta el tiempo, desde la consecución del repuesto hasta el momento de reiniciación del equipo.

Tabla 10. Tiempo de reparación

Descripción	Valor
Menor de 8 horas	1
Entre 8 y 16 horas	3
Mayor de 16 horas	5

Fuente: Autor

6.1.5 Severidad. La severidad por equipo (**Anexo F**) se determina por medio de la sumatoria de los valores asignados a cada una de las variables mencionadas con anterioridad y permite la obtención de la criticidad consolidada de los equipos.

Tabla 11. Severidad

No. Interno	Descripción	Seguridad	Fallas	Costos	Tiempo	Severidad
		A	B	C	D	A+B+C+D

Fuente: Autor

6.1.6 Criticidad consolidada de equipos. Cuando se halla la severidad, se puede determinar la criticidad de los equipos distinguiendo los siguientes niveles de importancia:

Tabla 12. Criticidad consolidada de los equipos

Descripción	Valor
Prescindible	4 – 6
Importante	7 – 9
Crítico	10 +

Fuente: Autor

- Equipos prescindibles: son aquellos con una incidencia escasa en los resultados, como mucho supondrán una pequeña incomodidad, con un pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño costo adicional.

- Equipos importantes: son equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.
- Equipos críticos: son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.⁸

Partiendo de los criterios establecidos se desarrolla una matriz de decisión (**Anexo G**) que permite la obtención de la criticidad consolidada de los equipos y la determinación de los equipos a incorporar en la fase inicial del plan de mantenimiento.

6.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS CRITICOS.

Con base en los resultados obtenidos en el análisis de criticidad se ha optado por iniciar el plan de mantenimiento con los equipos críticos ya que estos equipos presentan una mayor importancia dentro de la empresa. El listado de estos equipos puede ser observado en la siguiente tabla:

Tabla 13. Equipos críticos

No. Interno	Descripcion	Modalidad Mantenimiento
(B-01)	Bulldozer Caterpillar D8H	Correctivo - Preventivo - predictivo
(B-354)	Bulldozer Fiat Allis FD-20	Correctivo - Preventivo - predictivo
(P-05)	Pala excavadora Caterpillar 225	Correctivo - Preventivo - predictivo
(P-320)	Pala excavadora Caterpillar 320CL	Correctivo - Preventivo - predictivo
(P-02)	Pala draga Bucyrus	Correctivo - Preventivo - predictivo
(P-416)	Retroexcavadora Caterpillar 416D	Correctivo - Preventivo - predictivo

Fuente: Autor

⁸ GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S.A. 2003. p. 24

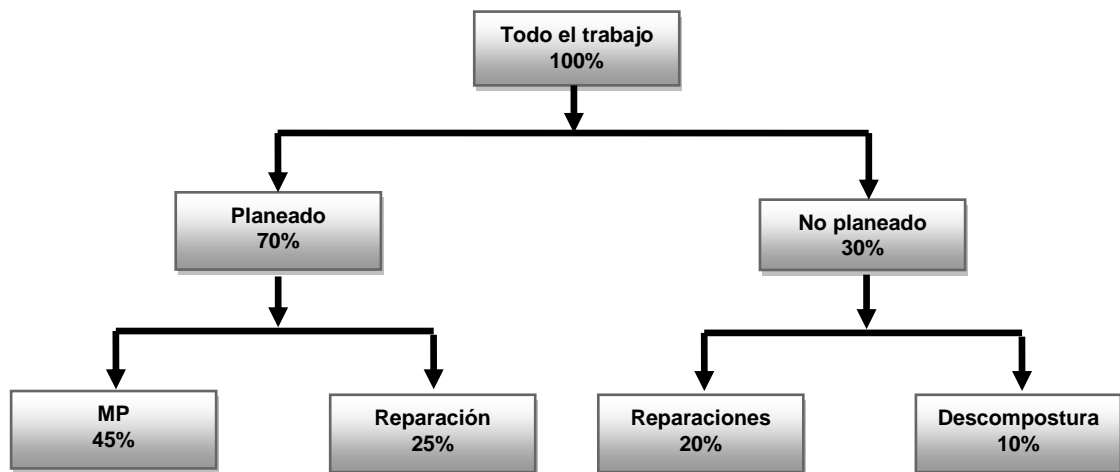
7. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas programadas que se deben realizar para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento que sufre continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en los equipos y en los análisis de diversos indicadores de gestión.⁹

Es importante precisar que un buen plan de mantenimiento no reduce a cero las fallas en los equipos, porque existen muchos otros factores como; el diseño del equipo, la decisión de compra y la operación entre otros, que hacen que se presenten fallas. Un buen plan de mantenimiento reduce el número de incidencias.

La distribución de las labores de mantenimiento que se deben presentar después de implementar el plan de mantenimiento deberá ser de un 70% planeado y un 30% no planeado, como se observa en la siguiente figura:

Figura 10. Distribución del trabajo



Fuente: DUFFUA, Salih O. Sistemas de mantenimiento: planeación y control.

⁹ Ibíd. p. 37.

7.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Para el desarrollo del plan de mantenimiento se debe tener en cuenta aspectos como; la recopilación de información en los manuales de operación de los fabricantes, el registro histórico de reparaciones (si existe), la experiencia del personal de mantenimiento. Es conveniente contar con la experiencia de los responsables de mantenimiento y de los propios técnicos, para completar las tareas que pudieran no estar incluidas en la recopilación de recomendaciones de fabricantes.

El esquema general sería el siguiente:

Figura 11. Esquema general plan de mantenimiento



Fuente: Autor

7.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se definió como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las cuales fue creado un activo. Estas tareas pueden planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo.

7.2.1 Rutina diaria. Contiene tareas que se realizan fácilmente. Se refieren a controles visuales (ruidos, vibraciones y fugas). Estas tareas son las bases de un buen mantenimiento preventivo, el formato de esta rutina (**Anexo H**), es común para la maquinaria y vehículos de carga, debe ser realizada por el operador del equipo antes de empezar labores, y si encuentra alguna anomalía procede a diligenciar una solicitud de servicio.¹⁰

7.2.2 Actividades e intervalos de MP. Para la ejecución del mantenimiento preventivo a los vehículos se realizan las siguientes actividades y se aplican los siguientes intervalos:

Tabla 14. Actividades MP vehículos

Equipos	Descripción	Intervalo
VEHICULOS DE CARGA Y LIVIANOS	Cambio aceite motor	6.000 km
	Transmisión y Caja	50.000 km
	Refrigerante	50.000 km
	Engrase general	1.500 km / quincenal
	Correas alternador - hidráulico	50.000 km
	Correa Repartición (gasolina)	50.000 km
	Cambio Instalación alta y bujías	50.000 km
	Sincronización (gasolina)	100.000 km
	Calibración Válvulas (diesel)	25.000 km / anual
	Revisión sistema de inyección (diesel)	50.000 km
	Servicio de frenos (Limpieza, ajuste, reemplazo)	30.000 km
	Ajuste recorrido embrague	50.000 km
	Verificar – sustituir embrague	100.000 km
	Ajuste y mantenimiento rodamientos delanteros	40.000 km
Rotación de llantas	10.000 km	

Fuente: Autor

¹⁰ Ver Capítulo 5, “Elementos de información y control del mantenimiento” numeral 2.

Las demás actividades de mantenimiento preventivo se rigen por las inspecciones visuales que se realizan a los vehículos al momento de hacer el respectivo cambio de aceite y filtros al motor como son:

- Revisión terminales dirección, juego rotulas y splinder.
- Crucetas y rodamientos cardan.
- Revisión suspensión (amortiguadores, soportes y hojas de resorte).
- Fugas aire o liquido sistema de frenos.
- Fugas de aceite motor, caja y transmisión.

