



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



## EVALUACION DE ORIGINALIDAD

# CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al **BORRADOR DE TESIS** cuyo título es:

**"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISION PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LAS GRUAS STACKERS DE LLENOS APLICADO AN LA EMPRESA APM TERMINALS INLAND SERVICES PARA EL PERIODO 2019"**

Presentado por:

**RICHARD ERNESTO RUIZ ORMEÑO.**

De la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA** mención **INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

**El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 3%.**

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 10 de noviembre del 2021

**Atentamente**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
ESCUELA DE POSGRADO



**Dr. ROBERTO H. CASTAÑEDA TERRONES**  
DIRECTOR (e) DE LA ESCUELA DE POSGRADO



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTRICA**

**MENCION EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO**

Título de la Tesis:

**"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA  
CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISION PARA  
MEJORAR LA GESTION DE MANTENIMIENTO EN LAS GRUAS  
STACKERS DE LLENOS APLICADO EN LA EMPRESA APM  
TERMINALS INLAND SERVICES PARA EL PERIODO 2019"**

Para optar el Grado de Magíster en:

**INGENIERA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
MENCIÓN EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

Autor: Richard Ernesto Ruiz Ormeño

Asesor: Dr. José Rosendo Campos Barrientos

ICA – PERU

2021

Dedicatoria:

A mi esposa Roció Pilar, mi hijo Ythan Valentino, a mis padres Gustavo y Margarita y mis hermanos.

Agradecimiento:

A todos los docentes de la Maestría, en especial a mi padre por sus enseñanzas y consejos; a mi asesor Dr. Jose Rosendo Campos Barrientos por su valiosa contribución al desarrollo de la presente y a todas las personas que hicieron posible este trabajo.

## ÍNDICE

<b>Resumen (Español e Inglés)</b> .....	<b>7</b>
<b>Contra caratula</b> .....	<b>9</b>

### **Capítulo I**

<b>Marco teórico</b> .....	<b>12</b>
----------------------------	-----------

1.1. Antecedentes.....	12
a) Antecedentes Internacionales .....	12
b) Antecedentes nacionales .....	13
c) Antecedentes Locales.....	17
1.2. Bases Teóricas	
1.2.1. Mantenimiento Centrado en La confiabilidad .....	18
1.2.2. El contexto operacional.....	20
1.2.3. Definición de Grúa Stackers .....	22
1.2.4. Sistemas de Transmisión .....	23
1.3 Marco Conceptual	
1.3.1. Desarrollo del programa de implementación del RCM.....	25

### **Capítulo II Planteamiento del problema**

2.1. Situación problemática.....	31
2.2. Formulación del problema. ....	32
2.2.1. Problema General .....	32
2.2.2. Problema específico.....	32
2.3. Justificación e importancia de la investigación	
2.3.1. Justificación.....	33
2.3.2. Importancia.....	33
2.4. Objetivos de la investigación.....	34
2.3.1. Objetivo General.....	34
2.3.2. Objetivos Específicos. ....	34
2.5. Hipótesis de la investigación .....	34
2.5.1. Hipótesis General.....	34
2.5.2. Hipótesis Específicas. ....	35
2.6. Variables de la investigación.....	35
2.6.1. Identificación de variables .....	35
2.6.2. Operacionalización de variables .....	36

<b>Capítulo III Metodología de la Investigación.....</b>	<b>39</b>
3.1. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación. ....	39
3.2. Población y Muestra de estudio. ....	39
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Técnicas e Instrumentos de Investigación.....</b>	<b>40</b>
4.1. Técnicas de recolección de datos .....	40
4.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	40
4.3. Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de resultados.....	40
<b>Capítulo V</b>	
<b>Contrastación de Hipótesis.....</b>	<b>41</b>
5.1. Hipótesis específica N° 1.....	41
5.2. Hipótesis específica N° 2.....	44
5.3. Hipótesis específica N° 3 .....	46
5.4. Hipótesis General .....	48
<b>Capítulo VI</b>	
<b>Presentación, Interpretación y discusión de resultados.....</b>	<b>49</b>
6.1. Presentación e Interpretación de los resultados.....	49
6.3. Interpretación de resultados.....	54
<b>Conclusiones.....</b>	<b>55</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>56</b>
<b>Fuentes de Información Bibliografía.....</b>	<b>57</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo N° 1:</b> Esquema de la grúa Stackers	
<b>Anexo N° 2:</b> Sistemas que componen la grúa Stackers	
<b>Anexo N° 3:</b> Diagramas del sistema de transmisión subsistema de mandos finales. Subsistema de Caja de cambios. Relación de Poll de Grúas	
<b>Anexo N° 4:</b> Matriz IPERC del mantenimiento de la grúa Stacker	
<b>Anexo N° 5:</b> Determinación del AMFE y Hoja de Decisión	
<b>Anexo N° 6:</b> Programa de mantenimiento para el sistema de transmisión.	
<b>Anexo N° 7:</b> Indicadores de los equipos 2019 / 2020.	



**Anexo N° 8:** Auditoria para la implementación del RCM a la grúa Stacker

**Anexo N° 9:** Encuesta a involucrados en la implementación del RCM a la grúa Stacker.

## RESUMEN

Nuestra Investigación trata sobre la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC o RCM), que se dirige al estudio del sistema de transmisión y sus componentes que lo conforman de acuerdo al contexto operacional. Habiéndose identificado los problemas que dificultan la optimización del funcionamiento de la máquina "STACKERS" a través del Análisis de Modo de Fallas y sus Efectos (AMFE). Ver Anexo 5.

Con el Grupo de trabajo, manuales de partes y servicio de la máquina, informes técnicos, literatura asociada y visitas in situ, se estudia la influencia del funcionamiento de los sistemas de transmisión en las grúas "Stackers", sus componentes y partes. Las funciones de cada subsistema son identificadas, comparadas y adaptadas al contexto operativo, sus fallas, modos de falla, sus efectos y consecuencias de fallas y las tareas propuestas junto con los parámetros operativos; y en consecuencia se elabora el plan de mantenimiento.

La metodología utilizada durante el desarrollo del tema aplicó actividades de mantenimiento amigables con el medio ambiente con el objetivo de reducir las causas de las fallas identificadas. Mediante la aplicación del método se logró una mejora del sistema del dispositivo, lo que aumenta la vida útil de los componentes al reducir fallas y sus consecuencias así como la disponibilidad de los dispositivos, confiabilidad, reduciendo el tiempo medio de reparación y aumentando el tiempo medio entre fallas y los costos de mantenimiento de acuerdo con los requisitos realizados.

Palabras claves: RCM, Contexto operacional, MTTR, MTBF y Grúas Stackers.

## **ABSTRACT**

This thesis work deals with the implementation of Reliability Centered Maintenance (MCC or RCM), which focuses on the study of the transmission system and its components that comprise it and its impact on the operational context. Having identified the problems that make it difficult to optimize the operation of the "STACKERS" machine through Failure Mode Analysis and its Effects (FMEA). See Annex 5.

With the Working Group, machine parts and service manuals, technical reports, associated literature and on-site visits, the influence of the operation of the transmission systems on the "Stackers" cranes, their components and parts is studied. The functions of each subsystem are recognized, together with operating parameters, comparing them and adapting them to the operational context, their failures, failure modes, their effects and consequences of failures and the proposed tasks; and accordingly the Maintenance Plan is drawn up.

Through the methodology throughout the development of the topic, maintenance activities will be applied, being friendly with the environment, with the aim of reducing the causes of the identified failures.

As a result of the application of the methodology, it is expected to achieve an improvement in the equipment system, increase the useful life of the components by reducing failures and their consequences, thus increasing the availability of the equipment, reliability, reducing the mean time between failures and increase the mean time between failures, at a maintenance cost according to the needs carried out.

Keywords: RCM, Operational Context, MTTR, MTBF and Stackers Cranes.



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**



**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELECTRICA**

**MENCION EN INGENIERIA DE MANTENIMIENTO**

Título de la Tesis:

**"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA  
CONFIABILIDAD EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISION PARA  
MEJORAR LA GESTION DE MANTENIMIENTO EN LAS GRUAS  
STACKERS DE LLENOS APLICADO EN LA EMPRESA APM  
TERMINALS INLAND SERVICES PARA EL PERIODO 2019"**

Para optar el Grado de Magíster en:

**INGENIERA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
MENCIÓN EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

Autor: Richard Ernesto Ruiz Ormeño

Asesor: Dr. José Rosendo Campos Barrientos

ICA – PERU

2021

## INTRODUCCIÓN

La función de mantenimiento es sostener la operatividad de un bien u objeto para que cumpla su función, en un espacio y condiciones determinadas específicas, con la finalidad de mantener la vida útil del componente o componentes en los diferentes sistemas del bien u objeto.

De esta manera nuestro objetivo fue reducir el costo sin descuidar el mantenimiento necesario para la operatividad del equipo se pensó en la conservación de los sistemas donde la consecuencia de la falla lo requiera garantizando así un equipo en condiciones, confiables, con alta disponibilidad.<sup>1</sup>

La empresa APM TERMINALS Inland Services, ha dividido en dos zonas los lugares destinados para la carga y descarga de los contenedores denominados ZONA DE LLENOS Y ZONA DE VACIOS.

El presente trabajo se enfocará en la máquina stacker de la ZONA DE LLENOS, por ser la zona más crítica, que permita perfeccionar la tarea de manutención de los equipos en estas zonas de trabajo, se desarrolla en seis capítulos, se inicia con una descripción del proceso de manipulación de las grúas Stackers que se llevan a cabo en el patio de operaciones de las empresas

En el capítulo I trata sobre lo referido al Marco Teórico, que en forma resumida se presenta la información encontrada referente a la aplicación de esta herramienta tecnológica. En la parte correspondiente al Marco Conceptual se desarrolla el modelo que se propone seguir para la implantación del RCM y se definen algunos términos utilizados.

Seguidamente en el capítulo II, se realiza el Planteamiento del Problema, donde se enuncian algunos problemas y de acuerdo a ellos se definen los

---

<sup>1</sup> Fernández, F (2003) *Teoría y práctica* del Mantenimiento Industrial Avanzado, Madrid, España: editora fundación CONFEMETAL.

objetivos, se enuncian las hipótesis y las variables, y se indica la importancia de llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Los beneficios de esta aplicación se verán manifestados en los perfeccionamientos de las gestiones de los mantenimientos.

El capítulo III trata sobre la Estrategia Metodológica, donde se define el Tipo de Investigación que es Aplicada y el Nivel de la Investigación que es Descriptivo, porque está orientada hacia el diagnóstico y solución de un problema práctico, se recolectaron datos e informaciones durante el periodo de enero a diciembre del año 2019 porque se trató de determinar la incidencia del RCM en las gestiones de los mantenimientos para el siguiente periodo. En esta parte se determinó la muestra de estudio, se mencionó las técnicas de recolección de información y los principales instrumentos de investigación.

En el capítulo IV trata sobre la contrastación de hipótesis, que es comparar lo planteado con la realidad que se analizó, es decir se concluyó con la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas en la investigación.

Y en el capítulo V, se presentan, interpretan y se discuten los resultados obtenidos de la Investigación realizada.

Finalmente se concluye indicando las recomendaciones y conclusiones que derivan del desarrollo del trabajo.

# **CAPITULO I MARCO TEORICO.**

## **1.1 ANTECEDENTES**

### **a) Antecedentes Internacionales**

VILLACREZ, S. (2016). Desarrolló una tesis para optar el título de Maestro en Gestión del Mantenimiento Industrial. Titulada:

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO UTILIZANDO EL MÉTODO DE MANTENIMIENTO BASADO EN FIABILIDAD (RCM) PARA EL PURIFICADOR DE AGUA VACTOR M65 DE ETAPA EP. Tiene como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento con metodología de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de un vehículo en los Hydrocleaners ETAPA EP de la empresa para reducir la tasa de fallas.

El método utilizado para la realización de esta investigación fue deductivo utilizando técnicas de investigación como: entrevistas a personal técnico y administrativo relacionado con la gestión de los vehículos de la empresa ETAPA EP, análisis cuantitativo de los del software de gestión de manutención SisMAC. datos registrados, para determinar la tasa de fallas en el período 2014 y 2015, entrevistas con especialistas en el área de mantenimiento del tipo de sistema considerado para este estudio, aplicación de criterios metodológicos internacionales del RCM (Reliability-Based Maintenance), para el equipo crítico del vehículo hidrolimpiadora M654. Al final de la investigación, se extrajeron las siguientes conclusiones: Se encontró que la tasa de fallas disminuyó de 11 a 6 fallas por año; Esto corresponde a una reducción del 5% en la tasa de fallas en el nuevo período de análisis, luego de analizar las aplicaciones de las metodologías RCM, se ha determinado el equipo crítico del vehículo hidrocleaner M65 , resultandos que solo un (1) equipo de alto riesgo es aquel es el chasis; tres (3) dispositivos de riesgo medio (motor de combustión interna, transmisión de potencia, compresor de pistón rotativo); tres (3) equipos de riesgo medio y dos (2) equipos de bajo riesgo.

## **b) Antecedentes Nacionales**

PALOMARES, E. (2015). Presento una tesis para optar el grado académico de maestro en gerencia e ingeniería de mantenimiento titulada:

REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO CONCENTRADO EN LA FIABILIDAD DE LA MÁQUINA (RCM) AL SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MINERALES DE LA EMPRESA MINERA MILPO, UNIDAD "EL PROVENIR".

Su objetivo era desarrollar un plan para la implementación del proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en plantas de concreto en proyectos ICE con el fin de reducir los costos de mantenimiento y asegurar la confiabilidad de los equipos en sus alrededores.

Se aplicó al sistema de levantamiento de minerales de la empresa minera MILPO, unidad EL PORVENIR.

La investigación utilizó varios métodos exploratorios, de los cuales destaca el método de observación porque, a través de la observación directa, se pudo recopilar información directa sobre los problemas que ocurren en el sistema de levantamiento de minerales.

También se utilizó los métodos documentales, que sirvió para recolectar información bibliográfica, que luego se utilizó para delinear el marco conceptual teórico de la investigación, con énfasis en los autores actuales que describieron directamente las variables de estudio.

También se utilizó los métodos hipotéticos deductivos porque se realizó una observación para determinar el problema de investigación que llevó a la formulación de la hipótesis. En consecuencia, se han hecho deducciones del resultado de la hipótesis.

Respecto a las siguientes conclusiones:

La confiabilidad del sistema de elevación ha logrado el objetivo de incrementar el MTBF entre 100 y 120 horas sin fallas en el sistema de elevación y encontrar una frecuencia adecuada para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo El equipo , El plan de mantenimiento desarrollado en base al RCM ha mejorado el intervalo de mantenimiento planificado, considerando que antes se intervenía tres veces por semana y ahora solo dos veces por semana. Los detalles de esta reducción se basan en la realización de actividades efectivas y



necesarias para cada tipo (A, B y C) de instalaciones que componen el sistema de extracción de minerales.

PAREDES, P. (2018). Presento una tesis para optar el grado académico de maestro en ingeniería de mantenimiento titulada:

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), AL SHIPLOADER DE MINERALES DEL MUELLE “F”, EMPRESA TERMINAL INTERNACIONAL DEL SUR DE MATARANI”

La cual tenía como objetivo aplicar la metodología de mantenimiento RCM, utilizada en el Shiploader del Muelle “F” empresa Terminal Internacional del Sur (Tisur).

Un cargador de barco de minerales utilizado en la Terminal F, la Terminal Internacional del Sur de la empresa (Terminal Portuario Matarani).

El tipo de investigación es descriptiva, revisa las características y condiciones del objeto de investigación y aplica métodos cualitativos y cuantitativos porque analiza la historia de la información obtenida.

Además, hay que decir que también es experimental, ya que busca utilizar los conocimientos adquiridos de forma inmediata para lograr resultados tangibles y sostenibles para la empresa.

Como resultado, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se realiza un análisis crítico de todos los activos del terminal F, y se pueden obtener los siguientes resultados:

Hay 09 tipos de equipos muy críticos (incluido el cargador de barcos).

-Hay 16 equipos de clave media.

-Hay 23 equipos de baja crítica.

-Obtener nuevas actividades preventivas y predictivas para el nuevo plan de mantenimiento.

Allauca, N. (2019). Desarrollo una tesis, para optar el grado académico de maestro ciencias: Ingeniería de mantenimiento con mención en Gerencia de Mantenimientos. Titulada:

## PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA CALDERAS DE 50 BHP CASO: HOSPITAL CIUDAD DEL CUSCO

El objetivo es proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de las calderas de 50 BHP, en el hospital regional de la ciudad del Cusco el cual se aplicó a las calderas de 50 BHP del hospital regional de la ciudad de CUSCO.

La investigación se caracterizó como:

1. Exploratoria, porque examina los aspectos relacionados con los planes de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para el Caldero de 50 BHP con las variables de disponibilidad y confiabilidad del Caldero de 50 BHP.
2. Descriptivo, porque se han analizado las características y propiedades de las variables.
3. Explicativo, porque se ha establecido la relación causa-efecto entre la variable del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para la cuchara de 50 BHP con las variables de disponibilidad y confiabilidad de la cuchara de 50 BHP.

Se utilizó el diseño no experimental, porque las variables no se maniobran y solo se prestar atención a los hechos que existen en la realidad, es transaccional porque los hechos serán observados en algún momento. Para realizar las investigaciones se revisan textos, software, manuales, tablas técnicas, revistas, catálogos, guías, estándares, los, documentos, etc. que apoyen la base teórica para la resolución de problemas. Estas opiniones se utilizaron para la toma de decisiones.

Para la obtención de información o datos, el mantenimiento y desarrollo están enfocados en la confiabilidad de la caldera de 50 BHP del Hospital Regional de la Ciudad de Cusco, no se requieren muestras y el análisis es tipo censal. Para desarrollar el marco teórico se utilizan técnicas de análisis de documentos con sus tablas resumen de herramientas; para obtener información sobre variables independientes, como planes de mantenimiento, mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), disponibilidad y confiabilidad. En esta etapa, recopilar

datos técnicos sobre las cuestiones planteadas con el fin de lograr la realización del objetivo y la base teórica necesaria. La encuesta está respaldada por software de referencia, catálogos, libros, hojas informativas, revistas científicas, artículos teóricos, guías, blogs, demostraciones técnicas, manuales, estándares e Internet:

En primer lugar, en términos generales, describimos los problemas que tenemos que resolver, para esta máquina de caldera de vapor, encontramos que la disponibilidad y la confiabilidad son valores completamente aceptables, aquí te proponemos cómo lo logramos. En segundo lugar, podemos concluir en el marco teórico que la información técnica de la caldera es muy importante, pues un análisis detallado de su funcionamiento nos permite comprender con mayor detalle su función, utilidad y secuencia de operación, y combinarla con la gestión de mantenimiento. En tercer lugar, describimos el mantenimiento y manejo del caso del hospital Caldero 50 BHP en Cusco. Entre ellos, describimos la organización completa, ubicación, función y objetivo de cada persona en base a un sistema completo. Dado que son muy importantes para la implementación exitosa de esta herramienta de mantenimiento de ingeniería, también hemos desarrollado un plan de mantenimiento desarrollado por el fabricante de la caldera. Se intentó caracterizar el estado de los equipos analizados y predecir el análisis del historial

### **c) Antecedentes Locales**

CAMASCA, V (2014). Presento una tesis para obtener el grado maestro, titulada MODELO DE MANTENIMIENTO PARA MAQUINARIA PESADA DE BAJO PERFIL, PARA CARGA Y TRANSPORTE DE MINERAL, EN MINAS SUBTERRANEAS, su objetivo fue diseñar e implementar un modelo de mantenimiento para maquinaria pesada de bajo perfil, para mejorar el nivel del proceso de carga y transporte de mineral, en una mina subterránea.

La cual se aplicó a la población conformada por las fallas presentes en los equipos de bajo perfil de la empresa Minera. El tipo de investigación fue aplicada, longitudinal prospectiva, porque se analizó el presente y futuro de los acontecimientos. Fue descriptiva porque estuvo centrada en la muestra de una

población definida. Fue cuantitativa porque se centró y enfocó de manera predominante los aspectos objetivos de una situación concreta.

El nivel de investigación fue descriptivo porque se describió con mayor precisión las características de una determinada situación o grupo y permitió determinar la frecuencia con lo que algo ocurre o con lo que algo se halla asociado a lo relacionado.

Se aplicaron las técnicas de investigación: Observación directa, Revisión bibliográfica, paquetes computarizados, consultas académicas, información histórica, entrevistas no estructuradas.

Los instrumentos de recolección de información utilizados fueron notas de campo y guiones de información.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- El mantenimiento representa una herramienta importante en seguridad laboral.
- La seguridad de los procesos tecnológicos y productivos son consecuencia de una correcta organización y planificación, por ello la actividad integral del mantenimiento se considera determinante a los efectos técnico-económicos y de calidad.
- Es importante considerar que la productividad de una industria mejore en la medida que las fallas que las fallas en las máquinas disminuyan de manera sustentable en el tiempo.

## **1.2 BASES TEORICAS**

La confiabilidad se especifica como las posibilidades donde un bien o equipo realice una función de una manera prevista y controlada, realizando su trabajo durante un periodo determinado de tiempo, manteniendo las circunstancias de trabajo específicas, para lo que fue diseñado.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Mora, L (2009) “*Mantenimiento. Planeación ejecución y control*” Bogotá, Colombia. Editora Alfa omega colombiana.

### **1.2.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.**

RCM es uno de los procesos desarrollados en las décadas de 1960 y 1970 para ayudar a las personas a desarrollar pautas para mejorar el desempeño de la propiedad y manejar las consecuencias de sus fallas. Se originó en la industria de la aviación debido a la preocupación por la alta tasa de accidentes aéreos. En 1974, el Departamento de Defensa de EE. UU. Firmó un contrato con United Airlines para preparar un informe sobre las prácticas de la industria de la aviación civil para desarrollar planes de mantenimiento de aeronaves. Cuando se realiza la toma de decisión en cuanto al mantenimiento, el mantenimiento RCM se centraliza en las derivaciones de las fallas y sus particularidades técnicas, al tiempo que considera los aspectos de seguridad y las amenazas al medio ambiente.

