

**PLAN DE MANTENIMIENTO APLICADO A UNA EMPRESA DE
SERVICIOS DE ENERGIA**

**JHOSIMAR BELTRAN CORONADO
ORLANDO OROZCO VEGA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERIAS
LINEA GESTION DE MANTENIMIENTO
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BARRANQUILLA**

2014

**PLAN DE MANTENIMIENTO APLICADO A UNA EMPRESA DE
SERVICIOS DE ENERGIA**

**JHOSIMAR BELTRAN CORONADO
ORLANDO OROZCO VEGA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director: Ing. Antonio Saltarín Jiménez

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE

FACULTAD DE INGENIERIAS

LINEA GESTION DE MANTENIMIENTO

PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA

BARRANQUILLA

2014

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla 2013

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN.....	10
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4 METODOLOGÍA.....	15
1.4.1 FASE 1.....	15
1.4.2 FASE 2.....	15
1.4.3 FASE 3.....	15
2. MARCO REFERENCIAL.....	16
2.1 MARCO TEORICO.....	16
2.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	16
2.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	17
2.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	19
2.1.4 METODOLOGIAS PARA MANTENIMIENTO.....	21
2.1.4.1 METODOLOGÍA TPM.....	21
2.1.4.2 METODOLOGÍA RCM.....	23
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	26
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	28
3.1. REVISIÓN DE LA ACTUAL GESTIÓN DE MANTENIMIENTO..	28
3.1.1 ASPECTOS SOBRE DOCUMENTACIÓN Y PERSONAL.....	28
3.1.2 ASPECTOS SOBRE INVENTARIOS.....	32
3.2 REVISIÓN DE HISTORIALES DE FALLAS.....	32
3.3 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	37
3.3.1 ACCIONES DE LIMPIEZA.....	37
3.3.2 ACCIONES DE LUBRICACIÓN.....	39
3.3.3 ACCIONES DE AJUSTES E INSPECCIONES.....	40
3.3.4 ACCIONES DE MANTENIMIENTO ESPECIALES.....	44
3.4 DOCUMENTACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL PLAN.....	47
3.4.1 SOLICITUD DE SERVICIO.....	50
3.4.2 HOJA DE VIDA.....	51
3.4.3 ORDEN DE TRABAJO E INDICADORES PARA GESTIÓN DEL MANTNIMIENTO (CALCULOS DE MTBF, MTTR Y DISPONIBILIDAD).....	53
3.5 APLICACIÓN DELAS 5S.....	55

3.6 CRITERIOS ECONÓMICOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	
PROPUESTO.....	56
4. CONCLUSIONES.....	59
5. BIBLIOGRAFÍA.....	61
6. ANEXOS.....	63

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Grúa para servicios eléctricos.....	31
Figura 2. Purga de agua en los depósitos del aceite hidráulico.....	39
Figura 3. Aspecto del desgaste irregular de neumáticos y causas asociadas.....	44

LISTA DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Identificación de vehículos analizar en el proyecto.....	30
Tabla 2. Formato de verificación de vehículos.....	33
Tabla 3. Resultados referentes a deterioros y fallas en las grúas....	36
Tabla 4. Plan de mantenimiento propuesto.....	46-47
Tabla 5. Datos de capacidad de fuerza de elevación para grúas internacional.....	50
Tabla 6. Solicitud de servicios	51
Tabla 7. Hoja de vida para las grúas.....	52-53
Tabla 8. Orden de trabajo propuesta para la Empresa MSI.....	54

LISTA DE SIMBOLOS

	PÁGINA
MTBF = mean time between failure (tiempo promedio entre fallas)...	55
MTTR = mean time to repair (tiempo promedio para reparar).....	55
TPEF = tiempo promedio entre fallas.....	56
TPPR = tiempo promedio para reparar.....	56

LISTA DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DE LAS GRUAS INTERNATIONAL USADAS EN LA EMPRESA.....	64-65
ANEXO 2. TABLA GUÍA PARA DEFINIR EL NIVEL DE SEVERIDAD SOCIADO CON CONSECUENCIAS OPERACIONALES PARA APLICAR EL PROCESO RCM.....	66

INTRODUCCIÓN

Durante las dos décadas recientes, el mantenimiento ha cambiado en razón a factores como: mayor investigación, sistemas más complejos, mayor conciencia del impacto de la gestión de mantenimiento sobre los resultados económicos y la rentabilidad empresarial, entre otros.

El personal de mantenimiento y la gerencia, si desean lograr el éxito, deben ajustarse y responder a las expectativas cambiantes cada vez más complejas. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan la calidad, la rentabilidad, la seguridad y al medio ambiente; controlando las actividades planeadas y ejecutadas para alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener los costos dentro de lo proyectado, sin infringir leyes sobre el impacto ambiental. El personal de mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas, y actuar como ingenieros y gerentes. Al mismo tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar el soporte computacional que se tenga. Los responsables de mantenimiento quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompañan a grandes cambios.

El diseño de un plan de mantenimiento es una respuesta de mantenimiento para iniciar el proceso de gestión y control de fallas de sus activos físicos en el real contexto operativo, por esta razón, además de aplicar lo que expresan los fabricantes, los encargados de elaborar el plan; analizan los patrones de falla reales y definen según los mismos los ajustes pertinentes, de tal manera que la probabilidad de éxito sea alta. Dado que nadie puede garantizar un éxito total. Este es el enfoque manejado en este proyecto. Se toma para el análisis una muestra de 10 grúas, de un total de 66, porque son las que presentan mayores problemas en el control de la disponibilidad y en el desajuste del presupuesto, por lo que se convierten en un problema crónico que quiere resolverse y si se obtienen los resultados esperados, se tiene experiencia para extenderla a los equipos restantes.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión del mantenimiento de activos físicos es relevante en empresas que soportan sus funciones productivas en máquinas y equipos, dado que éstos debe ser explotados para que se asegure la vida útil esperada que permita el éxito económico planeado. En este sentido los autores del tema concuerdan que los objetivos de la gestión de mantenimiento en relación con los activos es garantizar el costo de ciclo de uso mínimo, que se obtiene al controlar aspectos fundamentales como confiabilidad, sostenibilidad, disponibilidad y manejo de presupuesto.¹

Para aspirar a tener una alta probabilidad de tener la disponibilidad requerida con los costos mínimos, la experiencia empresarial ha demostrado que debe asegurarse la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo², ajustado a las necesidades del activo, en razón de su vida utilizada, del estado operativo que tenga en el momento de inicio de la aplicación del plan de mantenimiento y de las condiciones operativas y del entorno. De esta manera se posee mejor control sobre el estado operativo y el nivel de degradación que se desarrolla, así como la manera de mitigar o atenuar el impacto de las causas de las fallas.

Para la empresa consorcio MSI el uso intensivo de equipos tipo grúa para servicio eléctrico en frío y en caliente, implica resolver lo relacionado con el mantenimiento del parque de vehículos disponibles. Para cumplir lo anterior, la empresa posee un departamento de gestión interna del mantenimiento para controlar lo relacionado con los trabajos de reparación en modalidad

¹ Educacion, M. d. (1994). *Mantenimiento y servicios a la producción. FP.* Madrid: Delibros.

² Oliva, A. P.-J. (2010). *Mantenimiento mecanico preventivo del vehiculo.* Madrid: Aran.

outsourcing, esto implica que para cada daño que ocurre a los vehículos, se manda el mismo a un proveedor de servicio externo o se llama a que acuda a la empresa en caso de que el vehículo no pueda movilizarse por el tipo de daño que tenga. Lo anterior ha derivado en un mantenimiento del llamado tipo correctivo, que causa una baja de la disponibilidad entre el 20% y 40% a medida que pasa el tiempo, por ejemplo, en el mes de octubre del año 2012 la disponibilidad fue de 78% en promedio y para el mismo mes del año 2013 fue de 64% (redondeada), lo que muestra una tendencia a bajar en la disponibilidad del grupo en análisis.

Lo anterior para la empresa significa no atender trabajos que necesitan de las grúas, lo cual daña la imagen de la calidad del servicio que MSI presta a Electricaribe en modalidad outsourcing para arreglar problemas en las líneas de suministro eléctrico público en baja y alta tensión.

Por lo expuesto es clara la necesidad de desarrollar en el departamento de mantenimiento un enfoque de tipo preventivo para resolver la tendencia decreciente de la disponibilidad y a su vez controlar los costos que también aumentan mes a mes sin aparente control.

Por esto los autores se plantean los siguientes interrogantes.

1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo controlar la disponibilidad operativa y el presupuesto asignado para el mantenimiento del parque de grúas?