Para la ejecución del mantenimiento preventivo a la maquinaria se realizan las siguientes actividades y se aplican los siguientes intervalos:

Tabla 15. Actividades MP maquinaria

Equipos	Descripción	Intervalo
MAQUINARIA	Cambio aceite motor	250 horas
	Caja y Transmisión	1000 horas
	Refrigerante	2000 horas
	Engrase mecanismos expuestos	10 horas / diario
	Engrase general	Semanal
	Convertidor	1000 horas
	Sistema Hidráulico	2500 horas
	Correas alternador	2500 horas
	Calibración Válvulas	2000 horas
	Revisión sistema de inyección	2500 horas
	Servicio de frenos (Limpieza, ajuste, reemplazo)	5000 horas

Fuente: Autor

Las demás actividades de mantenimiento preventivo se rigen por las inspecciones visuales que se realizan a las maquinas al momento de hacer el respectivo cambio de aceite y filtros al motor como son:

- Fugas de aceite motor, caja y transmisión, convertidor.
- Tensión en las cadenas de orugas (solo si aplica).
- Fugas aceite en carriles superiores e inferiores.

Las labores de mantenimiento de cambio de aceite y filtros se registran en un formato de control de lubricación (**Anexo I**), el cual es elaborado por el lubricador y debe ser entregado al Coordinador de taller para su respectiva revisión. Posteriormente debe ser entregado al auxiliar de costos y mantenimiento, para su respectivo registro en el historial del equipo y programar el próximo servicio, ya sea en función del tiempo o kilometraje.

7.3 MANTENIMIENTO EQUIPOS CRITICOS

Para el desarrollo del plan de mantenimiento de equipos críticos los cuales fueron definidos en el Capitulo 6, se emplea igualmente la metodología descrita para el mantenimiento preventivo, solo que se adicionan inspecciones periódicas más rigurosas y análisis de aceite usado. Además de utilizar la rutina diaria, se desarrolla una rutina mensual y otra anual. Algunas de las inspecciones que se realizan a la maquinaria son las siguientes:

- Tren de rodaje (desgaste, desalineación, fugas, desajuste) en ruedas guía, carriles, ruedas motoras, bastidor, cadenas, zapatas.
- Inspección en la estructura del equipo, pluma (boom), balancín (stick).

- Inspección, ajuste pasadores del balde (cucharón).
- Fugas aceite hidráulico (cilindros actuadores, mangueras, bomba, válvulas, controles).
- Desgaste de las cuchillas, dientes, baldes.

7.3.1 Rutina mensual. Contempla tareas más complicadas, que no está justificado realizar a diario. Implican en algunos casos trabajos de limpieza y/o engrase, desmontajes, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas. Es el caso de limpiezas interiores que necesiten del desmontaje de determinados elementos de difícil acceso. El formato de esta rutina (**Anexo J**), es común para la maquinaria crítica y debe ser realizada por el personal técnico de mantenimiento.

7.3.2 Rutina anual. Supone en algunos casos una revisión completa del equipo y en otros, la realización de una serie de tareas que no se justifica realizar con una periodicidad menor. Es el caso de cambios de rodamientos, cambio de empaquetaduras, por citar algunos ejemplos. Siempre suponen la parada del equipo durante varios días, por lo que es importante determinar el momento más adecuado para realizarlo. El formato de esta rutina (**Anexo K**), es común para la maquinaria crítica y debe ser realizada por el personal técnico de mantenimiento.

7.3.3 Mantenimiento predictivo. El análisis de aceite usado, es una herramienta de administración del mantenimiento para todos los motores y máquinas, sus beneficios son:

- Las reparaciones pequeñas siguen siendo pequeñas; el análisis de aceite usado advierte con anticipación que hay problemas antes que éstos se tornen en problemas serios.

- Evita reparaciones innecesarias; este análisis ahorra tiempo y dinero, porque identifica lo que necesita reparaciones y lo que no.
- Reduce el tiempo que lleva hacer las reparaciones; ayuda a identificar con precisión las áreas problemáticas. No se pierde tiempo innecesario armando y desarmando.
- Mejora el programa de mantenimiento; ayuda a fijar un presupuesto de mantenimiento, porque se puede pronosticar las reparaciones necesarias y el tiempo inactivo para que se realice algunos ahorros antes de que ocurra la falla.
- Vigila las prácticas de mantenimiento; las pruebas rutinarias del aceite verifican que un mantenimiento preventivo realmente se lleva a cabo

Una de las principales variables que se miden en el análisis de aceite usado es la viscosidad, esta se mide a 100°C y debería mantenerse dentro de los rangos establecidos por el API para el grado utilizado. La pérdida de viscosidad causará mayor desgaste por falta de lubricación hidrodinámica. El aumento de viscosidad puede causar mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite, la cual puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite y pasar aceite sucio al motor.

Si la viscosidad es baja, las principales causas son:

- Dilución con aceite más delgado (puede ser aceite hidráulico, u otro de un grado SAE mas bajo por error del técnico).
- Contaminación por combustible (problemas de inyectores, falta de termostato, viajes cortos, marcha en vacío).

Si la viscosidad es alta, las principales causas son:

- Oxidación del aceite (alta temperatura, altas revoluciones o baja calidad de aceite básico).
- Contaminación por agua o glicol (falla de empaquetadura de culata, perforación de camisas o bloque).
- Contaminación por alta acumulación de hollín (combustible de baja calidad, mala combustión, ausencia o falla de termostato, problemas de bomba inyectora o inyectores).
- Contaminación por tierra (falla del filtro de aire, perforaciones en el sistema de entrada de aire).
- Mezcla con un aceite más viscoso.¹¹

Es de gran importancia, conocer los componentes metálicos de los que están constituidas las diferentes partes de un motor, para luego determinar a través del análisis de aceite usado, los posibles elementos que podrían tener un desgaste acelerado y tomar las debidas acciones correctivas. Entre los principales elementos tenemos:

- HIERRO (Fe): Camisas de cilindros, engranajes, árbol de levas, pasadores de biela, bomba de aceite, tren de válvulas.
- COBRE (Cu): Bujes ó cojinetes, turbo-alimentador, bomba de aceite, bomba de agua, cojinete de empuje.

¹¹ <http://www.widman.biz/Analisis/viscosidad.html> (Agosto / 2010)

- CROMO (Cr): Compresor de aire, anillos de pistón, válvulas de escape, cigüeñal.
- ALUMINIO (Al): Cojinetes de bancada, cojinete de biela, cojinete de árbol de levas, cojinete de empuje de cigüeñal, cojinete de bomba de aceite, cojinete de engranaje de sincronización, pistones de compresores de aire.
- PLOMO (Pb): Revestimiento de cojinetes de bancada y de biela, revestimiento de cojinetes de árbol de levas, cojinetes del turboalimentador.
- MOLIBDENO (Mo): Anillos superiores (algunos motores), grasa con contenido de molibdeno.
- SILICIO (Si): Entrada de tierra, grasa con contenido de sílice, aditivo antiespumante.

El resultado del análisis de aceite usado se puede observar en el **(Anexo L)**.

7.4 RESULTADOS ESPERADOS

Se debe esperar del plan de mantenimiento:

- Reducción de paros por daños fortuitos ó repetitivos del equipo.
- Aumento de la vida útil de los equipos al no reponerlos antes de tiempo.
- Reducción de las horas extras y utilización económica de la mano de obra al programar las labores, en cambio de atender emergencias y daños fortuitos.