También se presta mucha atención a los trabajos de mantenimientos, que tienen mayores impactos en las operaciones y rendimientos de los equipos, para asegurarse que las inversiones en mantenimiento se utilicen donde más se benefician.<sup>3</sup>

Especificó con la visión de las normas SAE JA1011 las obligaciones que los procesos deben cumplirse para ser designado procesos RCM.

De acuerdo a la norma podemos describir algunas preguntas sobre los procedimientos del RCM:

1. ¿Qué funciones deben tener los dispositivos a analizar?
2. ¿Qué estados de error (errores funcionales) están asociados con estas funciones?
3. Cuáles son las potenciales causas de las condiciones de error de cada una de ellas.
4. Cuáles viene hacer el efecto de los errores de cada uno de ellos.
- 5 Cuáles son los resultados de cada error

---

<sup>3</sup> Moubray, John, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM II), Edición en español, Gran Bretaña, 2000.

6. Qué hacer cuando no se pueden encontrarse las tareas predictivas o preparatorias?<sup>4</sup>

El RCM muestra que muchos conceptos de mantenimiento considerados correctos son realmente incorrectos. A continuación se explican algunos conceptos que se han derivado del mantenimiento orientado a la confiabilidad.

### **1.2.2 El contexto operacional**

Son vienen hacer las circunstancias donde un equipo funcione correctamente que se espera, considerando los sistemas y el lugar de operación.

Funciones

Redactar las funciones deseadas del equipo o sistema, donde se describe cual es el objetivo que debe cumplir el equipo o sistema, tanto la principal como las asociadas o secundarias.

Falla funcional o estado de las fallas

Nos indica que los equipos o sistemas no es capaz de cumplir con su ocupación de los diseño constantemente.

Modo de las fallas

Una de las fallas nos lleva hacia sus estados de desperfecto.

Cada falla utilitaria generalmente tiene más de un estilo de defecto. Al identificar el estilo de falla de un artilugio o sistema, es destacado identificar el pensamiento del defecto.

Los efectos de las fallas

Son las consecuencias generadas por la falla del equipo o del sistema.

Esto debería indicar claramente la importancia de la falla si ocurre.

---

<sup>4</sup> Norma SAE JA 1011, Preparado por el Sub comité SAE G-11 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) del Comité de apoyo G-11, agosto de 1999.

### Categorías de las consecuencias

La falla del equipo puede afectar a sus usuarios de diferentes maneras: 1.- Consecuencias para la seguridad, poniendo en riesgo la seguridad de las personas. 2.- Consecuencias ambientales, que exponen al medio ambiente a riesgos o impactos. 3.- Consecuencias operativas del aumento de costos o reducción de los beneficios económicos de la empresa. 4.- Consecuencias no operativas, relacionadas con otros factores ajenos a los anteriores. Además, existe una quinta categoría de consecuencias, es decir, fallas que no tendrán impacto cuando ocurran, a menos que ocurran otras fallas más adelante. Estas fallas corresponden a las categorías de fallas ocultas.

### Diferencias entre efecto y consecuencia de las fallas

El efecto de fallas es una descripción de lo que sucede cuando ocurre la falla, mientras que la consecuencia de las fallas clasifica estos efectos en una de 5 categorías, según los impactos que tienen estas fallas.

### Diferencias entre fallas funcionales y el modo de las fallas

Este tipo de falla puede identificar los estados de las fallas (cuando los equipos o sistemas no es capaz de cumplir con la función de diseño), los modos de las fallas es la causa de falla.

### Fallas ocultas

Son los que interrogan otras fallas para que se hagan evidentes. Por ejemplo, el sensor de temperatura de las cajas de los cambios logra fallar y no causar efecto en el equipo o sistema.

Sin embargo, cuando el aceite de este recaliente o funda algún componente recién se hará evidente que el sensor no fue capaz de detectar dicha elevación de temperatura.

### **1.2.3 Grúas Stackers**

Grúa articulada, de funcionamiento hidráulico, cuya finalidad es cargar y apilar contenedores de 20 40 pies, llenos o vacíos, en rumas. Están compuestos por los siguientes sistemas:

- Motor Diésel. - Encargado de generar la energía mecánica necesaria para el funcionamiento del equipo y transmitirla hacia el sistema de transmisión e hidráulico.
- Sistema de Transmisión. – El sistema de transmisión en una grúa, es el encargado de transmitir desde el cigüeñal hacia las ruedas motrices, la potencia suficiente para que estas puedan moverse, esto se ejecuta mediante un conjunto de partes y engranajes.
- Hidráulico. – Conjunto de elementos conformados por un depósito de aceite y una o más bombas, que recibe la energía mecánica y la entrega a través de conductos hacia los implementos de la máquina.
- Eléctrico. - Es el encargado de repartir la energía eléctrica a toda la máquina, está compuesto por el sistema de generación y almacenamiento.
- Chasis. - Estructura metálica, que soporta a todos los componentes de los diferentes sistemas, a través de pernos, soldadura u otro sistema de sujeción.
- Rodamientos. - Denominado así en este caso a los ejes de propulsión de las ruedas que permiten el desplazamiento de la máquina.
- Sprader. - Implemento de la stacker, que se utiliza para el carguío y descarga de los contenedores.

### **1.2.4 Sistema de Transmisión**

Está conformado por los subsistemas

- Caja De Cambios. - Componente encargado de transmitir el movimiento hacia las ruedas a través de marchas escalonadas, se compone de las siguientes partes:



- Housing. - Carcaza externa que contiene las partes de la caja de cambios.
- Kit de sellos. - Conjunto de piezas conformado por las juntas, orings, empaquetaduras, anillos de jebe, que hermetizan los compartimientos del paso de aceite evitando las fugas al exterior.
- Kit de Rodamientos. - Conjunto de elementos sobre los cuales giran los ejes y piñones dentro del sistema.
- Drum. - Cuerpo cilíndrico de metal, encargados de generar los cambios de marcha y entregar la potencia requerida a través de piñones. Se tienen 03 Drum: Primera, Segunda / Reversa, Tercera / Cuarta.
- Discos de Fricción. - Son responsables que la misma función del embrague en una caja mecánica. Se tienen discos de metal, discos de bronce y discos de grafito.
- Cuerpo de Válvulas. - Llamado también bloque, contiene los spool hidráulicos encargados de seleccionar los diferentes frenos y embragues para ir cambiando las velocidades.
- Bomba de aceite. – Genera la presión del aceite y alimenta fluido a todos los componentes de la caja.
- Filtro de Aceite. - Elemento encargado de capturar las impurezas del aceite y entregar un aceite limpio al interior del Housing.
- Convertidor de Torque. - Mecanismo que se utiliza en los cambios automáticos en sustitución del embrague y realiza la conexión entre la caja de cambios y el motor. Se compone de los siguientes elementos:
  - Bomba. - Contiene paletas que se encargan de lanzar el aceite hacia la turbina.
  - Turbina. - Transmite la potencia hacia la transmisión.
  - Estator. - Redirige el aceite ocupado por la turbina y lo entrega al impulsor, cambiando la dirección del flujo de aceite, esto permite aumentar el impulso del mismo.

- **Árbol de transmisión.** – Eje que conecta la transmisión con el diferencial. Se compone de las siguientes partes:
- **Cardan.** - El cardan está conectado al árbol de la transmisión, es un componente el cual une los ejes no coaxiales, con el objetivo de transmitir el movimiento de rotación desde un eje conductor a otro conducido. Se descompone en Yugo brida, cruceta, yugo deslizante, espiga, tubo, central.
- **Eje Delantero.** - Componente destinado a guiar el movimiento de rotación y frenado de las ruedas, se compone de los siguientes elementos:
- **Diferencial.** - Según este se encuentre tomando una curva hacia un lado o hacia el otro. Se compone de las siguientes partes: Catalina, Piñón de ataque y el conjunto castillo que se compone de los satélites, planetarios, cruceta, reguladores, laines de piñón, lana de regulación, retenes y rodamientos.
- **Cubo reductor y freno.** - Sistema encargado de controlar el frenado de la máquina. Se compone de discos de grafito, discos de metal, sellos de aceite, Gaskets, orings, semiejes, conjunto planetario, tambor, tapa.
- **Puente.** - Estructura que soporta al diferencial, los cubos y se une a las ruedas para permitir la tracción y el desplazamiento de la Stacker

### **1.3 Marco Conceptual**

#### **1.3.1 Desarrollo del programa de implementación del RCM**

Para el desarrollo de nuestro trabajo se ha diseñado un procedimiento denominado: Modelo de Implementación del RCM, la misma que a continuación se detalla:

Se iniciará con la etapa de concientización para la aprobación de la gerencia y a operaciones de implementar la herramienta Manutención Centrada en la Confiabilidad (RCM) para el mejoramiento de las gestiones de los mantenimientos, debido a que el jefe de Mantenimiento es conocedor de los

mejores resultados que se obtendrán al aplicar esta herramienta en los equipos.

## SELECCIONAR EQUIPOS DE TRABAJOS

Se selecciona el Equipo de Trabajo RCM, que estará integrado por personal de los mantenimientos y operaciones, las que mejor conocen el equipo en análisis, entre ellos están los operadores de la máquina, los técnicos de mantenimiento, los supervisores, el facilitador sería en estos casos el suscrito quién capacitaría, recogería y analizaría la información referente al funcionamiento del sistema en la máquina Stacker, asegurando que el procedimiento sea desarrollado correctamente, el líder del proyecto sería el jefe encargado de los mantenimientos y como colaborador el jefe de operaciones.

## CAPACITAR AL PERSONAL SELECCIONADO

Se planifica, programa y se inicia la capacitación del personal seleccionado, todos los participantes deben ser capacitados en RCM, esto se realizará en cada reunión semanal al término de la jornada. El periodo de capacitación fue más largo de lo proyectado, debido a que operaciones por diferentes motivos, tenía la necesidad de alargar las horas de carga, debiendo contar para ello con el apoyo del equipo técnico, generando esto ausencia de los operadores y técnicos.

## SELECCIÓN DEL SISTEMA DEL EQUIPO.

En reunión con los operadores, supervisores, jefe de operaciones y jefe de mantenimiento, se sometió a discusión según los historiales (bitácoras o cartillas), sobre los sistemas que presentan mayor impacto cuando se suceden, donde se analizaron los 07 sistemas de la máquina Stacker, de la empresa APM INLAND SERVICES S.A. que son, Motor, transmisión, Hidráulico, eléctrico, chasis, Rodamiento, Sprader, bajo este criterio se selecciona el sistema más crítico, que resultó ser el sistema de transmisión, a la vez la zona

seleccionada como crítica por el área de operaciones es la zona de llenos. Ver Anexo 2 Sistemas que componen las grúas Stackers.

Anexo 3 Esquema de los subsistemas Mandos finales y Caja.

Las funciones y sistemas de los componentes que conforman el sistema de transmisión se detallan en el siguiente cuadro:

**CUADRO 1 PARTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE TRANSMISION**

<b>MÁQUINA</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>PARTES</b>
<b>CONVERTIDOR DE PAR.</b>	Transmite la potencia necesaria, para mover la maquina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Turbina</li> <li>2. Estator</li> <li>3. Eje.</li> <li>4. Sellos.</li> </ol>
<b>PORTADISCOS.</b>	Un paquete que contiene discos de metal y fibra, cerraduras, resortes, caucho y pistones; cuando el disco de fibra se aprieta o afloja, se accionan diferentes engranajes.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carcaza.</li> <li>2. Discos de metal.</li> <li>3. Discos de Forro o fibra.</li> <li>4. Pistones.</li> <li>5. Seguros.</li> <li>6. Sellos.</li> <li>7. Resortes</li> <li>8. Sincronizador</li> </ol>
<b>SISTEMA DE PRESION DE ACEITE</b>	Generar la presión de aceite requerida en la caja de transmisión.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bomba de Presión.</li> <li>2. Cuerpo de Válvulas.</li> <li>3. Tuberías.</li> <li>4. Sellos</li> </ol>

<b>SISTEMA ELECTRICO</b>	Encargado de entregar la energía necesaria para mantener en funcionamiento el sistema, tanto de seguridad o cuando se transmite una señal desde la cabina de mandos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Sensores</li> <li>2.Cables</li> <li>3.Manómetros</li> <li>4.Terminales</li> <li>5.Arnes</li> <li>6.Fusibles</li> </ol>
<b>EJE</b>	Distribuye el torque que proviene de la caja de cambios hacia la ruedas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Diferencial</li> <li>2.Piñones</li> <li>3.Lainas</li> <li>4.Cruceta</li> <li>5.Semiejes</li> <li>6.Reductor</li> <li>7.Discos de fricción</li> <li>8.Planetarios</li> <li>9.Tambor</li> </ol>
<b>JUNTAS CARDANICAS</b>	Transmite la potencia desde la salida de la caja de cambios hacia el diferencial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Cruceta</li> <li>2.Yugo</li> <li>3.Eje Cardanico</li> </ol>

#### IDENTIFICAR EL CONTEXTO OPERACIONAL Y EL IPER

Como se detalló anteriormente, el sistema de transmisión trabaja bajo el siguiente contexto operacional:

El sistema de transmisión en una grúa, es el encargado de transmitir desde el cigüeñal hacia las ruedas motrices, la potencia suficiente para que estas puedan moverse, esto se realiza a través de un conjunto de partes y engranajes.

Cuenta con un conjunto de subsistema y piezas mecánicas, eléctricas y electrónicas, las cuales en caso de falla pueden ser reemplazadas. Los proveedores que abastecen de estas partes son distribuidores locales autorizados por el fabricante de cada componente según la marca especificada

que son muy diversas. Cuenta con sistema de protección como sensores, válvulas, eléctricas e hidráulicas que protegen al sistema de sobrecargas y desviaciones en el funcionamiento.

Su mantenimiento está orientado por el fabricante quien entrega manual de operación, mantenimiento, de partes y servicio de taller para cada uno de sus modelos de equipos.

La consecuencia de falla de este sistema es muy crítica ya que podría derivar en la paralización de la maquina completa, ocasionando esta una parada o retraso en la línea de movilización de los contenedores que son despachados al cliente final o que deben ser descargados en planta.

Cada 8 horas el equipo paraliza, para hacer el relevo del operador, este relevo en ocasiones puede durar una o dos horas tiempo en el que se aprovecha para la revisión de maquina o mantenimiento preventivo, generalmente se realizan los relevos en caliente cuya duración es de 15 minutos aproximadamente. En este periodo de tiempo solo se puede realizar una inspección visual del equipo, nivelar de aire a los neumáticos mientras que por el lado de los operadores estos coordinan la labor a continuar en el nuevo turno.

El equipo trabaja 3 turnos de 8 horas cada uno.

Con el mismo equipo de trabajo se Identificó los Peligros y los Riesgos a que están expuestos los trabajadores de acuerdo a la actividad que realizan, ésta se describe en el Anexo N° 4: Identificación de Peligros y evaluación de Riesgos: IPER

## RESPUESTA A LAS SIETE PREGUNTAS

Las siete preguntas clave, para el desarrollo del RCM, fueron tratadas con el equipo de trabajo, 05 de ellas están orientadas al modo de funcionamiento, las fallas que pudieran suceder, que causas las origina, y lo que podría originar si se presentara una falla en ese sistema, este conjunto de preguntas se responde en un formato conocido como hoja informativa, ver ANEXO 5

DETERMINACION DE AMFE Y HOJA DECISIÓN. La siguiente pregunta se refiere al conjunto de acciones proactivas que debemos realizar en el sistema, para evitar que este falle, por último, la respuesta a la última pregunta es qué debemos hacer si no hallamos una tarea proactiva, entre estas se encuentra el rediseño, o reemplazo de máquina, entre otras alternativas.

Esta tarea la realizamos utilizando la hoja de información, que contiene los datos de la máquina y sus sistemas, que es el Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos, más conocido como el AMFE, en el cual identificamos la función, después de esto analizamos las fallas funcionales, así como también los modos de falla, sus efectos y consecuencias.

Esto nos permite llenar las hojas de las decisiones, establecer que acción se debe realizar para evitar o reducir la consecuencia de los modos de fallas que puedan producirse, también fijara los intervalos con que se deberán realizar las tareas o acciones establecidas, así mismo determina quien o quienes la deben ejecutar.

Luego se utiliza la Hoja de Decisión, donde identificamos las consecuencias de cada una de las fallas, después de esto se proponen las acciones a ejecutar, el Programa de Mantenimiento, los responsables y la Acción a Falta De.

Ver Anexo N° 5: Determinación del AMFE y Hoja de Decisión.

#### ELABORAR E IMPLEMENTAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Para la elaboración e implementación del plan de mantenimiento se consigue que cada modo de falla, tenga la atención más efectiva y adecuada. Ver Anexo N° 7: Programa de Mantenimiento para el “Sistema de Transmisión”

#### AUDITORÍA

Para el seguimiento y control de que todo el proceso está cumpliendo con lo estipulado, de acuerdo al proceso de implementación del RCM se realizara una Auditoría, y se llevaran a cabo las acciones correctivas y preventivas necesarias.

El Formato o check list que se ha utilizado se encuentra en el Anexo N° 8

Finalmente, de cumplirse estrictamente el planteamiento presentado, los resultados serán muy satisfactorios respecto los objetivos planteados. Ver Anexo 6 Indicadores del sistema de transmisión.

### **1.3.2. Términos y conceptos básicos usados.**

Los términos y conceptos básicos usados, se describen a continuación<sup>1</sup>:

Los términos utilizados en el presente desarrollo son:

- Stacker. - Grúa portacontenedores, diseñada para la carga y descarga de contenedores metálicos de 20´y 40´.
- Sprader. - Implemento de la grúa Stacker, diseñado para levantar los contenedores.
- Cardan. - Elemento mecánico que une dos ejes y transmite un giro simultaneo al mismo tiempo.
- Turbina. - Maquina formada por varias paletas que recibe un líquido en su parte central y lo expulsa hacia su circunferencia aprovechando su energía para generar una fuerza motriz.
- Catalina. - Piñón que recibe el giro del piñón de ataque y lo transforma en movimiento útil para la rotación de las ruedas.
- Piñón de ataque. - Engranaje que recibe el giro del eje de salida y lo transmite a la catalina.
- Satélite. - Ruedas dentadas unidas a los semiejes que engranan con los planetarios.
- Convertidor. - Mecanismo que se utiliza en los cambios automáticos en sustitución del embrague.



- Spool. - Válvulas que actúan dentro de un sistema, con la finalidad de aperturar o cerrar el pase de un fluido.
- Brida. - Reborde circular en el extremo de una pieza metálica cilíndrica, que sirve para ajustarlos unos con otros.

## **Capítulo II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1. Situación problemática**

La empresa de almacenamiento de contenedores APM TERMINALS INLAND SERVICES, se encuentra en el distrito de Ventanilla, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima, se encarga de recepcionar y despachar contenedores con mercadería o vacíos, llegados del puerto del Callao. Para su operación cuenta con grúas Stackers de diferentes capacidades de carga, los cuales tienen por finalidad la carga y descarga de los contenedores con mercadería y vacíos a los equipos móviles (tracto camiones) encargados del traslado de la mercadería diversa que llegan de los buques en estos contenedores y que son distribuidos a nivel nacional a través de estas empresas de almacenamiento de contenedores. Estos equipos están constituidos por varios sistemas que permiten su funcionamiento como son: Motor, transmisión de potencia, Hidráulica, neumática, dirección, frenos, eléctrico, rodamientos, suspensión, cabina, chasis y bastidor. Siendo en ellos los de mayor registro de fallas el sistema de transmisión compuesto por la caja de cambios, el convertidor de torque, la corona y los cubos de freno.

La zona de trabajo es un terreno difícil de elevada contaminación y piso en desnivel, en el cual el material suspendido en el aire por donde se desplazan las maquina daña enormemente los sistemas diversos de los equipos, el polvo de la zona es el contaminante de mayor gravedad.

La producción es continua se labora en turnos dobles para poder satisfacer la demanda de contenedores que ingresan y salen de los almacenes.

La empresa APM TERMINALS Inland Services, ha dividido en dos zonas los lugares destinados para la carga y descarga de los contenedores denominados ZONA DE LLENOS Y ZONA DE VACIOS.

## **2.2. Formulación del problema**

En la actualidad se tiene un alto índice de paradas imprevistas de los equipos, lo que nos arroja una baja disponibilidad, alta cantidad de veces de falla del equipo, y una producción actual que podría ser superada fácilmente si se mejorasen estos aspectos.

La aplicación de esta técnica de mantenimiento se plantea para mejorar el rendimiento del pool de maquinarias, a la vez tendrá los costos necesarios, aprovechándose que su aplicación del mantenimiento será aplicada solamente a los puntos críticos de los sistemas mencionados.

Este procedimiento conllevará a mantener los costos de mantenimiento bajos conservado de esta manera la política actual de todo negocio.

Por lo tanto, podemos formular el problema como preguntas, la misma que es como sigue:

### **2.2.1 Problema General**

¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquina en los sistemas de transmisión mejorara la gestión de mantenimiento en las grúas stacker de llenos aplicado en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019??

### **2.2.2 Problema Especifico**

PE<sub>1</sub>- En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

PE<sub>2</sub>- En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión incrementara el cumplimiento del mantenimiento planeado en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

PE<sub>3</sub>. En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión reducirá el tiempo promedio para reparar en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

Estas interrogantes se respondieron en el desarrollo de la presente investigación.

## **2.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.**

### **2.3.1 Justificación**

En este proyecto se utilizó un método para los mantenimientos RCM (Reliability Centered Maintenance o Reliability Centered Maintenance) para crear el plan de manutención más adecuado para los sistemas de accionamiento de las máquinas de almacenamiento y recuperación en el almacén de contenedores de APM TERMINALS INLAND SERVICES.

