

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA APLICAR A LA FLOTA DE VEHICULOS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE

JHOSIMAR BELTRAN CORONADO-ORLANDO OROZCO VEGA

1. Introducción

Las empresas para ser competitivas requieren que sus procesos técnicos, tecnológicos de ingeniería y administrativos, entre otros, tengan las conexiones apropiadas. La empresa CMSI, dedicada a prestar en modalidad outsourcing a Electricaribe, servicios relacionados con el mantenimiento de redes eléctricas aéreas, posee un parque de grúas para estos propósitos. .

Pero en cuanto a lo que se refiere a los mantenimientos de su parque automotor, la empresa no cuenta con un modelo o plan de mantenimiento estipulado con sus respectivos soportes y formatos básicos con los que el departamento de mantenimiento maneje adecuadamente la información, por lo que deben crearse documentos adicionales como hojas de vida, listas de chequeo y ordenes de trabajo entre otras, que faciliten la captura, proceso, análisis y toma de decisiones, con una mejor información de la evolución del sistema en análisis.

Es así que surge el proyecto con el propósito de diseñar y aplicar un plan de mantenimiento que posee todo el soporte documental necesario para gestionar el proceso de mantenimiento del parque automotor que posee el consorcio MSI, de tal manera que se controlen aspectos fundamentales como la disponibilidad, los repuestos y los costos derivados de las actividades de mantenimiento, tanto proactivas como correctivas.

2. Metodología

La metodología puesta en práctica durante el desarrollo de este trabajo consta de las fases que son explicadas a continuación.

Fase 1: Características del Parque Automotor

- Identificación del Parque Automotor
- Diagnóstico del Parque Automotor.
- Hoja de vida de los vehículos.
- Ficha Técnica de los Vehículos.

Fase 2: Contexto Operacional y el Histórico de Fallas.

- Descripción del sistema de Mantenimiento
- Definir vehículos para estudiar y aplicar el plan de mantenimiento preventivo.
- Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, para ajustar el actual plan, de tal manera que las probabilidades de mejora aumenten.

Fase 3: Metodología de Mantenimiento

- Elaboración de documentación que ayude a que el plan avance y pueda ser controlado y ajustado según las circunstancias cambiantes requieran
- Entregar recomendaciones y conclusiones obtenidas.

2.1 PROPÓSITO DEL MANTENIMIENTO

El hacer mantenimiento no implica reparar equipos rotos tan pronto como se pueda, sino mantener el equipo en operación a los niveles específicos. En consecuencia, buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y, de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas, con un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento en el menor tiempo posible.

2.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Se pueden resumir en:

- Garantizar el buen funcionamiento estable de las instalaciones, motores, equipos, máquinas y servicios de una empresa, sociedad o bien.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos y motores que forman parte de un bien o instalación.
- Conseguir ambos objetivos a un costo razonable.

2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Los tipos de mantenimiento susceptibles de aplicar en el desarrollo de este proyecto son:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 CARACTERIZACION DEL PARQUE AUTOMOTOR

En la actualidad la Universidad Autónoma del Caribe, en su parque automotor cuenta con 22 vehículos distribuidos y asignados por dependencias de los cuales: 3 son motos las cuales están fuera de servicio y 19 son carros de diferentes marcas, modelos y características, con los que la universidad suple sus necesidades en cuanto al transporte de personal y carga.

Los vehículos a analizar son:

MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PESADO DE LA EMPRESA CONSORCIO M.S.I						
PLACA	CILINDRAJE	TIPO	MARCA	COMBUSTIBLE	MODELO	OBSERVACIONES
T-9183	4700	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
T-8452	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
T-8441	7300	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2000	
T-8440	7300	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1999	
T-1165	4200	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2005	
T-1166	4200	CANASTA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2005	
T-0788	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1994	
T-0764	7630	CANASTA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1995	
T-9178	4700	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
T-0757	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1994	

