



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación de un plan de mantenimiento predictivo para reducir  
las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa Apm  
Terminales en la ciudad de Paita, 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Lupuche Navarro, Angel Santos (ORCID: 0000-0001-9542-7012)

**ASESOR:**

Ing. Llompart Coronado Jorge Martin (ORCID: 0000-0001-7817-2564)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA - PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

### **A Mis Padres: Francisco y María.**

Por su inmenso amor y gratitud a su valioso apoyo incondicional que siempre recibí de ustedes y gracias por esa confianza que depositaron en mí y por ello puedo ver alcanzada mi meta ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera a quienes entrego el fruto de su labor.

### **A mi esposa Fabiola**

Porque es mi inspiración de ser cada día mejor. Va para ti por lo que vales y por lo que representas para mí.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la vida, las fuerzas y la capacidad para salir adelante a pesar de los obstáculos, por permitirme alcanzar mis objetivos algo que en un comienzo pareciera inalcanzable, pero gracias al apoyo de mucha gente que a lo largo de mi camino me supieron dar su apoyo incondicional.

Agradezco infinitamente a mi Padre y Madre por ser mi mayor fuente de inspiración ya que con su ejemplo hayan hecho de mí una persona de bien y sobretodo capaz de lograr mis propósitos.

Debo agradecer de manera especial al asesor de mi tesis, Ing. Jorge Martin Llompart Coronado, por su valiosísimo tiempo dedicado a aclarar mis inquietudes y sobre todo por aportar en el fortalecimiento de mi formación profesional.

A mis compañeros de trabajo y de universidad que con su experiencia me acompañaron a lo largo de mi desarrollo profesional.

## ÍNDICE

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Índice de Tablas.....	v
Resumen .....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	22
3.2. Operacionalización de variables .....	22
3.3. Población, muestra y muestreo .....	23
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos. ....	24
3.5. Procedimiento.....	25
3.6. Método de análisis de datos .....	25
3.7. Aspectos éticos .....	26
IV. RESULTADOS .....	27
V. DISCUSIÓN.....	58
VI. CONCLUSIONES .....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS .....	61
ANEXOS .....	62

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa APM TERMINALS ubicada en la provincia de Paita departamento de Piura. Esta investigación pretende reducir las fallas y paradas inesperadas de los equipos y a la vez de aplicar un plan de mantenimiento predictivo para los equipos porta contenedores con el fin de determinar que con el plan de mantenimiento predictivo logra reducir las fallas en los equipos porta contenedores.

Para iniciar esta investigación se planteó como objetivo general reducir las fallas de los equipos porta contenedores del almacén APM TERMINALS en la ciudad de Paita mediante un plan de mantenimiento predictivo, a lo cual se propuso como hipótesis a resolver: con un plan de mantenimiento predictivo se podrá reducir las fallas de los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita.

La población de esta investigación estuvo constituida por los cinco equipos de la empresa APM TERMINALS, cuya muestra de selección se escogió el equipo C7, cuya finalidad es realizar servicio de carga y descarga de contenedores, apilamientos en los almacenes, etc. Para ello se realizó un estudio descriptivo aplicado según el nivel de alcance es explicativa y según el enfoque es cuantitativa, con un diseño de investigación pre experimental, con diseño pre prueba- pos prueba con un solo grupo.

En cuanto a la recolección de datos se utilizará las fichas de observación en campo (área de mantenimiento, operaciones, para determinar las fallas en los equipos porta contenedores).

**Palabras clave:** Implementación, plan, mantenimiento predictivo, fallas.

## ABSTRACT

This research was conducted at the company APM TERMINALS located in the province of Paita Piura department. This research aims to reduce failures and unplanned downtime of equipment and simultaneously applying a predictive maintenance plan for equipment lifts in order to determine that the predictive maintenance plan does reduce equipment failures lifts.

To start this research was the overall aim to reduce equipment failures lifts store APM TERMINALS in the city of Paita through a plan of predictive maintenance, to which it was proposed as hypotheses to be resolved: a plan of predictive maintenance You can reduce equipment failures lifts APM TERMINALS company in the city of Paita.

The population of this research consisted of five teams of the company APM TERMINALS, which shows the C7 selection team whose purpose is to service loading and unloading of containers, stacking in was chosen, etc. A descriptive study was conducted applied depending on the level of coverage is explanatory and under the approach is quantitative, with pre experimental research with pre test – post test design with a single group.

As for data collection observation forms were used in field (area maintenance operations to identify equipment failures lifts).

**Keywords:** Implementation, plan, predictive maintenance, failures.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado “Plan de mantenimiento predictivo para reducir las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA.”, parte del interés por encontrar solución a una realidad problemática que se ha observado en la empresa mencionada.

Debido a las distintas situaciones y consecutivas emergencias en los equipos porta contenedores , fallas constantes y de alto riesgo en sus instalaciones la cual ha conllevado a tener demasiadas pérdidas en sus productos de exportación ha conllevado a responder a este campo con actividades que si bien han facilitado soluciones en momentos críticos, está generando pérdidas de elevados costos en las operaciones, fallas frecuentes en los equipos, retrasos en sus actividades y lo más importante es la incomodidad por parte de sus clientes externos al no ser atendidos en su determinado tiempo debido al retraso de tener equipos porta contenedores inoperativos y el no tener respuesta ni solución inmediata por parte del personal de mantenimiento ya que son terceros que realizan el servicio de reparación y mantenimiento.

Actualmente APM TERMINALS no cuenta con ningún plan de mantenimiento predictivo, no cuenta con los procedimientos ni instrumentos necesarios para poder realizar un trabajo adecuado, no se lleva ningún control de las horas de trabajo de los componentes para su próximo cambio el cual es de suma importancia para que los equipos puedan tener una buena eficiencia y operatividad en el transcurso de las campañas, es por tal motivo que se necesita implementar el mantenimiento predictivo con el fin de minimizar las fallas en los equipos porta contenedores.

Así, el problema se enuncia como: ¿En qué medida se reducirán las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita mediante un plan de mantenimiento predictivo? Y los problemas específicos como: ¿Cuánto incrementa el tiempo medio entre fallas en los equipos porta contenedores a través de un plan de mantenimiento predictivo para la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA?, ¿Cuánto mejora la disponibilidad mecánica en los equipos

porta contenedores a través de un plan de mantenimiento predictivo para la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita?

El objetivo general es: Reducir las fallas de los equipos porta contenedores del almacén APM TERMINAS en la ciudad de Paita mediante un plan de mantenimiento predictivo, mientras que los objetivos específicos son: Incrementar el tiempo medio entre fallas en los equipos porta contenedores a través de un plan de mantenimiento predictivo de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA; Mejorar la disponibilidad mecánica en los equipos porta contenedores a través del plan de mantenimiento predictivo.



## II. MARCO TEÓRICO

**Según GRATERÓN (2000)**, "es un conjunto de tareas pertinentes, constantes y rutinarias que anticipan y aseguran el funcionamiento ideal, eficiente y la buena apariencia de los, accesorios, sistemas y equipos" (10).

El mantenimiento no implica reparar los repuestos rotos tan pronto como se pueda sino de tratar de mantener las máquinas y/o equipos en el operativo a los estándares de mantenimiento. En resumen, un buen mantenimiento de actividades y técnicas logra cumplir de una manera eficaz y eficiente en los distintos equipos y accesorios.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

**Según GRATERÓN (2000)**, conduce a ejecutar inspecciones tareas programadas, rutinarias para mantener las áreas en óptimas condiciones" (11). Estas acciones tienen como objetivo establecer un procedimiento que permita hallar las fallas potenciales y realice mejoras o reparaciones que prevengan las fallas. Esto también incluye el diseño de sistemas técnicos y humanos que mantengan operando dentro de un nivel de tolerancia que permite el proceso de producción.

En una precedente descripción de mantenimiento se citaron las palabras "**conservar** o **restablecer** un SP". En este caso el mantenimiento preventivo consiste en ejecutar tareas y técnicas con la finalidad de **conservar** un sistema productivo cuyo fin consiste en desempeñar la función por la cual se creó de una manera competente y eficiente. El mantenimiento nos permite en poner en práctica los estudios de las fallas más frecuentes para evaluar la frecuencia en se puede minimizar las fallas.

**Según la Norma COVENIN 3049-93** "El mantenimiento preventivo es aquello que se encarga de disponer los medios para poder programarse, anticiparse a la aparición o predecir la presencia cualquier tipo de falla manifestada.

### **a) Ventajas**

- Ayuda a extender la duración de los diferentes componentes y equipos.
- Ayuda a planificar de manera eficaz y eficiente los bienes que se utilizarán.
- Puede aceptar la manera de suplir sistemáticamente algunos repuestos o de todos ellos (mantenimiento superior).
- Ayuda a minimizar los tiempos de trabajo y a la vez permite mejorar el promedio de fallas en las máquinas.

### **b) Desventajas**

- Menor flexibilidad de alterar los ciclos de los trabajos con respecto a la relación de cambios y la exigencia que se da en las operaciones de las unidades.
- Se necesita de más demanda de repuestos, accesorios y materiales.

## **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

**Según GRATERÓN (2000) (12)**, se utiliza como táctica cuando los costos de la reparación / sustitución no son representativos en comparación con otras estructuras de mantenimiento de activos y periodo al reparar no es importante.

El mantenimiento correctivo no planificado se realiza mayormente a equipos de bajo nivel crítico. Cuando se aplica un Mantenimiento Correctivo no programado, la actividad (reemplazo o reparación) se manifiesta especialmente cuando el desgaste de algún componente del equipo causa una falla en la operación. En este modelo de mantenimiento reactivo se concluye que la falla es igual o muy probable de se pueda dar en cualquier parte del componente del equipo.

A discrepancia del preventivo con el plan de tareas y técnica encaminadas a **reestructurar** un esquema productivo con el fin de que se llegue a cumplir con sus funciones de una forma eficaz y eficiente, teniendo en cuenta que estas tareas se aplican cuando se produce una falla.

## **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

### **Según la Norma ISO 13372(2004)**

Se base en analizar la situación del equipo cuando este se encuentre operando. Consiste fundamentalmente a que la maquina o activo dará algún tipo de advertencia antes de que falle y este medio intentara reconocer los problemas que se logren detectar y luego adoptar medidas para subsanarlos.

Permite en ejecutar análisis no destructivos, como el muestreo de lubricante, evaluación de desprendimiento de partículas, medición de la vibración, mediciones de los parámetros de temperatura y termografía, etc.

El mantenimiento predictivo nos atribuye en tomar una mejor decisión antes de que se manifieste el problema: reemplazar piezas, accesorios o realizar reparaciones en el equipo en una programación cercana, nos permite encontrar comportamientos inusuales o anomalías en las condiciones de los equipos y corregirlos, etc.

Permite determinar en todo momento el estado real mecánico y eléctrico del equipo evaluado, mientras este esté operando, para esto se utiliza un plan para realizar una medición en los indicadores más relevantes del activo. El sustento tecnológico de este sistema incluye en el estudio de algoritmos matemáticos asociados a la operación de diagnosticar, que conjuntamente se puede brindar e informar sobre el estado del activo. Tiene como finalidad reducir la frecuencia por mantenimiento preventivo, y de esta forma reducir los sobrecostos por mantenimiento y por no producción. Este método y tipo de implementación necesita de inversión en las máquinas, herramientas, y reclutamiento de personal altamente calificado.

### **TÉCNICAS UTILIZADAS PARA LA ESTIMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

- Analizador de Fourier (para analizar las vibraciones)
- Endoscopia (consiste en evaluar en zonas que el ojo humano no puede ver).
- Ensayos no destructivos (tintas de penetración, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).
- Termo visión (es captado a través del calor desplegado).
- Medir los parámetros de funcionamiento (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, entre otros).

## ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

Este sistema considera la evaluación de varios parámetros que muestran una perspectiva que se puede predecir en relación a las horas de vida útil de cada repuesto.

Algunos de estos parámetros pueden ser:

- Medición de la oscilación en los cojinetes.
- Medición del calor en conexiones eléctricas.
- Medición de resistencia del hermetismo en bobina de un motor.

El mantenimiento predictivo implica, en primera instancia, formar una forma realista sobre la relación entre una variable seleccionada y el tiempo que puede durar un repuesto. Esto se obtiene mediante las lecturas de parámetros hasta que el repuesto o accesorio se deteriore o falle.

Los desarrolladores software y dispositivos de mantenimiento predictivo pueden aconsejar aspectos y distintas maneras para sustituir los accesorios de la gran parte de las máquinas, esto conlleva que en la historia este tipo de análisis sea insuficiente en la mayor participación de las aplicaciones.

*Fuente: Rosaler, Robert C (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de editores, S.A de C.V.*

Se tomo como referencia el tema de investigación, **precedentes internacionales**. Uno de estos datos internacionales es: **Acevedo (2012)**, En su tesis titulada: "Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades del petróleo" dice:

**Resumen:** La disposición mecánica de los equipos del campo San Francisco de Hocol, se encontró con muchas deficiencias en el sector de mantenimiento.

Se llevó a cabo una valoración en el sector de mantenimiento y se estableció el mantenimiento predictivo (dentro del contexto de realización del mantenimiento enfocado en condición), como parte de todas las recomendaciones del diagnóstico ejecutado.

Se realizó el mantenimiento, desde la distribución de los componentes con mayores fallas hasta llevar a cabo y aplicar el mantenimiento predictivo, se tomo como guía la norma ISO 17359. Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines, 2003 y la Norma NORZOK STANDAR Z-008. Criticality analysis for maintenance purposes, 2001. La cual, a mayores rasgos sugiere: que se defina equipos de mayor criticidad y funciones a los que se van atribuir las técnicas predictivas, cuales se van a ejecutar, tiempo que se va a realizar, como se adquiere la información, como se emite un diagnóstico y posteriormente el mantenimiento (cuando sea conveniente) se finaliza mejorando continuamente.

**El objetivo general de la tesis fue:** Elaborar un esquema de gestión para poner en práctica el mantenimiento predictivo que se aplica a las facilidades del petróleo en una compañía petrolera.

**Los objetivos específicos de la tesis titulada:** “Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo basado en la facilidad del petróleo” fueron:

- Diseñar un plan de mantenimiento predictivo que ayude y facilite se implemente en las distintas etapas de realización en calidad y oportunidad.
- Manifiestar la utilidad del esquema teórico por medio de cualquier tipo de éxito del patrón que se aplica en las facilidades de productividad San Francisco.
- Obtener con precisión el tipo de indicador corresponde en la eficacia y efectividad, que evidencien el beneficio económico y operante al aplicar el mantenimiento predictivo en este tipo de manufactura.

**Conclusiones de la tesis titulada:** “Modelo para implementar un mantenimiento predictivo a la simplicidad del petróleo” fueron:

El mantenimiento predictivo constató ser un instrumento elemental para los Gerentes de Mantenimiento que desean desarrollar un método para el mantenimiento, pensando en los activos de la empresa.

Mediante este plan, Hocol logro gozar de este beneficio en sus activos del campo San Francisco.

Los fallos en el operativo se redujeron desde el principio de la implementación debido a que se detectaba las fallas tempranas en los equipos, previniendo daños, paradas inesperadas en los equipos con un mayor tiempo en su logística, esto debido a la solicitud de todos los repuestos.