La aplicación pueda generar un nuevo sistema de desarrollo en cuanto al mantenimiento en las empresas hace que las cargas de los trabajos programadas sea significativamente menor y se minimicen las correcciones en emergencias o imprevistos.

El lenguaje técnico es uniforme, simple y fácil de entender para todos los empleados involucrados en el proceso RCM, de manera que los empleados involucrados en las tareas sepan qué pueden esperar de esta aplicación y qué no y quién tiene que hacer qué para lograrlo.

### **2.3.2 Importancia**

La aplicación de esta técnica de mantenimiento mejorará el rendimiento del pool de maquinarias a la vez tendrá los costos necesarios, aprovechándose que su aplicación del mantenimiento será aplicada solamente a los puntos críticos del sistema de transmisión mencionado.

Para fortalecer este procedimiento de trabajo se evalúa la opción de apoyarnos en talleres de terceros especializados en sistemas específicos.

## **2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **2.4.1 Objetivo Principal:**

“¿Determinar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquina en los sistemas de transmisión mejorara la gestión de mantenimiento en las grúas stacker de llenos aplicado en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?”

### **2.4.2 Objetivos Específicos:**

PE<sub>1</sub>- En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

PE<sub>2</sub>- En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión incrementara el cumplimiento del mantenimiento planeado en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

PE<sub>3</sub>- En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión reducirá el tiempo promedio para reparar en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?

## **2.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION**

### **2.5.1 HIPOTESIS GENERAL:**

“Si, se implementa el mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado en los sistemas de transmisión, se mejorará la gestión de mantenimiento en las grúas stacker en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019”.

## **2.5.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS:**

**HE<sub>1</sub>**. “La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados de las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.

**HE<sub>2</sub>**. “La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión, mejorara el cumplimiento del mantenimiento planeado de las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.

**HE<sub>3</sub>**. “La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión, reducirá el tiempo medio de reparación de las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.

## **2.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACION**

### **2.6.1 Identificación de variables**

Se identifican las siguientes:

- **Variable Independiente:** V.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).  
(Variable causa).
- **Variable Dependiente:** V.2. Optimizar Gestión del Mantenimiento.  
(Variable resultante).

## 2.6.2 Operacionalización de variables:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
			VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Principal</b></p> <p>¿En qué medida la implementación del mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en sistemas de transmisión mejorara la gestión de mantenimiento en las máquinas Stacker en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES?</p>	<p><b>Principal</b></p> <p>Determinar en qué medida la implementación de RCM en sistemas de transmisión mejorara la gestión de mantenimiento en las máquinas Stacker aplicado en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES.</p>	<p><b>Principal</b></p> <p>“La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado en los sistemas de transmisión, mejorara la gestión de mantenimiento en las grúas stacker en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.</p>	<p>MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD RCM (Variable Independiente)</p>	<p>La confiabilidad es la probabilidad en que un bien , equipo o maquinaria realice su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.</p>	<p>X<sub>1</sub> Operación X<sub>2</sub> Mantenimiento</p>	<p>X<sub>1.1</sub> Disponibilidad X<sub>2.1</sub> Tiempo Medio entre reparaciones</p>
<p><b>Específicos</b></p> <p>¿En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el</p>	<p><b>Específicos</b></p> <p>Determinar en qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados en las grúas Stackers de llenos en la empresa APM</p>	<p><b>Específicos</b></p> <p>“La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión reducirá los mantenimientos no programados de las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019</p>	<p>Gestión del Mantenimiento (Variable Dependiente)</p>	<p>Es un conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la operatividad continua de un equipo, evitando los retrasos por averías.</p>	<p>Y<sub>1</sub> Horas de maquina parada por mantenimiento imprevisto</p>	<p>Y<sub>1.1</sub> Tiempo medio entre fallas (MTBF) Y<sub>1.2</sub> Confiabilidad</p>

periodo 2019.	TERMINALS INLAND SERVICES. Para el periodo 2019.					
<p>Específicos</p> <p>¿En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión incrementara el cumplimiento del mantenimiento planeado en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?.</p>	<p>Específicos</p> <p>Determinar en qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión incrementara el cumplimiento del mantenimiento planeado en las grúas Stackers de llenos en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES. Para el periodo 2019.</p>	<p>Específicos</p> <p>“La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión incrementara el mantenimiento planeado en las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.</p>		<p>Es el número de mantenimientos preventivos o predictivos que se deben ejecutarse en un espacio de tiempo definido.</p>	<p>Y<sub>2</sub> Numero de mantenimientos programados</p>	<p>Y<sub>2.2</sub> % del plan Mantenimiento Preventivo</p>



<p>Específicos</p> <p>¿En qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión reducirá el tiempo promedio para reparar en las grúas Stackers de llenos en la Empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019?.</p>	<p>Específicos</p> <p>Determinar en qué medida la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los sistemas de transmisión reducirá el tiempo promedio para reparar en las grúas Stackers de llenos en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES. Para el periodo 2019.</p>	<p>Específicos</p> <p>“La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a los sistemas de transmisión reducirá considerablemente el tiempo promedio para reparar en las grúas Stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo 2019.</p>		<p>Es el tiempo que demora un equipo en cambiar de su estado de reparación a operativo</p>	<p>Y<sub>3</sub> Horas de Reparaciones programadas</p>	<p>Y<sub>3.1</sub>. Horas hombre Y<sub>3.2</sub> Numero de fallas MTTR</p>
--	--	---	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación

El tipo de Investigación: Aplicada.  
Nivel de la Investigación: Descriptivo  
Diseño de la Investigación: Pre test – Post Test

Se esquematiza de la siguiente forma:

M O<sub>1</sub> ----- X ----- O<sub>2</sub>

Siendo: M: Muestra en la que se realiza el estudio (Sistema de Transmisión).

O<sub>1</sub> y O<sub>2</sub>: Observaciones obtenidas.

X: Tratamiento (mantenimiento centrado en la confiabilidad: RCM)

#### 3.2. Población y Muestra de estudio

##### **Población:**

Existen en la actualidad una población muy estimada de 120 grúas que operan en los diversos almacenes, para nuestro caso la empresa APM INLANDS SERVICES S.A. Cuenta con 10 grúas. De las cuales se tomará para la aplicación del RCM una de ellas.

##### **Muestra:**

Como ya se mencionó anteriormente la zona de trabajo con mayor carga, es la de ZONA DE LLENOS, de donde se ha tomado la grúa M21, por presentar el mayor de paradas imprevistas y la más baja confiabilidad. Para ello se tomó una encuesta a 03 operadores, 03 mecánicos, 01 supervisor de mantenimiento, 01 jefe de operaciones y 01 gerente de operaciones. Por ser los directamente comprometidos con los equipos. Ver ANEXO 9 FORMATO PARA ENCUESTA.

## Capítulo IV

### TECNICAS E INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Técnicas de la recolección de los datos

- a). - Manual de operación, mantenimiento y servicio
- b). - Observación
- c). - Entrevista

#### 4.2 Instrumentos de recolección de información

Los principales instrumentos que se utilizaron para la recolección de información son los siguientes:

Nº	TÉCNICA	INSTRUMENTO
1	Análisis documental	Bibliografía
2	Entrevista	Guía de entrevista
3	Observación	Tabla de recolección de datos

#### 4.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de resultados

Se presentan los hallazgos, en tablas y cuadros, aplicando el modelo simbólico.

Se presentan los resultados consolidando y aplicando el modelo gráfico.

Se presentan los hallazgos de manera descriptiva, aplicando el modelo narrativo.

Se utilizó las siguientes formulas estadísticas para el procesamiento de datos, (fuentes SPSS):

Formulas estadísticas usadas:<sup>15</sup>

Media aritmética de datos agrupados:  $\bar{x} = \frac{\sum f \cdot x}{n}$

Chi Cuadrado:

## **CAPÍTULO V**

### **CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **5.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 01**

##### **HIPÓTESIS NULA**

**H0:** Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, no reducirá los mantenimientos no programados de las Grúas

##### **HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

**HE1-** Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, reducirá los mantenimientos no programados de la Grúa

##### **MODELO ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA**

Para determinar si existe diferencias entre el antes y después de la implementación del RCM en el sistema de transmisión de la Grúa stackers de la empresa APM Terminals Inland Services para el periodo de enero a diciembre de 2019 y en base a la información de la encuesta que se muestra en el Anexo N° 9, se hizo uso del estadístico de prueba CHI cuadrado para determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis Nula.

$$X_c^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Dónde:

$X_c^2$  = Valor de Chi cuadrado calculado.

$f_o$  = Frecuencia observada

$f_e$  = Frecuencia esperada

El valor de  $X^2_c$  se determinó con grados de libertad, calculados con la siguiente fórmula:

GL: (C-1) (F-1)

Elección de nivel de significación  $\alpha = 0,05$

Pregunta N°	REDUCCIÓN DEL MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	INDICADORES				Total
		Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	
1	¿Cuentan con un programa detallado del mantenimiento preventivo de la grúa stackers?	0	2	3	4	9
2	¿Las paradas imprevistas por fallas en la transmisión son muy frecuentes?	4	4	1	0	9
3	¿Se cuenta con repuestos para atender cualquier tipo de falla en el sistema de transmisión?	0	2	3	4	9
4	¿Los repuestos e insumos utilizados para el mantenimiento de los sistemas de transmisión son originales de fábrica?	0	1	4	4	9
5	¿Considera usted que la implementación del RCM ha contribuido de manera satisfactoria en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento de las grúas Stacker de la empresa?.	0	0	4	5	9
		4	9	15	17	45
		0.0889	0.2000	0.3333	0.3778	

Valor de fe					
	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	Total
1	0.8000	1.6000	2.60000	4.00000	9.0000
2	0.8000	1.60000	2.60000	4.00000	9.0000
3	0.8000	1.60000	2.60000	4.00000	9.0000
4	0.8000	1.60000	2.60000	4.00000	9.0000
5	0.8000	1.60000	2.60000	4.00000	9.0000

$f_o$	$f_e$	$(f_o - f_e)^2 / f_e$	$f_o$	$f_e$	$(f_o - f_e)^2 / f_e$
0	0.800	0.800	3	3.000	0.000
2	0.800	1.800	4	3.000	0.333
3	0.800	6.050	0	3.000	3.000
4	0.800	12.800	1	3.000	1.333
4	0.800	12.800	4	3.000	0.333
4	1.800	2.689	4	3.400	0.106
1	1.800	0.356	0	3.400	3.400
0	1.800	1.800	0	3.400	3.400
0	1.800	1.800	4	3.400	0.106
2	1.800	0.022	5	3.400	0.753
		40.917		$\sum X^2$	53.681

### Toma de decisiones

$$V = (C-1)(F-1) = 3 \times 4 = 12$$

$$1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$$

De Tabla: con 0.05 de error y GL=12

Como  $X^2_t$  Tabla = 21.0261 (tabla-Distribución chi cuadrado)

GRÁFICO:



21.0261

Como  $X^2_c$  cal = 53.681 cae en la región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula. ( $X^2_c$  cal, 53.681 >  $X^2_t$  tabla, 21.0261)

Por lo que se concluye que, si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, reducirá los mantenimientos no programados de la Grúas.

## 5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 02

### HIPÓTESIS NULA

$H_0$ : Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, no se mejora el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo

### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

$H_1$ : Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, se mejorará el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo

Aplicando el modelo estadístico de prueba CHI cuadrado, tenemos:

Pregunta N°	CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	INDICADORES				Total
		Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	
6	¿El programa de mantenimiento preventivo que les ha proporcionado el fabricante, lo tienen los supervisores y el personal que lo ejecuta?	2	1	2	4	9
7	¿Considera usted que el sistema de transmisión en el subsistema caja de cambios a la fecha cumple los mantenimientos preventivos recomendados por el fabricante?	0	2	3	4	9
8	¿Considera usted que el sistema de transmisión en el subsistema Mandos finales a la fecha cumple los mantenimientos recomendados por el fabricante?	1	1	3	4	9
9	Los componentes del sistema de transmisión en el subsistema Diferencial, a la fecha cumple con los mantenimientos recomendados por el fabricante?	0	2	2	5	9
		3	6	10	17	36
		0.0833	0.1667	0.2778	0.4722	

	Valor de fe				
	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	Total
1	0.7500	1.5000	2.5000	4.2500	9.0000
2	0.7500	1.5000	2.5000	4.2500	9.0000
3	0.7500	1.5000	2.5000	4.2500	9.0000
4	0.7500	1.5000	2.5000	4.2500	9.0000

$f_0$	$f_e$	$(f_0 - f_e)^2 / f_e$	$f_0$	$f_e$	$(f_0 - f_e)^2 / f_e$
2	0.7500	2.0833	1	2	0.5
1	0.7500	0.0833	1	2	0.5
2	0.7500	2.0833	3	2	0.5
4	0.7500	14.0833	4	2	2
0	1.5000	1.5	0	6	6
2	1.5000	0.1667	2	6	2.6667
3	1.5000	1.5000	2	6	2.6667
4	1.5000	4.1667	5	6	0.1667
		25.6667		$\sum X^2$	40.667

### Toma de decisiones

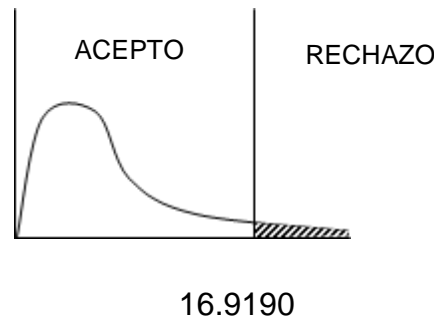
$$V = (C-1) (F-1) = 3 \times 3 = 9$$

$$1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$$

De Tabla: con 0.05 de error y GL=9

Como  $X^2_{\alpha}$  Tabla = 16.9190 (tabla-Distribución chi cuadrado)

### GRÁFICO



Como  $X^2_c$  cal = 40.667 cae en la región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula. ( $X^2_c$  cal, 40.667 >  $X^2_{\alpha}$  tabla, 16.9190)

Por lo que se concluye que, si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, se mejorará el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.



### 5.3 HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 03

#### HIPÓTESIS NULA

$H_0$ : Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, no se reducirá el tiempo medio de reparación.

#### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

$H_1$ : Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, se reducirá el tiempo medio de reparación.

Aplicando el modelo estadístico de prueba CHI cuadrado, tenemos:

Pregunta N°	REDUCCIÓN DEL TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN	INDICADORES				Total
		Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	
10	¿Cree usted que una falla en el sistema de transmisión puede paralizar a la grúa Stackers?	1	3	3	2	9
11	¿Se ha reducido el tiempo de horas de reparación en los mantenimientos correctivos, del sistema de transmisión, en el subsistema caja de cambios?	0	1	4	3	8
12	¿El personal técnico de equipo mecánico cuenta con equipos y herramientas adecuadas y de calidad?	1	1	4	3	9
13	¿La calidad de los repuestos e insumos utilizados para el mantenimiento de los sistemas de transmisión es buena?	0	1	3	5	9
14	¿Cree usted que la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de la máquina, optimiza la gestión de mantenimiento de equipos en una empresa?	0	1	1	7	9
		<b>2</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>44</b>
		0.0455	0.1591	0.3409	0.4545	

	Valor de fe				
	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	Total
10	0.4091	1.4318	3.0682	4.0909	9.0000
11	0.4091	1.4318	3.0682	4.0909	9.0000
12	0.4091	1.4318	3.0682	4.0909	9.0000
13	0.4091	1.4318	3.0682	4.0909	9.0000
14	0.4091	1.4318	3.0682	4.0909	9.0000

$f_0$	$f_e$	$(f_0 - f_e)^2 / f_e$	$f_0$	$f_e$	$(f_0 - f_e)^2 / f_e$
1	0.4091	0.8535	4	3.0682	0.2830
3	0.4091	16.4091	3	3.0682	0.0015
3	0.4091	16.4091	0	3.0682	3.0682
2	0.4091	6.1869	1	3.0682	1.3941
0	0.4091	0.4091	3	3.0682	0.0015
1	1.4318	0.1302	5	4.0909	0.2020
4	1.4318	4.6064	0	4.0909	4.0909
3	1.4318	1.7175	1	4.0909	2.3354
1	1.4318	0.1302	1	4.0909	2.3354
1	1.4318	0.1302	7	4.0909	2.0687
		46.9823		$\sum X^2$	62.763

### Toma de decisiones

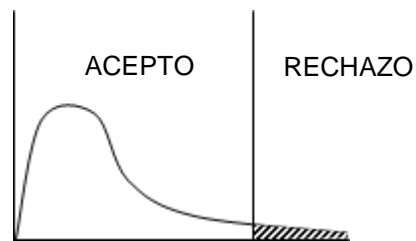
$$V = (C-1)(F-1) = 3 \times 4 = 12$$

$$1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$$

De Tabla: con 0.05 de error y GL=12

Como  $X^2_t$  Tabla = 21.0261 (tabla-Distribución chi cuadrado)

GRÁFICO:



21.0261

Por lo que se concluye que, si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019, se reducirá el tiempo medio de reparación.

#### **5.4 Hipótesis General**

Al comprobar las Hipótesis específicas, damos por validada la hipótesis General donde dice “Si se implementa el RCM en el sistema de transmisión de las grúas stackers se mejorará la gestión de mantenimiento en la empresa APM TERMINALS INLAND SERVICES para el periodo enero a diciembre 2019”.

**Capítulo VI**  
**PRESENTACION, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS,**

**6.1. Presentación:**

Los datos obtenidos se muestran el Anexo N° 8 Indicadores de los sistemas de transmisión, los mismos que se resumen en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 2**  
**INDICADORES DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO**

Periodo	Equipo	Numero de fallas	T. medio entre Falla	Disponib.	Confiabilidad	MTRR
2019	C09	3.83	76.21	80.03%	85.22%	13.25
	M01	3.42	86.31	81.14%	86.03%	13.79
	M04	3.67	73.67	80.31%	84.27%	12.49
	M11	4.17	65.81	79.35%	83.07%	11.91
	M12	3.42	79.66	80.85%	84.44%	12.63
	M13	3.25	84.64	80.33%	84.02%	14.38
	M14	3.83	125.06	82.21%	85.88%	18.50
	M21	4.25	119.89	80.88%	84.58%	20.36
	M22	3.08	170.01	82.65%	86.55%	24.57
M23	2.92	88.16	81.34%	84.64%	14.62	
2020	C09	4.25	65.49	79.82%	85.39%	11.36
	M01	4.25	64.58	79.66%	85.23%	11.31
	M04	4.33	63.70	79.86%	85.44%	10.88
	M11	4.33	63.51	79.73%	85.34%	10.83
	M12	3.58	77.84	80.20%	85.74%	12.92
	M13	3.83	74.73	80.13%	85.70%	12.47
	M14	5.17	95.87	81.79%	86.86%	14.44
	M21	3.92	141.30	92.70%	94.63%	7.92
	M22	4.50	112.51	82.08%	86.99%	16.76
M23	3.67	76.77	80.53%	85.63%	12.98	

Dónde:

X<sub>11</sub>: Disponibilidad (en %)

Y<sub>21</sub>: Tiempo medio para reparar (en horas)

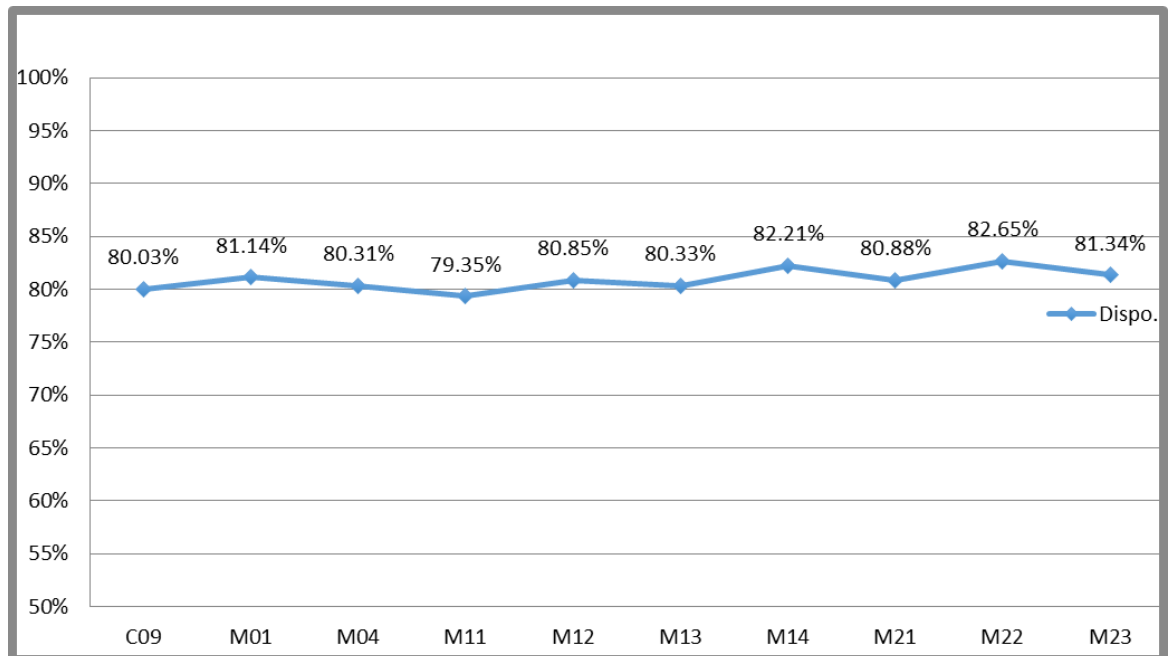
Y<sub>22</sub>: Tiempo medio para fallar (en horas)

Y<sub>12</sub>: Confiabilidad (en %)

Y<sub>32</sub>: Números de veces que fallaron los equipos (en cantidades)