3.2 DIAGNÓSTICO TECNICO DEL PARQUE AUTOMOTOR

Una vez realizado el diagnóstico se concluye que de los 10 vehículos estudiados se presenta los siguientes daños:		
LUCES DEL VEHICULO		
	CANTIDAD	NIVEL PORCENTUAL(%)
Farola derecha	2	20%
Farola izquierda	3	30%
Direccionales delanteros	2	20%
Direccionales Traseros	1	10%
Stop derecho	3	30%
Stop izquierdo	2	20%
Luz de Reversa	2	20%
Luz de Parqueo	4	40%
INDICADORES		
Nivel de aceite	6	60%
Nivel liquido de frenos	5	50%
Nivel de combustible	4	40%
Nivel de Temperatura	7	70%
Medidor de velocidad	5	50%
Nivel de agua vasos de bateria	5	50%
DOCUMENTOS		
Tarjeta de propiedad	3	30%
SOAT	2	20%
Revision Tecnomecanica	2	20%
MANTENIMIENTO		
Cambio de aceite acorde kilometraje	7	70
Kilometraje:		
TAPIZADO		
Cojineria	3	30
Tapizado puertas	5	50
Tapizado techo	7	70
LLANTAS		
Labrado de llantas	5	50
Labrado llanta de repuesto	9	90
Calibracion de llantas	3	30
VIDRIOS		
Panoramico delantero	2	20
Panoramico trasero	1	10
Vidrio puertas delanteras	4	40

ASESORIOS		
Plumillas limpiavidrio	6	60%
Deposito agua limpiavidrio	7	70%
Deposito expansion radiador	5	50%
Tapa de radiador	6	60%
Tapa de llenado de aceite	4	40%
Varilla medidora de aceite	2	20%
Tapa de llenado de combustible	8	80%
Retrovisro derecho	4	40%
Retrovisor izquierdo	3	30%
Retrovisor central interno	9	90%
Pito	6	60%
Cinturones de seguridad	4	40%
Recibidor cinturon de seguridad	8	80%
Bateria	5	50%
Freno de mano o emergencia	2	20%
Manija elevavidrio puerta delatera derecha	7	70%
Manija elevavidrio puerta delatera izquierda	6	60%
PRESENTACION		
Pintura vehiculo	7	70
Latoneria vehiculo	8	80

Es de anotar que a los motores con consumo de aceite, se les deben corregir los actuales problemas de fugas, que requieren cambios de retenedores y ajustes, así como revisión de culata, guías, válvulas y determinar el periodo de vida útil consumido a ver si es el momento justo para realizar la reparación del motor, antes de tratar de aplicar un mantenimiento de tipo preventivo, porque no puede planificarse un cambio periódico de aceites y filtros del motor si el mismo tiene consumo diario por problemas mecánicos.

3.3 DOCUMENTACION PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO DE LOS VEHICULOS

a) Descripción del Sistema de Mantenimiento

Con el sistema de mantenimiento se busca reducir y prevenir los daños que viene presentando el parque automotor de la empresa CMSI, para dicho fin se hizo uso de técnicas claves de mantenimiento como lo es el TPM (mantenimiento productivo total), que a su vez viene asociado con conceptos como el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el método de las 5S que busca mejorar el ambiente de trabajo.

Dentro del manual se encuentran formatos como las lista de chequeo, cuadro de mantenimiento mensual, solicitud de mantenimiento, orden de trabajo, bitácora de mantenimiento, entre otros. Todos estos formatos están simplificados, organizados y bien estructurados con la finalidad de dar una eficacia en cuanto a la propuesta de mantenimiento.

b) Hoja de Vida de los Vehículos

En este documento deben registrarse eventos como modificaciones, cambios de repuestos no originales cuando no se consiguen los mismos o para realizar procesos de mejora de la confiabilidad.

En el caso de las observaciones, es clave las anotaciones referentes a repuestos difíciles de conseguir, donde debe quedar registrado que proveedor resuelve rápidamente el problema de consecución. También

en lo referente a las reparaciones deben anotarse problemas con herramientas de desarme y armado especializadas, así como equipos de diagnóstico que solo lo poseen pocos proveedores, donde debe quedar claro quiénes son y en donde pueden ubicarse anotando direcciones y teléfonos de localización.