- Disminución de las grandes reparaciones al programar oportunamente la atención de las fallas incipientes.
- Reducción de los costos de reparación al atender preventivamente los fallos menores que se presentan, evitando su propagación a equipos adyacentes.
- Identificar los equipos de mayor importancia dentro de la planta con el fin de intensificar las acciones de mantenimiento preventivo en dichos equipos.
- Reducción de Stock de repuestos al programar con exactitud su utilización futura.

8. MODELO COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación de un equipo representan el dinero necesario para hacerlo funcionar, y se calcula generalmente por horas. Estos costos están compuestos por cuatro grupos fundamentales:

- Depreciación o amortización: un equipo al trabajar se desgasta y por consiguiente se devalúa, para cubrir esto se amortiza con los mismos productos que el equipo consigue con su trabajo y cuya acumulación hasta el final de la vida útil proporciona fondos para adquirir otro.
- Inversión, Interés del dinero, Impuestos y seguros: se refiere al valor de la inversión inicial, los gastos por intereses, los impuestos y los seguros.
- Gastos de funcionamiento: estos gastos incluyen los gastos como la mano de obra (operador), combustibles, lubricantes, reparaciones y repuestos, recambios (llantas, filtros, baterías, hojas o cuchillas, cables, entre otros).
- Gastos generales aplicables a la maquinaria: representa el valor de los responsables de los equipos en la empresa.

El valor exacto de los parámetros mencionados es algunas veces difícil de obtener, no obstante, el análisis de los datos provenientes de un sistema informático de gestión de mantenimiento bien implementado permite una evaluación suficientemente aproximada, este cálculo se puede observar en el **(Anexo M)** y nos sirve como punto de referencia con los precios del mercado para establecer los precios por hora para el alquiler de maquinaria.

Debido a las dificultades que se presentan para estimar los costos en un equipo, en este modelo en particular solo se consideran los gastos del servicio de

mantenimiento que incluye los costos de repuestos, trabajos externos, y los insumos o elementos de consumo como combustibles, lubricantes, filtros, llantas, baterías.

Para el desarrollo de la estimación de los costos por máquina y equipo se tiene como base principal el formato denominado cuadro de consumos diarios (**Anexo N**), en el cual se consignan los consumibles que se le han suministrado al equipo, con la respectiva firma del operador. Los elementos que contiene este cuadro son los siguientes:

- Máquina o equipo.
- Odómetro.
- Cantidad de combustible (diesel o gasolina).
- Aceite Motor (15w-40, 20w-50, 40, 50, 2T).
- Aceite Transmisión (80w-90, 85w-140).
- Aceite hidráulico (68, ATF-II).
- Grasa (EP-II).
- Líquido de frenos.
- Agua para batería.
- Líquido refrigerante.

- Firma del operador.

Después de registrar estos consumos en el cuadro, este es digitalizado por el auxiliar de mantenimiento y costos, en el formato resumen mensual de combustibles y lubricantes (**Anexo O**), el cual es alimentado diariamente durante el mes para llevar un control mensual de estos consumibles. En este formato se llevan las cantidades y su respectivo valor para establecer el costo generado por el equipo, esto se hace en una hoja de cálculo en Excel y se tiene una específica para cada máquina, equipo o vehículo de la empresa.

Después de haber registrado los costos mensuales de consumibles las cantidades y valores mensuales se trasladan al formato costos de operación y mantenimiento de maquinaria y equipo (**Anexo P**), en el cual además de llevar los costos de combustibles y lubricantes, se registran:

- Número interno.
- Horas trabajadas o kilómetros recorridos.
- Llantas y neumáticos.
- Filtros.
- Baterías.
- Trabajos externos.
- Repuestos.

Estos costos se determinan con la ayuda de las órdenes de trabajo, las salidas del almacén y el departamento de contabilidad.

La información que se obtiene de este formato es muy importante, muestra la sumatoria de todos los costos antes mencionados y el número de horas efectivas trabajadas, y se determina el **costo / hora** o **costo / kilometro** de funcionamiento de cada máquina o equipo.

9. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

Para conocer el avance del taller de mantenimiento y decidir la realización cambios, se deben definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados que se están obteniendo. Para esto existen los indicadores de gestión del mantenimiento.

Es importante tener en cuenta que no sólo es valioso conocer el valor de un indicador o índice, sino también su evolución. Para esto, se debe reflejar su evolución, comparando el valor actual con los valores de periodos anteriores (meses o años anteriores) para conocer si la situación mejora o empeora, también es importante fijar un objetivo para cada uno de estos índices.

Hay que tener cuidado en la elección, pues se corre el riesgo de utilizar una serie de números que no nos aporten ninguna información útil. A continuación se exponen los indicadores que son factibles de implementar en la empresa:

- Disponibilidad.
- Confiabilidad - Tiempo medio entre fallas (MTBF).
- Mantenibilidad - Tiempo medio para reparar (MTTR) .
- Cumplimiento de OT's.
- Backlog.

Para el cálculo de algunos de los indicadores anteriores, es necesario clasificar correctamente el tiempo, o las horas en que un equipo permanece en situación activa o pasiva así:

- Horas efectivas: son aquellas durante las cuales la máquina trabaja y produce. Es usual tomar como horas efectivas las pequeñas paradas inherentes al trabajo. Como la espera de un vehículo que precede a otro que no ha finalizado el descargue de material.
- Horas inactivas: son aquellas en las cuales la máquina no produce, pero que está en condiciones de trabajar. Como el transporte hasta el sitio de trabajo, la espera de órdenes, o el descanso del operador.
- Horas posibles: aquellas durante las cuales la máquina puede teóricamente trabajar.
- Horas de parada: diferencia entre las horas posibles y las horas efectivas, las cuales pueden deberse a varias causas posibles; pequeñas y grandes reparaciones.

9.1 DISPONIBILIDAD

Es uno de los indicadores más importantes de mantenimiento. Se define como “la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir, y tiempo logístico”¹². La disponibilidad depende de la confiabilidad y la mantenibilidad, el tener como objetivo una alta disponibilidad, significa reducir al máximo el número de paradas.

¹² MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Envigado: Coldi Limitada. 2009. p. 60

En términos matemáticos la disponibilidad es el cociente de dividir el n° de horas que un equipo en su totalidad ha estado disponible para producir y el n° de horas totales de un periodo:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

Ecuación 1

La evaluación de este indicador será semanal y un promedio en el mes, esto solo aplica a la maquinaria pesada, y el objetivo es medir el porcentaje del tiempo en el cual el equipo está disponible para producir. El valor ideal es igual a 1 o 100%.

9.2 CONFIABILIDAD

Confiabilidad se define como “la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación”¹³. El tiempo medio entre fallas (MTBF) es un indicativo de la confiabilidad, entre más alto sea este, mayor es la confiabilidad del equipo y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N° de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N° de averías}}$$

Ecuación 2

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Ecuación 3

¹³ Ibíd. p. 79

Donde:

$R(t)$: Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e : Constante Neperiana ($e=2.303$)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t : Tiempo

9.3 MANTENIBILIDAD

Se define como la probabilidad de que un equipo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva, mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción.¹⁴

Significa también la probabilidad de que un equipo que ha fallado, pueda ser reparado en un periodo de tiempo dado, entonces la mantenibilidad se caracteriza por el tiempo medio para reparar (MTTR):

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Ecuación 4

De manera análoga a la confiabilidad, la mantenibilidad puede ser estimada con ayuda de la expresión:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Ecuación 5

Donde:

¹⁴ Ibíd. p. 84

$M(t)$: es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo $t = 0$ y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación).

e : Constante Neperiana ($e=2.303$)

μ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t : Tiempo previsto de reparación MTTR

9.4 RELACIÓN ENTRE DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD

Para aumentar la producción en una planta o equipo, es indispensable que las tres disciplinas disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se relacionen entre sí, de tal manera que, si se quiere aumentar la disponibilidad se debe:

- Aumentar la confiabilidad, expresada por el MTBF.
- Reducir el tiempo empleado en la reparación, expresado por el MTTR.
- Aumentar el MTBF y reducir el MTTR simultáneamente.