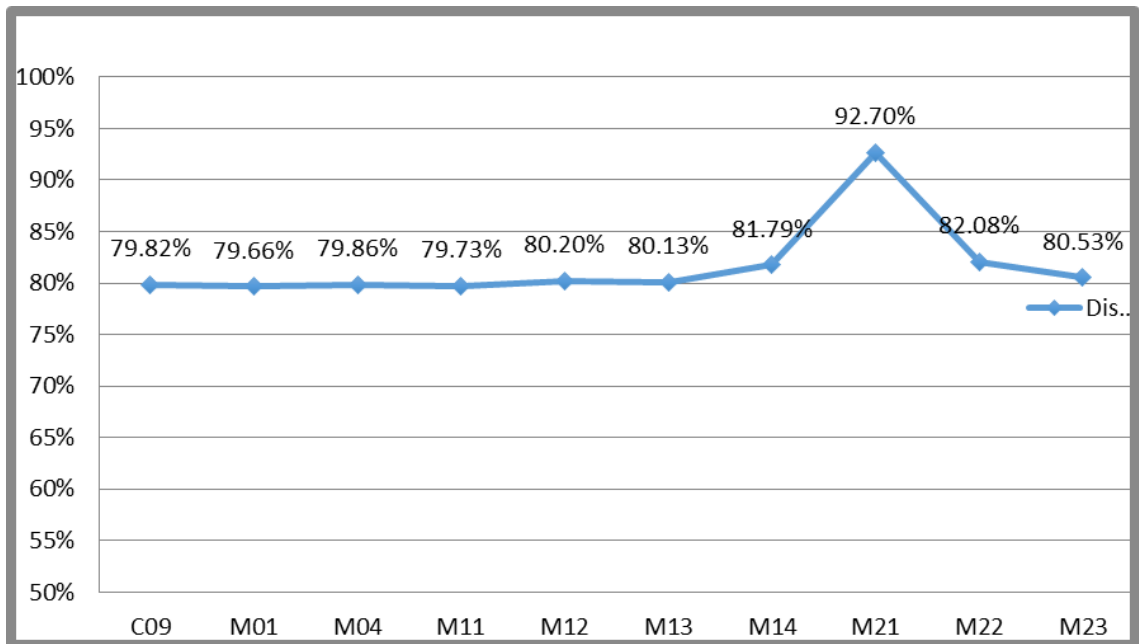
GRÁFICA N°1

DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES S.A  
EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2019



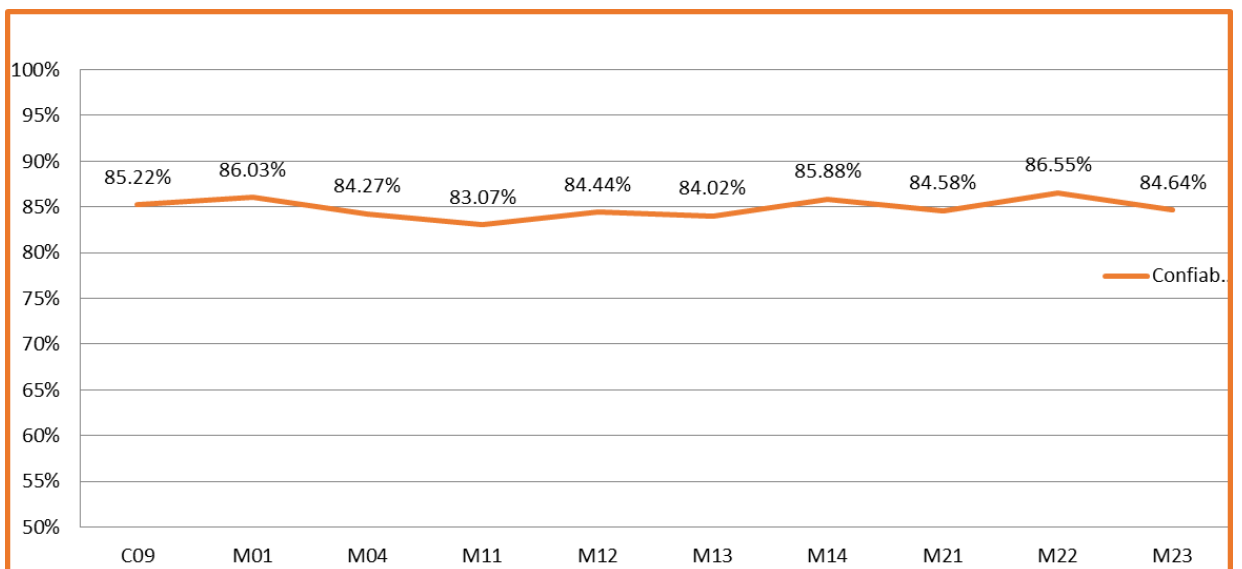
**GRÁFICA N°2**

**DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES S.A  
EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2020**



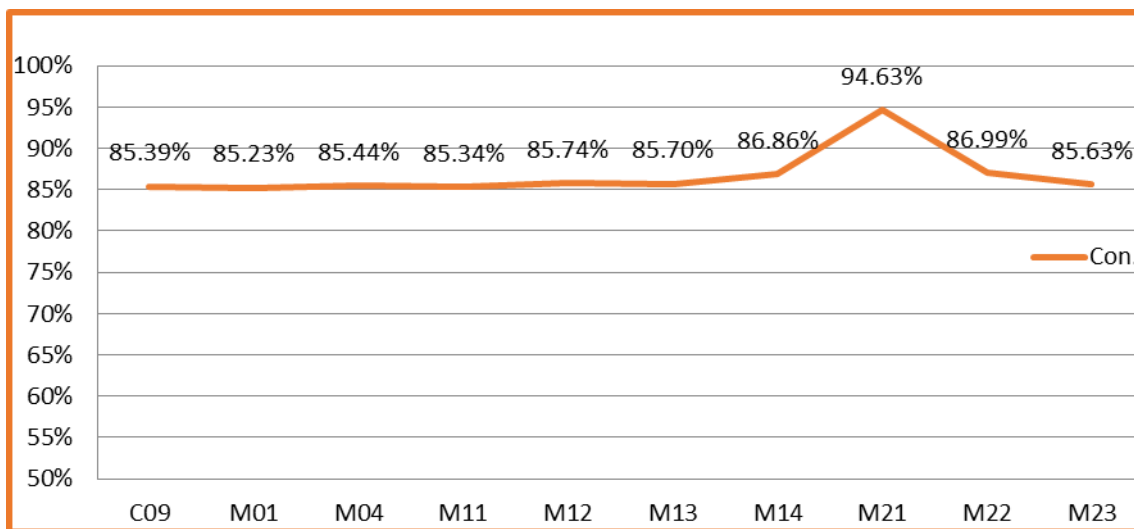
**GRÁFICA N°3**

**CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES S.A. EN  
EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2019**



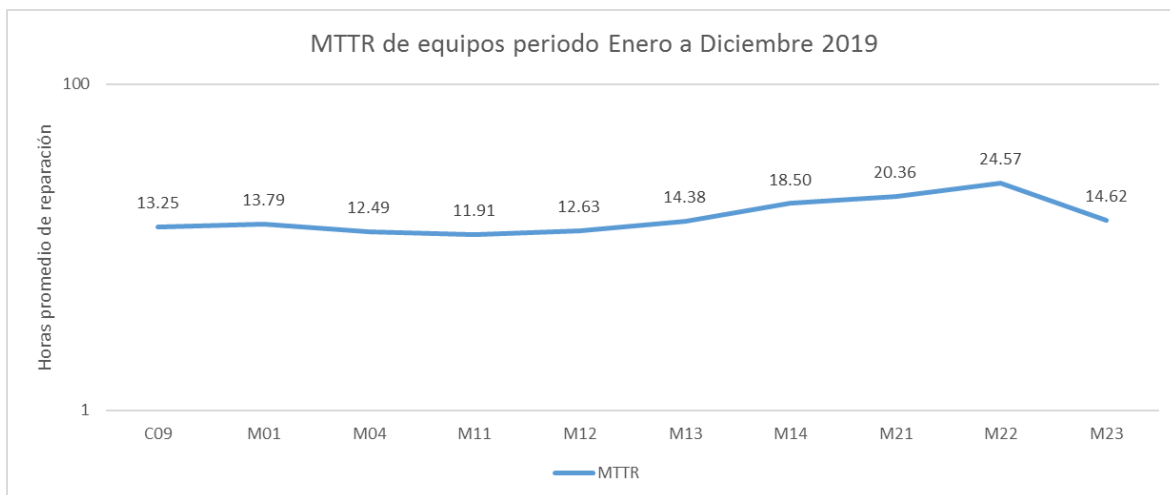
**GRÁFICA N°4**

**CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES S.A. EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2020**



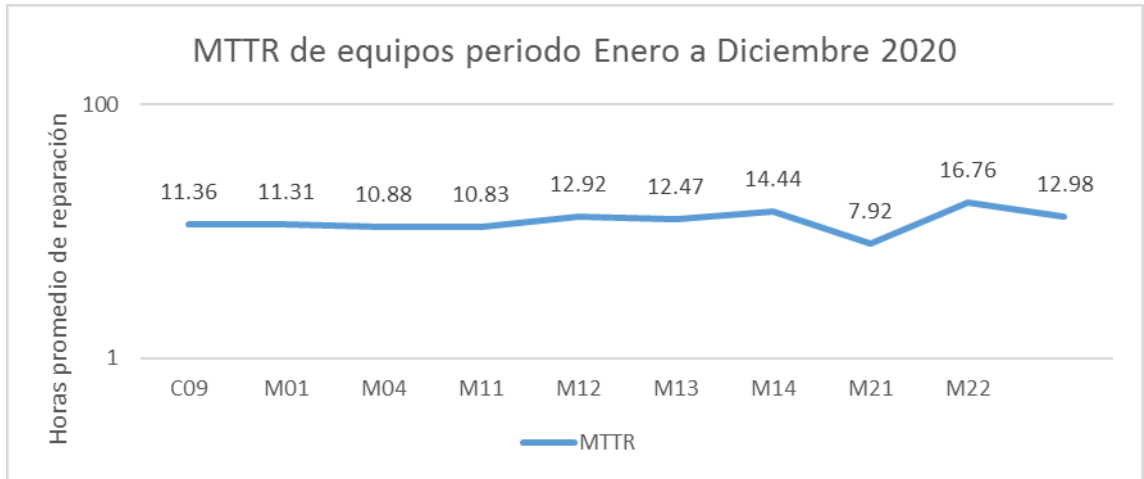
**GRÁFICA N°5**

**TIEMPO MEDIO MENSUALES PARA REPARAR LAS MÁQUINAS STACKERS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2019**



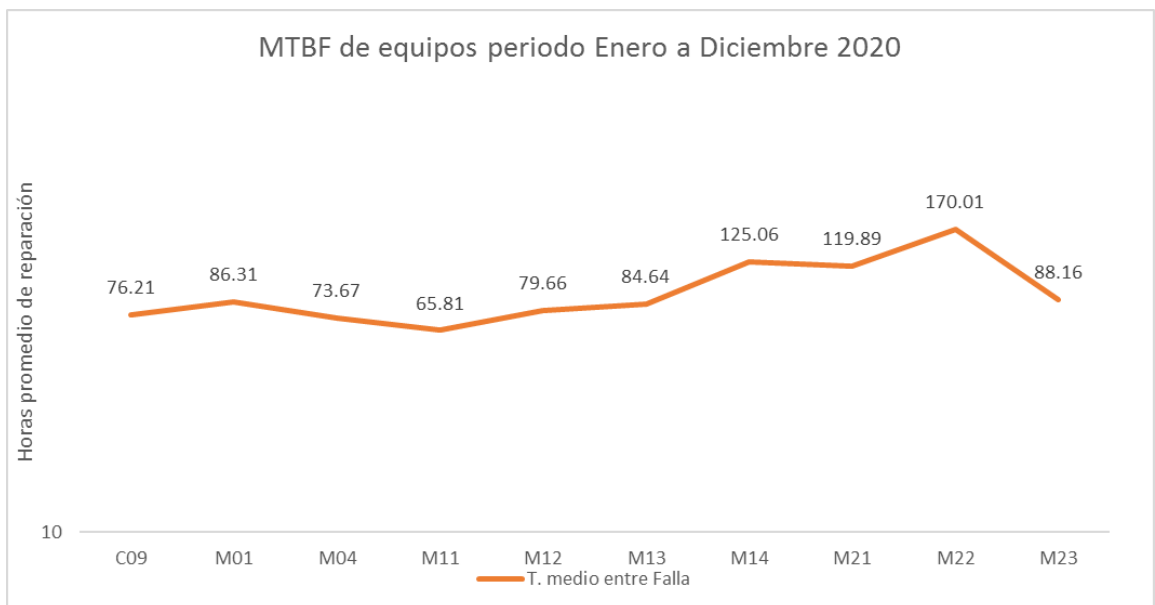
**GRÁFICA N°6**

**TIEMPO MEDIO MENSUALES PARA REPARAR LAS MÁQUINAS STACKERS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2020**



**GRÁFICA N°7**

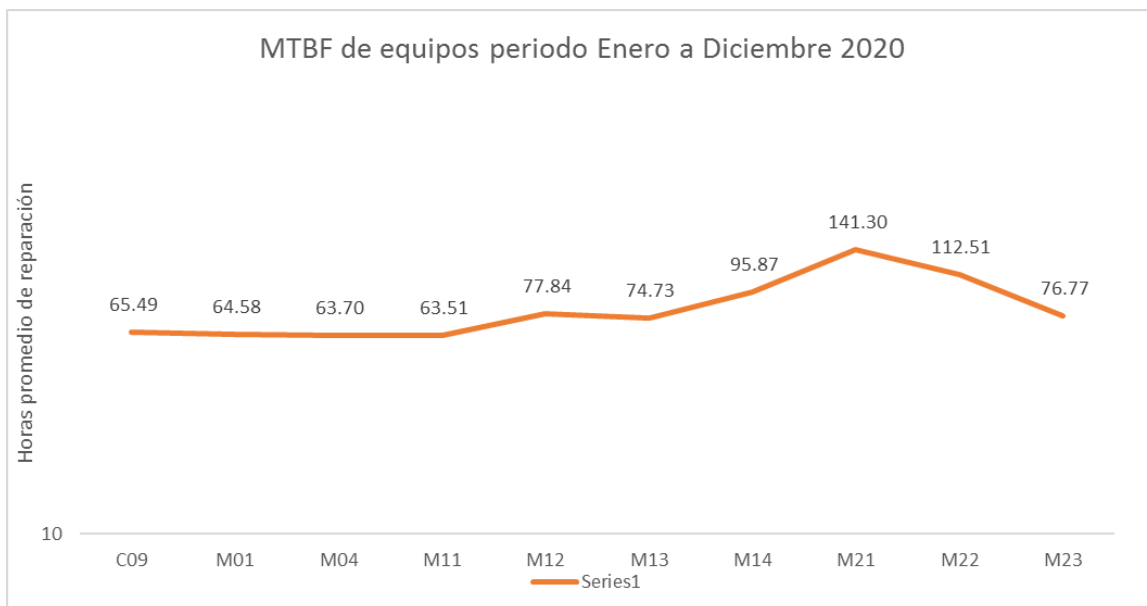
**TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS DE LAS MAQUINAS STACKERS EN LA EMPRESA APM INLAND SERVICES S.A. EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2019**





## GRÁFICA N°8

TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS DE LAS MAQUINAS STACKERS EN LA EMPRESA  
APM INLAND SERVICES S.A. EN EL PERIODO ENERO A DICIEMBRE 2020



### 6.2. Interpretación de resultados

- El número promedio de fallas producidas antes de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 4.25 fallas mensuales.  
El número promedio de fallas producidas después de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 3.92 fallas mensuales
- El tiempo promedio mensual entre fallas antes de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 119.89 horas  
El tiempo promedio mensual entre fallas después de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 141.30 horas
- El tiempo promedio mensual para reparar antes de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 20.36 horas.  
El tiempo promedio mensual para reparar después de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 7.92 horas

- La Disponibilidad antes de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 80.88%  
La Disponibilidad después de la implementación del RCM en las maquinas en estudio fue de 92.70%
  
- La confiabilidad antes de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 84.58%.  
La confiabilidad después de la implementación del RCM en las máquinas en estudio fue de 94.63%.

### **6.3. Discusión de resultados**

Del resultado obtenido podemos afirmar que:

La implementación del RCM aplicado al sistema de transmisión en la grúa Stackers mejora la gestión de mantenimiento en la empresa APM INLAND SERVICES S.A en el periodo 2019.

### **CONCLUSIONES:**

Con el presente trabajo de RCM a la transmisión de la Grúa Stacker M21 se ha podido lograr:

- Las mejoras de las disponibilidades de los dispositivos y la utilización del RCM permiten mejorarse las disponibilidades de los dispositivos y aumentarse sus fiabilidades.
- Se redujo el tiempo de reparaciones de los equipos, esto debido a que la reparación es más predecible a máquina cerrada en cuanto a la identificación de partes a sustituir.
- Se reduce el número de paradas imprevistas de los equipos.

- El apoyo de la gerencia ha sido muy importante para la implementación de esta herramienta.
- La implementación del RCM debe ser realizada por un equipo de trabajo compuesto por operadores de máquina, personal de mantenimiento y supervisores familiarizados con el funcionamiento de la máquina.

## **RECOMENDACIONES:**

- Continuar con los procedimientos para el mejoramiento continuo hasta lograr el performance idóneo, es importante tener presente que los programas desarrollados hoy perderá su eficacia a medida que vayan ingresando nuevos equipos con sistemas diferentes o más complejos, los cuales deberán adicionarse para ser tratados con la responsabilidad del caso.
- La capacitación permanente del personal tanto que opera como el que da mantenimiento a los equipos es fundamental para conseguir un eficiente conocimiento de los sistemas del equipo, lo que permitirá con mayor rapidez identificar problemas y aplicar soluciones en cada situación.
- Conforme se vayan presentando nuevas fallas estas deben ser analizadas e incluidas en el RCM, porque el objetivo del RCM es lograr activos más confiables.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mora Gutierrez, A. "Mantenimiento planeamiento ejecución y control. Grupo editor Alfa omega colombiana S.A., Bogotá D.C., 2009.
2. Gonzales F. "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado" España: Editorial FUNDACION CONFEMETAL., 2003.
3. Moubray, J. Mantenimientos Centrados en Confiabilidad, RCM II. Edición en español traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados. Argentina, impreso en Gran Bretaña por Biddles Ltd., Guildford and Kings Lynn; 2004.
4. Norma SAE JA 1011, Preparados por Subcomité SAE G-11 Mantenimientos Centrados en las Confiabilidades (RCM) del Comité de apoyo G-11, agosto de 1999.
5. Hernández. R, Fernandez Collado. C, Baptista. P, "Metodología de la investigación" Sexta edición. Editorial Mc Graw Hill/Interamericana editores S.A. DE CV. México. DF 2014.
6. Manual de partes y servicios de la maquina Kalmar DRF 450
7. Manual de servicios de transmisiones Hyster Company
8. Norma SAE JA 1011, Preparado por el Sub comité SAE G-11 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) del Comité de apoyo G-11, agosto de 1999.