Placa de la grúa _____ Operario _____	Fecha Inicio de operaciones como equipo nuevo o reparado total. _____
Experiencia _____	Fecha Inicio de operaciones después de reparado _____
Numero de Mantenimientos correctivos generales realizados. _____	
Explicación detallada de problemas operativos y soluciones encontradas _____ _____	
Tipo de mantenimiento	Observaciones
Fecha _____	Firma de registro _____
Quincenal	Realizado ____ No realizado ____ Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas: _____ _____
Mensual	Realizado ____ No realizado ____ Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas: _____ _____
Trimestral	Realizado ____ No realizado ____ Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas: _____ _____
Semestral	Realizado ____ No realizado ____ Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas: _____ _____

c) Ficha Técnica complementaria de los Vehículos.

Por medio de la ficha técnica, definiremos la descripción de las características de cada uno de los vehículos que posee la universidad identificando sus fortalezas y debilidades. En este documento aparece el consumo específico de combustibles en número de litros por cada 100 kilómetros recorridos, esto sirve como dato de referencia para apoyados en los mismos y con los registros de kilómetros diarios recorridos, obtenidos de los valores al inicio del día y al final del mismo con los cuales puedan hacerse la diferencia de valores que es el dato de los kilómetros recorridos ese día, pueda controlarse el respectivo consumo.

d) Metodología e Implementación de Formatos de Mantenimiento

La metodología que se implementó para la propuesta de mantenimiento está basada en la técnica TPM (Mantenimiento Productivo Total) y la metodología de las 5S, el cual nos brinda información básica y abarca en su totalidad la solución a la problemática que se está presentando en la actualidad en la Universidad.

Después de una serie de revistas y preguntas al personal de conductores se denoto que la empresa no tiene establecida una metodología de mantenimiento, la cual su finalidad es la de llevar un control en cuanto a las inspecciones de funcionamiento, reparaciones, lubricaciones, ajustes, etc. Que deben de hacerse en forma periódica y obedeciendo a un plan de mantenimiento propuesto, y a su vez llevando un registro de estos. Ya sea de forma mensual, trimestral, semestral o anual. Con el fin de preservar y conservar el estado de los vehículos de la misma.

La metodología consiste el realizar una series de formatos estructurados bajo los conceptos de TPM y 5S, para llevar el control del mantenimientos del parque automotor cuya finalidad es facilitarle a la universidad y al personal de conductores llevar un control con los vehículos, reduciendo así todas las falencias que se vienen presentando y disminuir los gastos innecesarios.

La metodología presentada a la empresa mostrándole los beneficios que se obtienen y lo importante que sería tener un plan de mantenimiento.

Los formatos son los siguientes:

➤ **Lista de chequeo de los automóviles**

Que nos muestra información tanto como del vehículo como del conductor con el fin de identificar su estado.

➤ **Solicitud de mantenimiento**

Este formato se utiliza en el momento que el conductor identifique alguna falla del vehículo, de inmediato deberá diligenciar este documento donde describa el estado y los motivos por el cual debería ir a mantenimiento el vehículo. El formato también incluye la fecha del arreglo, para llevar un seguimiento de las horas de mantenimiento.

SOLICITUD DE SERVICIOS			
FECHA: _____	SOLICITANTE _____		
EQUIPO _____		UBICACIÓN _____	
DESCRIPCION DEL PROBLEMA O EFECTO OBSERVADO			
RUIDO _____	OLOR _____	VIBRACION _____	TEMPERATURA _____
PRESION _____	PH _____	OTRO _____ CÚAL _____	
DECISION DE MANTENIMIENTO			
Urgente _ Emergencia _ Normal _	observaciones _____ _____	Mtto preven _ Mtto correc _ Mtto predic _	
FECHA REVISION _____		FECHA PROCESADO _____	
FIRMA RESPONSABLE MTTO _____			

➤ **Orden de trabajo.**

La finalidad de la orden de trabajo es llevar un control de los trabajos efectuados a cada vehículo, y a la vez llevar los costos en cuanto a repuestos y mano de obra de los trabajos efectuados.