La poca producción se redujo al aumentar el tiempo en el operativo, óptimo de los equipos y planificando el ingreso de los equipos para subsanar los daños más frecuentes en las unidades. En esta misma perspectiva, la disponibilidad aumento la forma adecuada para estos recursos, además que la mayor parte de las muestras que se ejecutaron fueron en línea, con la maquina trabajando.

El gasto de energía se redujo ex potencialmente, aunque no se realizó ninguna medición, al tener máquinas trabajando en un mayor tiempo y eficazmente.

Las personas que participaron en el proyecto se beneficiaron porque su punto de ver las cosas sobre el mantenimiento en las maquinas cambio. Conocieron otras formas distintas de hacer las reparaciones, donde no había que preocuparse porque el repuesto no este, porque no se sabía que es lo que se iba a encontrar cuando se realizara algún correctivo y lo más importante de todo, dejaban a un cliente satisfecho, realizando un trabajo más limpio, se empezó a ver al equipo como un activo realmente. Incluso ganaron mayor conocimiento y nuevas experiencias luego de pensar que “todo estuviese bien como se encontraba”. Cultura proactiva: se preocupaban por el estado de la máquina, antes que repararlo.

**Cristian Mundarain (2009)**, En su tesis titulada: “Diseño de un programa de mantenimiento enfocado en condición, aplicado a mejorar de la eficiencia de los equipos rotativos” dice:

**Resumen:** El posterior trabajo se llevó a cabo con el propósito de implementar un plan de mantenimiento basado en condiciones orientado en aumentar la eficiencia de los equipos rotativos de mayor criticidad en la empresa Supermetanol C.A., con la finalidad de reducir el tiempo de inactividad de las operaciones no programadas, aumentar la producción del sistema y reducir los gastos relacionados con el mantenimiento.

Para esto, se aplicó el diagnóstico del estado del equipo y una toma de información técnica. Posteriormente, se identificaron los activos de mayor criticidad, se empleó y se modificó este método desarrollado por el Ing. J.A. Milá de la Roca., y se ejecutaron Análisis de Modos y Efectos de falla a estos equipos, para conocer los modos de fallas más constantes y que consecuencia podría retribuir. Este método ayudo como base para elegir qué tipo de herramienta predictiva se iba a utilizar, y para ello se determinó los procesos y la forma de inspeccionar con otros aspectos referenciales como punto de mediciones, rutas de muestras, periodo de inspección, actividades. Una vez realizado todos estos programas, se realizó la ejecución, se obtuvo diferentes problemas el cual al no ser subsanados a tiempo, podrían causar averías que causarían significativamente a la producción, seguridad y medio ambiente. También, se notó un aumento del porcentaje de los equipos, en aspectos que no eran normales, durante el periodo de estudio fue, en mayor medida, originado por fallas en las programaciones y ejecuciones de las acciones de mantenimiento, que se recomendaba en los informes elaborados, después de cada evaluación.

**El objetivo general de la tesis fue:** Elaborar un Plan de Mantenimiento enfocado en Condición y mejora de la efectividad de los equipos rotativos de la empresa Supermetanol C.A., en José, estado Anzoátegui.

**Los objetivos específicos de la tesis titulada:** “Diseño de un programa de mantenimiento centrado en condición, basado en la mejora de la eficiencia de los equipos rotativos” fueron:

- Diagnosticar la situación de rotación de activos de la planta.
- Información técnica general sobre activos.
- Identificar equipos críticos en los equipos circulantes de la empresa.
- Identificar modos y efectos de averías en los equipos de mayor criticidad (FMEA).

- Determinar el tipo de instrumento de mantenimiento centrado en condición, que más se adecue a la operación.
- Diseñar un plan de mantenimiento condicional que se enfoque en mejorar la eficiencia de rotación de activos.

**Conclusiones de la tesis titulada:** “Elaboración de un plan de mantenimiento apoyado en condición, basado a la mejora de la eficiencia de los equipos rotativos” fueron:

- Con el diagnóstico que se dio en un inicio a las cuatro áreas estudiadas, se dio a conocer que alguna parte de las máquinas que los incorpora, revelan fallas de distintas formas, como la bomba P-4109B causando problemas en rodajes y sellos, las bombas P-4602 A/B/C dificultades asociados con la contaminación del lubricante y las turbinas TP-5101 B que presento fallas en la válvula reguladora de pase de vapor.
- La compilación de la investigación técnica de los equipos, se logró obtener datos, como velocidad de giro, tipo de aceite, tipo de apoyo, que son de utilización para poder diagnosticar certeramente en el estado de los activos rotativos.
- Con la utilidad de este Análisis de criticidad de J. A. Milá de la Roca, se dispone como equipos de mayor criticidad, todos que puedan pertenecer a las zonas de Reformación de Gas Natural (4100) y Agua Desmineralizada (5100), por lo que se obtuvo una mayor severidad.
- Con este Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) se identificó una suma de 24 formas de fallo, como base para poder seleccionar que tipo de herramienta predictiva y las formas de inspeccionar, precisando así, la correcta manera de percibir las anomalías en el estado que recientemente se manifieste.
- Con la ejecución del plan de mantenimiento centrado en estado y diseño, se llegó a determinar una variedad de anomalías en los equipos en lo formar que se estudia, que, de no ser identificados y subsanados a tiempo, estos inconvenientes pueden ocasionar cuando ocurren las distintas fallas.



- Este aumento de flota, en condiciones inusuales, durante el periodo de estudio, se debió a una mayor medida a la no planificación y realización del mantenimiento, se recomendaba en los reportes finales, las cuales estuvieron orientadas en modo que se manifestara en cualquier forma de falla.
- mediante este plan de mantenimiento realizado, es factible aumentar la eficiencia, continuamente que se tome en consideración las acciones que se recomendaron, ya que está enfocado a reducir las horas de retraso, por fallas repentinas en los equipos.

### **METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES:**

Después de determinar la factibilidad y conveniencia de ejecutar un mantenimiento predictivo en una pieza de equipo o línea, el siguiente paso es identificar las variables físicas a examinar que sean indicadores del estado del equipo.

Esta sección tuvo como objetivo en evaluar en detalle qué tipo de técnica sería utilizada al momento de monitorear según su condición, para que sirva como patrón para su elección.

El propósito de monitorear es conseguir una indicación de la condición (mecánica) o salud del equipo, para que pueda operar de manera segura y eficiente.

Por monitorización se entiende desde el principio como la medida de una variable física que se supone representa el estado de la unidad y se compare con valores que indiquen si el equipo este bien o en un mal estado.

Dependiendo de los objetivos que se persigan en la monitorización del estado de la maquinaria, es necesario distinguir entre monitorización, protección, diagnóstico y pronóstico.

**VIGILANCIA DE MÁQUINAS:** Su objetivo es advertir en caso que exista alguna anomalía. Debe diferenciar entre lo bueno y malo, y si es malo debe indicar su gravedad.

**PROTECCIÓN DE MÁQUINAS:** Su principal objetivo es evitar fallas o averías catastróficas. Un equipo está protegido, mientras los valores que indique su condición pueden llegar a valores que se consideran como peligrosos, el equipo se detendrá en automático.

**DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS:** Su objetivo es determinar cuál es el problema específico.

Su objetivo es calcular cuánto tiempo puede operar la máquina sin riesgo de llegar a sufrir un daño. Por último, se dio como tendencia en aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, es decir, a través de análisis vibracionales, análisis de lubricantes, control de desgastes.

*Fuente: Rosaler, Robert C (2002). Manual del Ingeniero de Planta. Mac-Graw-Hill/Interamericana de editores, S.A de C.V.*

## **TÉCNICAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Existen diversas formas para aplicarlas, el cual destacan las siguientes:

### **A) ANÁLISIS DE VIBRACIONES**

La finalidad de las Vibraciones Mecánicas en la industria del Mantenimiento va conjuntamente con el Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el fin de alertar cuando un componente este vibrando en un equipo, necesario para prevenir cualquier tipo de avería que cause vibraciones a corto a un mediano plazo.

Para el mantenimiento su primordial interés se debe tratar de determinar las principales amplitudes de cualquier tipo vibración detectada en un equipo, determinar la causa de las vibraciones, corregir las fallas que representan. Los resultados de las vibraciones en los mecanismos son el incremento de las fatigas, tensiones, disminución de energía, agotamiento de los componentes, y lo que es más importante: fallas por sofocación en los diferentes sistemas, asimismo de ruidos molestos en el entorno de trabajo.

## **TIPOS DE VIBRACIONES.**

**VIBRACIÓN LIBRE:** Causado por un componente que oscila, se debe a un excitador instantáneo.

### **VIBRACIÓN FORZADA:**

Se detalla los aspectos más constantes en la que un equipo o componente del mismo puede vibrar:

- a) Desequilibrio
- b) Des alineamiento
- c) Excentricidad
- d) Desperfectos en rodajes y/o cojinetes
- e) Fallas en los engranajes
- f) Deterioro en correas
- g) Holguras
- h) Poca lubricación

## **B) ANÁLISIS DE LUBRICANTES**

Se realizan de acuerdo a la necesidad:

**Análisis iniciales:** Se toman en las máquinas que estén presentando dudas que provienen de la consecuencia del Estudio de Lubricación y que permitan corregir al momento de seleccionar cualquier artículo, motivados por alguna variación en condición operacional.

**Análisis rutinarios:** se realiza en los equipos con mayor criticidad o de mayor capacidad, en el cual se da por definir un periodo de análisis de muestra, teniendo como principal finalidad analizar y determinar el estado del lubricante, nivel de desprendimiento de partículas, viscosidad, contaminantes entre otros.

**Análisis de emergencia:** se aplica para encontrar diferentes tipos de fallas en la máquina y/o aceite, según:

- a) Contaminantes y existencia de agua.
- b) Aparición de limallas sólidas (cartuchos y o ring en mal estafo).
- c) Malas prácticas en la manipulación del producto.

Este método asegura que obtendremos lo siguiente:

- Mayor reducción en los costos de la operación.
- Mayor durabilidad en los componentes de cada sistema con un desgaste mínimo.
- Mejor utilización del aceite.

En el muestreo se puede obtener o investigar los distintos principios que puedan afectar a nuestras maquinas:

- Desgaste de repuestos y accesorios.
- elementos con presencia de partículas (limalla).
- Aparición de agentes que puedan contaminar.
- Aditivos y estado del aceite (lubricantes).
- Gráfico e historial. Útil para identificar tendencias a lo largo del tiempo.

De esta forma, por medio de la implementación de procedimientos suficientemente investigados y probados, y con el uso de instrumentos de tecnología avanzada, se pueden lograr reducir severamente:

- Pérdida en los tiempos de utilidad originados por las fallas mecánicas.
- Desgaste de la máquina y sus sistemas.
- Horas hombre realizadas en el mantenimiento.
- Consumo general de aceites, grasas y aceites.

### **C) ANÁLISIS POR ULTRASONIDOS**

Este método examina las ondas sonoras de alta frecuencia emitidas en las unidades que el oído humano no puede percibir.

**Los ultrasonidos permiten detectar:**

- rozamientos en equipos rotativos.
- averías y/o fugas en los sistemas hidráulicos.
- Evaluación fugas hidráulicas.
- Pérdida de vacío.
- Detección de "arco eléctrico".
- Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se designa Ultrasonido Pasivo a la tecnología que obtiene al percibir el ultrasonido ocasionado por las razones anunciadas anteriormente.

El ruido que se encuentra por arriba de la categoría de detección del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se entiende por ultrasonido. A todos los rozamientos mecánicos, el arco eléctrico y la fuga de presión o vacío pueden producir ultrasonido en un rango que se aproxima a los 40 KHz. Estas son muy frecuentes y con característica muy adecuada al mantenimiento predictivo, ya que estas ondas sonoras son de menor longitud conllevando a instantáneamente sin producir una repuesta de rebotes. Por este argumento, el ruido ambiental, por fuerte que se manifieste, no se interpone con la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 KHz permite identificar de forma rápida y precisa la ubicación del defecto.

La práctica del análisis por ultrasonido es fundamental especialmente en la detección de desperfectos existentes en equipos rotativos que giran a grandes velocidades inferiores a 300 RPM, esta forma de medir la vibración se convierte en un proceso que no es eficiente.

Por lo tanto, el sistema de medir el ultrasonido se complementa con la medición de vibraciones, que se utiliza eficazmente en activos rotativos que giran a una velocidad superior a ls 300 RPM.

Fuente: Bittel, L/Ramsey, J (1992). *Enciclopedia del MANAGEMENT*. Ediciones Centrum Técnicas y Científicas. Barcelona, España.

## **PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.**

### **Según la Norma COVENIN 3049-93**

Su finalidad es asegurar la utilidad en las instalaciones para atender el sistema de producir con calidad y productividad y asegurar las inversiones necesarias.

Esto establece una sistematización en las tareas y métodos designadas a prever las anomalías y fallas. Esta documentación indica que trabajos son los que se debe realizar en las diferentes máquinas y sistemas para mantener en óptimas condiciones.

La ejecución del mantenimiento implica en ser revisado y evaluados de todas y cada una de las tareas pendientes, se considera tres aspectos fundamentales jerarquización, prioridad y relaciones de tiempo.

**JERARQUIZACIÓN:** se define con importante o impacto de la acción ¿Qué pasa si no se llega a cumplir?

**PRIORIDAD:** Es la relación de la oportunidad para la realización ¿para cuándo lo necesita el cliente interno?

**RELACIONES DE TIEMPO:** se relaciona con las dimensiones escalares de los tiempos que determina la factibilidad real de lo ejecutado de cualquier actividad.

¿Se dispone del tiempo para realizarlo?

Para diseñar el plan de mantenimiento, se deben considerar los siguientes ítems:

- Numeración del requerimiento de Trabajo.
- Donde se ubica el equipo.
- Frecuencia, fecha.
- Personal considerado y real.
- Responsable de las actividades y observaciones.
- Inventario de los equipos, agrupados por sectores.
- Especificación de las tareas para el mantenimiento.
- Proyecto estratégico.

Para la ejecución del proyecto de mantenimiento se requiere hacer unas fichas que servirán para controlar, solicitar, reportar, entre otras; las tareas que se van a realizar. Entre estas fichas, tenemos las siguientes:

- Orden de trabajo.
- Solicitar materiales y repuestos de los equipos.
- Realizar cuadros e informes de mantenimiento semanal.
- Historial de las máquinas, equipos.

**PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO:**

Cuando hablamos de planificación, tenemos que hablar las respuestas a 5 preguntas importantes.

- ¿Qué? Que es lo que haremos
- ¿Cómo? Que técnicas y procedimientos se deben aplicar.
- ¿Quién? Personal responsable de ejecutar las actividades.
- ¿Cuándo? Programación basada en el tiempo.

¿Con que? Recursos (Financieros, materiales, tecnológicos; con los que se necesita para la ejecución de las tareas.

Teniendo en cuenta estos principios que sean dirigidos a las tareas de mantenimiento, la planificación del mantenimiento se puede definir de la siguiente manera:

Este modelo de programas de tareas de mantenimiento, distribuidas en el tiempo, con una frecuencia específica y dinámica que ayuda a que los equipos se mantengan operando en óptimas condiciones para lograr los objetivos de producción preestablecidos por la empresa.