## X. ANEXOS

### Anexo Nº 1

#### Esquema completo de grúa stackers



#### GRUA DE LLENOS EN ACCION TRANSPORTANDO CONTENEDOR DE LLENOS

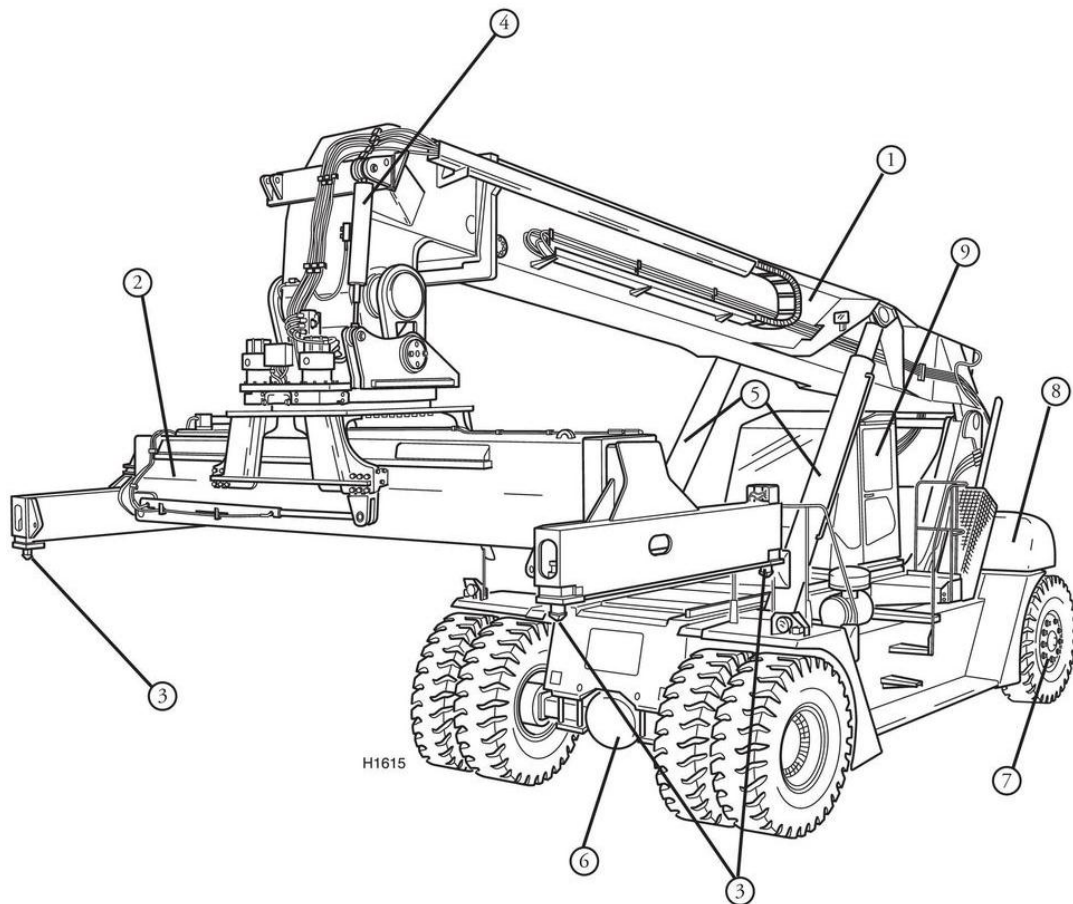


## ANEXO 2

### SISTEMAS QUE COMPONEN LA GRUA STACKERS

#### DESCRIPCIÓN

- |                        |  |                         |
|------------------------|--|-------------------------|
| 1. Brazo elevador      | 4. Cilindros amortiguadores<br>(son 2) | 7. Eje direccional      |
| 2. Acoplamiento        | 5. Cilindros elevadores                | 8. Contrapeso           |
| 3. Elementos de cierre | 6. Eje tractor                         | 9. Cabina del conductor |



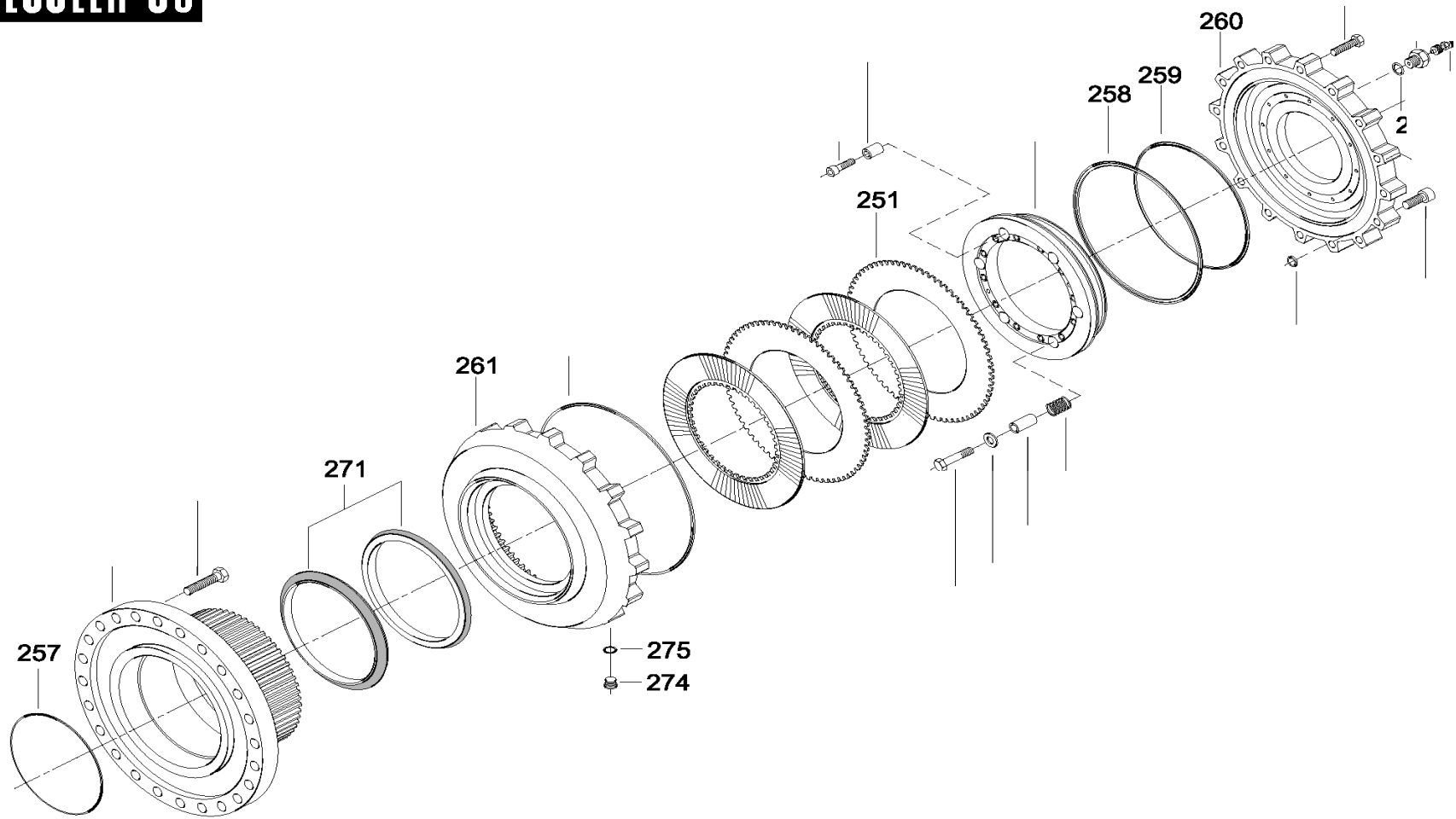
**ANEXO 3 DIAGRAMA DE LOS SISTEMAS**

**DIAGRAMA DE SISTEMA DE TRANSMISION SUBSISTEMA MANDOS  
FINALES (EJE DELANTERO)**

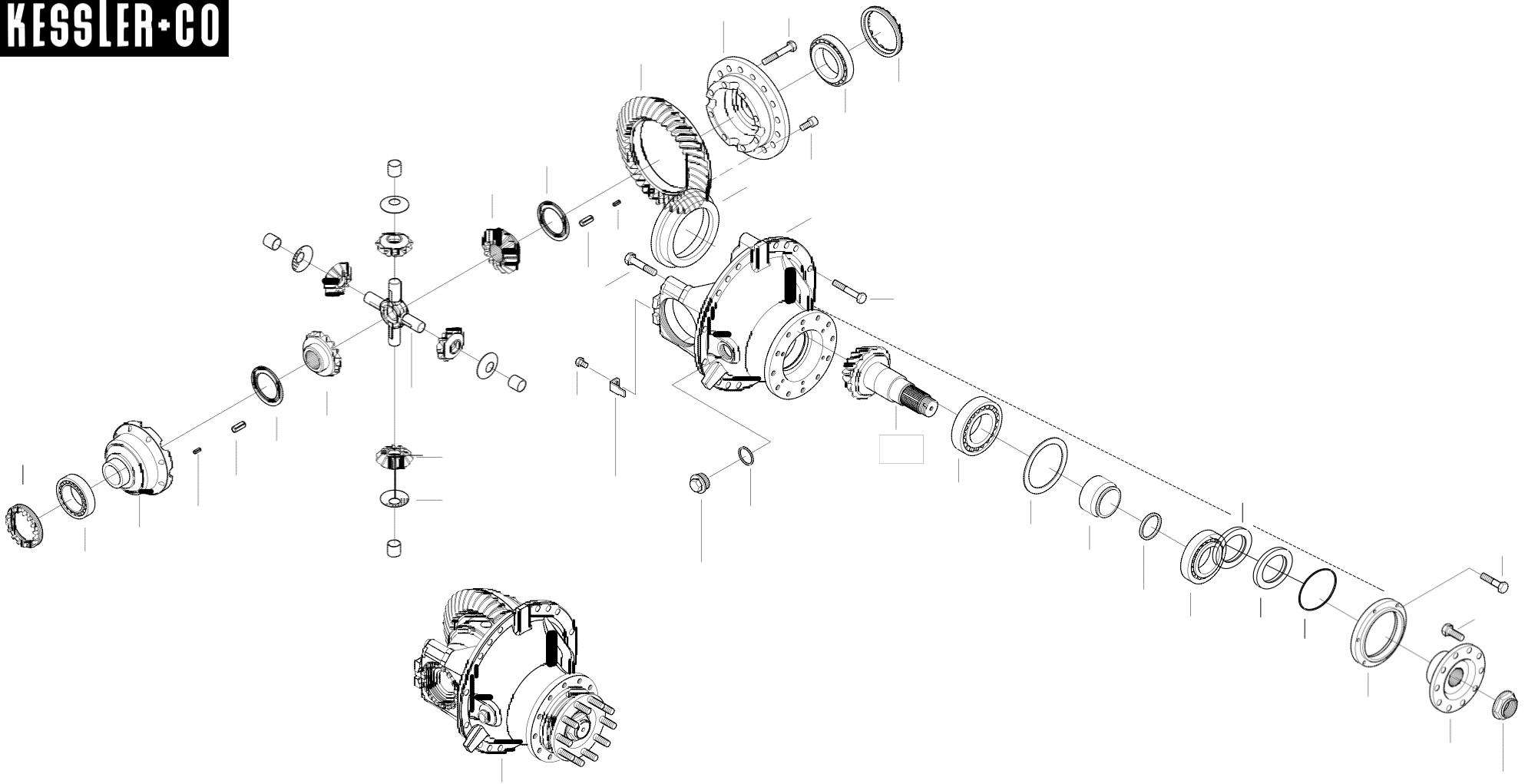






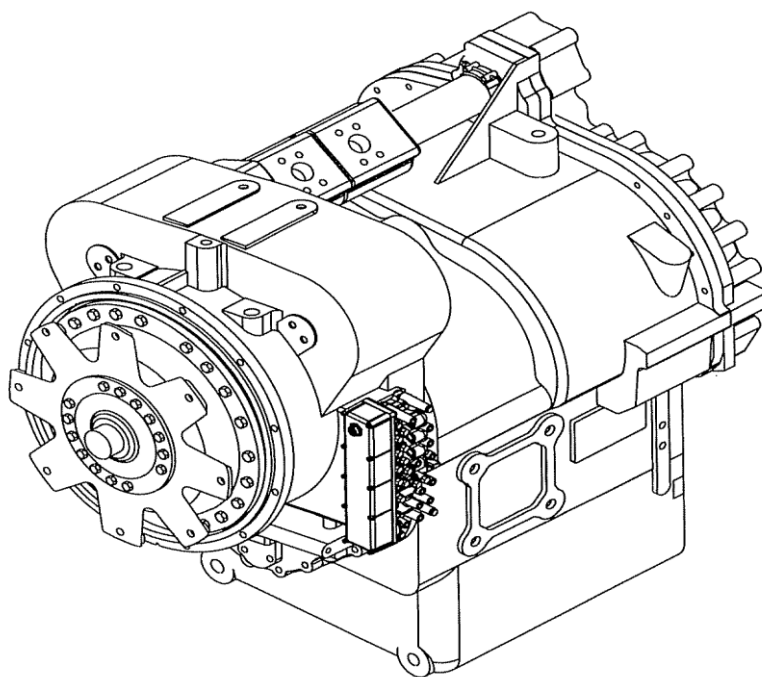


**KESSELER+CO**



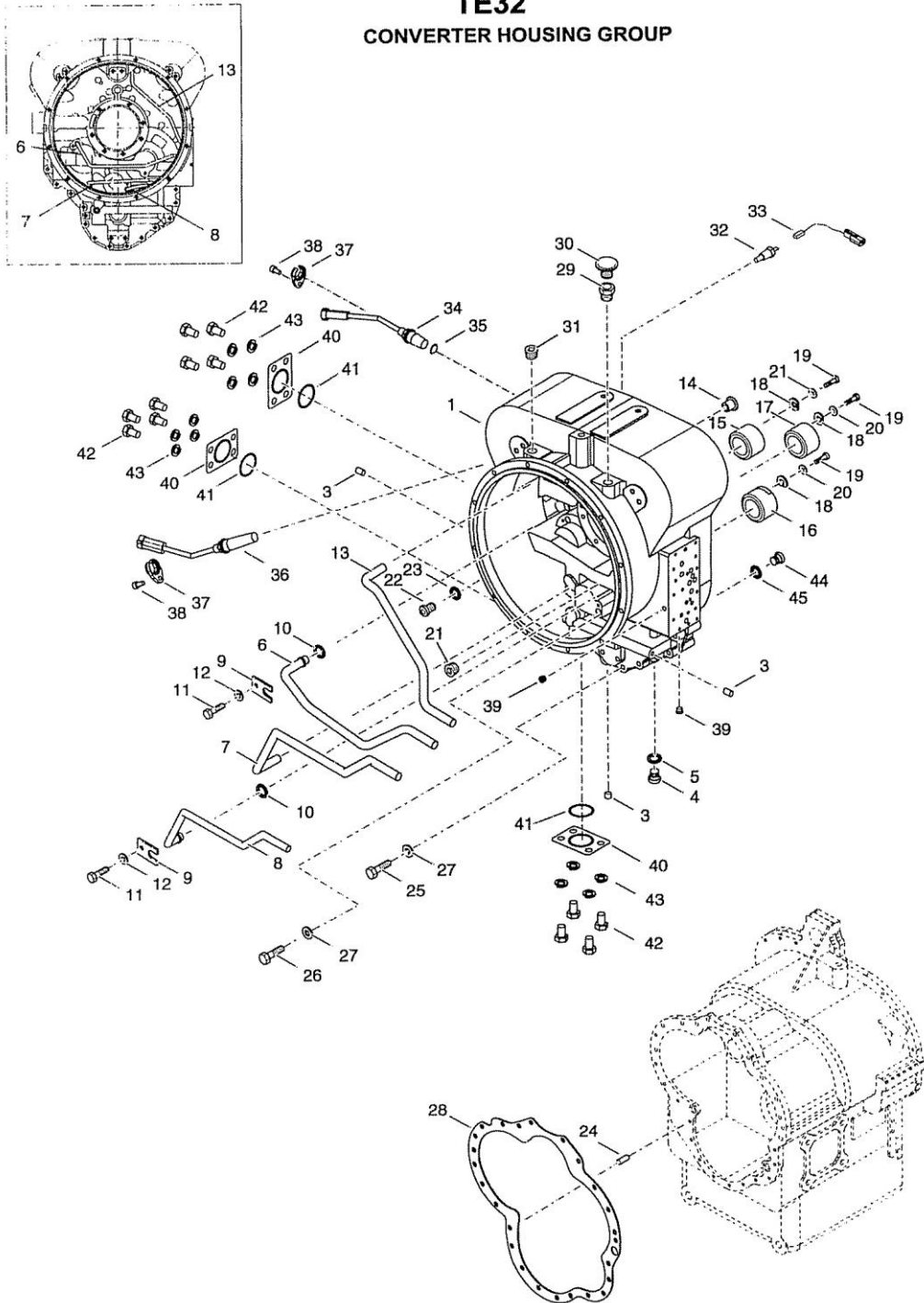
**DIAGRAMA DE SISTEMA DE TRANSMISION SUBSISTEMA CAJA DE CAMBIOS (Fuente Manual de partes Kalmar)**