Como la tasa de fallas expresa la relación entre el número de fallas y el tiempo total de operación del sistema o equipo, se puede expresar el MTBF como el inverso de la tasa de fallas λ , así que:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \text{ Ecuación 6}$$

Análogamente a la definición de la tasa de fallas, es también definida la tasa de reparaciones μ , por:

$$\mu = \frac{\text{Numero de reparaciones indicadas}}{\text{Tiempo total de reparacion}} \text{ Ecuación 7}$$

Consecuentemente, el MTTR se puede definir también como el inverso de la tasa de reparaciones, así:

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \text{ Ecuación 8}$$

El valor de los diferentes indicadores anteriormente expuestos puede observarse en el (**anexo Q**), por medio de una hoja de cálculo en Excel se obtiene el resumen de estos por semana.

9.5 CUMPLIMIENTO ÓRDENES DE TRABAJO

Para esta evaluación la información se obtiene verificando las órdenes de trabajo totales ejecutadas y las que están recibidas en un intervalo de tiempo mensual. La fórmula utilizada es:

$$\% \text{ Cumplimiento } OT's = \frac{\text{Total ordenes de trabajo ejecutadas}}{\text{Total ordenes de trabajo recibidas}} \times 100 \text{ Ecuación 9}$$

Este indicador determina la eficiencia del área de mantenimiento y el porcentaje de atención del servicio del taller.

9.6 BACKLOG

Período de tiempo necesario para que un grupo de mantenimiento ejecute todas las actividades pendientes, suponiendo que durante ese tiempo ningún servicio nuevo va a ser solicitado a ese grupo.

Indica la carga de trabajo que se tiene para un período determinado en función de la labor disponible en una semana para ese período:

$$\textit{Backlog} = \frac{\textit{H.H Ordenes de trabajo pendientes}}{\textit{H.H Disponibles por semana}} \times 100 \quad \text{Ecuación 10}$$

10. CONCLUSIONES

- Se clasificó la información relativa a los equipos presentes en la empresa con sus características más sobresalientes, identificándolos y clasificándolos mediante las fichas técnicas.
- Se implementó un sistema de información con diferentes formatos con los cuales se mejoró, y organizó la gestión del taller haciendo más efectivo el mantenimiento.
- El personal de mantenimiento fue jerarquizado, definiendo sus respectivas funciones, y su relación con las del resto del taller.
- El análisis de criticidad permitió evaluar y conocer los equipos de mayor importancia, analizando variables como: seguridad, frecuencia de fallas, costos y el tiempo de reparación.
- Se desarrolló un plan de mantenimiento para equipos, con sus respectivas actividades, intervalos y rutinas de mantenimiento.
- La elaboración de un modelo de costos e indicadores de gestión, permite medir el nivel de eficiencia del taller de mantenimiento, reflejando la evolución del mismo en el tiempo y son indispensables a la hora de realizar cambios para garantizar siempre una mejora continua en el área de mantenimiento.

11. RECOMENDACIONES

- Diseñar un programa de capacitación permanente del personal de mantenimiento.
- Diseñar una estrategia de información y motivación al personal de mantenimiento para lograr su compromiso en aras de lograr los objetivos propuestos.
- Crear manuales de mantenimiento y manuales de procedimientos para equipos.
- Optimizar el sistema de información de Excel, a una base de datos o a un software de mantenimiento que sea viable económicamente y que se adapte a las necesidades de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

BALDIN, Asturio. y FURLANETTO, Luciano. Manual de mantenimiento de Instalaciones Industriales. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. 1982. 388 p.

CATERPILLAR EXCAVATOR 320CL. Manual de operación y mantenimiento.

CATERPILLAR DOZER D6T. Manual de operación y mantenimiento.

CATERPILLAR BACKHOE LOADER 416D. Manual de operación y mantenimiento.

CATERPILLAR MOTOR GRADER 120H. Manual de operación y mantenimiento.

DIAZ del Rio, Manuel. Manual de maquinaria de construcción. 2ª edición. Madrid: Mc Graw Hill. 2007. 909 p.


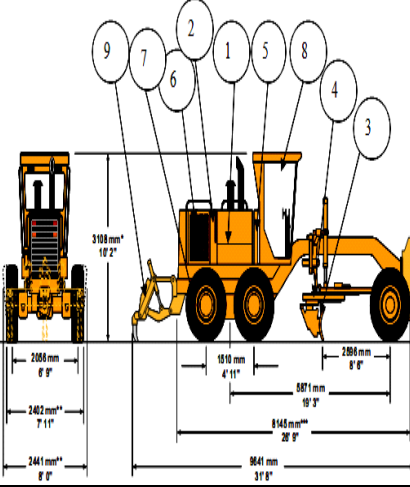

DUFFUA, Salih O. Sistemas de mantenimiento: planeación y control. Mexico: Limusa wiley. 2007. 420 p.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos S.A. 2003. 297 p.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Envigado: Coldi Limitada. 2009. 340 p.

NEWBROUGH, E.T. Administración de mantenimiento industrial. México: Diana. 1981. 413 p.


ANEXO A. Formato ficha técnica.

		FICHA TECNICA		TALLER	
				VERSION 01	
				PAGINA 1 / 1	
EQUIPO: MOTONIVELADORA		AÑO DE FABRICACION: 2005		DEPARTAMENTO DE CONSERVACION	
MARCA: CATERPILLAR		MODELO: 120H			
SERIE: 120H 5FM03342		Nº DE INTERNO: M - 120			
DATOS TECNICOS					
PESO: 12865KG		MOTOR: DIESEL CATERPILLAR 3116T		POT. EN MARCHA: (4-8): 104KW (140 HP)	
LUNGITUD MAX.: 8262mm		Nº DE CILINDROS DEL MOTOR: 6		POT. EN MARCHA: (1-3): 93KW (125 HP)	
ANCHO: 2441mm		Nº DE V. DE AVANCE : 8		3,6 K/h - 42,6 K/h	
ALTURA: 3108mm		Nº DE V. DE RETROCESO: 6		2,9 K/h - 33,7 K/h	
ANCHO DE LA HOJA: 3.658 m (12 PIES)		SISTEMA DE INYECCION: INYECCION DIRECTA CON INYECTORES UNITARIOS		DIMENSIONES	
TIPO DE DIRECCION: HIDRAULICA		PAR MOTOR MAX A 1400 RPM		CILINDRADA 6,6 Lt 403 PULG3	
PRESIÓN MAX SISTEMA HIDRAULICO: 24150kPa (3500 PSI)		4-8 DE AVANCE, 3-6 DE RETROCESO		650 Nm (478 Lb-Pie)	
		1-3 DE AVANCE, 1-2 DE RETROCESO		592 Nm (437 Lb-Pie)	
		ALCANCE MAX. DE LA HOJA		CAPACIDADES DE LLENADO	
ALTERNADOR: 35 A		HIDRAULICO DER: 1912 mm (75,3")		SITIO	
BATERIA: DOS BATERIAS DE 12 V EN SERIE (24 V), 100 A/H, 750 A DE ARRANQUE EN FRIO		MECANICO DER: 1912 mm (75,3")		LITRO GAL. EEUU	
		IZQ: 1976 mm (77,8")		TANQUE DE COMBUSTIBLE 284 75,0	
ESCARIFICADOR: TIPO V (MONTAJE EN EL MEDIO); ANCHO: 1184mm (46,6") PROFUNDIDAD MAX DE ESCARIFICACION: 292 mm (11,5")		LEVANTAMIENTO MAX. SOBRE EL SUELO: 457mm (18")		SISTEMA DE ENFRIAMIENTO 40 10,4	
		PROFUNDIDAD MAX DE CORTE: 775 mm (30,5")		CARTER DEL MOTOR 23 6,0	
DESGARRADOR: (MONTAJE TRASERO); ANCHO: 2300mm (91"); PROFUNDIDAD MAX DE: 262mm (10,3")		ANGULO MAX DE POSICION DE LA HOJA: 90° EN AMBOS LADOS		TRANSMISION, DIFERENCIAL Y MANDOS FINALES 47 12,2	
		GAMA DE INCLINACION DE LA HOJA: 45° HACIA DELANTE Y 5° HACIA ATRAS		CAJA DE TÁNDEM (CADA UNA) 49 12,7	
				SISTEMA HIDRAULICO 61 16,0	
				TANQUE HIDRAULICO 38 9,9	
				CAJA DEL MANDO DEL CIRCULO 7 18	
				CAJA DEL COJINETE DE LA PUNTA DEL EJE DE LA RUEDA DELANTERA 0,5 0,13	
PARTES PRINCIPALES Y DIMENSIONES APROX.					
<ol style="list-style-type: none"> MOTOR CAT 3116 TANQUE DE COMBUSTIBLE HOJA CIRCULO DE RUEDA TANQUE HIDRAULICO RADIADOR TRANSMISION: PUESTO DEL OPERARIO DESGARRADOR ESCARIFICADOR BATEIRA 					
EXISTENCIA DE INFORMACION TECNICA					
TIPO	SI/NO				
MANUAL DE OPERACIÓN	x				
MANUAL DE PARTES	x				
MANUAL DE MANTENIMIENTO		FABRICANTE/DIRECCION:			
MANUAL INSTALACION		TELEFONO:		E-MAIL:	
OTROS:		SUMINISTRANTE/DIRECCION:			
		TELEFONO:		E-MAIL:	
OBSERVACIONES					