Lo formulado deriva en lo siguiente:

1. ¿Cuál es el actual estado técnico de los vehículos?
2. ¿Cómo maneja el departamento de mantenimiento los resultados de los trabajos hechos en modalidad outsourcing con sus proveedores?
3. ¿Mediante qué ayuda puede proponerse un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la actual disponibilidad y bajar los costos del parque de grúas?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Para la empresa MSI, un aumento en la disponibilidad de los vehículos, acompañada de una medición y estimado de costos, facilitará el conocimiento, control de las actividades realizadas y al ajustar del plan de mantenimiento en acción; lo que permitirá mejorar la competitividad de la empresa. De este modo podrían mejorarse la calidad y las expectativas de vida de los vehículos usados, prolongando la vida útil y el rendimiento de los mismos.

Para la relación universidad – empresa, este proyecto de aplicación de la ingeniería mecánica en el área de mantenimiento, mostrará cómo resolver problemas empresariales fortaleciendo la mencionada relación y dando a conocer al medio externo la capacidad de los egresados del programa de ingeniería mecánica para desarrollar y aplicar soluciones permitentes, factibles y económicamente ventajosas, respetando los aspectos de seguridad, calidad y productividad empresarial.

También se fortalece la línea de investigación de gestión en mantenimiento y líneas de investigación del programa de ingeniería mecánica, IMTEF Y GIIMA. El proyecto al arrojar resultados positivos para la empresa, se convierte en un aporte del programa, al desarrollo de competitividad empresarial, que es lo que se busca con las líneas de investigación, de impactar positivamente en el desarrollo regional.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de vehículos tipo grúas de una empresa de servicios energéticos eléctricos para mejorar su desempeño operacional.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la gestión actual del mantenimiento del parque automotor para identificar fortalezas y debilidades respecto a lo sugerido por los fabricantes de los vehículos.

- Desarrollar los patrones de falla de la flota para ajustar lo expresado por los fabricantes de tal manera que se identifiquen claramente las actividades de mantenimiento a aplicar y su justificación técnico – económica.

- Establecer el sistema de información, incluyendo los indicadores de gestión, para asegurar la funcionalidad y el control del plan propuesto.

1.4 METODOLOGÍA.

La investigación relacionada con este proyecto, es de tipo descriptiva aplicada. Requiere una fundamentación de conocimiento que se plantea en el marco referencial y que servirá de guía procedimental para el desarrollo del trabajo. La población beneficiada con el proyecto es el personal de la empresa MSI y las empresas a que la misma presta sus servicios, de tal modo que se benefician con la buena marcha de la empresa, dado que se garantiza el normal suministro de la energía eléctrica pública.

Las fases a seguir para tener a mano los objetivos específicos son:

1.4.1 FASE 1.

- Revisar el actual manejo de la información de mantenimiento en la empresa incluyendo los registros, facturas, historiales, etc.
- Entrevistarse, hablando con los operarios y mecánicos para ver que tanto utilizan la información del fabricante en su trabajo. También observar si existe un plan de mantenimiento formal o informal que ellos sigan.

1.4.2 FASE 2.

- Definir vehículos para estudiar y aplicar el plan de mantenimiento preventivo. Se toma un grupo de 10 grúas, identificadas como críticas para el parque de vehículos.
- 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.

1.4.3 FASE3.

- 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. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Mantenimiento correctivo se puede ver como un enfoque de resolver las fallas de diversa naturaleza, trabajando las piezas hasta el estado de no funcionalidad y entonces proceder a la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obliga a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.³

Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios, además del momento a realizar la reparación que se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcar la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado según lo que se programe como más conveniente.

La distinción entre mantenimiento correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no

³

programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

Ventajas:

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis

Desventajas

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

2.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

Ventajas

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

Para asegurar el éxito inicial en la implementación de un programa de mantenimiento preventivo es necesario que se adelanten algunos trabajos técnicos-administrativos como son:

- Definir cuáles son los equipos a mantener
- Evaluaren qué estado se encuentran
- Justificar qué tareas de mantenimiento hay que realizar

PASOS A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- a) Crear y mantener un inventario técnico.
- b) Verificar el estado de funcionamiento de los bienes a mantener y poner al día los equipos, en caso necesario, en instrumentar rutinas y frecuencias.
- c) Basarse en lo posible, en los manuales que traen los equipos en las recomendaciones de mantenimiento o, en su defecto, utilizar los servicios

de personal con experiencia para elaborar los manuales, formatos o lista de revisión periódica a utilizar en la verificación y control tanto de un equipo en particular como de los sistemas. Dichos deben responder lo siguiente:

1. ¿Qué hacer? -Identificar la tarea.
2. ¿Cómo hacerlo? -El procedimiento a seguir.
3. ¿Cuándo hacerlo? -La frecuencia que se debe aplicar.
4. ¿En qué tiempo se realizan los trabajos? -Tiempo estándar o rendimiento esperado.
5. ¿Con que se realizan los trabajos? -Herramientas a utilizar.
6. ¿Quién? -Calificación y cantidad de personal.
7. ¿Qué controlar?.Controlar y hacer seguimiento a aspectos como: Costos y reparaciones de emergencia. Tiempo improductivo por fallas .Desperdicio de materia prima. Modificaciones ejecutadas a los equipos o sistemas. Seguridad del personal involucrado. Costo de la mano de obra indirecta.
8. Distribuir el trabajo a realizar en periodos anuales, luego ir detallando las tareas en periodos más cortos: Trimestrales, mensuales, semanales y diarios.
9. Hacer estricto seguimiento al programa para lograr su continuidad. Esto deberá ser responsabilidad del más alto nivel de la organización.

2.1.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El mantenimiento predictivo consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. Inspección visual del grado de desgaste), monitoreo (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión

de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

Ventajas.

- Más confiabilidad. Al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.
- Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello.
- Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

Desventajas

- Siempre que hay un daño, necesita programación para resolverlo. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.
- Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.
- Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, éste debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.
- Costosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

2.1.4 METODOLOGIAS PARA MANTENIMIENTO

2.1.4.1 Metodología TPM.

La metodología TPM se origina en Japón y el instituto japonés de normas JIT lo define así: “Es una metodología que se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa”. Esto incluye cero accidentes (énfasis en seguridad), cero defectos (énfasis en calidad) y cero fallos (énfasis en productividad) en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos”.

Incorpora una serie de nuevos conceptos entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta.

Con su uso se pretende:

- Maximizar la eficacia del equipo. (Mejorar la eficacia total).
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para la vida útil del equipo.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos TPM.
- Implicar a todos los empleados.

En relación a su ayuda para establecer planes de mantenimiento, se tienen los siguientes conceptos fundamentales:

Anormalidad: síntomas o señales que presenta una maquina que se desvían de una condición de referencia establecida.

Condiciones básicas: son actividades básicas y sencillas de mantenimiento, que incluyen: limpieza, lubricación y ajustes que permiten prolongar la vida útil de las maquinas en condiciones optimas de operación.

Deterioro: proceso de cambio de la condición o estado de un activo, desde el funcionamiento normal hasta otro estado, que lo lleva con el tiempo a no cumplir la función esperada a cabalidad.

Deterioro natural: proceso controlado del cambio de condición o estado de un activo, que se logra cuando se aplican las condiciones básicas de mantenimiento, lo cual permite tener una vida útil larga y productiva.

Deterioro forzado: proceso acelerado del cambio de condición o estado de un activo, que ocurre cuando no se mantienen las condiciones básicas y resulta en una vida útil corta e improductiva.

Falla o avería: estado avanzado de deterioro de un activo donde el mismo no es capaz de cumplir la función esperada

Basados en los anteriores conceptos TPM propone que realizando las actividades básicas de limpieza, lubricación y ajustes, la gestión de mantenimiento puede controlar el deterioro acelerado y por lo tanto también ocurrencia de las fallas, de tal manera que se mejora la eficiencia de uso y se maximiza la rentabilidad del activo productivo. Este enfoque se aplicará a este trabajo de grado.

Otro aspecto fundamental de TPM a utilizar que se complementa con el anterior concepto, es el enfoque de las 5s. Que son:

Seiri: significa organizar las cosas. Implica definir de lo existente en un lugar, que se usa para tenerlo y que no se usa para eliminarlos del lugar de trabajo. Con esto se simplifica el lugar de trabajo.

Seiton: significa ordenar las cosas. Implica identificar los lugares para cada cosa, de tal manera que sea fácil su ubicación y uso.

Seiso: significa limpieza. Implica limpiar y eliminar las fuentes de suciedad y similares. Esto asegura mantener las condiciones básicas.

Seiketsu: significa control visual. Implica crear un sistema que facilita identificar condiciones anormales de las normales. Esto ayuda a que las tres primeras condiciones se estandaricen y mantengan.

Shitsuke: significa trabajar según normas. Implica la concientización y entrenamiento del personal para que respete y aplique las normas creadas.

Con la aplicación de las 5s se pretende mejorar los aspectos organizacionales del sistema actual de mantenimiento.