Si se analiza el mantenimiento como un proceso gerencial se determina que la planeación constituye el inicio de despegue de la gestión. Esta necesidad conduce a la visualización y relación de las posibles tareas que deberán concretar para lograr los resultados y los objetivos trazados, teniendo en cuenta los recursos requeridos. Esta se basa al momento de tomar algún tipo de decisión sobre objetivos y estrategias.

La magnitud del proceso de planificación radica en el hecho de que es una forma efectiva de minimizar la incertidumbre y los riesgos que se pueden tomar con el futuro y en segundo lugar porque la ejecución de los otros tres procesos de trabajo (ejecución, evaluación e ingeniería) depende de una buena planificación.

### **CONTROL DE MANTENIMIENTO:**

Consiste en el conjunto de tareas o técnicas que identifican y analizan cualquier desviación de los resultados, tanto para la gestión del mantenimiento como del

desempeño real de un sistema de producción, frente a las metas operativas. El control es preventivo, se trata de prever para evitar las fallas o circunstancias que pueden afectar negativamente el resultado de cualquier proceso.

Los procedimientos deben revisarse, para garantizar la calidad del resultado final. Esta es una gran diferencia conceptual con respecto al control de calidad de los diferentes componentes.

### **EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO:**

Como procedimiento fundamental en la gestión del mantenimiento, la realización determina la disponibilidad en las maquinas e instalaciones para permitir y prolongar la duración de los componentes.

Desde esta perspectiva operacional, la realización contempla el conjunto de tareas que permite realizar con éxito las acciones de mantenimiento previamente planificadas y programadas. Para que este proceso deba concretarse debe ir de la mano como son la dirección y la coordinación.

### **EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO:**

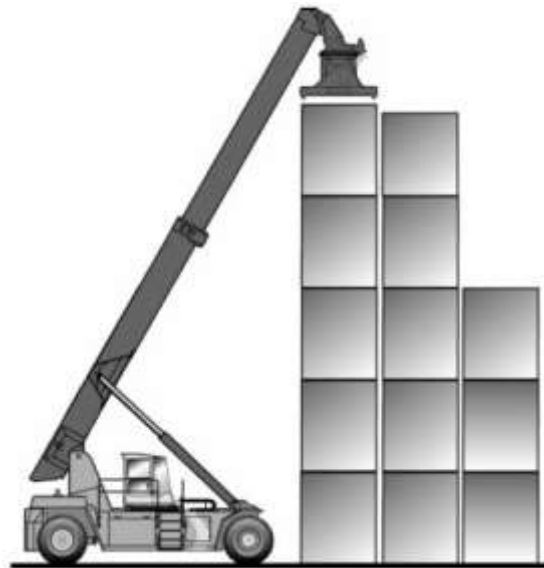
El control, la evaluación son procedimientos que se realizan al final del proceso de planificación, cuando los mecanismos de medición se establecen y continúan durante todo el proceso organizativo, lo que permite que sea una característica dinámica y continúa.

La evaluación y control es un conjunto de tareas que ayudan a verificar que un sistema, instalación u equipo estén operando de una forma que no pueda haber una desviación de lo planificado, algo que pueda variar en el operativo.



## GRUA PORTA CONTENEDOR (REACH STACKER)

El Reach Stacker está diseñado para manipular contenedores. Contenedores acordes con el standard ISO y con longitud de 20'y 40'pueden ser manipulados con el spreader de un equipamiento standard. Con un spreader opcional se pueden manipular contenedores de 30'y 35'.



### IDENTIFICACIÓN DEL MODELO

#### **CONSMASTER DRS4531-S5**

**D:** Diesel.

**R:** Reach Stacker.

**S:** Generación.

**45:** Capacidad de primera fila en Toneladas.

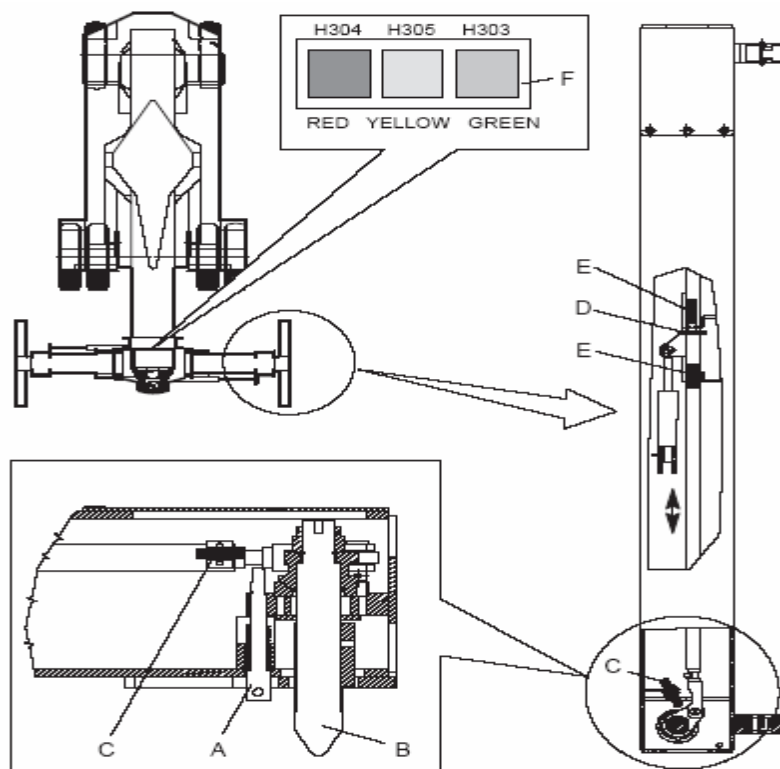
**31:** Capacidad de segunda fila en Toneladas.

**S:** TopLift incluido.

**5:** Cinco niveles.

## MANIPULACIÓN DE CONTENEDORES:

Realice el ajuste de longitud con los interruptores. Pulse el interruptor de extensión/retracción durante unos dos segundos y el dispositivo se ajustará automáticamente a la longitud predefinida del contenedor. Detenga la máquina en una posición, en la que el spreader se encuentre justo por encima del contenedor. Si fuera necesario, mueva la cabina para mejorar la visibilidad. Baje el spreader para que los twistlocks entren en los orificios de alineación de las esquinas superiores del contenedor. La función de sujeción del contenedor comienza automáticamente cuando el spreader se apoya sobre el contenedor.



## PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD:

- Limite su velocidad a las condiciones de seguridad.
- Siempre maneje lo suficientemente lejos a otros vehículos.
- Observe siempre las señales de altura libre.

- No maneje en la oscuridad sin luces. Reporte algún pasaje con baja luz a su superior.
- Asegúrese de parar totalmente cuando cambie de dirección de marcha.
- Realice un reporte detallado de alguna colisión incluyendo los daños causados para poder prevenir accidentes posteriores.
- Observe el peso de la máquina y el total con peso de carga. No conduzca sobre superficies que no tengan la capacidad suficiente de carga.
- Llene periódicamente el cuadro de mantenimiento.
- La máquina debe estar completamente parada cuando se realicen servicios de inspección.
- Apague el motor cuando llene combustible.
- Recuerde que el radiador es presurizado cuando el refrigerante está caliente.
- No abra el switch principal si la máquina está encendida.
- Está prohibido operar la máquina sin el cinturón de seguridad colocado.
- Nunca estacione la máquina en superficies inclinadas

Fuente: Manual Kalmar

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación.

Dependiendo del grado o alcance, la investigación seleccionada se identifica como un tipo de estudio denominada Aplicada porque se enfoca en la solución de problemas específicos. El objetivo fue reducir las averías de los equipos porta contenedores mediante un plan de mantenimiento predictivo; utilizando tablas de control, mediciones y hojas rutinarias.

Según el nivel de alcance es explicativa, porque se combinó los métodos analíticos y sintéticos en conjugación con el inductivo y deductivo; ya que se inició la investigación se estudió las posibles causas, el problema de forma individual e integral, partiendo del aprendizaje cognoscitivo.

Según el enfoque de investigación, se trata de una investigación cuantitativa, porque utilizamos un método empírico-analítico que utiliza estudios estadísticos para analizar los datos, que se aplica en otras empresas del mundo.

El diseño utilizado en el estudio corresponde a un pre-experimental, con diseño pre prueba-pos prueba con un solo grupo.

G1: O1 X O2

G1: Equipos porta contenedores.

O1: fallas antes del diseño.

X: Plan de mantenimiento predictivo.

O2: fallas después del diseño

#### 3.2 Variables, Operacionalización.

La variable de investigación independiente es “Implementación del plan de mantenimiento predictivo para los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA”.

La variable dependiente de investigación son las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población:

La población considerada en la investigación está conformada por los cinco equipos del almacén APM TERMINALS.

**CUADRO 01: NOMENCLATURA DE LOS EQUIPOS**

ITEM	NOMBRE DEL EQUIPO	MODELO	SERIE
1	S1	DRS 4531-S5	T34114.0410
2	C7	DRS 4531-S5	T34114.0221
3	C6	TEC 155H	S-K0-29240
4	G05	TFC 45H	45175159
5	GK01	DRF 450	T34113.1567

Fuente: APM TERMINALS

#### 3.3.2. Muestra:

Para elegir la muestra se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia ya que el equipo C7 presentaba más fallas frecuentes, la muestra se logró escoger con ayuda del encargado de mantenimiento.

**CUADRO 2: DATOS DEL EQUIPO**

DATOS DEL EQUIPO	
AÑO	2007
MODELO	DRS4531-S5
MARCA	KALMAR
Nº SERIE	T34114.0210

Fuente: APM TERMINALS

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

#### Técnica

La técnica que se utilizará para la investigación será la observación directa del trabajo realizado basado en los indicadores de mantenimiento de los equipos.

**CUADRO 03. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

<b>INDICADOR</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>Porcentaje de fallas</b>	Observación de trabajo	(ficha de reporte – Tabla N° 08 Y N° 09)
<b>Cumplimiento de técnicas ejecutadas</b>	Observación de trabajo	(ficha de reporte – tabla N° 04)
<b>Tiempo real trabajadas semanalmente</b>	Observación de trabajo	(ficha de reporte - anexo N° 04-A)

Fuente: Elaborado por el Autor

### **3.5. Procedimientos:**

- Desarrollar tácticas de mantenimiento a través del análisis de factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros, para realizar y gestionar los objetivos claves de mantenimiento que aseguren la disponibilidad y confiabilidad de la empresa ayudando a contribuir en la competitividad.
- Apreciar la información sobre los factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros por medio de un análisis de las políticas y condiciones de la empresa y el entorno para poder tomar una mejor decisión.
- Implementar el proyecto maestro de mantenimiento por medio de un establecimiento de políticas, métodos y procedimientos de mantenimiento para mejorar el rendimiento de los recursos y equipos utilizados.
- Optimizar las tareas del mantenimiento y los requisitos operativos del equipo utilizando métodos y herramientas confiables para mejorar la eficiencia general de los equipos y reducir los costos de mantenimiento para respaldar la sustentabilidad y competitividad de la empresa.
- Asegurar el perfecto funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones utilizando las mejores prácticas de mantenimiento para contribuir a la competitividad de la industria.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Para el análisis de datos se utilizarán técnicas estadísticas medir las metas a alcanzar, es decir, análisis cuantitativo donde se emplearan estadísticos como: disponibilidad, porcentaje de fallas, cumplimiento de técnicas de mantenimiento.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Para la elaboración del presente proyecto de investigación cuya finalidad era obtener buenos resultados se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones: Confidencialidad de toda la información recopilada a través de datos reales en campo, esto sólo nivel de individualización de los datos, pues los datos se presentan luego de manera general y veraces a lo largo de las pruebas realizadas en los equipos stacker.


Respeto por los derechos de autor, utilizando las normas APA 6ta edición en las citas y referencias.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Implementación de un plan de mantenimiento predictivo para reducir las fallas en los equipos porta contenedores.

**TABLA 02: PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO GRÚA PORTA CONTENEDOR**



■ ALTO  
■ MEDIO  
■ BAJO

I	ACTIVIDADES Y/O TÉCNICAS DEL MANTENIMIENTO A REALIZAR	CÓDIGO DE ACTIV. Y	HORAS DE ACTIVIDAD	Nº DE TÉCNICOS	ENERO	FEB.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	INSTRUMENTOS	CRITICIDAD										
1	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBAS HIDRAULICAS Y BLOQUES HIDRAULICOS	BIMESTRAL	5:00	2 TECN.													MANÓMETRO											
2	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BLOQUES, PAQUETES Y ACUMULADORES DE FRENO	MENSUAL	3:00	2 TECN.													MANÓMETRO											
3	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE SISTEMA TRANSMISIÓN (PAQUETES DE CAMBIOS)	MENSUAL	3:00	2 TECN.													MANÓMETRO											
4	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DEL MOTOR	MENSUAL	0:30	1 TECN.													MANÓMETRO											
5	EVALUACIÓN, CONTROL DE PH DEL REFRIGERANTE	MENSUAL	0:20	1 TECN.													PHMETRO											
6	CONTROL DE TEMPERATURA DEL MOTOR, TRANSMISIÓN, FRENO E HIDRAULICO	SEMANAL	1:00	1 TECN.													PIRÓMETRO											
7	CONTROL DE PRECARGA AXIAL Y RADIAL DE RODAMIENTOS MUÑONES Y BOCAMAZAS	SEMESTRAL	3:00	1 TECN.													DINAMÓMETRO											
8	CONTROL DE CARGA DE ALTERNADOR Y BATERIAS	SEMANAL	0:30	1 TECN.													MULTÍMETRO											
9	CONTROL DE ANALISIS DE ACEITE (SACAR MUESTRAS)	MENSUAL	2:00	1 TECN.													LABORATORIO SHELL											
10	EVALUACIÓN DE RAJADURAS	TRIMESTRAL	5:00	2 TECN.													TINTA PENETRANTE											
II	REPORTES DE FALLAS, MANTENIMIENTO, DISPONIBILIDAD	FRECUENCIA	FORMULA DE DISPONIBILIDAD APLICADA				FORMULA INTENSIDAD DE PROGRAMACIÓN DE MATTO				FORMULA DE INTENSIDAD DE LA FALLA				INSTRUMENTOS	META												
1	HORAS DE FALLAS	MENSUAL	$A_v = \frac{T_{cu} - D}{T_{cu}} \times 100 (\%)$				$W_p = \frac{T_p}{T_{cu}} \times 100 (\%)$				$W_f = \frac{T_f}{T_c} \times 100 (\%)$				CUADRO CONTABLE	100%												
2	HORAS DE MANTENIMIENTO	MENSUAL	$A_v = \text{Disponibilidad}$				$W_p = \text{Intensidad de la programación (\%)}$				$W_f = \text{Intensidad de la avería o falla (\%)}$																	
3	HORAS DE OPERACIÓN	MENSUAL															$T_{cu} = \text{Tiempo total de producción para un período (horas)}$				$T_p = \text{Tiempo utilizado en programar las tareas por período (horas)}$				$T_f = \text{Tiempo utilizado en tareas por falla por período (horas)}$			
4	DISPONIBILIDAD	MENSUAL																										