**TE32 Series**



# Despiece del convertidor

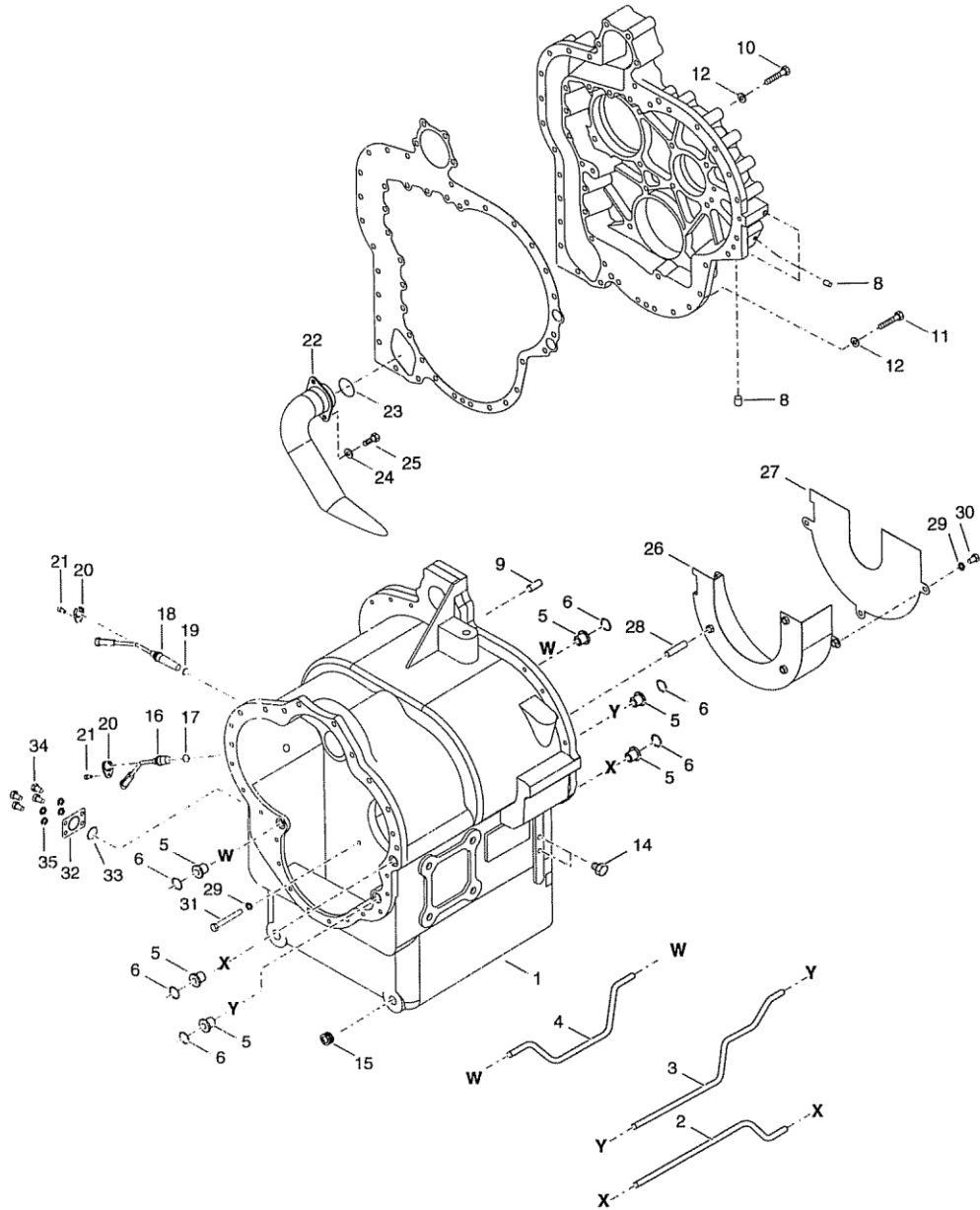
## TE32 CONVERTER HOUSING GROUP



GRP-32011 rev.102002

# Despiece de la transmisión

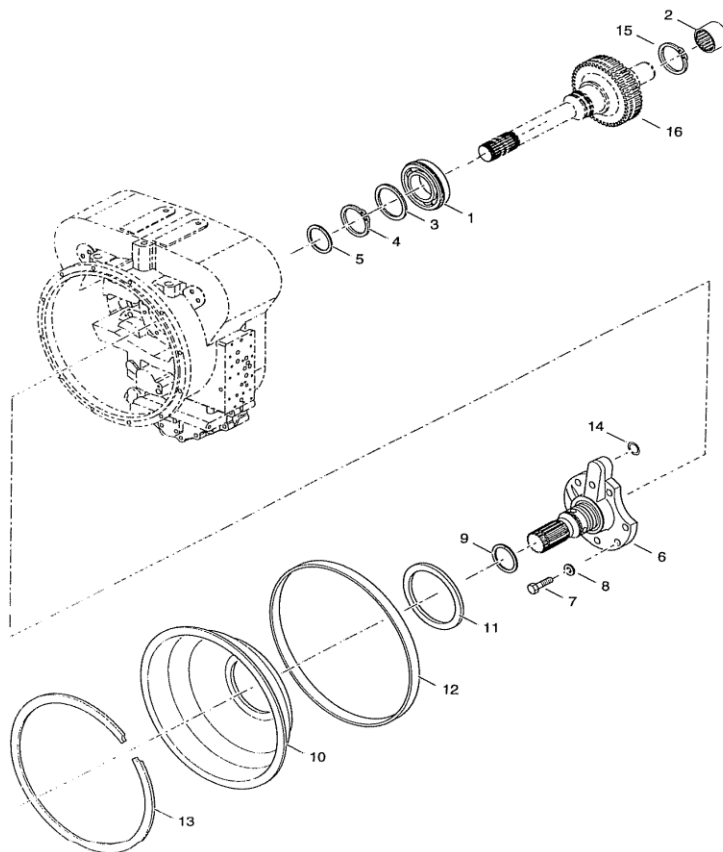
## TE32 TRANSMISSION CASE GROUP



GRP-32021 rev. 092002

# Eje de la turbina

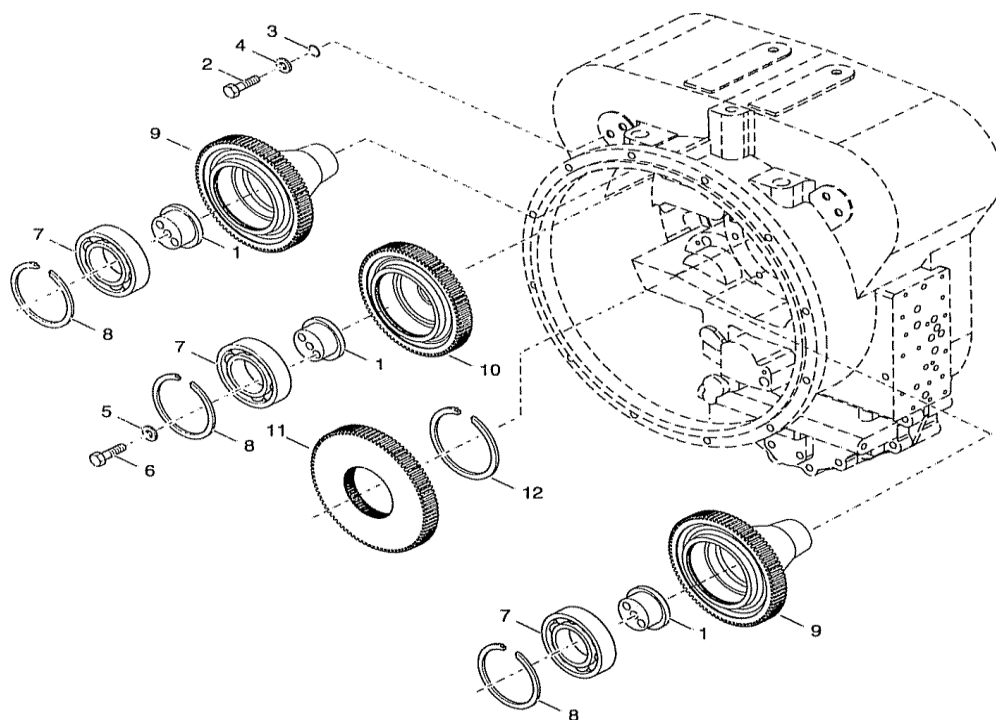
## TE32 TURBINE SHAFT GROUP



GRP-TE32031 rev 101002

# Conjunto de piñones para accionamiento de las bombas

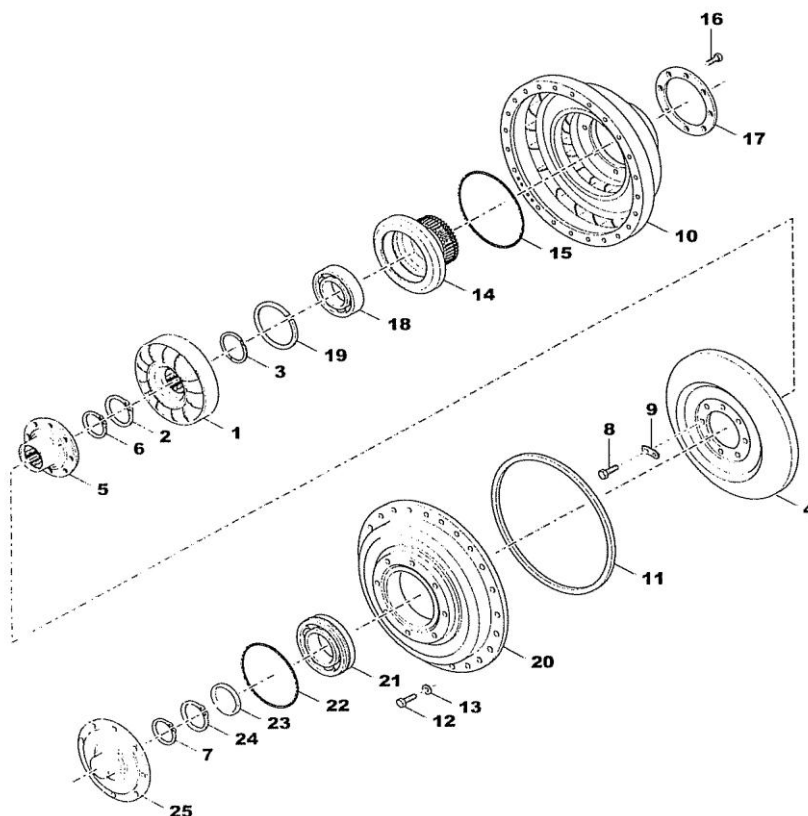
## TE32 PUMP DRIVE GROUP



GRP-TE32051 rev 290802

# Despiece de la turbina estator y rotor que actúa en el convertidor

## TE32 WHEEL GROUP



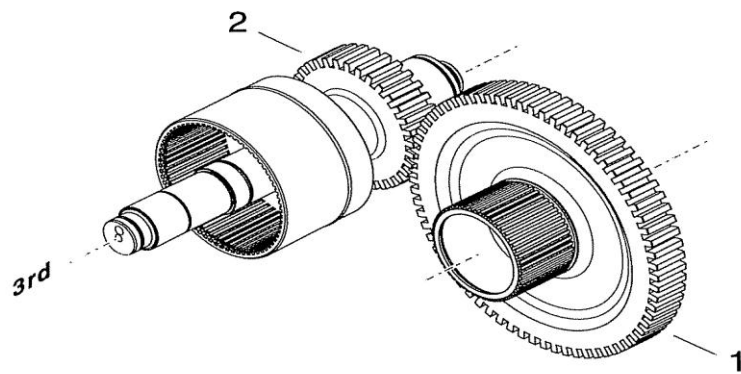
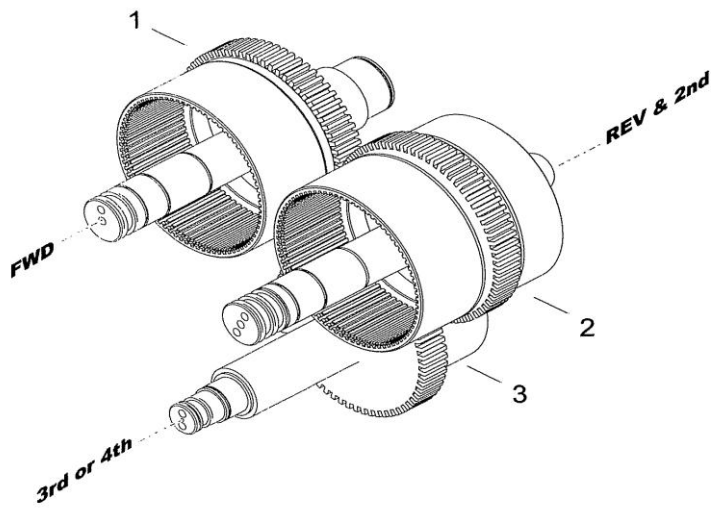
GRP-TE32061 rev.092002



# Conjunto de portadiscos (Drum)

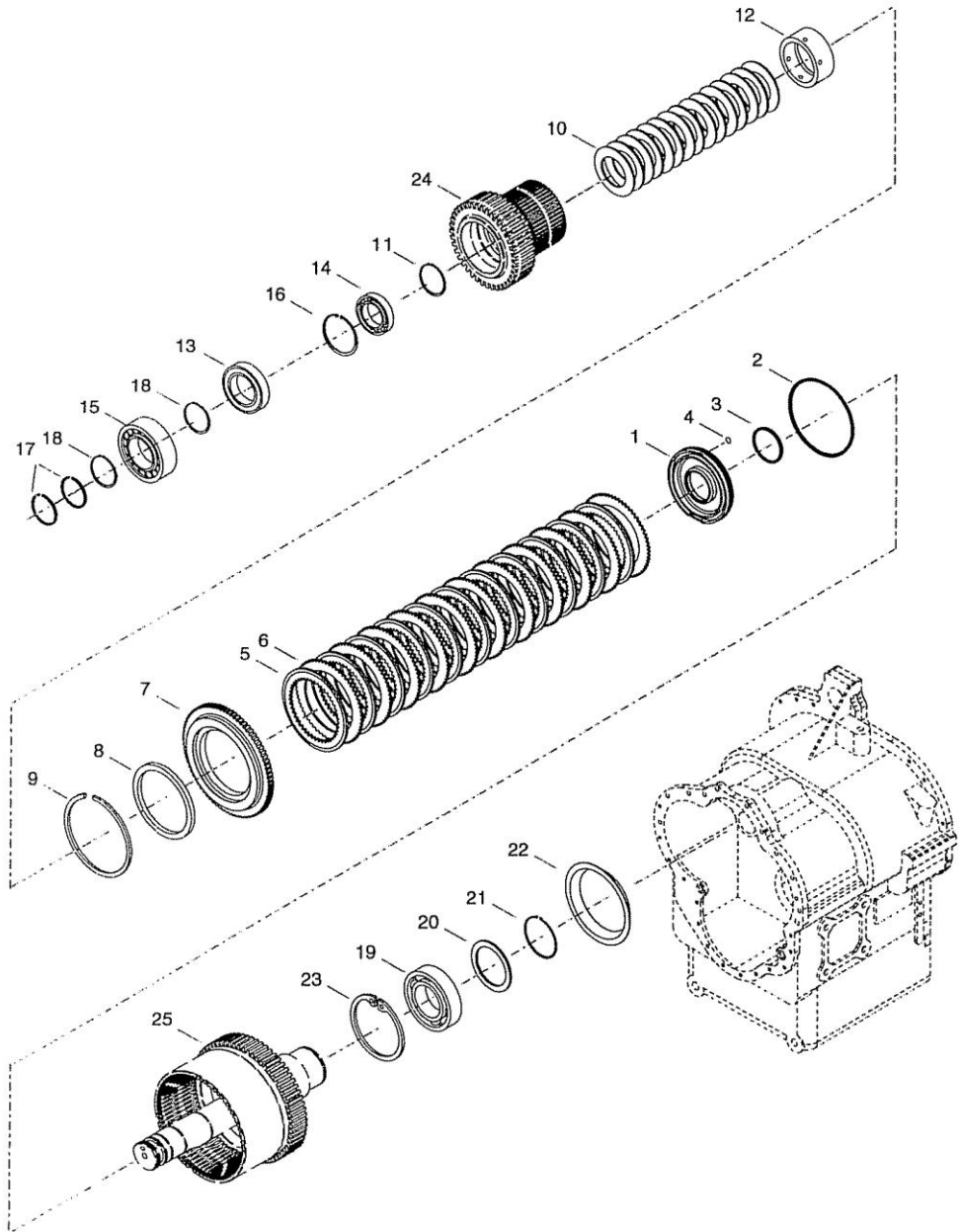
TE32

FWD, REV/2nd & 3rd or 4th CLUTCH SHAFT ASSY GROUP



# Partes que componen el portadiscos

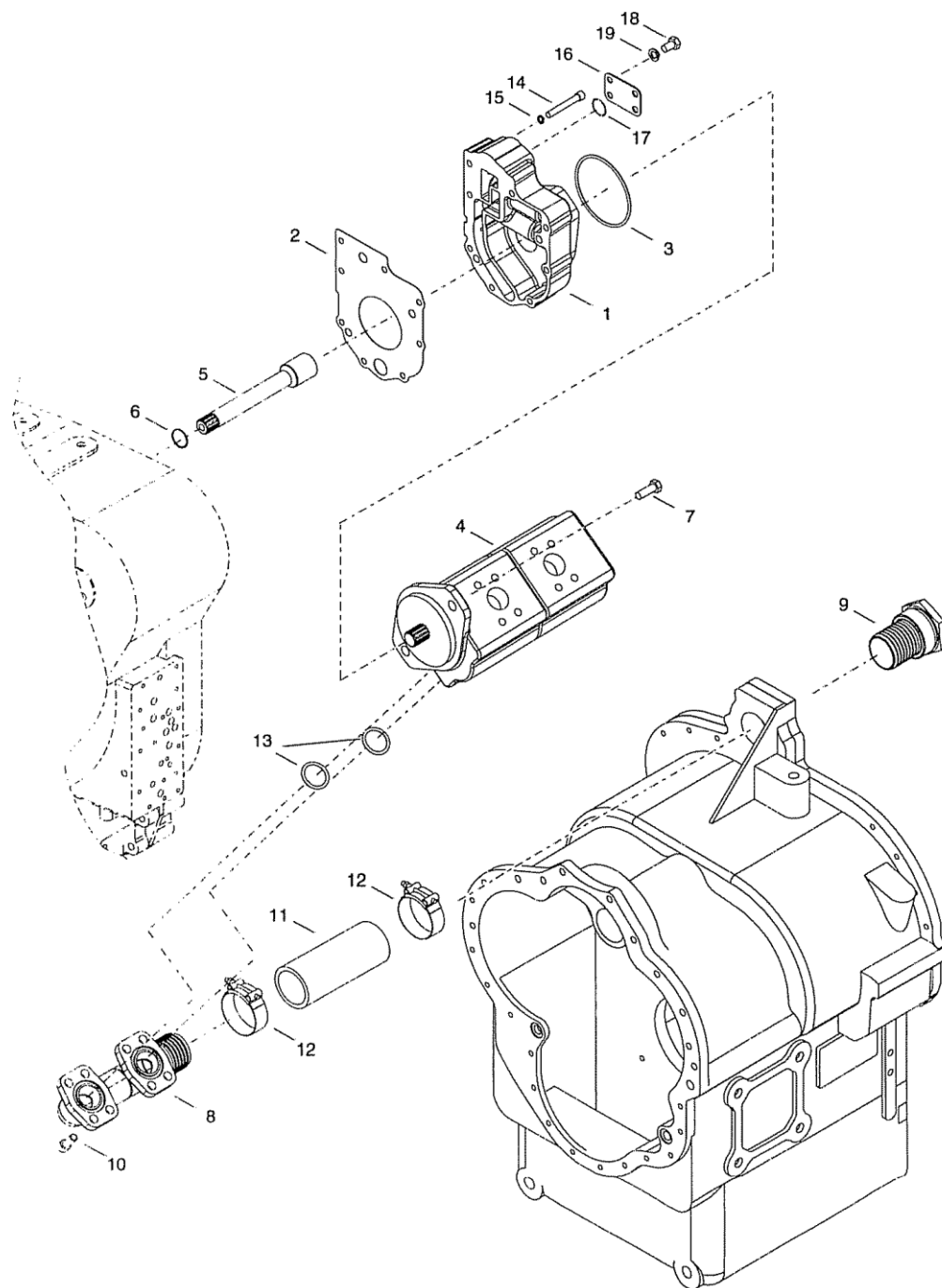
## TE32 FORWARD CLUTCH SHAFT GROUP



GRP-TE32091 rev240902

# Bomba hidráulica del sistema de caja de cambios

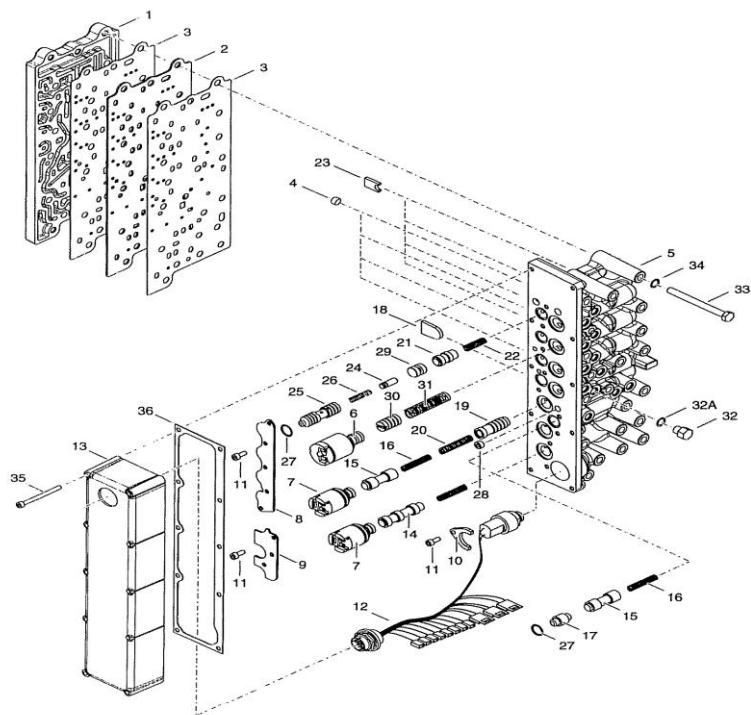
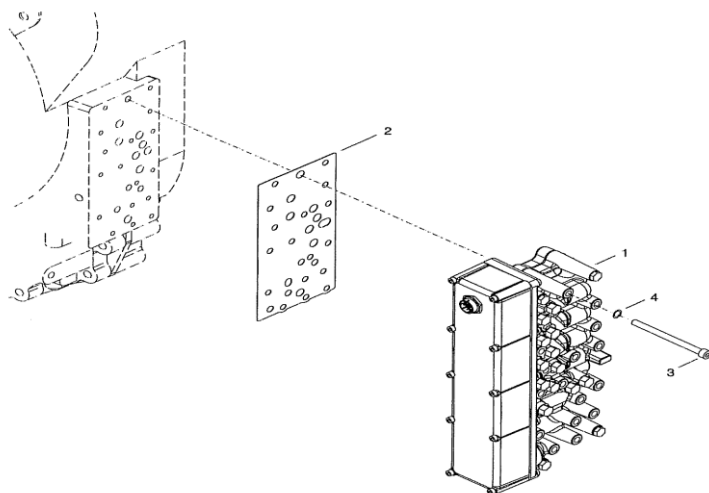
## TE32 REGULATOR VALVE GROUP



GRP-TE32171 rev. 240902

# Cuerpo de válvulas y bobinas

TE32  
CONTROL VALVE GROUP



**RELACION DE POOL DE GRUAS STACKERS DE LA EMPRESA PM INLAND SERVICES**

Item	Codigo	Equipo	Marca	Modelo
1	C09	STACKERS	TEREX	TC 45
2	M01	STACKERS	TEREX	TC 45
3	M04	STACKERS	TEREX	TC 45
4	M11	STACKERS	TEREX	TC 45
5	M12	STACKERS	TEREX	TC 45
6	M13	STACKERS	TEREX	TC 45
7	M14	STACKERS	TEREX	TC 45
8	M21	STACKERS	TEREX	TC 45
9	M22	STACKERS	TEREX	TC 45
10	M22	STACKERS	TEREX	TC 45

**Anexo N° 4.- Matriz IPERC del mantenimiento de la grúa Stacker**

FORMATO																		
Nombre:											Realizado por	Richard Ruiz	Fecha de realización					
Matriz de Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos – IPERC											Facilitador			05/01/2019				
ACTIVIDAD: MANTENIMIENTO PREVENTIV Y CORRECTIVO DE GRUAS STACKERS - APM INLAND SERVICES S.A.C.											Aprobado por	Paul Sedano	Fecha de aprobación			07/01/2019		
											Jefe de Mantenimiento							
No.	Actividad	Tarea	Peligro	Riesgo	RIESGO INICIAL			Sustitución	Controles administrativos	EPP	RIESGO RESIDUAL			Responsable				
					Probabilidad	Consecuencia	Nivel de Riesgo				Estándares / Procedimientos / Instructivos / Señalización	Probabilidad	Consecuencia		Nivel de Riesgo			
1	Movilización	Movilización y desmovilización de personal	Precipitación	Caída al mismo nivel	2	2	4	...	Reconocimiento del área de trabajo. Mantener vías de ingreso y salida despejadas. Mantener Orden y Limpieza.	Ropa de protección	1	2	4	Supervisor				
			Piso en mal estado / Objetos en área de tránsito	Caída al mismo nivel	2	2	4	...	Reconocimiento del área de trabajo. Mantener vías de ingreso y salida despejadas. Mantener Orden y Limpieza.	...	1	2	4	Supervisor				
		Transporte	Accidente vehicular	4	5	20	...	Inspección de vehículos antes de su uso. Respete las señales de tránsito y las velocidades permitidas por ley. No conducir bajo efectos del alcohol o drogas. No utilice teléfono celular mientras conduce. No transportar personal en la tolva o pasillos del vehículo. No exceda el número de pasajeros.	Uso de cinturón de seguridad por todo el personal tanto en la cabina como en la parte posterior	2	5	10	Supervisor					
				Cumplir horario de transporte establecido.		No conducir en condiciones atmosféricas adversas.												
Movilización y desmovilización de equipos y herramientas	Manipulación de objetos y/o herramientas	Golpes, cortes, contusiones	3	2	6	...	Inspección previa de herramientas.  Cumplir con las instrucciones del fabricante y los estándares de seguridad para el uso.  Utilice siempre las protecciones de cada equipo.  Personal entrenado en el uso de equipos.  Mantenga el orden y limpieza en su área de trabajo.	Protección a las manos y pies	2	2	4	Supervisor						

2	Ingreso a Instalaciones	Ingreso al area de trabajo	Piso en mal estado / Objetos en área de tránsito	Caída al mismo nivel	2	2	4	...	Reconocimiento del área de trabajo. Mantener vías de ingreso y salida despejadas. Mantener Orden y Limpieza	...	1	2	2	Supervisor
3	Desmontaje de componentes	Izaje de sistemas	Polvo	Irritación de mucosas y vías respiratorias	2	2	4	...	Control de exposición a polvo. Limpieza.	Uso adecuado de respiradores	1	2	2	Supervisor
			Ruido	daño auditivo	3	2	6	...	Mantener distancias de trabajo de la fuente de ruido	Uso adecuado de tapones auditivos.	2	2	4	Supervisor
			Manipulación de objetos y/o herramientas	Golpes, cortes, contusiones	3	2	6	...	Inspeccion previa de herramientas.	Protección a las manos y pies	2	2	4	Supervisor
									Cumplir con las instrucciones del fabricante y los estándares de seguridad para el uso.					
									Utilice siempre las protecciones de cada equipo.					
Mantenga el orden y limpieza en su área de trabajo.														
Manipulación de carga suspendida	Aplastamiento, caídas a desnivel	5	12	60		Utilización de herramientas y accesorios de izaje, señalizaciones	Uso adecuado de EPP	1	5	5	Supervisor			
Posturas Inadecuadas	Lesiones musculares	2	2	4	...	Mantener posturas ergonómicas durante la actividad. Rotación de puestos.	.....	1	2	2	Supervisor			

4	Desarmado y evaluación de piezas	Desajuste y desarmado de piezas	Polvo	Irritación de mucosas y vías respiratorias	2	2	4	...	Control de exposición a polvo. Limpieza.	Uso adecuado de respiradores	1	2	2	Supervisor
			Manipulación de objetos y/o herramientas	Golpes, cortes, contusiones	3	2	6	...	<p>Inspeccion previa de herramientas.</p> <p>Cumplir con las instrucciones del fabricante y los estándares de seguridad para el uso.</p> <p>Utilice siempre las protecciones de cada equipo.</p> <p>Mantenga el orden y limpieza en su área de trabajo.</p>	Protección a las manos y pies	2	2	4	Supervisor
5	Situaciones de emergencia	Incendio	Incendio	Incendio	3	4	12	...	Activación del plan de respuesta a emergencias DEL CLIENTE	Uso de kit de emergencias	1	4	4	Supervisor
	Sismo Incendio Accidentes	Sismo	Sismo	Sismo	3	4	12	...	Activación del plan de respuesta a emergencias DEL CLIENTE	Uso de kit de emergencias	2	4	8	Supervisor
		Accidentes	Accidentes	Accidentes	3	4	12	...	Activación del plan de respuesta a emergencias DEL CLIENTE	Uso de kit de emergencias	2	4	8	Supervisor



6	Impermeabilizado y pintado de techos de cabina	Recubrimiento de techo con pasta Impermeabilizante	Polvo	Irritación de mucosas y vías respiratorias	2	2	4	...	Control de exposición a polvo. Limpieza.	Uso adecuado de respiradores	1	2	2	Supervisor
			Trabajos en Altura	Caidas a Desnivel	3	3	9		Capacitación de trabajos en Altura	Uso de Arnes, Andamios	2	2	4	Supervisor
			Manipulación de objetos y/o herramientas	Golpes, cortes, contusiones	3	2	6	...	Inspeccion previa de herramientas.	Protección a las manos y pies	2	2	4	Supervisor
									Cumplir con las instrucciones del fabricante y los estándares de seguridad para el uso.					
Utilice siempre las protecciones de cada equipo.														
Mantenga el orden y limpieza en su área de trabajo.														