Una desventaja del enfoque TPM en relación a la manera como se aprecian las fallas, es que fundamentalmente considera que todas deben ser eliminadas y esto puede llegar a ser prohibitivo económicamente. Debe realizarse algún tipo de priorización para racionalizar los recursos asignados al mantenimiento.

2.1.4.2 Metodología RCM

La metodología RCM se origina en Estados Unidos, en la industria aeronáutica. En la medida en que se conoce el funcionamiento de la máquina, se tiene un mejor conocimiento para realizar una operación y un mantenimiento efectivo. Por lo tanto la metodología se expone de tal manera que los que la apliquen conocerán sus equipos mejor que antes de la aplicación. Con este conocimiento mejorado, la metodología expone las herramientas que deben aplicarse hasta llegar a elaborar un plan de mantenimiento acorde con el uso que se le da al equipo. Una idea fundamental del RCM que le da valor al enfoque, es que los planes de mantenimiento no deben crearse para controlar las fallas por sí mismas, más bien se quiere controlar es las consecuencias de las fallas, que pueden

afectar la seguridad, el medioambiente, la calidad, la productividad; lo cual servirá como medio de priorización sobre probables fallas que deben y no deben atenderse con el plan de mantenimiento.

- **El objetivo de RCM y las fases del proceso**

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costos de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones de tipo preventivo que evitan fallos y que por tanto incrementan la disponibilidad de la planta son de varios tipos:

- Tareas de mantenimiento, que agrupadas forman el Plan de Mantenimiento de una planta industrial o una instalación.
- Procedimientos operativos, tanto de Producción como de Mantenimiento
- Modificaciones o mejoras posibles.
- Definición de una serie de acciones formativas realmente útiles y rentables para la empresa
- Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en Planta

El mantenimiento centrado en fiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con

determinadas acciones preventivas, por último aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves. Por lo tanto el enfoque RCM puede aplicarse desde la fase de diseño, hasta equipos usados a los cuales quiera mejorárseles el plan de mantenimiento actual, puesto que los resultados obtenidos no son los esperados. Durante el análisis de fallos se hallaron las siguientes preguntas claves:

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
2. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?
3. ¿Cuál es la causa de cada fallo?
4. ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?
5. ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
6. ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

La metodología en la que se basa RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta:

Fase 0: Codificación y listado. De todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Fase 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Fase 3: Determinación de los modos de fallo. Causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias.

Fase 5: Determinación de medidas preventivas. Evitan o atenúan los efectos de los fallos.

Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento.

2.2 MARCO CONCEPTUAL.

Confiabilidad o fiabilidad: Es la capacidad de una máquina o componente medida en términos de probabilidad de tiempo de uso normal, para realizar una función requerida bajo condiciones operativas dadas o especificadas.

Deterioro: desviación de las características de un equipo, respecto a los márgenes definidos por el diseño, que ocasionan leve o moderada disminución en aspectos como calidad, productividad y seguridad de los resultados dados por el equipo.

La disponibilidad: es el porcentaje de tiempo de trabajo productivo que tiene un equipo respecto al tiempo calendario definido para producción, dando un desempeño esperado sin presentar fallas.

Falla: estado de un equipo, donde el nivel de deterioro a avanzado y supera un umbral, donde los resultados del equipo en términos de calidad, seguridad y productividad son inaceptables.

Falla oculta: Estado de falla que no es evidente que ha ocurrido y que necesita de otra falla que sea evidente o de un proceso de detección para revelarla.

La sostenibilidad: es la capacidad medida en términos de probabilidad de tiempo para resolver fallas, que tiene el sistema de mantenimiento y la maquinaria para recuperarse de las falla en un periodo de explotación.

Mantenimiento de Avería ó Reparación: Se define como la atención a un sistema de producción cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser "programada" pues implica un aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

Mantenimiento Circunstancial: Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre Rutinario, Programado, Avería y Correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna.

Mantenimiento Programado: Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar.

Mantenimiento Rutinario: Es el que comprende actividades tales como; lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración, etc., su objetivo es mantener y alargar la vida útil de los Sistemas Productivos (SP) evitando su desgaste.

Vida residual: intervalo de tiempo que aún le queda a un componente para completar su vida útil.

Vida útil: Intervalo de tiempo total que posee un componente antes de que tenga que ser reparado o cambiado.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se ha definido en relación con la consecución de cada objetivo específico planteado a través de los numerales de este capítulo.

3.1 REVISIÓN DE LA ACTUAL GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

La revisión de la gestión de mantenimiento actual implica revisar los siguientes aspectos: Revisión de la documentación, su pertinencia y funciones. También análisis del personal operativo y el de mantenimiento, así como la revisión del manejo de insumos y repuestos. Con lo anterior se pretende identificar fortalezas y debilidades de los aspectos analizados

3.1.1 ASPECTOS SOBRE DOCUMENTACIÓN Y PERSONAL.

Los vehículos analizar se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación de vehículos analizar en el proyecto.

	A	B	C	D	E	F	
1	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PESADO DE LA EMPRESA CONSORCIO M.S.I						
2	PLACA	CILINDRAJE	TIPO	MARCA	COMBUSTIBLE	MODELO	OBSERVACIONES
3	T-9183	4700	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
4	T-8452	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
5	T-8441	7300	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2000	
6	T-8440	7300	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1999	
7	T-1165	4200	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2005	
8	T-1166	4200	CANASTA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	2005	
9	T-0788	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1994	
10	T-0764	7630	CANASTA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1995	
11	T-9178	4700	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1998	
12	T-0757	7630	GRUA	INTERNATIONAL	A.C.P.M	1994	

Fuente: autores.

La figura 1 muestra una de estas grúas usadas para dar servicios eléctricos como; perforaciones en suelos, levantamiento e incado de postes, corte de arboles, levantamiento y posicionado de redes eléctricas, levantamiento y posicionado de transformadores eléctricos de alta y baja tensión, así como

para el desmontaje y montaje de diversos accesorios y protecciones eléctricas.

Figura 1. Grúa para servicios eléctricos.



Fuente: autores.

A estas grúas se aplican diversos trabajos de reparación en los patios de la empresa o en talleres de proveedores de la empresa en modalidad outsourcing, como son:

- Reparaciones de motores. Incluyendo sincronizaciones y ajustes de inyectores y bombas de inyección.
- Reparaciones de sistema eléctrico, incluyendo alternadores, motores de arranque, luces y otros.
- Reparaciones de sistemas hidráulicos, incluyendo arreglos de cilindros, mangueras, bombas, válvulas y controles hidráulicos y electrohidráulicos.
- Reparaciones de cajas y transmisiones.

- Reparaciones de suspensiones.
- Reparaciones de direcciones
- Reparaciones de frenos
- Reparaciones de carrocería y chasis.
- Cambios de aceites, valvulinas, aceites hidráulicos y filtros correspondientes.
- Lavados y lubricación de carrocería y chasis.

Para el registro de estos trabajos no se tiene un procedimiento estandarizado. La tabla 2 muestra un documento que la empresa maneja e identifica como formato de verificación de vehículos. Este documento realmente es una lista de chequeo del estado de la carrocería, chasis, llantas y accesorios de los vehículos, documentación y otros, que deben estar en normal estado operativo si se quiere satisfacer los requerimientos de los códigos de transporte para vehículos.

El uso del formato aplica cuando se entrega el vehículo a un conductor nuevo. Cuando cambian conductores. Cuando se realiza una revisión periódica, asunto que no se ejecuta de manera periódica como debe ser. La idea es anotar las condiciones en las columnas B (bueno), m (malo) y NA (no aplica). Según las anotaciones se identifican cada vez que las grúas son recibidas con la lista en mano.

Un aspecto positivo observado en la auditoria al personal operativo, es que conocen y aplican el mencionado formato para anotar y solicitar servicios de mantenimiento para la grúa que cada uno conduce. Aunque las solicitudes se manejan de manera verbal con el jefe de mantenimiento y eso ocasiona un caos en el proceso de respuesta a los requerimientos de mantenimiento, dado que se olvidan problemas a resolver de carácter urgente y por lo tanto no se controla la prioridad de los trabajos que deben realizarse día a día.

Un aspecto negativo del mencionado formato, es que no indica nada relacionado con los sistemas de potencia e hidráulicos de las grúas y por lo tanto al no incluirlos no son objeto de chequeos y el descuido de estos sistemas es lo que realmente baja la confiabilidad y sostenibilidad del parque

de vehículos y del actual sistema de mantenimiento, al representar un promedio del 45% del tiempo en mantenimiento correctivo. Para mejorar este aspecto, en el numeral sobre documentación se realizan los ajustes requeridos.