III	DESCRIPCIÓN DE ACCESORIOS A REPARAR Y/O REEMPLAZO	FRECUENCIA PARA REPARACIÓN	HORAS DE ACTIVIDAD	Nº DE TECNICOS	1000 Hrs	2000 Hrs	3000 Hrs	4000 Hrs	5000 Hrs	6000 Hrs	7000 Hrs	8000 Hrs	INSTRUMENTOS	CRITICIDAD
1	CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS	2000	4:00	2 TECN.		x							TABLA DE CONTROL Nº 3	
2	MANTENIMIENTO DEL TURBO	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
3	MANTENIMIENTO A INYECTORES DEL MOTOR	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
4	MANTENIMIENTO BOMBA DE COMBUSTIBLE	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
5	MANTENIMIENTO BOMBA DE AGUA	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
6	MANTENIMIENTO RADIADOR DEL MOTOR	6000	6:00	2 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
7	MANTENIMIENTO ARRANCADOR	2000	6:00	1 TECN.		x							TABLA DE CONTROL Nº 3	
8	MANTENIMIENTO ALTERNADOR	2000	6:00	1 TECN.		x							TABLA DE CONTROL Nº 3	
9	CAMBIO DE FAJA DEL MOTOR	6000	2:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
10	CAMBIO DE TEMPLADOR DE FAJA	6000	4:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
11	CAMBIO DE RODAMIENTO DE MASA VENTILADORA	6000	5:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
12	CAMBIO DE CRUCETAS DEL CARDAN	6000	5:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
13	MANTENIMIENTO A ENFRIADOR ACEITE TRANSMISIÓN	6000	6:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
14	CAMBIO DE ROTULAS Y PINES DE SISTEMA DE DIRECCIÓN	6000	6:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
15	MANTENIMIENTO A ENFRIADOR DE FRENO E HIDRAULICO	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
16	MANTENIMIENTO A MOTORES DE GIRO DE SPREADER	8000	8:00	1 TECN.								x	TABLA DE CONTROL Nº 3	
17	CAMBIO DE SENSORES PROXIMIDAD	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
18	CAMBIO DE ESPÁRRAGOS Y TUERCAS DE RUEDAS	6000	8:00	1 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 3	
IV	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A REPARAR (OVERHOL)	FRECUENCIA PARA REPARACIÓN	HORAS DE ACTIVIDAD	Nº DE TECNICOS	2000 Hrs	4000 Hrs	6000 Hrs	8000 Hrs	10000 Hrs	12000 Hrs	14000 Hrs	16000 Hrs	INSTRUMENTOS	CRITICIDAD
1	MOTOR QS M11 (MOTOR ELECTRÓNICO COMBUSTIÓN)	12000 Horas	32:00	2 TECN.						x			TABLA DE CONTROL Nº 12	
2	TRANSMISIÓN CLARK (SISTEMA DE CAJA AUTOMÁTICA)	16000 Horas	30:00	2 TECN.								x	TABLA DE CONTROL Nº 12	
3	DIFERENCIAL ROCWELL(SISTEMA DE CORONA Y ENGRANAJES)	8000 Horas	24:00	2 TECN.				x					TABLA DE CONTROL Nº 12	
4	MANDOS FINALES (SISTEMA DE FRENO)	8000 Horas	32:00	4 TECN.				x					TABLA DE CONTROL Nº 12	
5	DIRECCIÓN (SISTEMA DE BOCAMAZAS Y MUÑONES)	6000 Horas	24:00	2 TECN.			x						TABLA DE CONTROL Nº 12	
6	IMPLEMENTOS (SISTEMA GENERAL DE RÓTULAS, PINES DE ARTICULACIÓN)	10000 Horas	48:00	3 TECN.					x				TABLA DE CONTROL Nº 12	
7	HIDRAULICO (SISTEMA GENERAL BOMBAS, CILINDROS HIDRAULICOS)	10000 Horas	48:00	3 TECN.					x				TABLA DE CONTROL Nº 12	

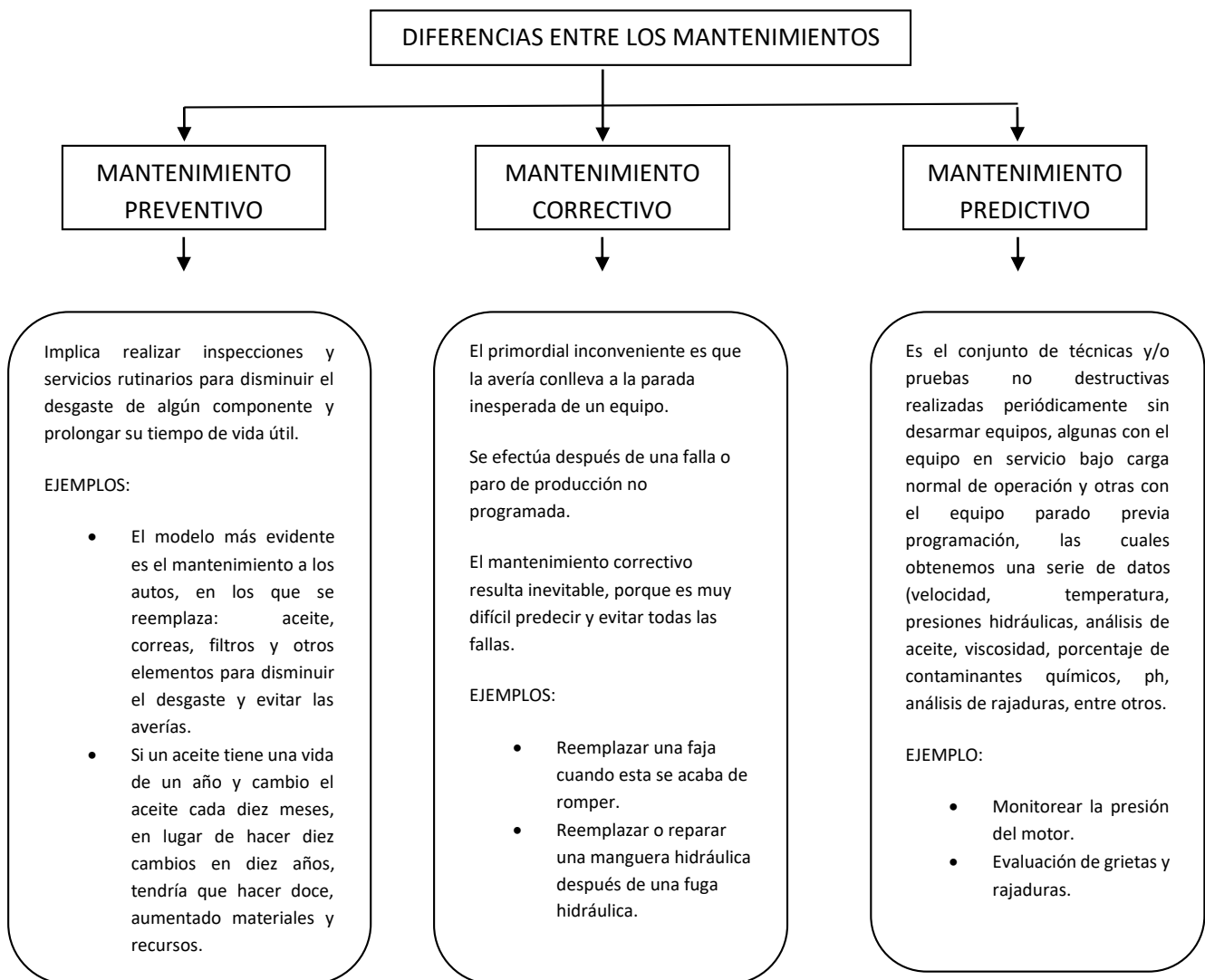
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1 PROCEDIMIENTO:

##### A) DIFERENCIAR EL TIPO DE MANTENIMIENTO APLICADO:

Se procedió a diferenciar los tipos de mantenimiento para poder tener un concepto claro del tipo de mantenimiento que se está aplicando a la maquinaria como se observa en el grafico 01.

#### GRÁFICO 01: ESQUEMA DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO Y DIFERENCIAS



Fuente: Elaborado por el autor

## B) INTERPRETACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PREDICTIVAS:

En el cuadro 04 se indica el procedimiento de interpretación de los parámetros de las actividades programadas del plan de mantenimiento predictivo

**CUADRO 04: FICHA TÉCNICA DE ACTIVIDADES PREDICTIVAS**

INTERPRETACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS COMPONENTES EN LOS EQUIPOS PORTA CONTENEDORES		
ACTIVIDAD	PRESIÓN (BAR)	INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS
EVALUAR PRESIÓN BOMBA PRINCIPAL DERECHA/ IZQUIERDA	MIN: 30 ; MAX: 215	La presión de la bomba debe estar en ralentí en 30 bar y en full 215 bar, si las presiones se encontraran por debajo del rango establecido se procederá a regular las presiones, si se regula las presiones y no varían se procederá a desmontar la bomba para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN BOMBA DE DIRECCIÓN	MIN: 30 ; MAX: 175	La presión de la bomba debe estar en ralentí en 30 bar y en full 175 bar, si las presiones se encontraran por debajo del rango establecido se procederá a regular las presiones, si se regula las presiones y no varían se procederá a desmontar la bomba para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN BOMBA DE SPREADER	120 - 125	La presión de la bomba debe estar entre los 120 y 125 bar, si las presiones hidráulicas no se encontraran en el rango establecido se procederá a regular los parámetros, si se regula las presiones y no varían se procederá a desmontar la bomba para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN BOMBA DE TRANSMISIÓN	17 - 19	La presión de la bomba debe estar entre los 17 y 19 bar, si las presiones hidráulicas no se encontraran en el rango establecido se procederá a desmontar la bomba para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN BOMBA DE FRENO	160 - 165	La presión de la bomba debe estar entre los 160 y 165 bar, si las presiones hidráulicas se encontraran por debajo del rango establecido se procederá a desmontar la bomba para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN ACUMULADORES DE FRENO	100	La presión de los acumuladores debe estar en 100 bar, si las presiones hidráulicas se encontraran por debajo del rango establecido se procederá a recargar los acumuladores y/o reemplazar el componente.
EVALUAR PRESIÓN BLOQUE SPREADER	120 - 125	La presión del bloque debe estar entre los 120 y 125 bar, si las presiones hidráulicas se encontraran por debajo del rango establecido se procederá a regular las presiones, si las presiones no varían se procederá a desmontar el bloque para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN VÁLVULA DE FRENO	160-165	La presión de la válvula debe estar entre los 160 y 165 bar, si las presiones hidráulicas encontraran por debajo del rango establecido se procederá a regular las presiones, si las presiones no varían se procederá a desmontar la válvula para mantenimiento y/o reemplazar.
EVALUAR PRESIÓN DEL MOTOR	1.2 - 1.6	La presión del motor debe estar entre 1,2 y 1,6, si la presión se encuentra por debajo del rango establecido se procederá a revisar el nivel de aceite del motor y/o evaluar la bomba del motor, si la presión se encuentra menos de 1.2 reportar al personal de mantenimiento para su reparación del motor.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS</b>
CONTROL TEMPERATURA MOTOR	80 - 90	La temperatura del motor debe estar entre 80 °c y 90°c, si la temperatura del motor se encontrara por encima del rango establecido se tiene que revisar nivel de aceite, refrigerante, bomba de agua, sensores, radiador y faja de ventilador, de lo contrario evaluar el motor.
CONTROL TEMPERATURA TRANSMISIÓN	60 - 80	La temperatura de transmisión debe estar entre 60°c y 80 °c ,si la temperatura se encontrara por encima del rango establecido se tiene que revisar nivel de aceite, enfriador y sensores, de lo contrario evaluar la transmisión
CONTROL TEMPERATURA FRENO	75 - 80	La temperatura de freno debe estar entre 75°c y 80 °c, si la temperatura se encontrara por encima del rango establecido se tiene que revisar nivel de aceite, ventiladores deben estar accionados, de lo contrario evaluar sistema freno.
TEMPERATURA SISTEMA HIDRAULICO	75 - 80	La temperatura de freno debe estar entre 75°c y 80 °c, si la temperatura se encontrara por encima del rango establecido se tiene que revisar nivel de aceite, ventiladores deben estar accionados, de lo contrario evaluar sistema hidráulico.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PH</b>	<b>INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS</b>
CONTROLAR PH DEL REFRIGERANTE	MIN: 8 ; MAX: 10	El ph del refrigerante debe estar entre 8 y 10 pH, si se encuentra por debajo o encima del rango se procederá a reemplazar el refrigerante
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PRECARGA (KG)</b>	<b>INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS</b>
CONTROLAR PRECARGA MUÑONES	MIN: 22 ; MAX: 26	La precarga de los rodamientos deben mantenerse en el rango establecido, si se encuentra fuera de rango se procederá a regular con laínas para calibrar precarga y/o evaluar los rodamientos.
CONTROLAR PRECARGA BOCA MASAS	MIN: 20 ; MAX 25	La precarga de los rodamientos deben mantenerse en el rango establecido, si se encuentra fuera de rango se procederá a regular con laínas para calibrar precarga y/o evaluar los rodamientos.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>VOLTAJE (VOLTIOS)</b>	<b>INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS</b>
CONTROL DE CARGA DE ALTERNADOR	26 - 27.27	si el rango se encuentra por debajo y/o encima de lo establecido se procederá a reparar el alternador
CONTROL DE CARGA DE BATERIAS	26 - 27.27	si el rango se encuentra por debajo y/o encima de lo establecido se procederá a reparar el alternador
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FISURAS</b>	<b>INDICACIONES DE LECTURA DE PARÁMETROS</b>
CONTROL DE RAJADURAS	GRIETAS,RAJADURAS	si al momento de aplicar tinta penetrante a la estructura a evaluar, se encontrara una línea color rojo se procederá a realizar reparación con soldadura

Fuente: Elaborado por el autor

### **C) SELECCIÓN DE MODOS DE FALLA Y CONSECUENCIA:**

Se tuvo que realizar una recopilación de datos de las fallas más frecuentes, desde las más simples a las más críticas de los equipos con el fin de determinar cuáles son los puntos más críticos que pueden originar una falla y las consecuencias de esto como se observa en el cuadro N°05.