ORDEN DE TRABAJO		
N° ORDEN _____	FECHA _____	ACTIVO N° _____
LOCALIZACIÓN _____	TURNO _____	CENTRO DE COSTO _____
DESCRIPCION DEL PROBLEMA O EFECTOS OBSERVADOS		PRIORIDAD EMERGENCIA ___ URGENCIA ___ NORMAL ___
DESCRIPCION DEL TRABAJO		
CAUSA PROBABLE	PIEZAS A REPARAR	PIEZAS A CAMBIAR _____ _____
TECNICO(S) ASIGNADO(S)	TIEMPO ESTIMADO (HRS) _____ TIEMPO REAL (HRS) _____	COSTO TOTAL MATERIALES _____ REPUESTOS _____ MANO DE OBRA _____
FIRMAS DE TECNICOS _____ _____ _____	FIRMA DE JEFE MTTO _____	FECHA ENTRADA A REPARACION _____ FECHA DE SALIDA A TRABAJO _____ DÍAS EN TALLER _____

➤ **Cuadro mensual de mantenimiento**

Este formato es de gran utilidad en toda empresa, porque lleva un control diario de los vehículos que deben ser enviados a mantenimiento con el objetivo de que siempre haya disponibilidad de los vehículos y disminuir las eventualidades.

➤ **Bitácora de mantenimiento**

Es un formato en el cual se lleva un control de los mantenimientos efectuados a cada vehículo, cuya finalidad es determinar si los daños son efectuados por mala operación o defectos en los repuestos.

3.4. PLAN DE MANTENIMIENTO

Para ejecutar el mantenimiento de los vehículos se están proponiendo varias actividades de mantenimiento las cuales son claves y de gran importancia para mantener la flota de vehículos de la universidad en perfecto estado de funcionamiento

- Actividades de mantenimiento diarias
- Actividades de mantenimiento semanales
- Actividades de mantenimiento mensuales
- Actividades de mantenimiento semestral
- Actividades de mantenimiento anual

Actividades de mantenimiento diarias: deben ser hechas diariamente por el operario antes de encender el vehículo como lo son:

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Diario	Verificación nivel de agua del radiador	Operario	
	Verificación nivel de aceite del motor	Operario	
	Verificación presión de aire de llantas	Operario	
	Verificación funcionamiento de luces	Operario	

Actividades de mantenimiento semanales: estas al igual que las actividades de mantenimiento diarias deben ser hechas por los operarios y mecánicos, como lo son:

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Semanal	Verificación de muelle y guías	Mecánico	
	Verificación nivel de aceite de transmisión	Mecánico	
	Verificación de tensión de correas	Mecánico	
	Verificación de amortiguadores	Mecánico	
	Verificación de mangueras hidráulicas	Mecánico	
	Inspección visual del radiador	Mecánico	
	Verificación nivel líquido de frenos	Operario - Mecánico	

Actividades de mantenimiento mensuales: estas al igual que las actividades de mantenimiento diarias deben ser hechas por los mecánicos, como lo son:

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Mensuales	Verificación sistema de frenos	Mecánico	
	Inspección de componente del sistema hidráulico	Mecánico	
	Cambio de aceite de motor	Mecánico	
	Cambio de unidad de mantenimiento (filtros)	Mecánico	
	Verificación del aceite hidráulico	Mecánico	
	Limpieza del tanque de combustible	Mecánico	
	Sondeo al radiador	Mecánico	
	Lavado en general del vehículo	Mecánico	
	Rellenado de aceite de transmisión	Mecánico	

	Rellenado de aceite de caja de velocidad	Mecánico	
--	---	-----------------	--

Actividades de mantenimiento semestrales: estas al igual que las actividades de mantenimiento diarias deben ser hechas por los mecánicos, como lo son:

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Semestral	Alineación y balanceo del vehículo	Mecánico	
	Limpieza de inyectores	Mecánico	
	Cambio tren delantero	Mecánico	
	Cambios de mangueras sistema hidráulico	Mecánico	
	Cambio de rodamientos de llantas	Mecánico	
	Cambios de retenedores de la transmisión	Mecánico	
	Cambio de kit de clutch	Mecánico	

Actividades de mantenimiento anuales: estas al igual que las actividades de mantenimiento diarias deben ser hechas por los mecánicos, como lo son:

FRECUENCIA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Anual	Cambios de llantas	Mecánico	
	Escáner del motor	Mecánico	
	Cambios de manilas	Mecánico	
	Trabajos de tapicería latonería y pintura	Mecánico	

3.4 ACCIONES DE MANTENIMIENTO ESPECIALES

- Calibración de las electroválvulas del sistema hidráulico.
- Ajustes de las inyecciones del motor.
- Reparación y ajustes a las cajas automáticas o mecánica de velocidades.