Tabla 2. Formato de verificación de vehículos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
1															
2	CONSORCIO M.S.I		FORMATO DE VERIFICACION DE VEHICULO												
3															
4															
5	VEHICULO PLACA : _____						QUIEN REvisa								
6	FECHA: _____														
7															
8	LUCES DEL VEHICULO						ESTADO			MANTENIMIENTO			SI	NO	NA
9							B	M	NA	B	M	NA			
10	Farola derecha									Cambio de aceite acorde					
11	Farola izquierda									Kilometraje:					
12	Direccionales delanteros									TAPIZADO			ESTADO		
13	Direccionales Traseros									B	M	NA			
14	Stop derecho									Cojineria					
15	Stop izquierdo									Tapizado puertas					
16	Luz de Reversa									Tapizado techo					
17	Luz de Parqueo									LLANTAS			ESTADO		
18	Luces direccionales laterales									B	M	NA			
19	Luz interna cabina del vehiculo									Labrado de llantas					
20	Luz de tablero									Labrado llantas de repuesto					
21	ASESORIOS						ESTADO			VIDRIOS			ESTADO		
22							B	M	NA	B	M	NA			
23	Plumillas limpiavidrio									Panoramico delantero					
24	Grifo limpiavidrio									Panoramico trasero					
25	Deposito agua limpiavidrio									Vidrio puertas delanteras					
26	Deposito expansion radiador									Vidrios puertas traseras					
27	Tapa de radiador									PRESENTACION			ESTADO		
28	Tapa de llenado de aceite									B	M	NA			
29	Varilla medidora de aceite									Pintura vehiculo					
30	Tapa de llenado de combustible									Laterneria vehiculo					
31	Retrovisor derecho									FIRMA QUIEN ENTREGA					
32	Retrovisor izquierdo														
33	Retrovisor central interno														
34	Pito														
35	Cinturones de seguridad														
36	Recibidor cinturon de seguridad														
37	Bateria														
38	Freno de mano o emergencia														
39	Manija elevavidrio puerta delstera derecha														
40	Manija elevavidrio puerta delstera izquierda														
41	INDICADORES						ESTADO								
42							B	M	NA						
43	Nivel de aceite														
44	Nivel liquido de frenos														
45	Nivel de combustible														
46	Nivel de Temperatura														
47	Medidor de velocidad														
48	Nivel de agua vasos de bateria														
49	DOCUMENTOS														
50	Tarijeta de propiedad														
51	SDAT														
52	Revision Tecnomecanica														
53															
54	OBSERVACIONES:														
55															
56															
57															
58															
59															
60	FIRMA QUIEN RECIBE														
61															
62															

Fuente: la empresa MSI.

Otro aspecto negativo observado en la gestión de mantenimiento actual es que no existe formalmente un formato de orden de trabajo y uno de requerimientos de servicios por lo que no es posible realizar acciones de medición del desempeño, control y mejora de los aspectos relacionados con el mantenimiento.

Otro aspecto a mejorar en el personal de mantenimiento, es lo relacionado con el manejo de procedimientos para diagnóstico de fallas y para realizar ciertos desarmados, armados y pruebas de calidad de los trabajos correctivos y preventivos que se realizan, asunto que debe resolverse y más adelante se trata una solución propuesta.

3.1.2 ASPECTOS SOBRE INVENTARIOS.

En lo relacionado con el manejo del almacén, se tiene que es frecuente encontrarse con la situación que determinados repuestos no están y entonces debe iniciarse un proceso de adquisición que demora las reparaciones y los trabajos preventivos, con lo que la sostenibilidad baja, lo mismo que la confiabilidad. Los repuestos que mas escasean son los de tipo hidráulico, porque no se tiene definida su identificación claramente, por ejemplo, en el caso de las bombas del sistema hidráulico, para un mismo tipo, existen tres referencias diferentes, que pueden usarse, con los ajustes correspondientes y esto debe aclararse. Además existen repuestos que llevan años en almacén y no se usan, con la correspondiente afectación económica, como es el caso de ciertos rodamientos para la transmisión, que deben retirarse o cambiarse por otro tipo de repuestos, porque el tipo al que corresponden ya no se está usando. En este aspecto la aplicación de las 5S nos ayuda a mejorar en el manejo de repuestos e insumos para realizar las reparaciones.

3.2 REVISIÓN DE HISTORIALES DE FALLAS

En lo relacionado con los procesos de fallas, se observó que se confunde lo de deterioro o anormalidad con lo de fallas, aspecto que se ha identificado en las clases de la línea como factor a aclarar, si se quiere tener control en

la gestión del mantenimiento. Aquí basados en la filosofía TPM, se diferencia entonces que deterioro es un estado del equipo o componentes del mismo que no es el normal pero que necesariamente no implica que el mismo pueda realizar sus funciones esperadas. En cambio falla si es un estado donde el equipo funcionalmente no cumple la función esperada. Lo cierto es que para llegar a la falla, normalmente debe ocurrir un proceso de deterioro antes. Lo anterior se puede aprovechar entonces para desde el mantenimiento preventivo aprovechar los efectos de los deterioros como referencia para ajustar los planes de mantenimiento que se manejen.

En el caso de las grúas La tabla 3 muestra los resultados de aplicar el actual formato de verificación. Aunque se registran muchos deterioros en vez de fallas, estos son importantes porque indirectamente pueden afectar la función de las grúas. Por ejemplo problemas con retrovisores, con plumillas, con papeles, pueden crear situaciones donde agentes del tránsito puedan inmovilizar una grúa aunque esta pueda realizar normalmente trabajos de movilización de cargas y otros.

Tabla 3. Resultados referentes a deterioros y fallas en las grúas.

AL33			
	A	AF	AG
1	Una vez realizado el diagnóstico se concluye que de los 10 vehículos estudiados se presenta los siguientes daños:		
2	LUCES DEL VEHICULO		
3			
4	Farola derecha	2	20%
5	Farola izquierda	3	30%
6	Direccionales delanteros	2	20%
7	Direccionales Traseros	1	10%
8	Stop derecho	3	30%
9	Stop izquierdo	2	20%
10	Luz de Reversa	2	20%
11	Luz de Parqueo	4	40%

12	ASESORIOS		
13			
14	Plumillas limpiavidrio	6	60%
15	Deposito agua limpiavidrio	7	70%
16	Deposito expansion radiador	5	50%
17	Tapa de radiador	6	60%
18	Tapa de llenado de aceite	4	40%
19	Varilla medidora de aceite	2	20%
20	Tapa de llenado de combustible	8	80%
21	Retrovisor derecho	4	40%
22	Retrovisor izquierdo	3	30%
23	Retrovisor central interno	9	90%
24	Pito	6	60%
25	Cinturones de seguridad	4	40%
26	Recibidor cinturon de seguridad	8	80%
27	Bateria	5	50%
28	Freno de mano o emergencia	2	20%
29	Manija elevavidrio puerta delatera derecha	7	70%
30	Manija elevavidrio puerta delatera izquierda	6	60%

Fuente: autores.

31			
32	INDICADORES		
33	Nivel de aceite	6	60%
34	Nivel liquido de frenos	5	50%
35	Nivel de combustible	4	40%
36	Nivel de Temperatura	7	70%
37	Medidor de velocidad	5	50%
38	Nivel de agua vasos de bateria	5	50%
39	DOCUMENTOS		
40	Tarjeta de propiedad	3	30%
41	SOAT	2	20%
42	Revision Tecnomecanica	2	20%
43			
44	MANTENIMIENTO		
45			
46	Cambio de aceite acorde kilometraje	7	70
47	Kilometraje:		
48	TAPIZADO		
49			
50	Cojineria	3	30
51	Tapizado puertas	5	50
52	Tapizado techo	7	70
53	LLANTAS		
54			
55	Labrado de llantas	5	50
56	Labrado llanta de repuesto	9	90
57	Calibracion de llantas	3	30
58	VIDRIOS		
59			
60	Panoramico delantero	2	20
61	Panoramico trasero	1	10
62	Vidrio puertas delanteras	4	40
63	PRESENTACION		
64			
65	Pintura vehiculo	7	70
66	Latoneria vehiculo	8	80
67			
68			

Fuente: autores.

De la tabla, la columna central indica el numero de grúas de las diez existentes afectadas por el factor evaluado. En aspectos de seguridad por ejemplo, es peligroso que cinco de las grúas presenten llantas lisas.

Esto alarga la distancia de frenado y sube las probabilidades de tener accidentes viales. También es motivo para que un agente del tránsito inmovilice una grúa.

También existen problemas con la documentación y esto es grave para las autoridades de tránsito. Lo anterior refleja que los conductores aunque aplican bien el formato de verificación en la parte técnica, no lo hacen en el tema relacionado con la documentación y se identificó que es porque los conductores cambian de una grúa a otra según necesidades del servicio y esto diluye la responsabilidad por grúa individual.