<b>CUADRO 5: RELACIÓN DE FALLAS MAS FRECUENTES GRUAS PORTA CONTENEDORES</b>		
<b>SISTEMA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA FALLA</b>	<b>CONSECUENCIA</b>
<b>MOTOR</b>	Fuga de refrigerante por manguera rota de radiador	Exceso de temperatura en el motor
	Faja de motor rota	Exceso de temperatura en el motor
	Ventilador fuera de su base por pernos rotos	Exceso de temperatura en el motor
	Alternador no genera	Equipo se bloquea
	Arrancador arrastra	Equipo no enciende
	Inyectores en mal estado	Pérdida de potencia en el motor
	bomba combustible no inyecta	Equipo no enciende
Fuga de refrigerante por bomba de agua	Exceso de temperatura en el motor	
<b>TRANSMISIÓN</b>	Fuga de aceite por mangueras hidráulicas	Pérdida de aceite en el sistema
	bomba hidráulica no tiene presión	Movimientos hidráulicos lentos
	Bobinas de bloque no magnetizan	Equipo se bloquea
	Sensor de revoluciones malogrado	No tienes marchas automáticas
	Palanca selectora de marchas malograda	Equipo se bloquea
	sensor de presión y temperatura malogrados	Alarma en el equipo
<b>SISTEMA HIDRAULICO</b>	Fuga de aceite por mangueras hidráulicas	Pérdida de aceite en el sistema
	Bombas hidráulicas no tienen presión	Equipo no tiene movimientos hidráulicos
	Fuga de aceite por bloques hidráulicos	Pérdida de aceite en el sistema
	Fuga de aceite por conexiones hidráulicas	Pérdida de aceite en el sistema
	Cilindros hidráulicos no accionan	Equipo no tiene movimientos hidráulicos
<b>SPREADER</b>	Bakelitas rotas	Rozamiento y desgaste de estructura
	Sonido extraño en rotulas y pines	Agarrotamiento en alojamientos
	Fuga de aceite por cilindros de 20-40	Pérdida de aceite en el sistema
	Bloqueo de spreader	Equipo no tiene movimientos
	Rajaduras	Desprendimiento del contenedor
	Twist lock y articulaciones rotas	Desprendimiento del contenedor

BOOM	Ruido extraño en rotulas y pines	Agarrotamiento en alojamientos
	Rajaduras	Desprendimiento del contenedor
SISTEMA DIRECCIÓN	Rotulas y pines deteriorados	Agarrotamiento en alojamientos
	Fuga de aceite por cilindro dirección	Pérdida de aceite en el sistema
	Rodamientos rotos de muñones	Deformación de estructura
	Rodamientos rotos de boca mazas	Deformación de estructura
	Rotulas de puente pivote rotos	Deformación de estructura
SISTEMA ELÉCTRICO CONTROL	Módulo A81 quemado	Equipo se bloquea
	Módulo A82 quemado	Equipo se bloquea
	Módulo A83 quemado	Equipo se bloquea
	Modulo A 84 quemado	Equipo se bloquea
	Displaye quemado	Equipo se bloquea
	Sensor longitud roto (estabilidad 02)	Equipo se bloquea
	Sensor ángulo roto (estabilidad 02)	Equipo se bloquea
	Sensor estabilidad 01 malogrado	Equipo se bloquea
	Sensores inductivos quemados	Equipo se bloquea
SISTEMA DE FRENOS	Problema en sistema frenado	Accidente personal, equipos
	Recalentamiento	Deterioro de sellos naranja de paquetes
	Baja presión freno	Equipo se bloquea
	Ventiladores en corto	Exceso de temperatura
	Válvulas check en mal estado	Equipo se bloquea
	Bomba de freno presenta presión baja	Equipo se bloquea
	Sistema parqueo no acciona	Accidente personal, equipos
	pastillas con desgaste	Sistema freno largo

Fuente: Elaborado por el autor

#### D) CONTROL DE HORAS DE TRABAJO DE COMPONENTES Y SISTEMAS CRÍTICOS:

Después de haber recopilado los datos de las fallas más frecuentes se tuvo que realizar un formato el cual nos indica el tiempo estimado en el que se van a reemplazar los componentes de cada sistema como se observa en la tabla N° 03, esto nos va ayudar a tener un mejor control de las horas de trabajo de cada componente y ser reemplazarlos antes de que el equipo falle, nos va ayudar a que los repuestos se encuentren en el tiempo estimado y así no prolongar los tiempos de parada de los equipos.

Cada componente tiene designado un valor de horas de reparación y/o reemplazo de 2000, 6000, 8000 horas.



**TABLA 03: CONTROL DE HORAS DE TRABAJO DE COMPONENTES**

T34114.0221 / KALMAR C7 / APM TERMINALS				INGRESAR HORÓMETRO ACTUAL		CÓDIGO 1-A			
Sistema	Descripción del Servicio	Intervalo	Horómetro Actual	Último Servicio	Fecha	Próximo Servicio	Conteo Horas	Criticidad	R/S
MOTOR	Calibración de válvulas	2000	0			2000	2000	Ok	
	Mantenimiento de turbo	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento de inyectores del motor	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento de bomba de combustible	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento de bomba de agua	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento de radiador de motor	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento de arrancador	2000	0			2000	2000	Ok	
	Mantenimiento de alternador	2000	0			2000	2000	Ok	
	Cambio de faja de ventilador y/o accesorios	6000	0			6000	6000	Ok	
	Cambio de templador de faja	6000	0			6000	6000	Ok	
	Cambio de rodamiento de masa ventiladora	6000	0			6000	6000	Ok	
TRANSMISIÓN	Cambio de crucetas de cardan	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento enfriador	6000	0			6000	6000	Ok	
	Cambio de rótulas y pines de sistema de dirección	6000	0			6000	6000	Ok	
IMPLEMENTOS	Mantenimiento enfriador de freno	6000	0			6000	6000	Ok	
	Mantenimiento a motores de giro	8000	0			8000	8000	Ok	
	Cambio de sensores de spreader	6000	0			6000	6000	Ok	
	Cambio de espárragos y tuercas de ruedas	6000	0			6000	6000	Ok	






Fuente: Elaborado por el autor

**E) SELECCIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO APLICADAS, CRITERIOS DE SELECCIÓN DE CRITICIDAD:**

En el cuadro N° 07 se contempla varias de estas tareas que se realizaron desde el inicio del proyecto y otras que se agregaron a medida que los costos y el tiempo lo fueron permitiendo. La elección se realiza en función de la cantidad de que aplican unos u otros, por ejemplo: el análisis de lubricantes se está aplicando a todos los equipos de la empresa APM TERMINALS. Se decidió incluirlos en el análisis para facilitar un mejor control del estado de desgaste de los componentes. Las técnicas aplicadas en este proyecto nos ayudan a realizar seguimiento constante a los diferentes sistemas del equipo, cuyo objetivo es tener el equipo en mejores condiciones.

Las frecuencias de cada actividad se distinguen por colores como se observa en el cuadro N° 06.

**CUADRO 06: FRECUENCIAS DE PROGRAMACIÓN DE TÉCNICAS APLICADAS**

FRECUENCIA DE PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES									
	<b>SEMANAL</b>		<b>MENSUAL</b>		<b>BIMESTRAL</b>		<b>TRIMESTRAL</b>		<b>SEMESTRAL</b>

Fuente: Elaboración propia

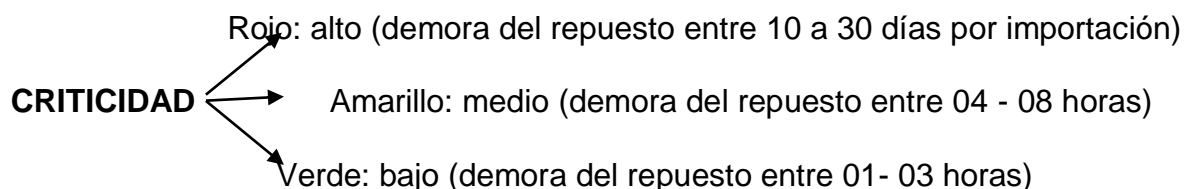
**CUADRO 07: PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	FRECUENCIA
1	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA PRINCIPAL DERECHA	MANÓMETRO	BIMESTRAL
2	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA PRINCIPAL IZQUIERDA	MANÓMETRO	BIMESTRAL
3	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA DE SISTEMA DIRECCIÓN	MANÓMETRO	BIMESTRAL
4	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA DE FRENO	MANÓMETRO	MENSUAL
5	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE ACUMULADORES	MANÓMETRO	MENSUAL
6	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA DE SPREADER	MANÓMETRO	MENSUAL
7	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE BOMBA TRANSMISIÓN	MANÓMETRO	MENSUAL

8	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE FORWARD	MANÓMETRO	MENSUAL
9	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE REVER	MANÓMETRO	MENSUAL
10	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE PRIMERA	MANÓMETRO	MENSUAL
11	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE SEGUNDA	MANÓMETRO	MENSUAL
12	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE TERCERA	MANÓMETRO	MENSUAL
13	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE PAQUETE DE CUARTA	MANÓMETRO	MENSUAL
14	EVALUACIÓN DE TEMPERATURA DE TRANSMISIÓN	PIRÓMETRO	SEMANTAL
15	EVALUACIÓN DE PRESIÓN DE MOTOR	MANÓMETRO	MENSUAL
16	EVALUACIÓN DE PH DE REFRIGERANTE DEL MOTOR	PHMETRO	MENSUAL
17	EVALUACIÓN DE TEMPERATURA DEL MOTOR	PIRÓMETRO	SEMANTAL
18	EVALUACIÓN DE TEMPERATURA SISTEMA FRENO	PIRÓMETRO	SEMANTAL
19	EVALUACIÓN DE TEMPERATURA DE SISTEMA HIDRAULICO	PIRÓMETRO	SEMANTAL
20	EVALUACIÓN DE PRECARGA AXIAL Y RADIAL DE MUÑONES Y BOCAMASAS	ROMANA DIGITAL	SEMESTRAL
21	EVALUACIÓN DE RAJADURAS DE SPREADER	TINTA PENETRANTE	TRIMESTRAL
22	EVALUACIÓN DE RAJADURAS DE BOOM	TINTA PENETRANTE	TRIMESTRAL
23	EVALUACIÓN DE RAJADURAS CHASIS	TINTA PENETRANTE	TRIMESTRAL
24	EVALUACIÓN DE CARGA DE ALTERNADOR	MULTÍMETRO	SEMANTAL
25	EVALUACIÓN DE CARGA DE BATERIA	MULTÍMETRO	SEMANTAL
26	TOMA DE MUESTRA DE ACEITE POR CADA MANTENIMIENTO	LABORATORIO	MENSUAL

Fuente: Elaboración propia

La selección de criticidad de las actividades de mantenimiento se hizo por colores, el cual cada color tiene un valor de impacto operacional como se detalla:



## F) INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO:

**PHMETRO:**

El pH-metro es un sensor (detector) empleado en el método electroquímico para comprobar el pH de una disolución. La determinación de pH se basa en determinar el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones.

**TINTA PENETRANTE:**

El procedimiento de los líquidos penetrantes es uno de los ensayos no destructivos que se usan ahora en la industria. Su versatilidad y facilidad al momento de aplicar, hacen esta práctica, una de las favoritas de muchas empresas. Además, cuando se usan de una forma correcta, los líquidos penetrantes nos ayudan a encontrar una gran variedad de rajaduras como poros, hoyos, grietas, fisuras ocasionadas por fatiga del material, sobre esfuerzos térmicos y por la brisa del clima.

**MANÓMETRO:**

Es un dispositivo utilizado para medir la presión de los diferentes tipos de fluidos que pueden estar en un sistema cerrado. Se diferencian en dos clases:

- a. Para medir la presión de líquidos.
- b. Para medir la presión en los gases.

**PIRÓMETRO:**

Es una herramienta que se utiliza para medir la temperatura de cualquier sustancia, sin la necesidad de estar en contacto con ella. En conclusión, se suele aplicar a sistemas capaces de medir temperaturas superiores a los 600 grados Celsius.

**DINAMÓMETRO DIGITAL:**

Es una herramienta que permite medir el peso de un cuerpo o realizar la medición de una fuerza, el cual consta de un muelle con una determinada calibración.

**MULTÍMETRO:**

Es un dispositivo electrónico de medida que generalmente sirve para medir el voltaje, resistencia y corriente.

El cual nos permite comprobar el buen funcionamiento de los elementos y circuitos electrónicos.

### **ANALISIS DE ACEITE:**


En este caso se envían las muestras de aceite al laboratorio Shell para poder evaluar los contaminantes el cual se analizan por los distintos sistemas del equipo.

Fuente: <http://www.buenastareas.com>

### G) ELABORACIÓN DE CUADRO DE MANTENIMIENTO APLICADO POST TEST:

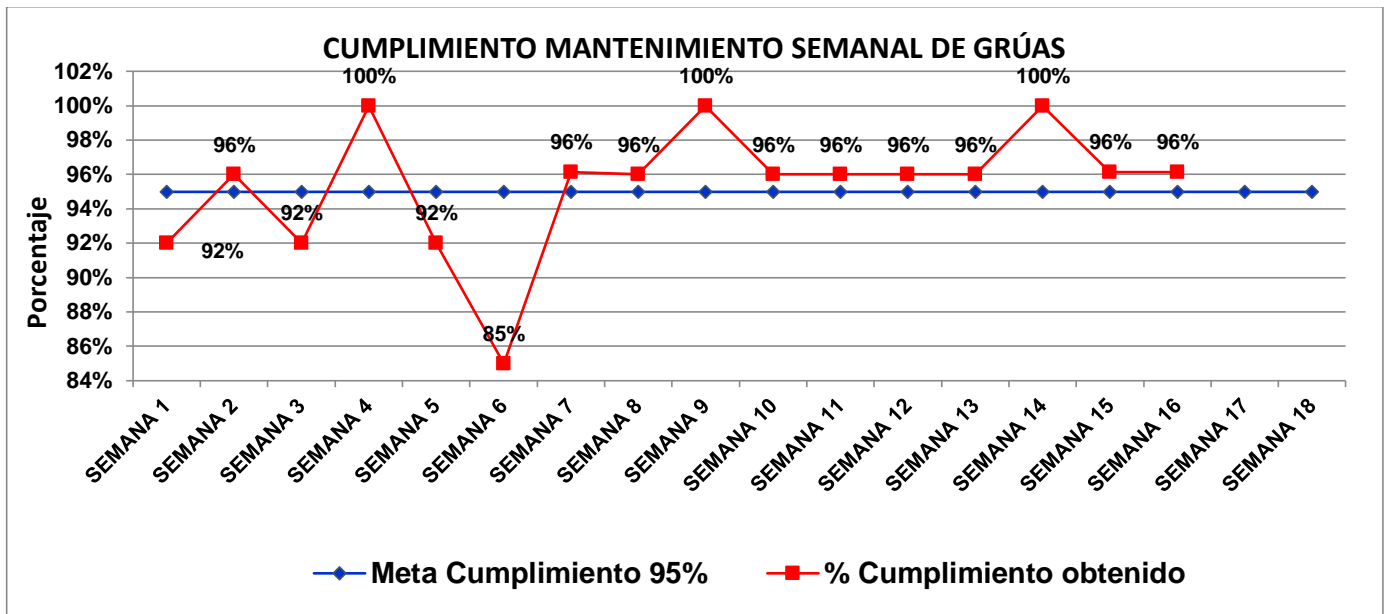
Después de la aplicación del mantenimiento predictivo se logró realizar un control de las actividades de mantenimiento cuya meta es 95% como se observa en la tabla N° 04, los resultados antes del mantenimiento no se pueden mostrar ya que no había actividades de mantenimiento programadas.