3.5 INDICADORES DE CONTROL

A partir de los datos de la orden de trabajo, por cada grúa, se define la respectiva disponibilidad mensual que resulta para cada mes operativo mediante el uso de la ecuación 1. Este será entonces un indicador base de la calidad de trabajo que realiza el departamento de mantenimiento, sea con los recursos propios e internos y los externos en modalidad outsourcing.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallos.

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

Los tiempos promedios entre fallas (TPEF), es lo que en siglas inglesas equivale a MTBF y los tiempos promedios de reparación es lo que en ingles equivale a MTTR.

La ecuación 1 define la disponibilidad y la rapidez con la que el equipo de mantenimiento resuelve los problemas que le conciernen. Observe que los tiempos promedios para reparación (TPPR) debe incluir únicamente los tiempos de desarme, armado, puesta a punto y pruebas finales de campo. No deben incluir los tiempos demora para adquirir los repuestos e insumos para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos, que normalmente no son del resorte o responsabilidad de un departamento de mantenimiento.

El tiempo promedio entre falla (TPEF) mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio y se calcula con la ecuación 2.

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 2

Tiempo promedio entre fallas

Dónde:

HROP = Horas de operación.

NTFALLAS=Número de fallas detectadas

Finalmente, de manera interna el departamento de mantenimiento puede definir los % de trabajos preventivos con la ecuación 3. Esto permite ver que tan efectivas son las acciones del plan de mantenimiento propuesto, respecto al objetivo de evitar y controlar las anomalías y las fallas, que en últimas es lo que se desea controlar de alguna manera.

$\% \text{ mantenimientos preventivos} = \text{numero actividades de mantenimiento preventivo realizadas} / \text{número total de actividades de mantenimiento (preventivas más correctivas)}$.

3.6 APLICACIÓN DELAS 5S.

La aplicación de las 5S a la gestión del parque de grúas implica:

- Creación de una lista de chequeo diaria para los conductores. Solo revisión de lo expresado en el plan aquí propuesto. Lo demás contemplado en el formato de verificación del vehículo debe realizarse según criterios del conductor, como fechas de vencimiento por ejemplo.
- Cada vez que se cambie aceite al motor, anotar en un volante plegable en el tablero la próxima fecha de cambio bien visible al conductor.
- Ordenar las cajas de herramientas de los mecánicos. Realizar un inventario y aplicar un formato de entrega y recibido para garantizar el control de lo entregado. Aquí se anota que para agilizar los trabajos, deben comprarse herramientas básicas, uno por cada mecánico y no usarlas compartidas como se hace ahora, porque esta situación atrasa los trabajos a realizar, tanto el armado como en el desarme.
- Anotación en la hoja de vida de todas las reparaciones realizadas en modalidad correctiva y en el ítem de observaciones de la misma, anotar posibles acciones preventivas de control o ajuste de las frecuencias de las existentes, que controla el desarrollo del tipo de falla resuelta para ajustar periódicamente el plan de mantenimiento.

3.7 CRITERIOS ECONÓMICOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO.

Para establecer las actividades se definen los siguientes criterios técnicos:

- Si la actividad se encuentra en el plan, entonces se revisa su pertinencia en relación con la o las fallas que se pretenden controlar y se revisa si han implementado correctivos de ese tipo. El costo de la actividad de mantenimiento debe ser menor que el costo de la falla que controla, para que pueda justificarse el accionar preventivo.
- Para las actividades adicionales al plan de fabricante, la intervención se justifica cuando el costo de la falla exceda el costo de la actividad durante el periodo de control.