ANEXO B. Formato solicitud de servicio.

			SOLICITUD DE SERVICIO				TALLER	
							VERSION 01	
							PAGINA 1 / 1	
FECHA:			SOLICITUD No:			DEPARTAMENTO DE CONSERVACION		
HORA:			Nº INTERNO:					
LOCALIZACION:			ODOMETRO:					
MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	CORRECTIVO	CONDICION	URGENTE	NORMAL	PROBLEMA	MECANICO	ELECTRICO
	OTRO			RUTINA			HIDRAULICO	OTRO
DESCRIPCION GENERAL DEL FALLO / AVERIA:								
OBSERVACIONES:								
ELABORADO POR:			REVISADO POR:			AUTORIZADO POR:		
FIRMA:			FIRMA:			FIRMA:		

ANEXO C. Formato orden de trabajo.

		<h2 style="margin: 0;">ORDEN DE TRABAJO</h2>				TALLER		
						VERSION 01		
						PAGINA 1 / 1		
FECHA:			ORDEN DE TRABAJO No:			DEPARTAMENTO DE CONSERVACION		
TECNICO:			Nº INTERNO:					
REPARACION SEGÚN SOLICITUD DE SERVICIO			ODOMETRO:					
No:	FECHA	HORA	CONDICION	URGENTE		PROBLEMA	MECANICO	ELECTRICO
INICIO:				NORMAL			HIDRAULICO	OTRO
TERMINACION:			TIEMPO DE REPARACION:			AYUDANTE:		
DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO					REPUESTOS IMPORTANTES			
					1			
					2			
					3			
					4			
					5			
					6			
					7			
					8			
					9			
					10			
					11			
					12			
					13			
					14			
OBSERVACIONES:								
OPERADOR:			ELABORADO POR:			REVISADO POR:		
RECIBI CONFORME:			FIRMA:			FIRMA:		

ANEXO E. Formato solicitud de materiales.

ORDEN DE PEDIDO		
FECHA:	NUMERO	
FUNCIONARIO:		
DESTINO:		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
FUNCIONARIO		Vo. Bo. COORDINADOR DE TALLER


ANEXO F. Análisis de criticidad.

No. INTERNO	DESCRIPCIÓN	SEGURIDAD	FALLAS	COSTOS	TIEMPO	SEVERIDAD
(B-01)	Bulldozer Caterpillar D8H	3	3	5	5	16
(B-364)	Bulldozer Fiat Allis FD-9	3	1	3	1	8
(B-365)	Bulldozer Fiat Allis FD-9	3	1	3	1	8
(B-354)	Bulldozer Fiat Allis FD-20	3	3	5	3	14
(B-02)	Bulldozer Caterpillar D6T	3	1	2	1	7
(P-42)	Pala draga P & H	3	1	2	3	9
(P-120)	Pala draga camión Sumitomo	3	3	2	1	9
(P-05)	Pala excavadora Caterpillar 225	3	5	3	3	14
(P-320)	Pala excavadora Caterpillar 320CL	3	1	3	3	10
(P-130-1)	Pala excavadora Case CX130	3	1	2	1	7
(P-130-2)	Pala excavadora Case CX130	3	1	2	1	7
(P-02)	Pala draga Bucyrus	3	3	3	5	14
(P-416)	Retroexcavadora Caterpillar 416D	3	3	3	1	10
(M-120)	Motoniveladora Caterpillar 120 H	3	1	3	1	8
(M-432)	Motoniveladora Fiat Allis FG 70	3	1	2	1	7
(M-433)	Motoniveladora Fiat Allis FG 70	3	1	2	1	7
(V-820)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-821)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	3	2	1	9
(V-822)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-823)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	3	2	1	9
(V-824)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-825)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-826)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-827)	Volqueta Mercedes Benz 1314	3	1	2	1	7
(V-01)	Volqueta International 4300	3	1	3	1	8
(V-03)	Volqueta International 4300	3	1	3	1	8
(V-04)	Volqueta International 4300	3	1	3	1	8
(TC 607)	Tractocamión Ford L 9000	3	1	2	1	7
(OTD 030)	Carro taller Chevrolet C-30	3	1	2	1	7
OTD 607	Montero Mitsubishi S.W	3	1	1	1	6
OTD 600	Montero Mitsubishi S.W	3	1	1	1	6
OTD 605	Montero Mitsubishi Platón	3	1	1	1	6
OTD 604	Montero Mitsubishi Estándar	3	1	1	1	6
OTD 603	Montero Mitsubishi Estándar	3	1	1	1	6
OTD 602	Montero Mitsubishi Estándar	3	1	1	1	6
BOF 246	Camioneta Chevrolet Gran Vítara	3	1	2	1	7
EPB 295	Camioneta Toyota Hi Lux	3	1	1	1	6
EPB 296	Camioneta Toyota Hi Lux	3	1	1	1	6
EPB 376	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
EPB 377	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
EPB 378	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
EPB 379	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
GRC 678	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
GRC 679	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
GRC 680	Camperero Chevrolet Vítara 3 P	3	1	1	1	6
EPB 383	Camioneta Chevrolet D'max 2.5	3	1	1	1	6
EPB 384	Camioneta Chevrolet D' max 3.0	3	1	2	1	7


ANEXO G. Matriz de criticidad consolidada.