En lo referente a las fallas y deterioros en los sistemas de potencia e hidráulicos, se ha identificado lo siguiente:

- No existe una frecuencia de cambio de aceites de motor, caja, transmisión y sistema hidráulico.
- No existe una clara identificación en los tipos de lubricantes a usar.
- No está definido el engrase en las grúas de manera clara. Entonces no se identifican todos los puntos de lubricación y/o no se lubrican adecuadamente los puntos en los que se realiza esta actividad.
- No se tiene claro, los ajustes que deben realizarse al sistema de potencia de las grúas, así como al sistema hidráulico.
- No se tiene claro los procedimientos de reparaciones a los motores, cajas, transmisiones y sistemas hidráulicos.

En el plan de mantenimiento propuesto, se identifican acciones de mejora en este tema.

En lo referente al aspecto de fallas en las mangueras del sistema hidráulico, se tiene que el modo actual de manejo es operar hasta la rotura de las mangueras, en un ambiente correctivo porque no existe ninguna base para trabajar de otra manera. En el plan propuesto se detalla otra opción desde la óptica preventiva, con su correspondiente justificación para crear procesos de mejora en el actual sistema de mantenimiento.

3.3 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

El plan propuesto se basa en la metodología TPM en lo relacionado con identificar las acciones básicas de mantenimiento preventivo, que comprenden limpiezas, lubricaciones y ajustes. Después apoyados en el enfoque RCM se detallan aspectos técnicos del plan que son más complejos.

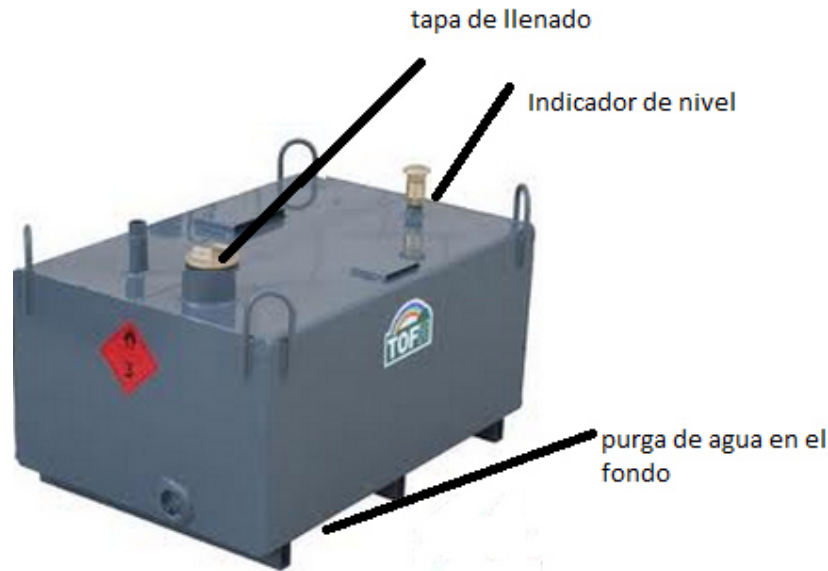
3.3.1 ACCIONES DE LIMPIEZA.

Los vehículos deben ser lavados cada quince días en lavaderos de carros con agua a presión en épocas de lluvias. En verano la frecuencia de lavado se propone mensual. Lo anterior controla el deterioro por corrosión y por desgaste, dado que con los arroyos, la grasa es expulsada y dañada por el agua y la posibilidad de ingreso de arena y similares es mayor en invierno. Con el lavado entonces las piezas a lubricar están limpias así como sus puntos de engrase y las respectivas graseras.

Para el sistema hidráulico se propone la limpieza total del tanque cada dos años, que coincide con la frecuencia del cambio de aceite del sistema hidráulico. El fabricante de las grúas recomienda cambio cada 40.000 kilómetros, que totaliza más o menos tres años, sin embargo en los ambientes tan contaminantes de trabajo de estas grúas, se observa que los primeros daños a componentes vitales de los sistemas hidráulicos como los cilindros, válvulas y bombas se inician a partir de 24 meses de uso desde nuevos y después de reparados, según la calidad de las mismas, se toman el mismo tiempo para volver a tener problemas correctivos. Se debe realizar el purgado de agua del depósito de aceite hidráulico cada semana, esto se realiza abriendo el grifo de purga como muestra la figura 2, ubicado en el fondo o piso del depósito de aceite. Esta operación la debe realizar el mecánico y no el operario porque además deben chequearse posibles fugas y aumentos o disminuciones anormales del nivel.

También asegurarse que el protector contra choques del tanque este debidamente montado y con espacio entre el mismo y el tanque. Muchos problemas vienen de fugas y trabajo sin suficiente aceite hidráulico.

Figura 2. Purga de agua en los depósitos del aceite hidráulico.



Fuente: autores.

Debe asegurarse que los cilindros hidráulicos no tengan fugas y que estén limpios y libres de polvo en el vástago, especialmente la sección que entra y sale del sello exterior. Polvo o partículas abrasivas en este sector dañan prematuramente los sellos y contaminan el valioso aceite hidráulico. Aquí se recomienda la realización de la limpieza por parte de los operarios, con el cuidado de garantizar que periódicamente tengan estopas y agente de limpieza con que realizarlas. Para determinar el intervalo del periodo de cambio de elementos de limpieza deberá hacerse un seguimiento hasta que los mencionados insumos deban cambiarse.

Para el caso de las cajas de velocidades, en el caso de cajas automáticas de cambio, se aconseja quitar cada año el cárter de las mismas y limpiarlo así como los tamices internos. Para las cajas mecánicas, se sugiere la limpieza

de las mismas en cada reparación o lavado interno cuando una inspección de purgado muestre que existe internamente agua.

3.3.2 ACCIONES DE LUBRICACIÓN

Para los motores diesel serie DT 466 E, el aceite recomendado por el fabricante es un aceite Marca Shell Ursa súper TD 15W40. La cantidad de aceite al motor por cambio es de 15 cuartos y el filtro es marca Partmo LF 3345. La frecuencia del cambio es cada mes o 6000 kilómetros, lo que ocurra primero. Se anota que el cambio de aceite siempre implica el cambio del filtro del mismo y limpieza o cambios de los filtros de combustible y el o los de aire de admisión del motor.

Para las cajas de velocidades automáticas, los cambios son cada dos años o 12000 kilómetros, lo que ocurra primero y el aceite usado debe ser Rando Chevron HD 68 marca Texaco o equivalente, en una cantidad de 8 cuartos por cambio. Para las cajas manuales el lubricante recomendado es valvulina marca Shell, en una cantidad de cinco cuartos por cambio.

Para las transmisiones, el cambio es cada dos años o 15000 kilómetros, lo que ocurra primero. La valvulina usada debe ser la número 140 de extrema presión marca Shell, en una cantidad de 6 cuartos.

En todo caso si en las inspecciones visuales se detectan fugas de lubricantes, deben revisarse los niveles según corresponda. Se deben cambiar los retenedores malos y recuperar los niveles de lubricantes hasta donde indiquen las respectivas marcas de nivel.

Para el engrase usar grasa de litio numero 2 y llenar las gaseras según indica el manual de servicio.

Para el caso del sistema hidráulico utilice un aceite ISO grado 68. Que cumpla alguna de las siguientes normas:

Denison HF-0, HF-1, HF-2

Cincinnati-Machine P-69 (ISO VG 68)

Parker Hannifin France HF-0

US Steel 127 y 136

Eaton Vickers I-286-S y M-2950-S

Bosch Rexroth

General Motors LH-03-1, LH-04-1, LH-06-1, LS-2

ASTM D 6158 (Tipo HM)

DIN 51524 Part 2 (HLP)

ISO 11158 (Tipo HM)

Nunca utilice aceites hidráulicos que no satisfagan alguna de las mencionadas normas si no quiere que su equipo presente prematuros y costos daños de este tipo de sistemas.

Nota importante. No ponga en contacto piezas de caucho con grasas y aceites porque sufren grave deterioro y falla acelerada.