TABLA N° 1 PROBABILIDAD

		Criterios			
Probabilidad	Valoración	Tiempo de exposición al peligro	Cantidad de expuestos	Gestión del Riesgo	Capacitación
Común (muy probable)	5	Exposición durante la jornada laboral	Más de 60 personas	No existe procedimiento, no hay supervisión, se registra más de un incidente con lesión en SE	Personal nuevo no capacitado en SE
Ha sucedido (probable)	4	Exposición por lo menos 1 vez a la semana	De 41 a 60	Existen procedimientos no documentados, no existe supervisión, se registra por lo menos un incidente con lesión en SE	Personal del área pero nuevo en la tarea asignada. No capacitado SE
Podría suceder (posible)	3	Exposición más de 1 vez a la semana durante un mes	De 21 a 40	Existen procedimientos no documentados, existe supervisión, no se registra incidentes en SE pero se registra incidentes con lesión en actividades similares.	Personal con menos de 02 años de experiencia en la tarea asignada. No capacitado en SE
Raro que suceda (poco probable)	2	Exposición por lo menos 1 vez al mes en un año	De 5 a 20	Existen procedimientos documentados, existe supervisión, no se registra incidentes con lesión en SE	Personal con más de 02 años de experiencia en la tarea asignada y capacitado en SE
Prácticamente imposible que suceda (muy poco probable)	1	Exposición por lo menos 1 vez al año	De 1 a 4	Existen procedimientos documentados totalmente satisfactorios, existe supervisión, no se registra incidentes con lesión en SE o en actividades similares.	Personal con más de 04 años de experiencia en la tarea asignada y capacitado en SE

TABLA N° 2 CONSECUENCIA

Severidad	Valoración	Criterios
catastrófico	5	Fatalidad, casos múltiples de accidentes con incapacidad permanente. Cáncer ocupacional y enfermedades que limitan el tiempo de vida.
Muy grave	4	Accidente con incapacidad permanente total o parcial
Grave	3	Accidentes con incapacidad temporal con más de 01 día de tiempo perdido.
Menor	2	Accidente con incapacidad temporal hasta 01 día de tiempo perdido. Contusiones menores, enfermedad con malestar temporal.
Leve	1	Lesiones no incapacitantes. Primeros auxilios. Discorfort, dolor de cabeza.

## MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGO

			PROBABILIDAD				
			Muy poco probable	Poco probable	Posible	Probable	Muy probable
			1	2	3	4	5
CONSECUENCIA	Leve	1	1 Bajo	2 Bajo	3 Bajo	4 Bajo	5 Medio
	Menor	2	2 Bajo	4 Bajo	6 Medio	8 Medio	10 Mayor
	Grave	3	3 Bajo	6 Medio	9 Medio	12 Mayor	15 Mayor
	Muy grave	4	4 Bajo	8 Medio	12 Mayor	16 Mayor	20 Intolerable
	Catastrófico	5	5 Medio	10 Mayor	15 Mayor	20 Intolerable	25 Intolerable

## Anexo 1. TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y DAÑOS

TIPO DE PELIGRO	PELIGRO	DAÑO
<b>FÍSICOS</b>	Ruido	Pérdida Auditiva Inducida por Ruido, cefalea, alteraciones gastrointestinales, síndromes somatomorfos y problemas cardiovasculares, síndrome de fatiga crónica.
	Vibraciones	Alteraciones músculo esqueléticas, Síndrome de Kiemboek (Necrosis del semilunar), Síndrome de Kohler (Necrosis del Escafoides), Alteraciones vasculares como Síndrome de Reynaud, Alteraciones del sistema vestibulo coclear (vértigos, alteraciones de la audiciones), alteraciones del ritmo cardíaco, alteraciones visuales.
	Radiaciones Ionizantes	Quemaduras Actínicas, desarrollo de neoplasias y lesiones malignas, Lesiones en el ojo
	Radiaciones No Ionizantes	Alteraciones en Piel y Mucosas, Enfermedades neoplásicas de Piel y Mucosas, Trastornos Neurológicos, Lesiones en el ojo (alteraciones de la retina, conjuntivitis actínica, queratitis), Quemaduras.
	Calor	Deshidratación, fatiga, hiperhidrosis (exceso de sudoración), micosis (hongos), dermatosis (alteraciones en la piel), alteraciones cardiovasculares.
	Frío	Quemaduras, deshidratación, fatiga y somnolencia, alteraciones cardiovasculares, mialgias y artralgias (dolores musculares y articulares). Infecciones respiratorias, dermatitis por frío.
	Exposición a altura geográfica	Mal de Montaña, Edema agudo de Pulmón, Edema cerebral, Hiperhemoglobulinemia (Incremento de las concentraciones de sangre), Fatiga y Somnolencia, descompensación cardiovascular; Hipoglicemia (baja de azúcar), hiperuricemia (Incremento de Ácido Úrico) , Dislipidemia a predominio de los Triglicéridos, sequedad de la piel, deshidratación.
<b>QUÍMICOS</b>	Vapores, Compuestos o productos químicos en general y/o reacción, materiales inflamables)	Dermatitis, Conjuntivitis, Quemadura Química, Intoxicaciones, Rinitis y/o asma por exposición a químicos, trastornos multiorgánicos, trastornos de la médula ósea, asfixia, procesos neoplásicos y/o neoformativos malignos, alteraciones en el aparato reproductivo, envenenamiento y muerte.
	Polvo (Material Particulado)	Neumoconiosis, irritación, intoxicación y problemas alérgicos.
<b>BIOLÓGICOS</b>	Agentes Biológicos (Agentes patógenos, animales e insectos)	Enfermedades Infecto Contagiosas, micosis, parasitosis, infestaciones, infecciones por mecanismos ano - mano - boca, quemaduras, lesiones en la piel, lesiones en diversos órganos, envenenamiento y muerte

TIPO DE PELIGRO	PELIGRO	DAÑO
ERGONÓMICOS	Movimientos Repetitivos	Síndrome Músculo Esquelético por LER , alteraciones articulares, desarrollo de artrosis, alteraciones de los elemento paraarticulares (Tendinitis, sinovitis, tenosinovitis, derrame sinovial, etc), alteraciones de la columna como lumbago, sacralgias, dorsalgias, etc)
	Posturas Inadecuadas o Forzadas	Alteraciones Músculo, alteraciones articulares, desarrollo de artrosis, alteraciones de los elemento paraarticulares (Tendinitis, sinovitis, tenosinovitis, derrame sinovial, etc), alteraciones de la columna como lumbago, sacralgias, dorsalgias, etc)
	Exposición a Iluminación Inadecuada para la labor a realizar	Astenopía, Nistagmus crónico, cefalea.
MECÁNICOS	Vehículo Motorizado	Fractura, Contusiones, Lesiones, Muerte
	Superficie Resbaladiza, Irregular, Obstáculos en el piso	Excoriaciones, Abrasiones (Lesiones Superficial), Fracturas y Contusiones
	Exposición a alturas mayores a 1.80 metros	Mareos, caídas, golpes, fracturas, muerte, síndrome del colgados.
	Superficies/Material a elevadas/bajas temperaturas	Quemaduras
	Superficies Punzo Cortantes	Cortes, Excoriaciones, Amputaciones, Muerte
	Objetos Almacenados en Altura	Contusión, Aplastamiento (Superficie Cutánea Intacta), Traumatismo, muerte
	Carga en Movimiento	Contusión, Aplastamiento (Superficie Cutánea Intacta), Traumatismo, , muerte
	Manipulación de Herramientas/objetos	Traumatismo, contusiones, muerte
	Fluidos a Presión, Equipo Presurizado	Traumatismo, contusiones, muerte
Partículas en Proyección	Contusiones, Lesiones	
ENERGÍAS	Energía Eléctrica, Química, Mecánica, etc	Contusiones, quemaduras, Shock eléctrico, paro cardio-respiratorio, golpes por partículas en proyección.
PSICOSOCIAL	Condiciones de Trabajo Inadecuados o extremos	Ansiedad, Nerviosismo, Fatiga, Irritabilidad, Estrés, Burnout, Mobbing, síndromes somatomorfos, desarrollo de psicopatías.

## Anexo N° 5. DETERMINACIÓN DEL AMFE Y HOJA DE DECISIÓN

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA	CAJA DE TRANSMISION	REVISADO		FECHA	02 Dic. 2019	HOJA N° 1
	SUBSISTEMA	CONVERTIDOR DE PAR	RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	07 Dic. 2019	DE 7
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Transmite la potencia necesaria, para mover la máquina, acoplado el motor a la transmisión.	A	Falla en la conexión entre la caja de cambios y el motor	1	Desgaste del rodamiento del eje de la turbina	El desgaste de los rodamientos genera un cabeceó en el impulsor, la turbina y el estator, ocasionando limaduras en las bases de la bomba del convertidor, la turbina y el estator estas partículas limadas van circulando a través del componente pasando por la válvula reguladora de la bomba obstruyendo la corredera, este avance continua hasta llegara al cuerpo de válvulas dificultando las marchas de la caja, los cambios ingresaran con retardo y se produce una vibración durante el desplazamiento del equipo. Tiempo de reparación del convertidor 3 días.	
2				Desgaste en el estator	El estator redirige el aceite de la turbina y lo entrega al impulsor. Multiplicando la presión a la turbina permitiendo que el motor se acelere. Un desgaste en el reducirá la presión y el toque será menor. Tiempo de reparación del estator 3 días.		
3				Resequedad de los sellos y juntas	El kit de empaquetaduras permite el sellado hermético del housing, del convertidor y caja, un nivel bajo compromete la correcta lubricación de los componentes, produciendo un recalentamiento y desgaste prematuro en cada una de sus partes. Tiempo de cambio de kit de sellos del convertidor 02 días.		
4				Desgaste en el impulsor	Encargado de impulsar el aceite a la turbina, su deficiente bombeo permite un giro lento de la turbina. Tiempo de reparación del impulsor 03 días.		
5				Desgaste de la turbina	El giro de las paletas de la turbina permite el movimiento de la grúa, una deficiente presión hará una salida lenta en la grúa. Tiempo de reparación de la turbina 03 días.		
6				Desgaste en el flexible	Se encarga de encrochar el volante del motor con el convertidor, esta se compone de láminas con aletas. La rotura de este componente desacoplaría al motor del convertidor, girando este en vacío sin recibir la potencia entregada por el motor.		

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA CAJA DE TRANSMISION		REVISADO	FECHA	02-dic-19	HOJA N° 2
	SUBSISTEMA PORTADISCOS DE EMBRAGUE (DRUM)		RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	07 dic. 2019
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
1	Contiene los paquetes de discos de metal y fibra, seguros, resortes gomas y pistones que al apretar o liberar los discos de fibra accionan las distintas marchas	A	No accionan las marchas de los cambios	1	Desgaste de forro de discos	Los discos de embrague contenidos en los paquetes, generan la fuerza de empuje necesaria para accionar los cambios según se solicite mediante el acelerador. Un desgaste en el espesor de la altura del disco debilita esta presión haciendo dificultoso el encroche de la marcha. Tiempo de reparación del paquete de discos 04 días.
				2	Discos metálicos quemados	Los discos metálicos permiten que al generarse la presión entre los discos cuando se activa la marcha, estos no rocen forro con forro. y logran que el agarre sea uniforme, cuando se cristalizan genera que los discos forrados resbalen, no haciendo una buena transmisión de potencia hacia el engranaje de salida. El pistón no se desplaza. Tiempo de reparación del paquete de discos metálicos 04 días.
				3	Sello de aceite fatigado	El sello de aceite permite hermetizar la lubricación interior del paquete de discos, una inadecuada lubricación permite la fuga del aceite ocasionando que se quemen los discos metálicos
				4	Arandelas Spring no comprimen por fatiga	permiten en el empuje del pistón hacia los discos y su retorno, un agotamiento en estos no tendrá la suficiente presión hacia los discos, ocasionando una baja presión de compresión en los discos, teniendo una lenta salida en la marcha.
				5	Piñón desgastado	Se encarga de transmitir la fuerza recibida del drum cuando se activa el cambio, su desgaste ocasiona una baja potencia en la salida de la marcha. Tiempo de cambio del piñón 3 días.
				6	Baja compresión en el pistón del paquete	El pistón es la pieza que empuja el paquete de discos, se compone de un plato con un resorte, el disco suele pegarse durante e desplazamiento y no volver a su posición original.
				7	Eje de Drum Roto	El eje del Drum soporta a los discos y pistones en cada paquete de cambios, este suele fisurarse o romperse de acuerdo a las circunstancias inadecuadas de trabajo, produciendo un cabeceo entre los discos y no permite realizar el encroche de la marcha seleccionada. Tiempo de reparación 01 día
				8	Drum fisurado	Una fisura el Drum o portadiscos genera fuga de aceite, escapando por allí la presión de aceite requerida para empujar el paquete, no encrochando esta marcha. Tiempo de cambio del Drum 1 día.

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA CAJA DE TRANSMISION		REVISADO	FECHA	02 Dic. 2019	HOJA N° 3
	SUBSISTEMA SISTEMA DE PRESION DE ACEITE		RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	07 Dic. 2019
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA
1	Genera la presión del aceite de caja	A	Presión inadecuada de aceite	1	Desgaste de los Torrington de la bomba de caja	El desgaste en conjunto de los elementos de la bomba de la caja de cambios, generan una baja presión de aceite, que no permite el encroche en los paquetes de cambios, requiriéndose mayor aceleración en el motor, la falla puede ser notoria en cada cambio. Tiempo de reparación de la bomba de caja 6 horas.
				2	Desgaste en dados de los ejes de la bomba de caja	
				3	Desgaste en los ejes de la bomba de caja	
				4	Picaduras en el eje principal	Baja presión de aceite
				5	Grietas en el eje auxiliar	Baja presión de aceite
				6	Recalentamiento	Lubricación deficiente de los elementos internos
				7	fuga de aceite por las juntas	Contaminación Exterior
2	Distribuye la presión de aceite hacia los paquetes	A	Paquetes no reciben la correcta presión de aceite	1	Funcionamiento incorrecto de la válvulas solenoides del cuerpo de válvulas	No entran los cambios, se quema las bobinas, pueden entrar algunos cambios, conexión del cable. Tiempo de cambio de las bobinas 1.5 Horas.
				2	Obstrucción interna de los spoll	El spool o corredera es un accesorio mecánico de apertura y cierre, que permite el ingreso del aceite hacia los paquetes de discos, para generar los cambios. El mal funcionamiento de estos será visible en el desplazamiento del equipo. Tiempo de reparación o cambio de spools. Tiempo de reparación 2 horas.
				3	Cañerías de transmisión rotas o fisuradas	Las cañerías o ductos conducen el aceite dentro de la carcasa de la transmisión desde el cuerpo de válvulas, hacia cada uno de los paquetes de cambios, generando las marchas seleccionadas, la insuficiencia en esta entrega no generar la presión requerida para empujar el pistón de los paquetes. Tiempo de reparación o cambio de los ductos. Tiempo de reparación 4 horas.



HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA	CAJA DE TRANSMISION	REVISADO		FECHA	02 Dic. 2019	HOJA N° 4
	SUBSISTEMA	SISTEMA ELECTRICO	RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	07 Dic. 2019	DE 7
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Encargado de entregar la energía necesaria, para mantener en funcionamiento el sistema, tanto de seguridad, o cuando se transmite una señal desde la cabina de mando.	A	No transmite una correcta señal, hacia los diferentes accesorios del sistema	1	No marca el sensor de temperatura de aceite de caja	Un sobrecalentamiento inadvertido del aceite generara, la dilatación prematura de las juntas de goma, produciendo su agrietamiento y terminando en fugas diversas, esto a su vez genera contaminación en el ambiente y una deficiente lubricación en el sistema que conlleva a un recalentamiento de las piezas en funcionamiento, el recalentamiento del motor puede recalentar también la caja. tiempo de cambio del sensor 1 Hora.	
				2	No marca el sensor de temperatura del convertidor		
				3	No marca el sensor de presión de aceite de la caja	Una baja presión en el aceite, se gasta las paredes de las bombas, se gastan los Torrington y los dados. los cambios fallan, la maquina no es capaz de desplazarse, requiere una mayor aceleración porque no hace el encroche los discos, el empuje de los discos es baja. no tiene la fuerza suficiente para enchrochar. Cambio del sensor de presión 1 Hora.	
				4	No marca el sensor de rpm de la caja	Dos sensores envían señal hacia el APC, en automático para realizar los cambios apenas pisa el pedal. Si no marca el sensor no se realiza el cambio, El cambio se realiza lento o golpeando al cambio de las marchas. Tiempo de cambio del sensor 1 Hora.	
				5	No marca el sensor de velocidad de la caja	el sensor de velocidad se ubica en el yugo, avisa cuantas revoluciones da la caja su falla dificultad en salir, acelerara más esfuerzo el motor. Tiempo de cambio del sensor 1 Hora.	
				6	Funcionamiento incorrecto de la válvulas solenoides del cuerpo de válvulas	No entran los cambios, se quema las bobinas, pueden entrar algunos cambios, conexión del cable. Tiempo de cambio de las bobinas 1.5 Horas.	
				7	Conectores del arnés rotos	No hay transmisión de señal hacia el tablero o mandos que lo componen. Tiempo de reparación del arnés. 2 horas.	
				8	Cable de arnés quebrados	No hay transmisión de señal hacia el tablero o mandos que lo componen. Tiempo de reparación del cable arnés. 4 horas.	

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA CAJA DE TRANSMISION		REVISADO		FECHA	04 Dic. 2019	HOJA N° 5
	SUBSISTEMA SISTEMA DE REFRIGERACION		RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	11 Dic. 2019	DE 7
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
1	Encargado de Mantener en temperatura optima de operaci3n al sistema de transmisi3n.	A	Recalentamiento en el sistema	1	Radiador obstruido o con fugas	El radiador se encarga de refrigerar a trav3s de su circuito el aceite de caja, al no tener una limpieza en los paneles de ventilaci3n estos se saturan de barro o polvo generando una refrigeraci3n deficiente, como consecuencia se incrementa la temperatura. Tiempo de limpieza o reparaci3n del radiador 1 d3a.	
				2	Manguera con fugas	Las mangueras conducen el refrigerante por el circuito de refrigeraci3n, el flujo constante permite mantener la temperatura requerida en el sistema, al presentar fugas se descompensa el volumen de refrigerante requerido gener3ndose un incremento de la temperatura en el sistema y contaminaci3n al medio ambiente por el l3quido vertido al exterior.	
				3	Sensor de temperatura no activa	El sensor se encarga de ordenar el cierre y apertura del paso del refrigerante, por el enfriador, su inoperatividad incrementa la temperatura del aceite. Tiempo de reparaci3n del sensor o cambio 1 hora.	

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA EJE DELANTERO		REVISADO	FECHA	04 Dic. 2019	HOJA N° 6
	SUBSISTEMA DIFERENCIAL		RESPONSABLE	FECHA	11 Dic. 2019	DE 7
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Compensa la diferencia de metros que recorre una rueda con la otra en una curva	A	Rueda externa se arrastra en la curva	1	Falta regulación entre la catalina y el piñón de ataque	El piñón de ataque y la catalina, se encargan de transmitir la potencia hacia las ruedas a través del eje central, una regulación deficiente genera rozamiento y desgaste en el piñón prematuramente, el tiempo de reparación de un piñón y catalina es de 01 día. cuando giran generan el giro a la cruceta, están amarrados a los 04 planetarios, transmite al eje que sale a las ruedas
				2	Desgaste de los dientes de satélites y planetarios	Mueven al eje principal a las ruedas, llegando inicialmente la tracción a los planetarios, los satélites giran hermanados con la cruceta, la picadura de los dientes genera un golpeteo en el diferencial pudiendo culminar en la rotura del mismo. Tiempo de cambio de piñones 02 días.
				3	Desgaste de las laines	Las laines evitan el rozamiento fierro - fierro entre los piñones y la base del castillo. Evitando su desgaste. Un desgaste por rozamiento podría romper los dientes del piñón. Tiempo de cambio de laines 01 día.
2	Distribuye el torque que proviene de la caja de cambios hacia las ruedas	B	No llega la transmisión con la fuerza requerida desde la caja de cambios	1	Cabeceo en el rodamiento del castillo	El conjunto castillo se encarga de transmitir la potencia generada, desde el piñón de ataque hacia los semiejes que transmiten la potencia a las ruedas. El rodamiento con juego axial producirá desgaste en las estrías de la dentadura de los ejes, culminando en barrerse y no poder entregar la potencia requerida. Tiempo de cambio de rodajes de castillo 01 día.
				2	Juego de la cruceta	La cruceta es un apoyo de los planetarios para permitir el giro, centrar los piñones para que no se desvíen.