Prescindible	Importante	Critico
OTD 607	(B-364)	(B-01)
OTD 600	(B-365)	(B-354)
OTD 605	(B-02)	(P-05)
OTD 604	(P-42)	(P-320)
OTD 603	(P-120)	(P-02)
OTD 602	(P-130-1)	(P-416)
EPB 295	(P-130-2)	
EPB 296	(M-120)	
EPB 376	(M-432)	
EPB 377	(M-433)	
EPB 378	(V-820)	
EPB 379	(V-821)	
GRC 678	(V-822)	
GRC 679	(V-823)	
GRC 680	(V-824)	
EPB 383	(V-825)	
	(V-826)	
	(V-827)	
	(V-01)	
	(V-03)	
	(V-04)	
	(TC 607)	
	(OTD 030)	
	BOF 246	
	EPB 384	


ANEXO H. Rutina diaria.

	RUTINA DIARIA		TALLER
			VERSION 01
			PAGINA 1 / 1
Nº INTERNO:		FECHA:	
MARCA:		TIEMPO DE EJECUCION (TIEMPO ESTANDAR 15 MIN):	
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			
1. Botas de seguridad			
2. Guantes de seguridad.			
3. Gafas de seguridad.			
4. Casco de seguridad.			
5. Filtros auditivos			
EJECUCION DE LA INSPECCION DIARIA			
RUTINAS	Resultados		
	SI	N.A	
Verificar nivel de aceite del motor (completar)			
Verificar tension de las correas alternador y accesorios			
Comprobar el nivel del refrigerante del sistema de enfriamiento (completar)			
Comprobar el nivel de aceite hidraulico (completar)			
Filtros aire (Limpiar - Reemplazar)			
Drenar filtro primario/separador de agua del sistema de combustible			
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible			
Drenar la humedad y sedimentos del tanque de aire			
Comprobar el nivel de aceite convertidor y transmision (completar)			
Presion y Estado de las llantas			
Verificar el correcto funcionamiento de medidores, indicadores interruptores			
Verificar el correcto funcionamiento de las luces			
Inspeccion visual alrededor del equipo (fugas)			
OBSERVACIONES			
<hr/> FIRMA DEL OPERARIO		<hr/> FIRMA COORDINADOR DE TALLER	


ANEXO I. Control lubricación y engrase.

CONTROL DE LUBRICACION Y ENGRASE MAQUINARIA Y VEHICULOS				FECHA	
				/ /	
DEPARTAMENTO		NUMERO INTERNO / PLACAS		Km / Hrs	
SECCION DE LA MAQUINA	SERVICIO EFECTUADO	INTERVALO DE MANTENIMIENTO			
		REFERENCIA	REALIZADO		
			SI	NO	
ESTRUCTURA GENERAL	Lavado				
	Engrase				
MOTOR	Cambio de aceite				
	Cambio filtro aceite				
	Cambio filtro combustible				
	Limpieza filtro aire				
	Cambio filtro aire				
	Trampa de agua				
TRANSMISION	Revisión de nivel				
	Cambio de aceite				
	Cambio filtro aceite				
CAJA DE VELOCIDADES	Revisión de nivel				
	Cambio de aceite				
SISTEMA HIDRAULICO	Revisión de nivel				
	Cambio de aceite				
	Cambio filtro aceite				
DIFERENCIALES MANDOS FINALES	Revisión de nivel				
	Cambio de aceite				
CONVERTIDOR	Revisión de nivel				
	Cambio de aceite				
	Cambio filtro aceite				
TANDEM	Cambio de aceite				
CATALINAS	Cambio de aceite				
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Revisión de nivel				
	Cambio liquido refrigerante				
BATERIA (S)	Revision				
OBSERVACIONES:					
OPERADOR		ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	

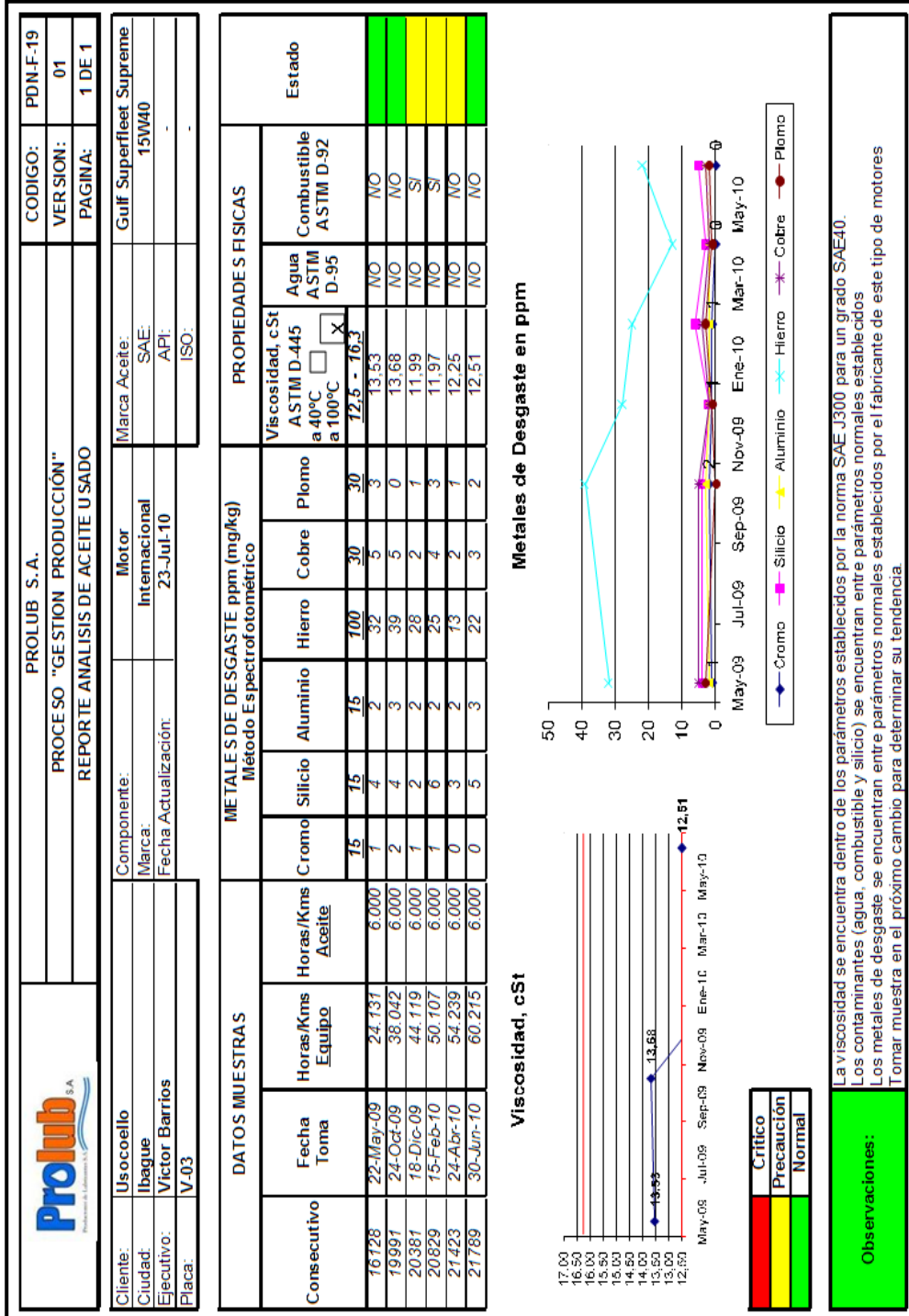
ANEXO J. Rutina mensual.