3.3.3 ACCIONES DE AJUSTES E INSPECCIONES

Los ajustes que se proponen son:

- Ajuste de cloche (para el caso de caja mecánica). Entrenar a los conductores para que identifiquen cuando el desgaste del disco de cloche y embrague en general llegan al estado que se conoce como cloche ahorcado. Esta condición es dañina para todo el sistema de embrague y cuando se llega a este estado, debe realizarse un ajuste al pedal del embrague para que la balinera del cloche trabaje de manera

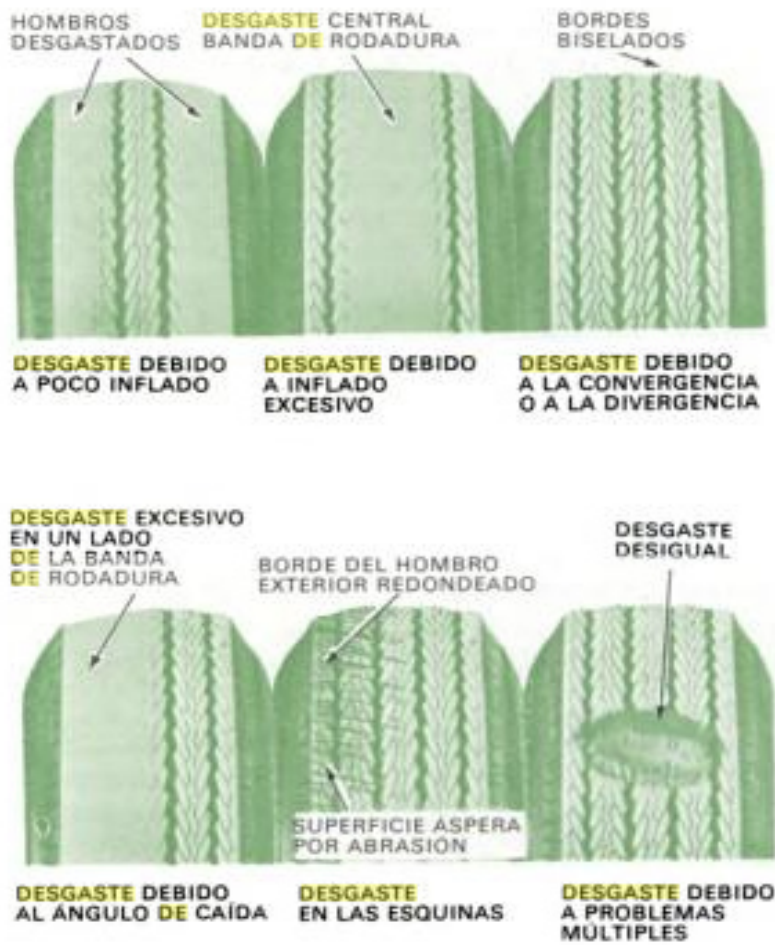
libre y pueda obtenerse la vida útil esperada de la misma y de todo el sistema de embrague.

- Ajuste de los frenos cada quince días e inspección del estado de las bandas de asbesto. La inspección debe asegurar que el desgaste de las bandas no exponga los remaches de estas al contacto con los tambores de los frenos porque les daña de manera irreversible las superficies de contacto en el frenado. En el proceso de ajuste de los frenos, el mecánico debe asegurarse que el recorrido angular de todos los raches de graduación es el mismo para garantizar que el vehículo frene de manera uniforme y no con problemas de tirado o desvío a los lados cuando se frena el mismo.
- Ajuste de las correas del motor. Las bandas de impulsión del alternador, bomba de agua, bomba de dirección hidráulica, compresor del aire acondicionado y compresor de aire para el frenado. Asegúrese que no tenga sobre tensionados porque después los rodamientos sufren daños prematuros. También que las poleas estén parejas en las canales, sin bordes cortantes o grieta que dañan prematuramente las correas y que además facilitan que las mismas se salgan de sus respectivas ranuras lo que es una varada segura.
- Ajuste de las abrazaderas de las mangueras del motor. Realizar este ajuste cada mes sin apretar en exceso por el peligro de daño a las mismas. Inspeccionar que las mangueras no estén en contacto con partes fijas y/o móviles. En caso de contacto aislar convenientemente para evitar daños prematuros. En caso de fugas del líquido refrigerante del motor., asegúrese de cambiar las piezas dañadas y rellenar al nivel correcto nuevamente con el refrigerante apropiado.
- Inspeccionar la base del compresor y ajustar los tornillos de soporte que estén flojos, problema recurrente que de no manejarse con el ajuste recomendado es una varada segura por rotura de los tornillos y consiguiente problema de extracción y recambio.
- Ajustar las bases del motor cada cuatro meses. Inspeccionar que no estén dañadas. Un síntoma seguro de daño de estas bases es golpes y movimientos abruptos del motor y el vehículo cuando se arranca o cuando se suelta el acelerador repentinamente.

- Ajustar e inspeccionar los terminales de la dirección. Si tienen juego excesivo cambiarlos y no tratar de arreglarlos. Si pueden colocarse terminales de dirección de repuesto del tipo con graseras y no sellados, se recomienda altamente su uso, por tener mayor vida útil al mismo precio.
 - Ajustar los muelles delanteros y traseros de la suspensión. Asegurarse que los soportes fijos y móviles estén en buen estado. Utilizar elementos adicionales de calza de tipo caucho entre las platinas superiores y los soportes de los muelles. También asegurar que el recorrido de los muelles, especialmente los que han sido reforzados para llevar mayor peso no excedan el recorrido total de los amortiguadores porque estos se dañaran prematura e irreversiblemente. Aunque estos vehículos puedan moverse sin amortiguadores, se recomienda su uso obligado para tener mayor seguridad por mejor agarre al piso y mayor duración de las llantas por la eliminación de las oscilaciones laterales, así como mayor vida útil de todos los componentes de la suspensión, la dirección y los frenos.
 - Ajuste de los pasadores del boom y engrase cada semana de los mismos.
 - Ajuste de los sellos de los cilindros hidráulicos cada mes. Asegures de mantener limpia el área de trabajo con los sistemas hidráulicos.
 - Cumplir con el reglamento de pruebas eléctricas e inspecciones a los Boom o plumas de levante de las grúas que trabajan en caliente. Anotar fechas de pruebas a realizar. Recuerde que un accidente con pruebas vencidas ocasiona multas y gravámenes a la empresa.
 - Inspeccionar las patas de soporte de la grúa según muestra la figura 1. Recuerde que si no son capaces de levantar en el aire los trenes delantero y trasero de la suspensión según requieran los trabajos, el equipo no será autorizado para realizar las maniobras en ningún caso, dado el gran peligro de daños y accidentes. También asegúrese de que el piso donde apoyan las patas este nivelado o utilice tacos de madera apropiados para evitar efectos de cargas de flexión que dañan prematuramente estos valiosos gatos hidráulicos.
-

- Inspeccionar las mangueras y asegurarse de su correcta fijación al chasis y que no estén en contacto que las dañe en su superficie prematuramente. Además observe que las torceduras no excedan los radios límites de curvatura porque esta es la causa principal de corta vida útil de las mangueras por los efectos que favorecen golpes de ariete, vibraciones y picos de presión dañinos en extremo para estos componentes.
- Realice rotaciones de neumático y trabajos de alineación y balanceo cada seis meses. Observe el desgaste en las llantas para realizar los correctivos que los sistemas de suspensión, dirección y frenos requieran. La figura 3 muestra posibles aspectos del desgaste y posibles soluciones para las llantas.

Figura 3. Aspecto del desgaste irregular de neumáticos y causas asociadas.



3.3.4 ACCIONES DE MANTENIMIENTO ESPECIALES.

Para el caso de las grúas consideradas se consideran trabajos especiales los siguientes:

- Calibración de las electroválvulas del sistema hidráulico. Lo más recomendable es llevar el equipo al distribuidor para realizar estos ajustes. Aunque existen algunos especialistas del ramo en la ciudad, también es cierto que no poseen todos los equipos apropiados para realizar este tipo de ajustes y un daño prematuro o un accidente superan en costos con creces los costos extras del trabajo realizado por el distribuidor de la marca.
- Ajuste de los inyectores del motor. Los mecánicos de patio de la empresa pueden realizar este tipo de trabajos pero requieren de herramental especializado, por lo tanto se recomienda al igual que con el ajuste anterior, realizarlo en el distribuidor Navitrans de Barranquilla, localizado en la calle 30 N° 19 – 21, autopista al aeropuerto de Soledad Atlántico.
- Reparaciones y ajustes a las cajas automáticas de velocidades. Para esta parte se recomienda el cambio completo del kit de reparación de las cajas en caso que los demás elementos como tambores, discos metálicos de embragues y piñonería estén en buen estado. De lo contrario lo mejor es cambiar la caja completa por una nueva o una que se sepa está en buen estado o brindan garantía sobre la misma de al menos 20 mese de trabajo normal.

La tabla 4 muestra el plan de mantenimiento propuesto para el caso de las grúas. Las frecuencias se definen por tiempos o kilómetros recorridos según convenga. Las actividades propuestas se han tomado del manual del fabricante y de la experiencia acumulada por los operarios y mecánicos de la empresa. Las actividades especificadas en este plan son adicionales a las requeridas en la lista de chequeo y son complementarias a la misma. Se entiende que lo expresado en este plan es complementario con lo expresado

en el plan de mantenimiento del fabricante en su respectivo manual de operación y mantenimiento preventivo sugerido.

Tabla 4. Plan de mantenimiento propuesto.

Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Ejecutor
Revisión nivel de aceite	Diaria	Conductor
Revisión nivel agua radiador y tanque de alivio	Diaria	Conductor
Revisión de instrumentación y luces	Diaria	Conductor
Revisión nivel aceite de sistema hidráulico	Diaria	Conductor
Inspección visual correas y mangueras	Semanal	Mecánico
Inspección estado de llantas	Semanal	Mecánico
Inspección nivel de valvulina o aceite hidráulico para caja de velocidades	Quincenal	Mecánico
Engrase de tren delantero y chasis (incluye engrase de crucetas d eje cardan, pines del eje delantero y terminales de la dirección, así como partes correspondientes del tren trasero).	Quincenal	Lubricador
Inspección nivel de valvulina para transmisión	Mensual	Lubricador
Cambio de aceite de motor y filtros de aceite y combustible	Mensual o 6000 kilómetros, lo que ocurra primero	Lubricador
Limpieza filtros de aire	Mensual	Mecánico
Rotación de neumáticos	Seis meses	Llantero

Cambio filtros de combustible		Lubricador
Cambio valvulina caja	Dos años	Lubricador
Cambio valvulina transmisión	Dos años	Lubricador
Cambio de crucetas eje cardan	Dos años	Mecánico
Cambio de mangueras del sistema hidráulico	Dos años. Nota. No se necesitan cambiar todas de manera simultánea. Cambie a partir de los dos años de uso, una cada fin de semana hasta completar los cambios totalmente.	Mecánico hidráulica
Cambio balinera y cauchos centrales	Dos años	Mecánico
Cambio de kit completo del cloche	Dos años	Mecánico
Calibrada de válvulas del motor	Dos años	Distribuidor del vehículo
Revisión y cambio de piezas, así como calibración del sistema de inyección de combustible	Dos años y medio	Distribuidor del vehículo
Revisión del ajuste de la transmisión. Se sugiere cambios de rodamientos y elementos de ajustes.	Tres años	Mecánico
Sondeo del radiador y cambio de refrigerante del motor	Tres años	Taller especializado
Cambio de bomba de agua del motor	Tres años	Mecánico

Fuente: autores.

3.4 DOCUMENTACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL PLAN

La tabla 5 muestra datos de diversas grúas, dentro de las cuales se considera la de marca internacional BR CW 13, de 9.5 toneladas de fuerza de elevación máxima cuando la extensión de la pluma recogida es de 2.5 metros de largo en posición horizontal. Con una extensión total de pluma totalmente extendida de 20 metros en posición horizontal, la capacidad de elevación se reduce a 700 kilos o 0.7 toneladas de fuerza de izaje o levantamiento de cargas.

Se debe tener claro que la especificación de 25 toneladas métricas (25 TM) es para pluma en un ángulo de 60 ° y brazo recogido, lo cual se presenta ocasionalmente en trabajos de izaje. Pero si el ángulo de trabajo es menor a 60° jamás se debe elevar una carga tan alta como 25 toneladas, porque seguramente se daña el brazo de levante (Boom). Complementariamente el anexo 1 muestra los datos técnicos de esta grúa y dimensiones espaciales principales.

Un aspecto adicional de suma importancia es el entrenamiento a los operarios de las grúas para que utilicen el diagrama de carga de estos equipos. Además en las grúas en que los citados impresos estén dañados o ilegibles, se debe proceder a elaborarlos nuevamente e instalarlos en el equipo. También debe evaluarse cada operario de las grúas en la correcta interpretación, con lo cual se evita repetir daños a estos equipos.

La documentación considerada en este trabajo, además de la ficha técnica de las grúas, son la hoja de vida y la orden de servicio que tiene como función básica, registrar formalmente lo que los operarios perciben como efectos de funcionamiento anormales; en lo posible relacionados con medición de algún parámetro operativo.

También existe la orden de trabajo, donde basados en lo requerido en la solicitud de servicio, el jefe o encargado de la gestión de mantenimiento, define prioridades con el propósito de organizar sus recursos para resolver los problemas de la manera más productiva. Para el caso de las grúas, el criterio de decisión establecido es que los trabajos de menor cuantía y tiempos se resuelvan primero para tener esos equipos disponibles y los trabajos de mayor cuantía (en dinero y tiempos) se inicien lo más pronto que

se pueda, tratando de ahorrar tiempo en la consecución de repuestos, información y herramental especializado. Recuerde que se han identificado los trabajos especiales y lo que queda es tratar de hacerlos de manera preventiva y programar con los necesarios servicios de outsourcing, para lo cual debe existir una comunicación abierta con este tipo de proveedores.

Tabla 5. Datos de capacidad de fuerza de elevación para grúas internacional.

SERVICIOS TRANSPORTES Y CONSTRUCCION LTDA

T O P A N

MIGUEL DE ATERO 2663 QUINTA NORMAL

FONO 7860002 7864023

FAX 7755583

topan@topan.cl

GRUAS INTERNATIONAL

FECHA TECNICA DE PLUMAS HIDRAULICAS

DESCRIPCION	Grúa Hlab XS 166 E5	Grúa Hlab XS 200 C-6	Grúa Hlab X 200 C-6	Grúa Hlab XS 211 EP-6 HDUJO	Grúa Hlab XS 288 E-8	Grúa Hlab XS 288 E-8	Grúa Hlab XS 477 E-8 HPRO
CANON	VW 15-190 (2000)	VW 24-220 (2006)	VW 15-190 (2005)	VW 26-220 (2010)	Internacional 4400 6 x 4 (2008)	Internacional 4400 6 x 4 (2010)	Internacional 7600 6 x 4 (2012)
PATENTE	TV-6964	WC-2099	YU-0798	CG PZ - 34	BR CW - 13	CK 9G - 98	
CAPACIDAD DE ELEVACION TM	13,4 TM	16,7 TM	16,7 TM	18,8 TM	25,5 TM	25,5 TM	43,9 TM
ALCANCE HORIZONTAL M	15,1 m	14,1 m	14,1 m	15,1 m	21,0 m	21,0 m	20,8 m
ALCANCE VERTICAL M	17,6 m	16,6 m	16,6 m	18,6 m	22,6 m	22,6 m	23,8 m
CAPACIDADES DE LA GRUA	6.000 kg a 1,8 m	7.000 kg a 2,4 m	7.000 kg a 2,4 m	6.900 kg a 2,7 m	9.200 kg a 2,6 m	9.200 kg a 2,6 m	12.000 kg a 3,2 m
	5.100 kg a 2,6 m	3.700 kg a 4,5 m	3.700 kg a 4,5 m	3.900 kg a 4,7 m	5.100 kg a 4,7 m	5.100 kg a 4,7 m	8.300 kg a 4,8 m
	2.800 kg a 4,8 m	2.650 kg a 6,0 m	2.650 kg a 6,0 m	2.700 kg a 6,6 m	3.550 kg a 6,3 m	3.550 kg a 6,3 m	5.900 kg a 6,4 m
	1.900 kg a 6,6 m	1.950 kg a 7,8 m	1.950 kg a 7,8 m	1.980 kg a 8,4 m	2.540 kg a 8,1 m	2.540 kg a 8,1 m	4.300 kg a 8,2 m
	1.400 kg a 8,6 m	1.600 kg a 9,8 m	1.600 kg a 9,8 m	1.600 kg a 10,6 m	1.880 kg a 10,0 m	1.880 kg a 10,0 m	3.300 kg a 10,1 m
	1.060 kg a 10,6 m	1.200 kg a 11,8 m	1.200 kg a 11,8 m	1.200 kg a 12,7 m	1.460 kg a 12,0 m	1.460 kg a 12,0 m	2.620 kg a 12,1 m
	840 kg a 12,8 m	1020 kg a 13,8 m	1020 kg a 13,8 m	1020 kg a 15,0 m	1160 kg a 14,1 m	1160 kg a 14,1 m	2.140 kg a 14,2 m
	700 kg a 15,0 m				940 kg a 16,3 m	940 kg a 16,3 m	1.800 kg a 16,4 m
					800 kg a 18,6 m	800 kg a 18,6 m	1.540 kg a 18,6 m
					700 kg a 20,9 m	700 kg a 20,9 m	1.380 kg a 20,8 m
Ejes	2	3	3	3	3	3	3
Traction	4 x 2	6 x 2	6 x 2	6 x 4	6 x 4	6 x 4	6 x 4
Largo útil de carrocería	5,3	7	6	6,2	6	6	5,4
Capacidad transporte de carga	7.000 kg	11.000 kg	11.000 kg	11.000 kg	10.000 kg	10.000 kg	7.000 kg
Equipo adicional		Winche 1950 kg	Winche 1950 kg	Winche 1950 kg	Winche 1950 kg	Winche 1950 kg	Winche 2000 kg

Fuente: distribuidor Navitrans Barranquilla.