**TABLA 04: FICHA DE REPORTE DEL CUMPLIMIENTO DE TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO AÑO 2015**

		CUMPLIMIENTO MANTENIMIENTO 2015	
		MAQUINA C7	TOTAL CUMPLIMIENTO
SEMANA 1	ACT. PROGRAMADAS	26	92,31%
	ACT. EJECUTADAS	24	
SEMANA 2	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 3	ACT. PROGRAMADAS	26	92,31%
	ACT. EJECUTADAS	24	
SEMANA 4	ACT. PROGRAMADAS	26	100,00%
	ACT. EJECUTADAS	26	
SEMANA 5	ACT. PROGRAMADAS	26	92,31%
	ACT. EJECUTADAS	24	
SEMANA 6	ACT. PROGRAMADAS	26	84,62%
	ACT. EJECUTADAS	22	
SEMANA 7	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 8	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 9	ACT. PROGRAMADAS	26	100,00%
	ACT. EJECUTADAS	26	
SEMANA 10	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 11	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 12	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 13	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 14	ACT. PROGRAMADAS	26	100,00%
	ACT. EJECUTADAS	26	
SEMANA 15	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	
SEMANA 16	ACT. PROGRAMADAS	26	96,15%
	ACT. EJECUTADAS	25	

Fuente: Elaboración Propia

**GRÁFICO 02: RESULTADO DE CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO**



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 04 y gráfico 02, en la semana 1, 3, 5 y 6 no se logró cumplir con las inspecciones predictivas (no se llegó a la meta = 95%) de los equipos debido a que los equipos no tuvieron mucho tiempo en el taller.

Se coordinó con el personal de mantenimiento y operaciones que el equipo iba a realizar despachos, por lo tanto, se programó para la próxima semana para realizar las actividades programadas.

**H) ELABORACIÓN DE CUADROS DE DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS EQUIPOS PORTA CONTENEDORES:**

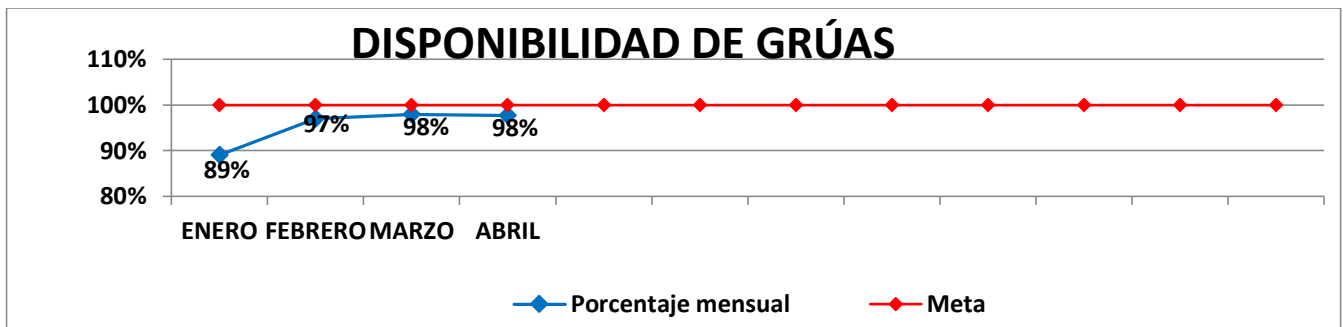
**RESULTADO PRE TEST**

En este indicador determino que en el año 2014 la disponibilidad mecánica de los equipos estaba por debajo del 100%, el cual las máquinas presentaban constantes fallas y paradas inesperadas como se observa en la tabla 05 y gráfico 03.

<b>TABLA 05: INDICADOR DE DISPONIBILIDAD GRUA PORTA CONTENEDOR C7 AÑO 2014</b>						
MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS DE PARADA DE EQUIPO POR FALLA	HORAS DE MANTENIMIENTO	PORCENTAJE DE FALLA	PORCENTAJE DE HORAS DE MANTENIMIENTO	CUMPLIMIENTO
ENERO	293	32	40	11%	13,65%	89%
FEBRERO	325	10	30	3%	9,23%	97%
MARZO	288	6	32	2%	11,11%	98%
ABRIL	219	5	25	2%	11,42%	98%
<b>PROMEDIO</b>					<b>11,35%</b>	<b>95%</b>

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 03: RESULTADO DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD GRÚA C7**



Fuente: Elaboración propia

}



## RESULTADO POST TEST

Después de la aplicación del plan de mantenimiento predictivo, los resultados de disponibilidad mecánica mejoraron radicalmente en los meses enero, marzo y abril de los equipos.

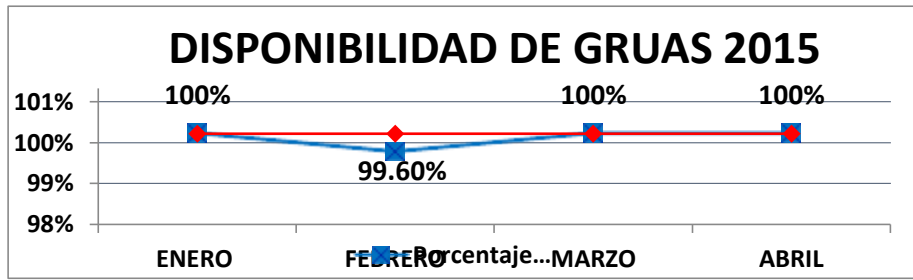
Este indicador consiste en reportar las horas de parada de los equipos por fallas, horas trabajadas de producción, horas de mantenimiento, este plan nos ayuda a evaluar las causas de baja de disponibilidad para poder corregirla en los próximos mantenimientos.

Como se puede observar en la tabla 06 en el mes de febrero del año 2015 no se pudo llegar a la meta ya que el equipo presento una fuga de aceite por una de las mangueras del sistema hidráulico el cual estuvo inoperativa por una hora, en la actualidad se están reemplazando y protegiendo ante un rozamiento las mangueras hidráulicas con el fin que el equipo esté disponible el 100%.

TABLA 06: INDICADOR DE DISPONIBILIDAD GRUA PORTA CONTENEDOR C7 AÑO 2015						
MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS DE PARADA DE EQUIPO POR FALLA	HORAS DE MANTENIMIENTO	PORCENTAJE DE FALLA	PORCENTAJE DE HORAS DE MANTENIMIENTO	CUMPLIMIENTO
ENERO	479	0	40	0%	8.35%	100.0%
FEBREO	278	1	30	0.36%	10.79%	99.6%
MARZO	327	0	32	0%	9.79%	100.0%
ABRIL	288	0	25	0%	8.68%	100.0%
PROMEDIO					9.40%	99.9%

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 04: RESULTADO DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD GRUA C7 2015**



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 07 indica los resultados obtenidos de la tabla N° 05 y 06 el cual indica que el 95% de disponibilidad antes del mantenimiento desde el mes de enero hasta abril comparado con el mes de enero hasta abril del 2015 se obtuvo una mejora de 2,9%.

**TABLA 07: RESULTADOS DE DISPONIBILIDAD GRÚA C7**

<b>ANTES DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>DESPUES DEL MANTENIMIENTO</b>	
CUMPLIMIENTO DISPONIBILIDAD ENERO-ABRIL 2014	CUMPLIMIENTO DISPONIBILIDAD ENERO-ABRIL 2015	MEJORA
95%	99.9%	4.9%

Fuente: Elaborado por el autor

En el año 2014 como se observa en la tabla 05 de disponibilidad de equipos no se cumplió llegar a la meta de disponibilidad el cual es el 100%, la recopilación de datos que se hizo con el personal de mantenimiento nos da a conocer que no hay un plan de mantenimiento basado en mejorar su rendimiento del equipo ya que las fallas son una constante para que el rendimiento de los equipos este por debajo del 100%.

Como resultado se obtuvo que los equipos en el año 2014, las horas de mantenimiento que se les brinda es apto para que los equipos no presenten consecuentes fallas, se llegó a conocer que el principal problema estaba basado en no llevar un mejor control de mantenimiento, el no haber técnicas aplicadas de monitoreo de los diferentes sistemas cuya finalidad mejoran el rendimiento de la máquina.

## I) ELABORACIÓN DE CUADROS DE CONTROL DE HORAS DE FALLA:

### RESULTADO PRE TEST

En este indicador se determinó que las fallas en los equipos en el año 2014 cuando todavía no se implementaba el plan de mantenimiento las fallas eran constantes teniendo como mínimo una hora de parada de equipo y como máximo treinta y dos horas de inoperatividad el cual perjudicaba su disponibilidad como se observa en la tabla 08.

**TABLA 08: FICHA REPORTE DEL RESULTADO DE PORCENTAJE DE FALLAS EN LOS EQUIPOS AÑO 2014**

<b>CONTROL DE PORCENTAJE DE FALLAS EN LOS EQUIPOS AÑO 2014</b>			
<b>MES</b>	<b>HORAS TRABAJADAS</b>	<b>HORAS DE PARADA DE EQUIPO POR FALLA</b>	<b>PORCENTAJE DE FALLA</b>
ENERO	293	32	11%
FEBRERO	325	10	3%
MARZO	288	6	2%
ABRIL	219	5	2%

Fuente: elaborado por el autor

### RESULTADO POST TEST

Después de aplicar el plan de mantenimiento predictivo los resultados cambiaron radicalmente como se observa en la tabla 09, las horas de falla se redujeron y el porcentaje de falla resultó favorable.

**TABLA 09: FICHA DE REPORTE DEL RESULTADO DE PORCENTAJE DE FALLAS EN LOS EQUIPOS AÑO 2014**

<b>CONTROL DE PORCENTAJE DE FALLAS EN LOS EQUIPOS AÑO 2015</b>			
<b>MES</b>	<b>HORAS TRABAJADAS</b>	<b>HORAS DE PARADA DE EQUIPO POR FALLA</b>	<b>PORCENTAJE DE FALLA</b>
ENERO	479	0	0,00%
FEBREO	278	1	0,36%
MARZO	327	0	0,00%
ABRIL	288	0	0,00%

Fuente: Elaborado por el autor

**J) TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS EN LOS EQUIPOS PORTA CONTENEDORES:**

Este formato medirá los indicadores periodo operacional y número de fallas con el fin de determinar el tiempo medio entre fallas, para ello se requerirá de información acerca del tiempo de operación antes y después del mantenimiento, el número de veces que han fallado las máquinas.

El objetivo de determinar este indicador es incrementar el tiempo de operación de la máquina, para ello se desarrolló el formato antes de poner en práctica el mantenimiento predictivo, los resultados pre test fueron los siguientes:

## RESULTADO PRE TEST

**TABLA 10: PRE TEST TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS**

<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO OPERACIÓN /MESES</b>	<b>Nº DE FALLAS</b>	<b>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS</b>
<b>C7</b>	<b>04</b>	<b>04</b>	<b>01</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Los resultados obtenidos en el tiempo medio entre fallas resultan de la división del tiempo de operación del equipo con el número de fallas dadas durante el año de operación.

Estos resultados reflejan que el equipo C7 solo tiene un mes en promedio que ha operado sin ninguna falla.

## RESULTADO POST TEST

**TABLA 11: POST TEST TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS**

<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO OPERACIÓN /MESES</b>	<b>Nº DE FALLAS</b>	<b>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS</b>
<b>C7</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Los resultados obtenidos la tabla 11 nos muestran que el tiempo promedio que ha operado el equipo C7 sin ninguna falla ha sido cuatro meses.

## **K) CONTROL DE RENDIMIENTO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO:**

La eficiencia del equipo de elevación se determina mediante una combinación de velocidad de elevación, capacidad, visibilidad y de fácil operación.

La función subida de los pistones hidráulicos ocasiona un mayor esfuerzo al motor y al sistema hidráulico, pero el sistema de subida en los pistones de elevación es sólo una parte del sistema de la máquina.

Antes de poner la máquina en posición de carga o descarga, se necesita un control sofisticado y con un pequeño radio de giro, frenos precisos. Naturalmente el equipo o la maquina debe operar en óptimas condiciones.

### **Transmisión**

La caja proporciona la potencia desde el motor a las bombas hidráulicas y al eje delantero

Por lo tanto el motor y la caja trabajan acoplados para encontrar el equilibrio óptimo entre potencia y economía de combustible durante su operación.

La caja o transmisión está constituido por un convertidor de par y una caja de cambios. Se utiliza la misma transmisión cualquiera que sea el motor elegido. El cambio es automático, pero se puede operar parcialmente de forma manual.

El convertidor de par es componente hidráulico ubicado entre el motor y la caja de cambios.

La caja de cambios y el convertidor de par funcionan juntos gracias a un sistema de activación hidráulica.

### **Frenos**

El sistema de frenos es un sistema aparte con relación al sistema hidráulico del equipo y tiene su propio tanque, enfriador y filtro de alta presión. Un sensor de temperatura en el tanque, trabaja con un ventilador para su enfriamiento.

El pedal de freno es accionada con una válvula, controlado del aceite que alimenta los frenos, es lo suficientemente fácil de manipular como para que permita que el operador frene de manera fácil y suave al mismo tiempo. El freno de parqueo es accionado con un interruptor eléctrico.

## **Tren de tracción**

El eje delantero y el eje motriz transmiten la potencia desde el diferencial a las ruedas motrices. El soporte de este eje propulsor va fijo con bridas para conseguir la máxima durabilidad.

El eje delantero disminuye la marcha en dos etapas, en la corona y en los cubos delanteros donde van los neumáticos. El motor sólo alcanza su par máximo en las ruedas motrices, lo que disminuye el desgaste en la transmisión.

## **El motor**

El motor transmite la potencia necesaria para la tracción y sistema hidráulico. El motor es un Turbo diesel de bajas emisiones con inyectores e intercoolers. El diseño de las cámaras de combustión, junto con un control de inyección de combustible de alta precisión, garantiza una combustión más eficiente. Se reducen las emisiones de escape y aumentan el par y la potencia.

El enfriador del motor y de la transmisión es una unidad única que utiliza el mismo ventilador.

Las cámaras de expansión independientes del enfriador del motor están equipadas con un sensor de nivel que indica cuando el nivel de refrigerante se encuentra por debajo del nivel.

Si la temperatura del motor se eleva o la presión del aceite es demasiado baja, se reducirá la potencia del motor. Si la presión del aceite cae por debajo de cierto nivel, el suministro de combustible al motor se apagará de inmediato.

Para poder obtener un rendimiento eficaz de la máquina se diseñó un plan de mantenimiento el cual consiste en registrar el horómetro del último servicio que se realizó a los diferentes sistemas del equipo, el objetivo del plan de mantenimiento es dar un aviso cuando el componente esté por reparar como se observa en la tabla 12.