	INSPECCION GENERAL MENSUAL O CADA 250 HORAS DE SERVICIO		TALLER
			VERSION 01
			PAGINA 1 / 1
Nº INTERNO:	FECHA:		
MARCA:	TIEMPO DE EJECUCION (TIEMPO ESTANDAR 4 HORAS):		
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			
1. Botas de seguridad			
2. Guantes de seguridad.			
3. Gafas de seguridad.			
4. Casco de seguridad.			
5. Filtros auditivos			
EJECUCION DE LA INSPECCION MENSUAL			
RUTINAS	Resultados		
	SI	N.A (No Aplica)	
Inspeccionar/ ajustar/ reemplazar correas del alternador y del ventilador.			
Inspeccionar/reemplazar cables de batería o interruptor general.			
Probar capacidad de sujeción del freno de cables de arrastre y elevacion.			
Prueba de la capacidad de retención de frenos.			
Engrase General de todas los mecanismos articulados.			
Cambiar aceite y filtro del motor, combustible, aire.			
Limpiar/ inspeccionar/ reemplazar rejilla de admisión de combustible.			
Cebar el sistema de combustible.			
Obtener muestra de aceite motor.			
Limpiar el radiador.			
Comprobar el nivel de aceite trasmision, tandem, mandos finales, cubos ruedas, hidráulico, mando del circulo.			
Inspeccionar la estructura general de la maquina.			
Verificar tension en las cadenas de orugas.			
Inspeccionar fugas en el sistema hidraulico (actuadores, bomba, reservorio, mangueras, valvulas, controles).			
OBSERVACIONES			
<hr/> FIRMA DEL TECNICO		<hr/> FIRMA COORDINADOR DE TALLER	

ANEXO K. Rutina anual.

	INSPECCION GENERAL ANUAL O CADA 2000 HORAS DE SERVICIO		TALLER
			VERSION 01
			PAGINA 1 / 1
Nº INTERNO:		FECHA:	
MARCA:		TIEMPO DE EJECUCION (TIEMPO ESTANDAR 8 HORAS):	
RIESGOS DEL TRABAJO Y MEDIDAS PREVENTIVAS			
1. Botas de seguridad			
2. Guantes de seguridad.			
3. Gafas de seguridad.			
4. Casco de seguridad.			
5. Filtros auditivos			
EJECUCION DE LA INSPECCION ANUAL			
RUTINAS	Resultados		
	SI	N.A (No Aplica)	
Inspeccionar/ ajustar/ reemplazar correas del alternador y del ventilador.			
Inspeccionar/reemplazar cables de batería o interruptor general.			
Probar capacidad de sujeción del freno de cables de arrastre y elevacion.			
Prueba de la capacidad de retención de frenos.			
Engrase General de todas los mecanismos articulados.			
Cambiar aceite y filtro del motor, combustible, aire.			
Cambio de aceite trasmision, tandem, cirulos, convertidor, cubos ruedas delnteras, mandos finales.			
Limpiar/ inspeccionar/ reemplazar rejilla de admisión de combustible.			
Cebar el sistema de combustible.			
Obtener muestra de aceite motor, hidraulico.			
Limpiar el radiador.			
Comprobar el nivel de aceite trasmision, tandem, mandos finales, cubos ruedas, hidráulico, mando del circulo.			
Inspeccionar la estructura general de la maquina.			
Verificar tension en las cadenas de orugas.			
Inspeccionar fugas en el sistema hidraulico (actuadores, bomba, reservorio, mangueras, valvulas, controles).			
OBSERVACIONES			
<hr/> FIRMA DEL TECNICO		<hr/> FIRMA COORDINADOR DE TALLER	

ANEXO L. Resultado análisis de aceite usado.




Fuente: Prolub S.A.

ANEXO M. Determinación de costos totales.

DETERMINACION DE LOS COSTOS HORARIOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
RETROEXCAVADORA MARCA CASE CX 130					
DIESEL					
DATOS GENERALES :					
TIPO DE COMBUSTIBLE :					
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 268.145.000	(HP) POTENCIA NOMINAL	110 HP		
(Vn) PRECIO DE LAS LLANTAS	\$ -	(Fo) FACTOR DE OPERACIÓN	0,80		
(Va) VALOR DE ADQUISICION	\$ 268.145.000	(HPop) POTENCIA DE OPERACIÓN (HP x Fo)	88 HP		
(Vr) VALOR DE RESCATE	\$ 26.814.500	(CC) COEFICIENTE DE COMBUSTIBLE	0,13		
(Ve) VIDA ECONOMICA	10,00% HORAS	(Pc) PRECIO DEL COMBUSTIBLE	\$ 1.583,50 LITRO		
(i) TASA DE INTERES ANUAL	8,00%	(C) CAPACIDAD DEL CARTER	16 LITROS		
(Ha) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	1.000 HORAS	(t) HORAS ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE	250 HORAS		
(s) PRIMA ANUAL PROMEDIO	4,00% %	(CL) COEFICIENTE DE LUBRICANTE	0,003		
		(PL) PRECIO DEL LUBRICANTE	\$10.800,00 LITRO		
		(HV) VIDA DE LAS LLANTAS	2000,00 HORAS		
I.- CARGOS FIJOS					
I.1.- DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve$		\$ 24.133,05		
I.2.- INVERSION	$I = (Va + Vr) / i / 2 Ha$		\$ 11.798,38		
I.3.- SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2 Ha$		\$ 5.899,19		
I.4.- COSTOS INDIRECTOS (TALLER Y OBRAS)	CUADRO ANEXO		\$ 5.442,76		
I.5.- COSTOS GENERALES (AGUA, LUZ, PRED)	CUADRO ANEXO		\$ 206,83		
(I) SUMA CARGOS FIJOS			\$ 47.273,38		
II.- CARGOS VARIABLES					
II.1.- COMBUSTIBLES	$E = CC \times HPop \times PC$		\$ 18.115,24		
II.2.- LUBRICANTES Y FILTROS	$Al = [(Cl) + (CL \times HPop)] \times P$		\$ 2.851,26		
II.3.- LLANTAS	$N = Vn / Hv$		\$ -		
II.4.- BATERIAS	PROMEDIO 18 MESES DE VIDA UTIL		\$ 147,30		
II.5.- REPUESTOS	AUMENTAN DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA VIDA UTIL		\$ 677,08		
II.6.- TRABAJOS EXTERNOS	AUMENTAN DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA VIDA UTIL		\$ 833,33		
(II) SUMA CONSUMOS			\$ 22.624,22		
III.- OPERACION					
III.1.- OPERADOR	COSTO HORA		\$ 8.284,00		
COSTO-HORA-MAQUINA OPERANDO	\$ 78.182				
COSTO-HORA-MAQUINA PARADO	\$ 55.557				
		USOCOELLO	HORAS	PRECIO	VALOR
		PARTICULAR	1255	\$ 78.182	\$ 98.117.909
			1255	\$ 85.000	\$ 106.675.000
					\$ 8.557.091

ANEXO N. Cuadro de consumo diario

 USOCOELLO		CONTROL DIARIO DE CONSUMOS												<table border="1"> <tr> <th>DÍA</th> <th>MES</th> <th>AÑO</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>			DÍA	MES	AÑO						
DÍA	MES	AÑO																							
MAQUINARIA																									
CONCEPTO																									
ACEITE MOTOR 40 (GLS)																									
ACEITE MOTOR 50 (GLS)																									
ACEITE LUMAX (GLS)																									
ACEITE DESPEGUE (GLS)																									
ACEITE TRANS. 140 (GLS)																									
ACEITE TRANS. 90 (GLS)																									
HIDRÁULICO 68 (GLS)																									
DONAX TD (GLS)																									
ACEITE 15W40 (GLS)																									
LÍQUIDO FRENOS (PINTAS)																									
GRASA CORRIENTE (LIBRAS)																									
A.C.P.M. (GLS)																									
GASOLINA (GLS)																									
AGUA BATERÍA (PINTAS)																									
ADITIVO RADIADOR (PINTAS)																									
FILTROS	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> </table>	A		C																					
A																									
C																									
ODÓMETRO																									
FIRMAS RECIBIDO																									