3.4.1 SOLICITUD DE SERVICIO

La tabla 6 muestra la solicitud de servicio propuesta para mantenimiento en la empresa. La función es facilitar los requerimientos de mantenimiento por parte de los operarios de modo formal. Con esto se obliga a que sean precisos en lo que perciben como anomalías o fallas en las grúas y los compromete a no decir mentiras dado que en la revisión técnica debe evidenciarse lo expresado por ellos con lo encontrado en los equipos, esto mejora el ambiente de trabajo y permite al jefe de mantenimiento ordenar su futuro trabajo.

Tabla 6. Solicitud de servicios.

SOLICITUD DE SERVICIOS			
FECHA: _____		SOLICITANTE: _____	
EQUIPO: _____		UBICACIÓN: _____	
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O EFECTO OBSERVADO			
RUIDO _____	OLOR _____	VIBRACION _____	TEMPERATURA _____
PRESIÓN _____	PH _____	OTRO _____ CUAL _____	
DECISIÓN DE MANTENIMIENTO			
URGENTE _____		OBSEVACIONES _____ _____	MTTO PREVENTIVO _____
EMERGENCIA _____			MTTO CORRECTIVO _____
NORMAL _____			MTTO PREDICTIVO _____
FECHA DE REVISIÓN _____		FECHA DE PROCESADO _____	
FIRMA RESPONSABLE MTTO _____			

Fuente: autores.

3.4.2 HOJA DE VIDA

La ficha técnica normalmente es parte de la hoja de vida, sin embargo en este trabajo se manejan de manera complementaria e independiente. La función de la hoja de vida es llevar registro de eventos importantes relacionado con el equipo, en asuntos como operación, mantenimiento, traslados, ubicación y otros. La tabla 7 muestra la hoja de vida propuesta para las grúas.

Tabla 7. Hoja de vida para las grúas.

<p>Placa de la grúa _____ Operario</p> <hr/> <p>Experiencia</p> <p>_____</p> <p>Numero de Mantenimientos correctivos generales realizados.</p> <hr/> <p>Explicación detallada de problemas operativos y soluciones encontradas</p> <hr/> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Fecha Inicio de operaciones como equipo nuevo o reparado total.</p> <hr/> <p>Fecha Inicio de operaciones después de reparado</p> <hr/> <p>_____</p>
<p>Tipo de mantenimiento</p>	<p>Observaciones</p>
<p>Fecha _____</p>	<p>Firma de registro _____</p>
<p>Quincenal</p>	<p>Realizado _____</p> <p>No realizado _____</p>

	<p>Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Mensual	<p>Realizado ____</p> <p>No realizado ____</p> <p>Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Trimestral	<p>Realizado ____</p> <p>No realizado ____</p> <p>Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Semestral	<p>Realizado ____</p> <p>No realizado ____</p> <p>Explicación de problemas encontrados en los trabajos y soluciones desarrolladas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Fuente: autores.

3.4.3 ORDEN DE TRABAJO E INDICADORES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (CÁLCULOS DE MTBF, MTTR Y DISPONIBILIDAD).

Es el documento básico para propósitos de planear, ejecutar y controlar un trabajo de mantenimiento.

La tabla 8 muestra la orden de trabajo propuesta para el mantenimiento en la empresa MSI.

Tabla 8. Orden de trabajo propuesta para la empresa MSI.

ORDEN DE TRABAJO		
Nº ORDEN _____	FECHA _____	ACTIVO Nº _____
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 _____

Fuente: autores

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.

% mantenimientos preventivos = numero actividades de mantenimiento preventivo realizadas / número total de actividades de mantenimiento (preventivas mas correctivas)

Ecuación 3.

3.5 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.

- Entregar en lo posible una grúa de manera permanente a uno o dos conductores asignados, para evitar la dilución de responsabilidades, especialmente con golpes y rayones a los vehículos.
- Controlar la cantidad de galones en el tanqueo de cada grúa y anotar los kilometrajes de inicio y final de una jornada de trabajo. Con esto se puede crear un indicador de dinero en consumo de combustible por kilómetro recorrido y así tener estadísticas del comportamiento de consumo de combustible para la flota, identificando a los conductores y vehículo más y menos consumidores.

3.6 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 adicionadas, las mismas están en seguimiento pero se esperan resultados positivos en todos los casos.

4. CONCLUSIONES

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.

5. 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). *Teoría 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.

6. ANEXOS

ANEXO 1. FICHA TÉCNICA DE LAS GRUAS INTERNATIONAL USADAS EN LA EMPRESA.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Motor

Marca / modelo:	Navistar, DT 466
Norma de emisiones:	EPA 04
Tipo:	Electrónico de 4 tiempos seis cilindros en línea, turbo alimentado post enfriado
Potencia:	225 HP
Torque:	560 libras pie - 1.400 r.p.m.
Cilindrada:	7.6 lts.

Sistema de Inyección y Control Electrónico

Inyección electrónica comandada por central de control ECM, inyectores individuales controlados por solenoides y accionados por árbol de comando de válvulas.

Características Electrónicas Programable Diamond Logic

Limitador de velocidad máxima, control automático de velocidad cruceo, acelerador manual, ajuste de rotación de motor para toma fuerza, sistema de protección de motor por reducción de potencia y limitador de r.p.m. máximas, sistema de autodiagnóstico de fallas, monitor de mantenimiento, fácil control de flota.

Cabina

Convencional de acero galvanizado, de alta resistencia, piso totalmente plano, pisaderas en ambos costados. Radio CD AM/FM con reloj digital. Aire acondicionado.

Freno de Motor

Diamond Logic, activado electrónicamente.

Frenos de Servicio

Círculo neumático doble tipo S-Came de leva con ajustador automático, tipo tambor, medida delanteros de 16,5" x 5", traseros de 16,5" x 7". Sistema neumático trasero con cámaras dobles.

Transmisión

Eaton Fuller, modelo FS- 6406N de 6 velocidades al frente, 1 marcha atrás. Sincronizada. Accionamiento rápido mecánico por palanca.

Embrague

Eaton Fuller, modelo SAS 1402 mecánico, doble disco cerámico de 14" diámetro. Capacidad de torque 860 lb-Ft.

Eje Trasero

Dana Spicer, modelo 23065T de 23.000 lbs. de capacidad, doble velocidad. Relación final. 4.63:1 / 6.31:1.

Eje Delantero

Dana Spicer, modelo E12021, de acero forjado, de 12.000 lbs. de capacidad.

Suspensión Delantera

Muelles parabólicos ventilados con amortiguadores telescópicos de doble acción.

Dirección

Marca Sheppard, modelo M100.

Chasis

De acero termotratado de 120.000 lbs/in², dos estanques de combustible de 50 galones US c/u.

Llantas

De acero estampado, de disco de 10 pernos.

8,25" x 22,5"

Neumáticos

Radiales 11R22,5 de 16 telas.

Sistema Eléctrico

Alternador:

Delco Remy, 22-SI, 12V, 100 AMP.

Batería:

2 baterías, libre mantención 12 V, 1.300 CCA.

Dimensiones (In.)

Distancia entre ejes (DEE):

236 In.

Largo total:

373,9 In.

Largo cabina:

107 In.

Pesos (Kg.)

Eje delantero:

3.150 Kg.

Eje trasero:

2.050 Kg.

Total:

5.200 Kg.

Capacidad Téc. por Eje (Kg.)

Delantero:

5.500 Kg.

Trasero:

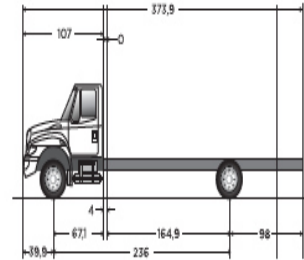
10.500 Kg.

Total admisible - PBV: 1

6.000 Kg.

Peso bruto total combinado (PBTC):

27.000 Kg.



ANEXO 2

TABLA GUÍA PARA DEFINIR EL NIVEL DE SEVERIDAD ASOCIADO A CONSECUENCIAS OPERACIONALES PARA APLICAR EL PROCESO RCM.

Relative severity criteria for hazardous events classification			
Description	Set		
	Personal	Facilities	Environment
Insignificant	I No significant harm to people, without removal of staff in the interior of the installation	No significant harm to installation	No significant harm to installation, contamination of environment in minimum concentration
Minor	II Slight harm to people in installation, no significant harm to people outside installation	Minor damage or degradation of the installation, with repair at low cost	Contamination of environment below maximum concentration, though, concentration between minimum and medium
Major	III Serious harm to people in installation and/or slight harm to people outside installation	Major damage or degradation of the installation, with possible repair	Contamination of environment below maximum concentration, though, concentration between medium and maximum
Catastrophic	IV Single fatality or multiple severe harm to people inside and outside of installation	Damage or degradation without possible repair or repair take a long time to do	Contamination of environment above maximum concentration