Con los anteriores criterios, se han definido las siguientes acciones:

Para los cambios de lubricantes, por ejemplo el aceite del motor, el ajuste se relaciona con la frecuencia de cambios. Actualmente se realiza cada 5000 kilómetros en promedio. Sin embargo han ocurrido daños de motor con un costo promedio de tres millones de pesos cada uno. El número de daños a motor el año 2013, fue de doce millones para seis intervenciones. Para controlar estas fallas correctivas, se han realizado tres análisis de aceites en los laboratorios de la empresa Gecolsa y la conclusión es que a 5000 kilómetros, los aceites usados han perdido eficiencia en la protección por lo que debe reducirse el kilometraje de cambio. Con 5000 kilómetros, tenemos que en promedio el cambio es una vez cada mes. El nuevo periodo de cambios es cada 4000 kilómetros, con lo que se aumenta a 13 cambios al año en promedio por grúa y para las 10 grúas totaliza 10 cambios adicionales. Cada cambio cuesta \$ 300.000 (trescientos mil pesos), lo que aumenta el costo en tres millones por año. En un escenario futuro crítico, se asume que solo se controla con el ajuste en el cambio tres daños a motor de tipo correctivo, por lo cual se reduce el costo por daños en nueve millones de pesos (tres daños a tres millones en promedio cada uno). Por lo tanto el beneficio neto es de nueve menos tres, seis millones de pesos. A este valor debe agregarse la ganancia por disponibilidad que la estimamos así: Por daño de motor correctivo, en promedio se pierden siete días de trabajo al año (se asume que un motor no tiene más de un daño correctivo al año según los registros a mano), con un costo promedio por día de \$ 800.000 (ochocientos mil pesos). Por lo tanto la

ganancia económica por aumento de la disponibilidad es de cinco millones en promedio por grúa, que para las tres totaliza quince millones adicionales, que sumados a los seis millones totalizan veinte y un millones al año en ganancia adicional para la empresa, por mejoras en la lubricación de los motores de las grúas, por mejora en el control de las fallas correctivas. A otras acciones críticas definidas por fabricante, se le deben realizar ajustes similares a futuro.

Para el caso de las acciones no contempladas en el plan original del fabricante, los datos disponibles según el seguimiento realizado son:

Al momento actual, no se realizan limpiezas al sistema hidráulico de las grúas. Esto lleva fallas de las bombas por desgaste abrasivo, donde este evento se confirma porque los elementos de bombeo están rayados sin existir fugas de aceite hidráulico y en una revisión después de una reparación de la bombas, al tanque se le encontraron internamente virutas debido a desgaste interno que de no ser sacadas del sistema como se hizo en esa ocasión, seguramente ocasionarían daños prematuros incluso a la bomba recién reparada. La duración de un trabajo de reparación a la bomba, de manera optimista es de un día, con pérdida de lucro cesante por ochocientos mil pesos y costo promedio de la reparación de dos millones de pesos. En relación a los costos, para el año 2013, se tienen catorce arreglos de bombas a un costo promedio de un millón de, para totalizar en el año de 25 millones. Realizando las mencionadas limpiezas, el tiempo perdido es nulo, porque aunque se toma un día su realización, esta es planeada en día domingo donde las grúas descansan. El costo de la actividad puede ser redondeada a trescientos mil pesos por grúa, una vez al año, lo que totaliza tres millones, que restados a los 25 ahorrados, de manera optimista representa 22 millones al año por mejoras en la sostenibilidad del sistema. Para las otras actividades adicionales, las mismas están en seguimiento pero se esperan resultados positivos en todos los casos.

CONCLUSION

Se realizó un diagnóstico inicial a los temas de mano de obra para operación y mantenimiento de las grúas, concretando que el personal de la empresa posee en promedio nueve años de experiencia en este tipo de equipos, por lo cual queda claro que la parte técnica está bastante pareja y entrenada en los aspectos de operación segura de estos equipos de alto riesgo operacional. Sin embargo hubo necesidad de instruir en el uso de los diagramas de carga a cinco operarios que solo se basaban en la experiencia de elevar y mover cargas.

En lo referente a la documentación para realizar los procesos de planeación, recolección de datos e información y control del desempeño, se encontró deficiente dado que lo existente no generaba datos e información suficiente que permitiera determinar indicadores y eventos concretos que se quisieran analizar, por lo se crearon una serie de formatos, con sus respectivas funciones y usos para mejorar los aspectos de la gestión de mantenimiento.

Para el caso de inventario, se mejora en la identificación de elementos de sujeción como tornillos, pernos y abrazaderas, creando un surtido que facilita tener a la mano los tamaños que se necesitan y anulando los no usados. El manejo del nivel de inventario no se trata porque en la empresa han designado a un ingeniero industrial para que realice los respectivos correctivos.