**TABLA 12: CONTROL DE HORAS DE REPARACIÓN GENERAL POR SISTEMA**

VIDA ÚTIL COMPONENTES			← INGRESAR HORÓMETRO ACTUAL				
Equipo	Descripción del Servicio	Horómetro Actual	Último Servicio	Fecha	Próximo Servicio	Conteo Horas	Criticidad
C7	Motor	9661	9661	13/06/2015	21661	12000	Ok
	Transmisión	9661	1661	23/08/2013	17661	8000	Ok
	Diferencial	9661	7581	12/11/2014	15581	5920	Ok
	Mandos finales	9661	7581	12/11/2014	15581	5920	Ok
	Dirección	9661	7560	10/11/2014	13560	3899	Ok
	Implementos	9661	1581	18/07/2013	11581	1920	Ok
	Hidráulico	9661	23	05/01/2013	10023	362	Programar

Fuente: Elaborado por el autor

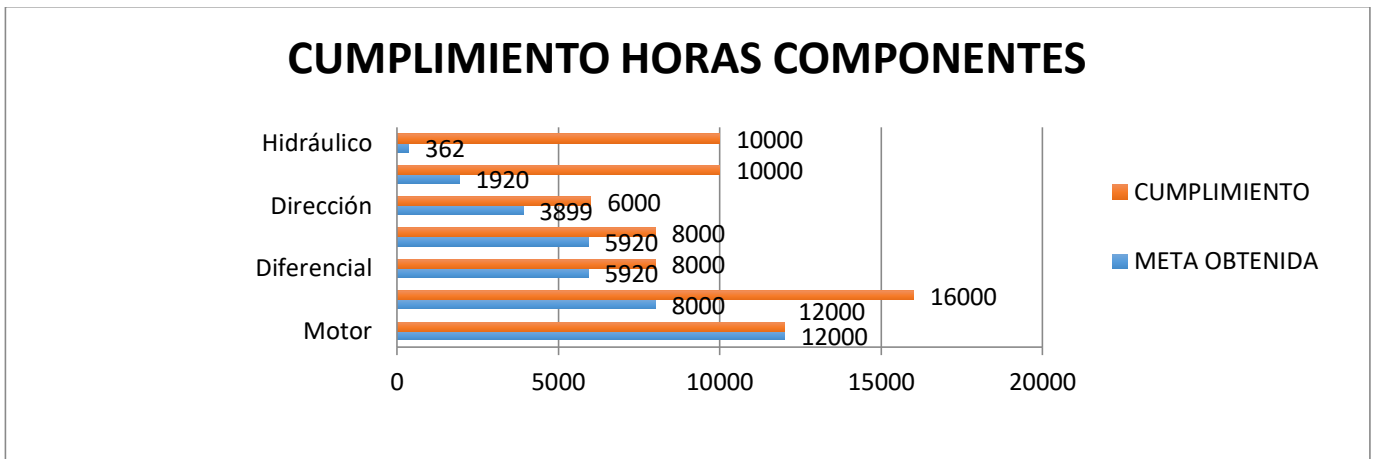
**TABLA 13: FRECUENCIA DE REPARACIÓN POR SISTEMA**

SISTEMA	META TRAZADA
Motor	12000
Transmisión	16000
Diferencial	8000
Mandos finales	8000
Dirección	6000
Implementos	10000
Hidráulico	10000

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 05 se muestra el cumplimiento del control de reparación por sistema del equipo, la finalidad de este plan de mantenimiento es poder mantener el estado de la máquina en óptimas condiciones al momento de la carga y descarga de contenedores

**GRÁFICO 05: COMPARATIVOS DE HORAS DE TRABAJO POR SISTEMA**



Fuente: Elaboración propia

**TABLA 14: DATOS GENERALES DE RENDIMIENTO EFICAZ DEL EQUIPO C7**

RENDIMIENTO DEL EQUIPO						
RENDIMIENTO	Velocidad de elevación (m/s)		Velocidad de descenso (m/s)		Velocidad de desplazamiento (km/h)	
	en vacío	carga nominal	en vacío	carga nominal	en vacío	carga nominal
C7	0,37	0,29	0,40	0,30	25	22

Fuente: Manual Kalmar

Como se observa en la tabla 14 y 15 se indican los parámetros de rendimiento del equipo, el cual se realizará un control de acuerdo a las frecuencias establecidas por el fabricante.

**TABLA 15: PARÁMETROS DE RENDIMIENTO DEL EQUIPO POR SISTEMAS**

<b>PARÁMETROS DE RENDIMIENTO DEL EQUIPO POR SISTEMA</b>			
<b>MOTOR</b>		<b>TEMPERATURA</b>	<b>PRESIÓN</b>
		80°C-90°C	1.2-1.6 BAR
<b>RPM</b>			
800 RPM MIN /2100 RPM MAX.			
<b>TRANSMISIÓN</b>		<b>TEMPERATURA</b>	<b>PRESIÓN</b>
<b>TRANSMISI</b>	<b>BOMBA PRINCIPAL</b>	60°C-80°C	17-19 BAR
	<b>PAQUETE FORWARD</b>		17-19 BAR
	<b>PAQUETE REVER</b>		17-19 BAR
	<b>PAQUETE 1RA,2DA,3RA Y 4TA</b>		17-19 BAR
<b>DESPLAZAMIENTO</b>			
22-25KM/H			
<b>HIDRAULICO</b>		<b>TEMPERATURA</b>	<b>PRESIÓN MAXIMA</b>
<b>HIDRAULICO</b>	<b>BOMBA PRINCIPAL DERECHA</b>	75°C-80°C	210-215 BAR
	<b>BOMBA PRINCIPAL IZQUIERDA</b>		210-215 BAR
	<b>BOMBA DIRECCIÓN</b>		175-BAR
	<b>BOMBA SPREADER</b>		125-130 BAR
<b>PRESIÓN RALENTI</b>			
30 BAR			
30 BAR			
30 BAR			
X			
<b>FRENO</b>		<b>TEMPERATURA</b>	<b>PRESIÓN</b>
<b>FRENO</b>	<b>BOMBA</b>	70°C-80°C	160-165 BAR
	<b>PAQUETES</b>		160-165 BAR
	<b>ACUMULADORES</b>		100 BAR
<b>CORONA</b>		<b>JUEGO MÍNIMO</b>	<b>JUEGO MÁXIMO</b>
<b>JUEGO PIÑÓN ATAQUE</b>		0,20MM	0,25MM
<b>MUÑONES Y BOCA MASAS</b>		<b>PRECARGA MÍNIMA</b>	<b>PRECARGA MAXIMA</b>
<b>PRECARGA AXIAL</b>		22 KG	26KG
<b>PRECARGA RADIAL</b>		20 KG	25 KG

Fuente: Manual Kalmar

### 3.2. Prueba de Hipótesis para reducir las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita.

H1: Mediante la aplicación de un plan de mantenimiento predictivo se podrá reducir las fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita.

#### Interpretación de resultados:

Con la aplicación del plan de mantenimiento predictivo las fallas se redujeron en 0,36%.

Antes del mantenimiento las fallas dieron un resultado de 18% en el año 2014.

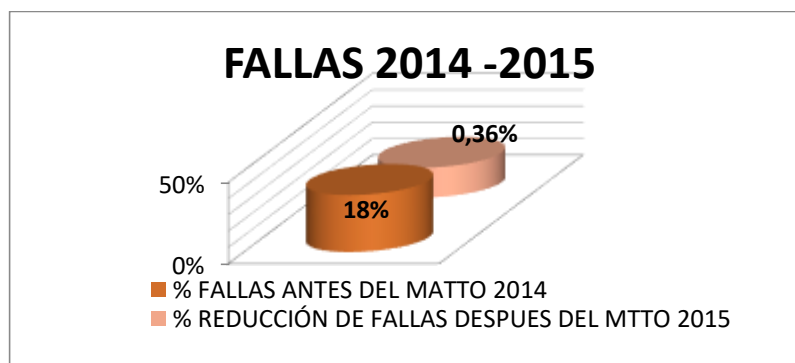
En el gráfico N° 06 se muestran los resultados satisfactorios comparados desde el año 2014 – 2015.

**TABLA 16: FRECUENCIAS DE FALLAS 2014 - 2015**

MESES (2014)	% FALLAS ANTES DEL MATTO 2014	MESES (2015)	% FALLAS DESPUES DEL MATTO 2015
ENERO	11%	ENERO	0%
FEBRERO	3%	FEBRERO	0,36%
MARZO	2%	MARZO	0%
ABRIL	2%	ABRIL	0%
TOTAL	18%	TOTAL	0,36%

Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 06: COMPARATIVOS DE FALLAS 2014 - 2015**



Fuente: Elaboración propia

**3.3. Prueba de hipótesis para incrementar el tiempo medio entre fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de PAITA.**

H3: Con un plan de mantenimiento predictivo se podrá incrementar el tiempo medio entre fallas en los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita.

**Interpretación de resultados:**

Antes de aplicar el plan de mantenimiento predictivo el tiempo medio entre fallas del equipo C7 tiene un mes de promedio que ha operado sin ninguna falla.

Con la aplicación del plan de mantenimiento predictivo el tiempo medio entre fallas incremento, el cual el equipo resulto tener un promedio de cuatro meses que ha operado sin ninguna falla.

**TABLA 17: RESULTADO PRETEST Y POST TEST DEL TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS**

<b>PRE TEST</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO OPERACIÓN /MESES</b>	<b>Nº DE FALLAS</b>	<b>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS</b>
C7	4	4	1
<b>POST TEST</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>TIEMPO OPERACIÓN /MESES</b>	<b>Nº DE FALLAS</b>	<b>TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS</b>
C7	4	1	4

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.4. Prueba de hipótesis para mejorar la disponibilidad mecánica en los equipos porta contenedores a través de un plan de mantenimiento predictivo.

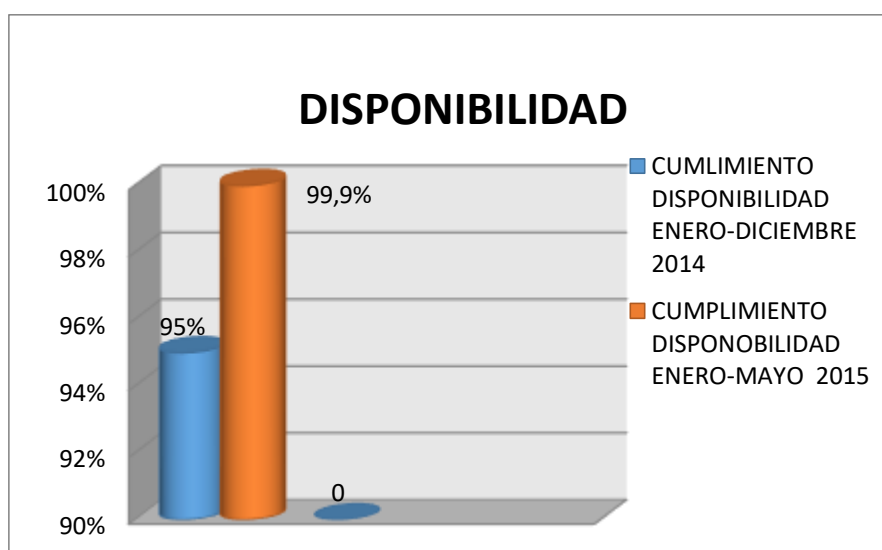
H2: Con un plan de mantenimiento predictivo se podrá mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos porta contenedores de la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita.

#### Interpretación de resultados:

Con la ejecución del plan de mantenimiento predictivo se ha obtenido una mejora de 4,9% de disponibilidad.

En el año 2014 la disponibilidad se mantenía en 95%, en el año 2015 la disponibilidad aumento a 99,9% el cual el equipo se encuentra en óptimas condiciones para las operaciones que se realizan en la empresa como se observa en el gráfico N° 07.

**GRÁFICO 07: DISPONIBILIDAD MECÁNICA ANUAL DEL EQUIPO C7**



Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Costos de mantenimiento

En la tabla N° 18 se indica el costo de los materiales utilizados para el plan de mantenimiento, no se ha incluido el costo por evaluación en laboratorio de los aceites de cada sistema del equipo ya que el proveedor Shell brinda ese servicio

como un adicional por la compra de aceites que le hace la empresa APM TERMINALS.

**TABLA 18: COSTOS DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO**

<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>	<b>PRECIOS SOLES</b>
MANOMETRO DE ALTA DE 0 - 400 BAR	400
MANOMETRO DE BAJA DE 0 - 40 BAR	350
MANOMETRO DE BAJA DE 0 - 10 BAR	350
PHMETRO ROMANA DIGITAL	300
TINTA PENETRANTE CANTESCO	130
MULTIMETRO DIGITAL SANWA	1200
SOLUCION BUFFER HI7070-HI7010	135
HIDROMETRO PARA BATERIAS	50
TERMOMETRO /PIROMETRO INFLAROJO 350°C	215
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>3260</b>

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que con la implementación del plan de mantenimiento predictivo en la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paita, fue posible reducir las fallas en los equipos porta contenedores.

- El resultado general de investigación se apoya en el diseño de un plan de mantenimiento predictivo, basado en las facilidades del petróleo elaborada por Acebedo (2012), donde se determina que se debe hacer para realizar un plan de mantenimiento predictivo, donde la disponibilidad mecánica se pudo mejorar en los activos del campo San Francisco de Hocol, ya que se encontraba con muchas deficiencias. Se realizó una evaluación en el mantenimiento que se estaba realizando y se implantó el mantenimiento predictivo, en el marco de todas las recomendaciones del diagnóstico realizado.

Se realizó un proceso completo, desde seleccionar los equipos más críticos hasta la implementación del mantenimiento predictivo. La cual, a mayores rasgos recomienda: definir cuáles son los activos críticos y funciones a los que se van a aplicar, ejecutar las técnicas predictivas, su frecuencia, como se toman los registros, la evaluación dentro de un diagnóstico y su posterior mantenimiento (cuando lo requiera) finalizando con la retroalimentación para una mejora continua.

- Para los objetivos específicos se analizaron los indicadores tiempo de operación y numero de fallas, para su determinación se requirió de información acerca del tiempo de funcionamiento del equipo y cuantas veces han fallado durante su funcionamiento. Donde mediante la comparación de fallas antes de la aplicación del plan de mantenimiento predictivo los equipos han tenido muchas fallas durante su funcionamiento, dando como resultado una baja de disponibilidad y un promedio de tiempo medio entre fallas no satisfactorio. pero después de aplicar el plan de mantenimiento la disponibilidad del equipo mejoro 4,9% y el tiempo medio entre fallas se incrementó a cuatro meses.



## VI. CONCLUSIONES

Según el diagnóstico aplicado en este estudio de investigación realizado en la empresa APM TERMINALS, y luego de realizar el plan del mantenimiento predictivo, el estado de funcionamiento del equipo en sus diferentes operaciones, el nivel de cumplimiento con respecto a la realización del mantenimiento, disponibilidad y del tiempo medio entre fallas, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Según los datos obtenidos se concluye que para reducir las fallas en los equipos porta contenedores se tuvo que mejorar la disponibilidad mecánica e incrementar el tiempo medio entre fallas, se tuvo que llevar un control de parámetros en el equipo, control de horas en el equipo y componentes a reemplazar, logrando reducir las fallas a 0,36 % comparados con los datos antes del mantenimiento resultando un promedio de fallas de 18%.
- Se concluye que la implementación de plan de mantenimiento predictivo resultó ser eficiente y eficaz durante sus procesos operacionales, ya que se pudo incrementar el tiempo medio entre fallas en el equipo resultando un promedio de (4-1) el cual quiere decir que en cuatro meses que el equipo ha operado sin ninguna falla, comparado con los datos antes del mantenimiento que resulto un promedio de un mes que el equipo ha operado sin ninguna falla.
- Se concluye que para poder mejorar la disponibilidad mecánica las fallas deben disminuir y el tiempo medio entre fallas debe incrementarse.  
Se logró mejorar la disponibilidad mecánica en el equipo a 99,9 % de una vez que se logró aplicar el mantenimiento predictivo, ya que antes del mantenimiento la disponibilidad resulto 95%.  
La disponibilidad aumento a 4,9%.