ANEXO O. Costos por equipo mensual

USOCOELLO		RESUMEN MENSUAL DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES										PALA HIDRAULICA DE ORUGA 320C							
												MES/ANO: AGOSTO DE 2010							
DIAS	COMBUSTIBLE GALONES	Trabajo Efectivo de Consumo a	Valor Unitario \$	Valor Tanqueada TALLER	Horometro Inicial	Horometro Final	Mto a.c.p.m	Acetle 15W/40	Acetle 40	Acetle 50	Acetle Trans.90	Acetle Trans.140	Acetle Hidra.68	Acetle ATF II	Grasa EP II	Agua Baateria	A. Lumax	Liq. Freno	
																			A.C.P.M Reportado
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10	79	4	22	6.143,00	485.297,00	5541	5563												
11																			
12																			
13	90	4	21	6.143,00	552.870,00	5563	5584												
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
Total	169		43		1.038.167														
G/G-Hora	4																		

ANEXO P. Resumen costos totales

EQUIPO		COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO MAQUINARIA Y EQUIPOS CONSERVACION															MES		TOTAL COSTOS MES							
		ELEMENTOS DE CONSUMO															REPARACIONES									
		COMBUSTIBLE					LLANTAS			ACEITE Y GRASA			FILTROS		BATERIAS		FECHA	2010								
MARCA CLASE	N° INT.	HR TRABAJO DAS	REND GAL/H	GLS SUMIN TALLER	VALOR GALON	VALOR TOTAL	CANT	VALOR	CANT	VALOR	CANT	VALOR	CANT	VALOR	CANT	VALOR	REPUESTOS	TE	VALOR							
BUCYRUS	P-02																			\$80.000	\$80.000					
RETROEXCAVADORA	P-05																				\$348.000	\$348.000				
RETROEXCAVADORA	P-42	19	2,4	45	\$5.718	\$257.310														\$140.360	\$426.278					
DRAGALINA	P-120	35	3,2	111	\$5.718	\$634.698												\$7.500		\$966.198	\$966.198					
RETROEXCAVADORA	P-130-1	136	2,9	388,5	\$5.718	\$2.221.443															\$2.259.587	\$2.259.587				
RETROEXCAVADORA	P-130-2	152	2,2	338	\$5.718	\$1.932.684															\$1.994.668	\$1.994.668				
RETROEXCAVADORA	P-320	131	4,8	630	\$5.718	\$3.602.340												\$638.000		\$290.000	\$5.348.382	\$5.348.382				
RETROEXCAVADORA	P-416	190	1,7	288,3	\$5.718	\$1.624.476												\$238.847		\$934.600	\$3.719.703	\$3.719.703				
CARGADOR	C-270	21	2,1	45	\$5.718	\$257.310															\$132.200	\$486.365	\$486.365			
MOTONIVELADORA	M-432	36	3,1	111	\$5.718	\$634.698															\$154.280	\$788.514	\$788.514			
MOTONIVELADORA	M-433	52,0	1,9	100,6	\$5.718	\$576.231															\$98.600	\$864.540	\$864.540			
MOTONIVELADORA	M-120H	127,0	2,2	282	\$5.718	\$1.612.476																\$2.947.302	\$2.947.302			
BULLDOZER	B-01																				\$462.838	\$462.838	\$462.838			
BULLDOZER	B-02																						\$0	\$0		
BULLDOZER	B-354																				\$1.085.760	\$50.000	\$1.307.485	\$1.307.485		
BULLDOZER	B-364	6,0	2,5	15	\$5.718	\$86.770																	\$155.107	\$155.107		
BULLDOZER	B-365	94	2,1	196,8	\$5.718	\$1.125.245															\$282.423		\$1.641.843	\$1.641.843		
TRACTOR	T-716	Diario		89,8	\$5.718	\$513.648															\$66.000	\$120.000	\$824.734	\$824.734		
TRACTOR	T-717	Diario		74,1	\$5.718	\$423.704															\$80.000	\$330.000	\$875.451	\$875.451		
EQUIPO	UNCON			5	\$5.718	\$28.590															\$50.000	\$78.590	\$128.590	\$128.590		
EQUIPO	HOBART																						\$0	\$0	\$0	
PLANTA	P. CUQUANA			66	\$5.718	\$377.388																	\$377.388	\$377.388		
PLANTA	P. COELLO																				\$50.000	\$50.000	\$50.000	\$50.000		
PLANTA	EDIFICIO																						\$0	\$0	\$0	
Motobomba Estrella				58,7	\$5.718	\$335.738																	\$335.738	\$335.738		
Motobomba Ferney				63,7	\$5.718	\$364.225																	\$364.225	\$364.225		
Motobomba Cucuana				123,4	\$5.718	\$705.601																	\$705.601	\$705.601		
Motobomba				188,2	\$5.718	\$1.076.042																	\$1.076.042	\$1.076.042		
Motobomba saldaña				47,0	\$5.718	\$268.746																	\$268.746	\$268.746		
Taller diesel				2,0	\$5.718	\$11.436																	\$11.436	\$11.436		
TOTAL..		999		3269		18.874.247	0,0										160,8	2.888.237			1.331.892	0	-	2.568.945	3.102.040	28.765.361

ANEXO Q. Indicadores gestión de equipos.

EQUIPO	INDICADORES DE GESTION DE EQUIPOS												SEMANA NO.				TALLER							
	LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			2010	2010	VERSION 01	PAGINA 1 / 1					
	H.I.	H.E.	H.M.	A.	H.I.	H.E.	H.M.	A.	H.I.	H.E.	H.M.	A.	H.I.	H.E.	H.M.	A.	H.T.	H.M.	Σ.A.	D	MTBF	R	MTTR	M
P-02	1	6	1	1	1	4	3	1	1	7	0	0	1	3	4	1	32	8	3	75%	8,0	5%	2,7	95%
P-42																	0	0	0	#####	#####	#####	#####	#####
P-120	1	7	0	0	1	7	0	0	1	2	6	0	0	1	7	0	40	3	1	93%	40,0	40%	3,0	63%
P-05																	0	0	0	#####	#####	#####	#####	#####
P-320	1	7	0	0	1	7	0	0	1	6	1	1	1	7	0	0	40	1	1	98%	40,0	38%	1,0	63%
P-130-1	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	40	0	0	100%	#####	#####	#####	#####
P-130-2	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	40	0	0	100%	#####	#####	#####	#####
P-416	0	0	8	1	1	7	0	0	1	7	0	0	1	6,5	0,5	1	40	8,5	2	79%	20,0	21%	4,3	86%
B-01																	0	0	0	#####	#####	#####	#####	#####
B-02	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	1	5	2	0	40	8	1	80%	40,0	45%	8,0	63%
B-354					1	7	0	0	1	6,5	0,5	1	1	7	0	0	24	0,5	1	98%	24,0	38%	0,5	63%
B-364																	0	0	0	#####	#####	#####	#####	#####
B-365	1	7	0	0	1	7	0	0	1	5	2	1	1	7	0	0	40	2	1	95%	40,0	39%	2,0	63%
M-120	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	1	7	0	0	40	0	0	100%	#####	#####	#####	#####
M-432																	8	0,5	1	94%	8,0	39%	0,5	63%
M-433	1	6,5	0,5	1	1	7	0	0	1	7	0	0					24	0,5	1	98%	24,0	38%	0,5	63%
H.I. Horas Inactivas H.E. Horas Efectivas H.M. Horas de Mantenimiento por averias A. Averias D. Disponibilidad H.T. Horas Totales MTBF Tiempo Promedio Entre Fallas MTTR Tiempo Promedio de Reparacion R. Confiabilidad M. Mantenibilidad Σ.A. Sumatoria de Averias																								