Para el caso de ajuste del plan de mantenimiento del fabricante, se crea un plan según muestra la tabla 5, donde se han adicionado actividades no contempladas en el plan original, pero que son actividades de mantenimiento necesarias para corregir modos de falla propios de la empresa.

El desarrollo del plan, además ha creado un incentivo a los operarios y trabajadores donde se observa un mayor ambiente de colaboración y preocupación por el mantenimiento preventivo de las grúas, dejando atrás el reciente modelo antiguo de acciones correctivas.

La actual disponibilidad promedio de las grúas es de 68% y con el plan de mantenimiento preventivo propuesto se espera elevarla hasta un 95 %. Con esto la empresa mejora su rentabilidad, dado que se elimina la necesidad de contratar equipos externos. Además se estima una reducción de costos del 55 %,

en la medida que se logre que el porcentaje de mantenimientos preventivos pase del actual 28% a una meta de 65 %.

Lo anterior se basa en que el peso de los costos son por reparaciones al tren de potencia, que en el actual esquema de mantenimiento no era atendido sistemáticamente y que con la nueva propuesta se tiene acciones de mantenimiento básicas, incluyendo ajustes que la experiencia adquirida indica que controle fallas de tipo catastrófico como Roturas imprevistas de motor, de transmisión y embragues.

El proyecto adelantado como requisito al título de estudios en Ingeniería Mecánica ha permitido a los autores el enriquecimiento técnico, teórico, filosófico de los muchos conceptos, estudios, métodos y practicas existentes en la actualidad del mundo moderno del mantenimiento, lo cual ha sido un valioso aporte a nuestra formación profesional; fortaleciendo aspectos tan importantes como los procesos de organización, el trabajo interdisciplinario, la trazabilidad de metas dentro de las áreas en el cual se aporta conocimientos y se contribuye en la búsqueda de la excelencia organizacional.

BIBLIOGRAFÍA

- BOMBAS, K. (2012). ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo. *KURODA BOMBAS*, 1-4.
- Educacion, M. d. (1994). *Mantenimiento y servicios a la producción. FP*. Madrid: Delibros.
- Espinoza. (2008). Optimizacion del mantenimiento. *ESPOCH*, 45.
- Fernandez, F. J. (2005). *Teoria y practica del mantenimiento industrial. Avanzado*. Madrid: Fundacion Confemetal.
- Fernandez, J. (2013). Preditecnico. *Preditec*, 10-12.
- Garrido, S. G. (2009). *Mantenimiento industrial*. Madrid: Renovetec.
- Garcia, N. M. (2003). *Tractores Y Maquinaria Agrícola*. Costa Rica: Universidad estatal.
- Gonzales, F. j. (2004). *Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestion*. Madrid: fc.
- Herrera, I. D. (1 de 07 de 2011). *scribd*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/96108249/Mantenimiento-Preventivo-de-Vehiculos-Diesel>.
- <http://www.rcm-confiabilidad.com.ar/>. (2005). RCM - Mantenimiento Centrado en confiabilidad. <http://www.rcm-confiabilidad.com.ar/>, 1-2.
- Manuel Garcia melero, M. F. (2004). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*. Mexico: Marcombo.
- Marques, Z. (s.f.). *optimizamos.com*.
- Mendez, C. (05 de 14 de 2013). *UFG*. Obtenido de <http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/657.45-F634d/657.45-F634d-Capitulo%20II.pdf>.
- Oliva, A. P.-J. (2010). *Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo*. Madrid: Aran.
- Pascual, O. (2006). *Operaciones de Mantenimiento Preventivo del Vehículo y Control de su dotacion de material*. Mexico: Ideas propias.
- Pauro, R. (2007). *Indicadores de mantenimiento*. Buenos aires: coldi.
- Tecnar. (18 de 06 de 209). Obtenido de <http://www.tecnar.edu.co/programas/t%C3%A9cnica-profesional-en-mantenimiento-de-computadores-y-redes>
- Siguenza, H. M.-L. (2012). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del canton Portovelo. *Universidad Politecnica Salasiana*, 3-7.