## VII. RECOMENDACIONES

- Es recomendable reemplazar el refrigerante en tal caso que éste no se encuentre en el rango establecido (8ph-10ph), ya que puede ocasionar fallas a largo plazo en el motor.
- Para seguir incrementando el tiempo medio entre fallas, es decir, aumentar el tiempo de vida útil de los equipos mediante la disminución de las fallas más frecuentes de los componentes, se recomienda al Gerente General y al Jefe de mantenimiento lote establecer un mecanismo de auditorías internas por lo menos 2 veces en periodos mensuales, teniendo en cuenta el estado y la operatividad de los equipos.
- Para garantizar la identificación de las causas que generan las fallas en los equipos, componentes, se le recomienda al Jefe mantenimiento y producción que sigan cumpliendo con los procedimientos de cada actividad establecida en el plan de mantenimiento, incluyéndose un overhol al equipo (reparación general del equipo por antigüedad al haber superado su vida útil).
- Establecer y respetar el programa de mantenimiento de los equipos ya sea rutinario o programado.
- Llevar el control de horas de trabajo de los equipos, horas de trabajo de cada componente.

## REFERENCIAS

- **Covenin (2500:93)**. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. (1era revisión). Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.
- **Graterón (2000)**, Planificación y Control del Mantenimiento. Central de Venezuela. s/e. Caracas. Pág. 21.
- **Gonzales Bohórquez, Carlos Ramón**. Principios de Mantenimiento. Universidad Industrial Universidad de Santander-UIS. Posgrado en Gerencia de Mantenimiento. Cartagena 2007. Pag37.
- “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”, ISC Gerencia de Activos C.A., PDVSA CIED, Venezuela (2005).
- **Rivas, Anahys**. “Implementación del Mantenimiento Predictivo basado en el análisis de Vibración en la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.” Trabajo presentado ante la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico. Puerto la Cruz, abril del 2003.
- **Salazar, Francisco**. “Mejoras en el Mantenimiento Predictivo por Análisis de Vibración en Equipos Rotativos de la planta Catalítica y Alquilación” Trabajo presentado ante la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico. Puerto la Cruz, junio del 2004.

# **ANEXOS**

## Anexo 01. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala
<b>Independiente:</b> Plan de mantenimiento predictivo.	Permite expresar la acción de poner en práctica medidas y métodos de un proyecto para mejorar aspectos operativos.	Permite realizar el control de presiones hidráulicas, temperaturas, pH del refrigerante, voltaje.	N° de técnicas aplicadas	Nominal
	<b>Definición Técnica</b>			
	El plan de mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas, para predecir en un futuro la falla de un componente en una máquina, de tal forma que dicho componente pueda ser reemplazado en base a un plan, justo antes de que este falle, así el tiempo muerto del equipo se reduce y el tiempo de vida del componente se alarga.			

<b>Dependiente:</b> Las fallas de los equipos porta contenedores en la empresa APM TERMINALS en la ciudad de Paíta.	Anomalías que dan origen al mal funcionamiento de las maquinas, equipos, sistemas, o maquinarias.	Cantidad de horas fuera de servicio por algún componente en mal estado	Porcentaje de disponibilidad	Razón
			Tiempo medio entre fallas	Nominal

**Anexo 02-A:**

**CUADRO 11: REPORTE DE IPFM GRUAS PORTA CONTENEDORES**

N° 0000001	<b>REPORTE DE IPFM GRUAS PORTA CONTENEDORES</b>	SEMANA: _____ FECHA: _____
Maquina:		
Hora de inicio		
Hora de solución		
Descripción del problema (operación)		
Descripción de la falla (mecánico)		
Solución de la falla (mecánico)		
Solución definitiva (Supervisión de Mantto)		
_____	_____	_____
Firma supervisor operaciones	Firma técnico de Mantenimiento	Firma supervisor Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 02-B:**



**RUTINA SEMANAL DE PRESIONES HIDRAULICAS -  
PORTA CONTENEDORES**

FECHA

SEMANA

MARCA			SISTEMAS A MEDIR													
KALMAR			BOMBA PRINCIPAL	BOMBA PRINCIPAL	BOMBA DE DIRECCIÓN	BOMBA DE	BOMBA TRANSMI	BOMBA DE FRENO	PAQUETE PRIMERA	PAQUETE SEGUNDA	PAQUETE TERCERA	PAQUETE CUARTA	PAQUETE FORWAR	PAQUETE REVER	ACUMULADORES	MOTOR
ITEM	FECHA	MAQUINA	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR	BAR
1																
2																
3																
4																
5																
OBSERVACIONES																

REALIZADO POR  
NOMBRE

FIRMA

Fuente: Elaboración propia – APM TERMINALS



**Anexo 02-C:**

<b>RUTINA PORTA CONTENEDORES</b>													
<b>ITEM</b>	<b>SEMANA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MODO DE INSPECCIÓN</b>	<b>C7</b>		<b>S1</b>		<b>C6</b>		<b>G05</b>		<b>GK01</b>	
	<b>FECHA</b>			<b>M</b>	<b>T</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>M</b>	<b>T</b>	<b>M</b>	<b>T</b>
				<b>EN LOS RECUADROS COLOCAR VALORES ENCONTRADOS</b>									
1		La presión aceite de motor debe estar entre 1.2 y 1.6 bar.	VISUALMENTE										
2		Registrar la temperatura de mandos finales	TERMÓMETRO INFLARROJO										
3		La temperatura de motor debe estar entre 80°C y 90C	VISUALMENTE										
4		La temperatura de aceite de caja debe estar entre 60°C y 80°C	VISUALMENTE										
5		La temperatura de aceite hidráulico debe estar máximo 75°C	VISUALMENTE										
6		El voltaje de carga de batería debe estar entre 26 y 27 v máquina llenos y 13.50 vacíos	MULTÍMETRO										
				<b>EN LOS RECUADROS COLOCAR CHECK(✓) O COLOCAR ASPA(X)</b>									
7		Los indicadores presentan algún desperfecto	PRENDER Y APAGAR MÁQUINA										
8		La máquina realiza los cambios automáticamente hasta 4ta velocidad	VISUALMENTE										
9		El semáforo de engroche funciona correctamente	VISUALMENTE										
10		El nivel debe marcar como mínimo 1/4 de la capacidad tanque combustible	VISUALMENTE										
11		Los frenos funcionan correctamente	CONDUCIENDO LA MÁQUINA										
12		El freno de emergencia funciona correctamente	CONDUCIENDO LA MÁQUINA										
13		La dirección y/o transmisión funcionan correctamente	CONDUCIENDO LA MÁQUINA										
14		El color del refrigerante es de color claro	VISUALMENTE										
15		El indicador de nivel refrigerante debe marcar FULL	VISUALMENTE										
16		La máquina presenta fuga de aceite	VISUALMENTE										
17		Las luces de trabajo se encuentran operativas	VISUALMENTE										

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 03:**

**MUESTRAS DE PH DE CALIDAD DE REFRIGERANTE**

**RUTINA DE MUESTREO DE CALIDAD DE REFRIGERANTE**

INFORMACION DEL CLIENTE		INFORMACION DEL EQUIPO	FICHA N° 0000 1
EMPRESA	: APM TERMINALS	CODIGO CLIENTE	: C7
UBICACIÓN	: PAITA	SERIE DEL EQUIPO	: DRS 4531- S5



N° MUESTRA	PH (8 Y 10)	COLOR (ORIGINAL, CLARO, OSCURO)	PARTICULAS O SEDIMENTO	OBSERVACIONES	FECHA
1	8.89	Claro	No	Rango aceptable	06- 11- 14
2	8.72	Claro	No	Rango aceptable	08 - 12- 14
3	8.63	Claro	No	Rango aceptable	02 - 01- 15
4	8.57	Claro	No	Rango aceptable	10 - 02 -15
5	8.33	Oscuro	No	Refrigerante aproximándose para cambio	05 – 03 -15
6	7.90	Oscuro	No	Refrigerante requiere ser reemplazado urgente	01-04-15
7					
8					
9					
10					

REALIZADO POR:

---

FIRMA:

SUPERVISADO POR:

---

FIRMA

**NOTA: PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DEL PHMETRO**

**CALIBRACIÓN:**

- 1). En dos recipientes limpios colocar solución BUFFER (HI 7007, HI7010, DE FORMA SEPARADA)
- 2). Introducir el phmetro en la solución HI 7007, pasado 1 minuto aprox. La lectura en la pantalla debe ser 7.01
- 3). Inmediatamente cambiar a la solución HI 7010, en la pantalla del Ph-metro aparecerá "OK" indicando que la calibración fue correcta, de lo contrario repetir el proceso.
4. La herramienta ya se encuentra calibrada y lista para usarse, realizar este proceso por lo menos 1 vez al mes

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03-A:

RESULTADO DE MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR



CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	RIMULA R3X 15W40
REFERENCIA DEL CLIENTE	APM TERMINAL INLAND	GRADO SAE O ISO	S1/CARTER
REFERENCIA SHELL	300	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	KALMAR
		MARCA	DRS 4531-SS
		MODELO / NUMERO DE SERIE	11
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	
LUBRICANTE	RIMULA R3X 15W40		
REPORTE DE LABORATORIO	2663846		
FECHA DE MUESTREO	26/08/2014		
FECHA DE RECIBO	11/09/2014		
FECHA DE REPORTE	15/09/2014		
HORAS O KMS DEL EQUIPO	6983		
HORAS O KMS DEL ACEITE	250		
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
<b>ENSAYOS FISICO-QUIMICOS</b>			
COLOR (CORRESP./NO CORRESPONDE)			
VISC.CST. 40 GR.C.			
VISC.CST.100 GR.C	13.79		
T.A.N.			
T.B.N.	9.06		
FLASH POINT(C.O.C.) GR.C			
INDICE DE PARTICULAS FERROSAS (PQ)			
SPOT TEST (CONTAMINACION)	0.9		
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO		
AGUA, %V.			
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	REGULAR		
<b>ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO</b>			
FIERRO (FE) P.P.M.	24		
ALUMINIO (AL) P.P.M.	2		
SILICIO (SI) P.P.M.	5		
ZINC (ZN) P.P.M.			
COBRE (CU) P.P.M.	2		
PLOMO (PB) P.P.M.	1		
ESTAÑO (SN) P.P.M.	3		
CROMO (CR) P.P.M.	2		
<b>ANALISIS INFRARROJO</b>			
HOLLIN, 1 MM	0.521		
OXIDACION, A/.1 MM	0.005		
NITRACION, 1 MM	0.037		
SULFATACION, A/.1 MM	0.142		
GLYCOL, %			
ANTIDEGASTE, A/.1 MM			
DILUYENTE, %V.			
INDICE DE VISCOSIDAD			
<b>OBSERVACIONES</b>			
	1. SALUD:		
	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.		
	2. CONTAMINACIÓN: Sodio (Na) p.p.m. = 2		
	No se evidencia presencia de contaminantes.		
	3. DESGASTE:		
	Motor con desgastes normales.		

Fuente: Empresa APM TERMINALS

**Anexo 04-A:**

**FICHA DE REPORTE HORÓMETROS GRÚAS PORTA CONTENEDORES 2014**

ene-13					feb-13					mar-13					abr-13					may-13					jun-13					jul-13					ago-13					sep-13					oct-13					nov-13					dic-13				
EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4	EM 0	EM 1	EM 2	EM 3	EM 4					
27	32	50	30	30	11	18	11	48	18	18	4	2	36	37	2	5	21	32	37	18	30	16	15	5	14	0	1	0	0	0	2	6	19	6	17	22	8	17	15	39	29	40	41	34	54	55	76	69	38	21	22								
99	72	40	41	41	81	83	53	108	66	67	65	90	70	71	40	38	31	8	97	42	32	60	82	65	46	40	51	70	95	57	74	56	81	62	72	10	39	84	35	65	58	71	71	89	111	129	89	165	85	86	87								
105	71	101	91	91	62	77	39	7	0	8	51	52	28	28	42	27	51	49	5	37	50	15	29	19	78	56	58	43	68	34	84	66	49	81	60	113	55	100	51	53	63	78	79	135	49	81	137	108	93	73	74								
23	26	12	34	16	28	37	13	31	3	0	0	0	0	1	23	4	12	9	27	17	15	30	28	27	19	20	22	22	25	16	0	38	32	30	27	37	16	36	18	34	18	0	0	13	12	44	48	42	26	26	27								
22	29	18	18	33	23	23	18	58	59	58	14	43	43	43	14	11	13	36	30	43	46	23	32	22	28	24	12	12	12	14	20	29	33	37	31	25	15	37	23	28	23	54	54	47	51	29	52	34	23	19	20								

Fuente: Elaboración propia – APM TERMINALS

**FICHA DE REPORTE HORÓMETROS GRUAS PORTA CONTENEDORES 2015**

ene-15					feb-15				mar-15				abr-15				
SEM 01	SEM 02	SEM 03	SEM 04	SEM 05	SEM 06	SEM 07	SEM 08	SEM 09	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14	SEM 15	SEM 16	SEM 17	SEM 18
27	10	36	20	3	11	12	13	25	25	11	34	25	20'	30	34	28	27
20	34	19	15	89	18	18	12	38	39	15	22	30	15	20	35	28	40
21	18	18	23	32	7	7	11	31	32	21	0	30	15	26	20	15	25
86	118	119	15	141	4	4	135	135	68	114	75	40	75	70	68	75	78
74	59	59	110	85	8	8	183	79	80	46	54	59	60	58	60	55	45

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO DE FÓRMULAS

### DISPONIBILIDAD (Formula 01)

$$A_v = \frac{T_{tot} - D}{T_{tot}} \times 100 (\%)$$

$A_v$  = Disponibilidad

$T_{tot}$  = Tiempo total de producción para un periodo (horas)

$D$  = Tiempo fuera de servicio por periodo (horas)

### TIEMPO PROMEDIO PARA REPARACIÓN (MTTR, formula02)

$$MTTR = \frac{D}{N}$$

MTTR = Tiempo promedio para la reparación (horas)

$D$  = Tiempo fuera de servicio por periodo (horas)

$N$  = Número de paradas durante intervalo (0,  $T_{tot}$ )

### INTENSIDAD DE LA PROGRAMACIÓN (Formula 03)

$$W_s = \frac{T_{sa}}{T_c} \times 100 (\%)$$

$W_s$  = Intensidad de la programación (%)

$T_{sa}$  = Tiempo utilizado en programar las tarea por periodo (horas)

$T_c$  = Tiempo total cronometrado por periodo (horas)

### INTENSIDAD DE LA FALLA O AVERIA (WB, formula 04)

$$W_B = \frac{T_B}{T_c} \times 100 (\%)$$

$W_B$  = Intensidad de la avería o falla (%)

$T_B$  = Tiempo utilizado en tareas por falla por periodo (horas)

$T_c$  = Tiempo total cronometrado por periodo (horas)

## ANEXOS DE FIGURAS

**FIGURA 3: GRUA PORTA CONTENEDOR C7**



Fuente: Empres APM TERMINALS (2015)

**FIGURA 4: MUESTRA DE ACEITE C7**



Fuente: Empresa APM TERMINALS (2015)

**FIGURA 5: FORMATO DE LLENADO DE MUESTRA DE ACEITES**



Fuente: Empresa APM TERMINALS (2015)

**FIGURA 6: MUESTRA DE PH DE REFRIGERANTE**



Fuente: Empresa APM TERMINALS (2015)

**FIGURA 7: TANQUE DE EXPANSIÓN DE REFRIGERANTE**



Fuente: Empresa APM TERMINALS (2015)