HOJA DE INFORMACION RCM	SISTEMA	MANDOS FINALES	REVISADO		FECHA	4 Dic. 2019	HOJA N° 7
	SUBSISTEMA	CUBOS	RESPONSABLE	Richard Ruiz O	FECHA	11 Dic. 2019	DE 7
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA		
1	Permite la transmisión de fuerza de giro a las ruedas.	A	Engranajes no transmite potencia a las ruedas	1	Desajuste de la tuerca de precarga	La tuerca de precarga permite mantener el ajuste requerido entre el muñón y el engranaje planetario, el desajuste de esta tuerca ocasiona un balanceo entre los engranajes desgastándolos. Tiempo de ajuste de la tuerca de precarga 6 horas.	
				2	Falla en los rodamientos del eje	Los rodamientos del cubo se encargan de soportar el peso de la maquina a través de la funda delantera, su juego axial permitirá el cabeceó de la llanta y la fuga de aceite por los face seal que quedaron fuera de posición. Tiempo de cambio de los rodamientos 6 Horas.	
				3	Resequedad en los sellos	Los sellos hermetizan el sistema manteniendo una lubricación adecuada del mismo, una fatiga en ellos producirá fugas de aceite. Tiempo de cambio de los sellos 1 día.	
				4	Lubricación insuficiente	Una deficiente lubricación desgasta prematuramente los estriados del sistema, sometidos a constante esfuerzo.	
				5	Falla en el planetario solar	El planetario solar se encarga de recibir la fuerza de transmisión desde el diferencial hasta la rueda, detectar una falla allí es causal de parar la máquina para revisión. Tiempo de revisión o cambio de componentes 2 días.	
				6	Desgaste de los semiejes	Los semiejes, trabajan hermanadamente con la corona, se encargan directamente de recibir el giro desde la corona y entregarlo hacia las ruedas, su desgaste se produce por fatiga en los estriados. Tiempo de cambio de los semiejes 1 día.	
				7	Falla en el tambor de freno	Los pernos de rueda, esta unidos al tambor, un ajuste excesivo de los pernos de la rueda puede generar el desgaste de los hilos del tambor, siendo necesario rectificar la base en muchos casos. Tiempo de reparación del tambor 2 días.	

## HOJA DE DECISIÓN

HOJA DE DECISION RCM							SISTEMA					SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°						
							CAJA DE TRANSMISION										1	Richard Ruiz	12 Dic. 2019	1	
							SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°					AUDITOR	FECHA	DE
							CONVERTIDOR DE TORQUE												1		16 Dic. 2019
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por						
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4									
							O1	O2	O3												
							N1	N2	N3												
1	A	1	N				N	S					Realizar el cambio de rodamiento del eje de la turbina	2000 Horas	Técnico						
1	A	2	N				N	S					Inspeccionar y reparar los alabes del estator cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Técnico						
1	A	3	S	N	S		N	S					Realizar Inspección visual diaria que detecte la existencia de fugas de aceite en el convertidor, cambiar kit de empaquetaduras del convertidor	1000 Horas	Técnico						
1	A	4	N				N	S					Inspeccionar y reparar los alabes del impulsor cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Técnico						
1	A	5	N				N	S					Inspeccionar y reparar los alabes del impulsor cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Técnico						
1	A	6	N				N	S					Inspeccionar las paletas del flexible cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Técnico						

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							SISTEMA N°	FACILITADOR			FECHA	HOJA N°		
			CAJA DE TRANSMISION							1	Richard Ruiz			12 Dic. 2019	2		
			SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°	AUDITOR			FECHA	DE		
			PAQUETES DE DISCOS DE EMBRAGUE							2				16 Dic. 2019	7		
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por		
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
						N1	N2	N3									
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Realizar la inspección y cambio de los discos cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Realizar la inspección y cambio de los discos cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	3	N				N	N	S				Realizar la inspección y cambio de los sellos de paquetes de discos cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	4	N				N	N	S				Realizar la inspección y cambio de Spring en los paquetes de discos en cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	5	N				N	N	S				Realizar la inspección y cambio de Spring en los paquetes de discos en cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	6	N				N	N	S				Realizar la inspección y cambio de Spring en los paquetes de discos en cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	7	N				N	S					Realizar la inspección y reconstrucción del eje en cada reparación de caja	2000 Horas	Técnico		
1	A	8	N				N	N	S				Realizar la inspección de la estructura de los portadiscos en cada reparación de caja o convertidor	1000 Horas	Técnico		

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°		
			CAJA DE TRANSMISION							1	Richard Ruiz	12 Dic. 2019	3		
			SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	DE		
			SISTEMA DE PRESION DE ACEITE DE TRANSMISION							3		16 Dic. 2019	7		
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	A	1	N				S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	2	N				S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	3	N				S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	4	N				S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	5	N				S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	6	S	S			S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico
1	A	7	S	N	S		S						Realizar mediciones de presión a la bomba	100 Horas	Técnico

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°				
			CAJA DE TRANSMISION							1	Richard Ruiz	12 Dic. 2019	4				
			SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	DE				
			SISTEMA ELECTRICO							4		16 Dic. 2019	7				
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por		
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
							N1	N2	N3								
1	A	1	S	N	S		N	S					Limpiar y verificar que el sensor esté libre de polvo o grasa adheridos	120 Horas	Técnico		
1	A	2	S	N	S		N	S					Limpiar y verificar que el sensor esté libre de polvo o grasa adheridos	120 Horas	Técnico		
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Limpiar y verificar que el sensor esté libre de polvo o grasa adheridos	120 Horas	Técnico		
1	A	4	S	N	N	S	N	S					Comprobar el funcionamiento del sensor o cambiarlo cada reparación de caja o convertidor	1000 Horas	Técnico		
1	A	5	S	N	N	S	N	S					Comprobar el funcionamiento del sensor o cambiarlo cada reparación de caja o convertidor	1000 Horas	Técnico		
1	A	6	S	N	N	S	N	S					Comprobar el funcionamiento del sensor o cambiarlo cada reparación de caja o convertidor	120 Horas	Técnico		
1	A	7	S	N	N	S	N	N	S				Realizar inspección y cambio de conectores de arnés en el circuito		Técnico		
1	A	8	S	N	N	S	N	N	S				Realizar inspección y cambio de arnés del circuito		Técnico		



HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA								SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°			
			CAJA DE TRANSMISION								1	Richard Ruiz	18 Dic. 2019	5			
			SUBSISTEMA								SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	DE			
			SISTEMA ELECTRICO								5		20 Dic. 2019	7			
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por		
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
						N1	N2	N3									
1	A	1	S	N	S		N	S					Inspeccionar, y reportar sondeo o reparación de radiador	500 Horas	Operador		
1	A	2	S	N	S		N	N	S				Inspeccionar fugas y reportar cambio de mangueras hidráulicas	150 Horas	Operador		
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Limpiar y verificar que el sensor esté libre de polvo o grasa adheridos	120 Horas	técnico		

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°		
			EJE DELANTERO							2	Richard Ruiz	18 Dic. 2019	6		
			SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	DE		
			DIFERENCIAL							1		20 Dic. 2019	7		
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S						COMPROBAR Y REGULAR EL JUEGO DE CORONA Y PIÑON	250 HORAS	TECNICO
1	A	2	N				S						ANALISIS SOS DE ACEITE DE CORONA	500 HORAS	ESPECIALISTA
1	A	3	N				S						ANALISIS SOS DE ACEITE DE CORONA	500 HORAS	ESPECIALISTA
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				DESMONTAJE DE CORONA E INSPECCION DE RODAMIENTOS	1000 HORAS	TECNICO
2	B	2	S	N	N	S	N	N	S				DESMONTAJE DE CORONA Y CONJUNTO CASTILLO, INSPECCION DE CRUCETA.	1000 HORAS	TECNICO

HOJA DE DECISION RCM			SISTEMA							SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°		
			EJE DELANTERO							2	Richard Ruiz	18 Dic. 2019	7		
			SUBSISTEMA							SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	DE		
			CUBO							2		20 Dic. 2019	7		
REFERENCIA DE INFORMACION			EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	A	1	N				N	N2	S				INSPECCION, AJUSTE O CAMBIO DE LA TUERCA DE PRECARGA	1000 HORAS	TECNICO
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				INSPECCION O CAMBIO DE RODAMIENTOS	4000 HORAS	TECNICO
1	A	3	S	N	S		N	N	S				INSPECCIONAR O CAMBIAR LOS FACE SEAL , RADIAL SEAL Y ORINGS	1000 HORAS	TECNICO
1	A	4	N				N	N	N	S			INSPECCIONAR EL SISTEMA DETECTANDO FUGAS DE ACEITE	8 HORAS	OPERADOR
1	A	5	N				S						ANALISIS SOS DE ACEITE DE CUBO	500 HORAS	ESPECIALISTA
1	A	6	N				S						ANALISIS SOS DE ACEITE DE CUBO	500 HORAS	ESPECIALISTA
1	A	7	N				N	S					INSPECCIONAR, IDENTIFICAR Y REPARAR ASIENTOS DE ESPARRAGOS DE PERNOS DE RUEDA CON LOS HILOS BARRIDOS	CADA CAMBIO O ROTACION DE LLANTAS	TECNICO

## Anexo 6

### Indicadores periodo Enero a Diciembre 2019

Enero 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	15751	15983	200	12	24	23	5	91	291	40	86.09%	89.69%	4.60
2	M01	STACKERS	18176	18415	280	12	24	16	4	18	298	70	88.17%	94.59%	4.00
3	M04	STACKERS	1964	2191	280	12	24	26	3	8	288	93	85.21%	91.50%	8.67
4	M11	STACKERS	16278	16523	276	12	24	27	4	11	287	69	84.91%	91.09%	6.75
5	M12	STACKERS	7062	7301	283	12	24	29	4	2	285	71	84.32%	90.71%	7.25
6	M13	STACKERS	21613	21856	270	12	24	31	2	13	283	135	83.73%	89.70%	15.50
7	M14	STACKERS	23927	24388	480	24	36	37	4	23	503	120	87.33%	92.84%	9.25
8	M21	STACKERS	13652	14075	501	24	36	36	5	3	504	100	87.50%	93.30%	7.20
9	M22	STACKERS	13459	13872	450	24	36	34	3	56	506	150	87.85%	92.98%	11.33
10	M23	STACKERS	14464	14654	220	12	24	31	4	63	283	55	83.73%	87.65%	7.75
									38			90.33	85.88%	91.40%	8.23

Febrero 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	15983	16193	270	24	8	41	2	7	277	135	84.97%	86.82%	20.50
2	M01	STACKERS	18415	18647	265	24	8	43	2	10	275	133	84.36%	79.74%	21.50
3	M04	STACKERS	2191	2412	260	24	8	37	3	21	281	87	86.20%	70.74%	12.33
4	M11	STACKERS	16523	16724	273	24	8	39	3	6	279	91	85.58%	71.92%	13.00
5	M12	STACKERS	7301	7544	253	24	8	36	3	29	282	84	86.50%	70.07%	12.00
6	M13	STACKERS	21856	22061	275	24	8	39	3	4	279	92	85.58%	72.09%	13.00
7	M14	STACKERS	24388	24880	490	36	16	55	5	3	493	98	87.41%	73.63%	11.00
8	M21	STACKERS	14075	14479	472	36	16	61	5	15	487	94	86.35%	72.78%	12.20
9	M22	STACKERS	13872	14429	473	36	16	59	4	16	489	118	86.70%	77.59%	14.75
10	M23	STACKERS	14654	14879	267	24	8	42	3	9	276	89	84.66%	71.39%	14.00
									33			102.08	85.83%	74.67%	14.43

Marzo 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	16193	16444	258	12	24	50	7	6	264	37	78.11%	83.77%	7.14
2	M01	STACKERS	18647	18870	270	12	24	33	5	11	281	54	83.14%	89.11%	6.60
3	M04	STACKERS	2412	2644	270	12	24	41	5	3	273	54	80.77%	86.82%	8.20
4	M11	STACKERS	16724	16928	275	12	24	36	4	3	278	69	82.25%	88.42%	9.00
5	M12	STACKERS	7544	7770	276	12	24	37	3	1	277	92	81.95%	88.18%	12.33
6	M13	STACKERS	22061	22262	201	12	24	29	2	84	285	101	84.32%	87.39%	14.50
7	M14	STACKERS	24880	25383	390	18	36	63	4	93	483	98	82.99%	86.09%	15.75
8	M21	STACKERS	14479	14999	477	18	36	69	6	0	477	80	81.96%	87.36%	11.50
9	M22	STACKERS	14429	14936	481	18	36	56	3	9	490	160	84.19%	89.57%	18.67
10	M23	STACKERS	14879	15103	244	12	24	33	3	37	281	81	83.14%	88.09%	11.00
									42			82.48	82.28%	87.48%	11.47

Abril 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	16444	16746	270	12	24	42	4	2	272	68	80.47%	86.54%	10.50
2	M01	STACKERS	18870	19159	265	12	24	44	2	5	270	133	79.88%	85.76%	22.00
3	M04	STACKERS	2644	2874	230	12	24	82	3	2	232	77	68.64%	73.72%	27.33
4	M11	STACKERS	16928	17230	256	12	24	48	4	10	266	64	78.70%	84.21%	12.00
5	M12	STACKERS	7770	8050	275	12	24	35	2	4	279	138	82.54%	88.71%	17.50
6	M13	STACKERS	22262	22537	268	12	24	43	2	3	271	134	80.18%	86.17%	21.50
7	M14	STACKERS	25383	25890	480	24	36	58	3	2	482	160	83.68%	89.22%	19.33
8	M21	STACKERS	14999	15520	473	24	36	63	5	4	477	95	82.81%	88.25%	12.60
9	M22	STACKERS	14936	15437	461	24	36	62	2	17	478	231	82.99%	88.15%	31.00
10	M23	STACKERS	15103	15313	256	12	24	48	2	10	266	128	78.70%	84.21%	24.00
									29			123	79.86%	85.49%	19.78

Mayo 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	16746	16997	251	12	24	45	4	18	269	63	79.59%	84.80%	11.25
2	M01	STACKERS	19159	19382	269	12	24	43	3	2	271	90	80.18%	86.22%	14.33
3	M04	STACKERS	2874	3106	262	12	24	42	5	10	272	52	80.47%	86.18%	8.40
4	M11	STACKERS	17230	17434	264	12	24	41	4	9	273	66	80.77%	86.56%	10.25
5	M12	STACKERS	8050	8276	266	12	24	45	3	3	269	89	79.59%	85.53%	15.00
6	M13	STACKERS	22537	22738	271	12	24	41	5	2	273	54	80.77%	86.86%	8.20
7	M14	STACKERS	25890	26393	443	24	46	78	3	9	452	148	78.47%	85.03%	26.00
8	M21	STACKERS	15520	16040	465	24	36	72	4	3	468	116	81.25%	86.59%	18.00
9	M22	STACKERS	15437	15944	465	24	36	68	3	7	472	155	81.94%	87.24%	22.67
10	M23	STACKERS	15313	15537	245	12	24	48	4	21	266	61	78.70%	83.62%	12.00
									38			89	80.17%	85.86%	14.61

Junio 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	16997	17229	268	12	24	43	3	3	271	89	80.18%	86.17%	14.33
2	M01	STACKERS	19382	19601	267	12	24	41	5	6	273	53	80.77%	86.69%	8.20
3	M04	STACKERS	3106	3347	273	12	24	34	4	7	280	68	82.84%	88.93%	8.50
4	M11	STACKERS	17434	17635	263	12	24	49	5	2	265	53	78.40%	84.29%	9.80
5	M12	STACKERS	8276	8487	266	12	24	45	3	3	269	89	79.59%	85.53%	15.00
6	M13	STACKERS	22738	22936	257	12	24	49	4	8	265	64	78.40%	83.99%	12.25
7	M14	STACKERS	26393	26915	467	24	36	68	5	5	472	93	81.94%	87.29%	13.60
8	M21	STACKERS	16040	16572	459	24	36	73	5	8	467	92	81.08%	86.28%	14.60
9	M22	STACKERS	15944	16442	468	24	36	79	4	-7	461	117	80.03%	85.56%	19.75
10	M23	STACKERS	15537	15748	271	12	24	39	3	4	275	90	81.36%	87.42%	13.00
									41			80.90	80.46%	86.21%	12.90

Julio 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	17229	17461	261	12	24	51	5	2	263	52	77.81%	83.65%	10.20
2	M01	STACKERS	19601	19820	239	12	24	37	4	38	277	60	81.95%	86.59%	9.25
3	M04	STACKERS	3347	3588	241	12	24	38	3	35	276	80	81.66%	86.38%	12.67
4	M11	STACKERS	17635	17836	201	12	24	36	5	77	278	40	82.25%	84.81%	7.20
5	M12	STACKERS	8487	8698	211	12	24	33	4	70	281	53	83.14%	86.48%	8.25
6	M13	STACKERS	22936	23134	210	12	24	32	3	72	282	70	83.43%	86.78%	10.67
7	M14	STACKERS	26915	27437	461	24	36	74	3	5	466	154	80.90%	86.17%	24.67
8	M21	STACKERS	16572	17104	458	24	36	79	3	3	461	153	80.03%	85.29%	26.33
9	M22	STACKERS	16442	16940	457	24	36	72	2	11	468	229	81.25%	86.39%	36.00
10	M23	STACKERS	15748	15959	211	12	24	32	3	71	282	70	83.43%	86.83%	10.67
									35			96	81.59%	85.94%	15.59

Agosto 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	17461	17664	243	12	24	52	4	19	262	61	77.51%	82.37%	13.00
2	M01	STACKERS	19820	20031	251	12	24	42	5	21	272	50	80.47%	85.67%	8.40
3	M04	STACKERS	3588	3819	254	12	24	39	4	21	275	64	81.36%	86.69%	9.75
4	M11	STACKERS	17836	18076	240	12	24	41	5	33	273	48	80.77%	85.41%	8.20
5	M12	STACKERS	8698	8896	198	12	24	35	4	81	279	50	82.54%	84.98%	8.75
6	M13	STACKERS	23134	23379	245	12	24	43	3	26	271	82	80.18%	85.07%	14.33
7	M14	STACKERS	27437	27939	458	24	36	71	4	11	469	115	81.42%	86.58%	17.75
8	M21	STACKERS	17104	17615	463	24	36	75	2	2	465	232	80.73%	86.06%	37.50
9	M22	STACKERS	16940	17412	462	24	36	72	3	6	468	154	81.25%	86.52%	24.00
10	M23	STACKERS	15959	16190	231	12	24	39	3	44	275	77	81.36%	85.56%	13.00
									37			93	80.76%	85.49%	15.47

Setiembre 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	17664	17885	261	12	24	51	3	2	263	87	77.81%	83.65%	17.00
2	M01	STACKERS	20031	20245	254	12	24	53	3	7	261	85	77.22%	82.74%	17.67
3	M04	STACKERS	3819	4062	270	12	24	48	4	-4	266	68	78.70%	84.91%	12.00
4	M11	STACKERS	18076	18292	261	12	24	52	2	1	262	131	77.51%	83.39%	26.00
5	M12	STACKERS	8896	9127	273	12	24	43	3	-2	271	91	80.18%	86.39%	14.33
6	M13	STACKERS	23379	23638	265	12	24	45	5	4	269	53	79.59%	85.48%	9.00
7	M14	STACKERS	27939	28499	462	24	36	76	3	2	464	154	80.56%	85.87%	25.33
8	M21	STACKERS	17615	18164	451	24	36	87	4	2	453	113	78.65%	83.83%	21.75
9	M22	STACKERS	17412	17924	457	24	36	76	3	7	464	152	80.56%	85.74%	25.33
10	M23	STACKERS	16190	16412	263	12	24	43	2	8	271	132	80.18%	85.95%	21.50
									32			106	79.09%	84.79%	18.99

Octubre 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	1	STACKERS	17885	18088	260	12	24	45	3	9	269	87	79.59%	85.25%	15.00
2	2	STACKERS	20245	20446	265	12	24	48	3	1	266	88	78.70%	84.66%	16.00
4	3	STACKERS	4062	4310	264	12	24	48	4	2	266	66	78.70%	84.62%	12.00
5	4	STACKERS	18292	18523	245	12	24	64	5	5	250	49	73.96%	79.29%	12.80
6	5	STACKERS	9127	9330	263	12	24	42	3	9	272	88	80.47%	86.23%	14.00
7	6	STACKERS	23638	23871	263	12	24	45	4	6	269	66	79.59%	85.39%	11.25
8	7	STACKERS	28499	29033	464	24	36	74	4	2	466	116	80.90%	86.25%	18.50
9	8	STACKERS	18164	18687	451	24	36	87	3	2	453	150	78.65%	83.83%	29.00
10	9	STACKERS	17924	18484	560	24	36	84	3	2	562	187	82.40%	86.96%	28.00
11	10	STACKERS	16412	16605	193	12	24	35	2	86	279	97	82.54%	84.65%	17.50
									34			99	79.55%	84.71%	17.41

Noviembre 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	18088	18284	259	12	24	49	2	6	265	130	78.40%	84.09%	24.50
2	M01	STACKERS	20446	20650	268	12	24	43	2	3	271	134	80.18%	86.17%	21.50
3	M04	STACKERS	4310	4571	261	12	24	45	3	8	269	87	79.59%	85.29%	15.00
4	M11	STACKERS	18523	18725	212	12	24	96	5	6	218	42	64.50%	68.83%	19.20
5	M12	STACKERS	9330	9543	261	12	24	52	4	1	262	65	77.51%	83.39%	13.00
6	M13	STACKERS	23871	24066	268	12	24	44	3	2	270	89	79.88%	85.90%	14.67
7	M14	STACKERS	29033	29536	462	24	36	77	3	1	463	154	80.38%	85.71%	25.67
8	M21	STACKERS	18687	19210	423	24	36	115	3	2	425	141	73.78%	78.62%	38.33
9	M22	STACKERS	18484	19055	571	24	36	93	2	2	573	286	81.62%	85.99%	46.50
10	M23	STACKERS	16605	16814	262	12	24	51	3	1	263	87	77.81%	83.71%	17.00
									30			122	77.37%	82.77%	23.54

Diciembre 2019															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	18284	18524	268	12	24	44	4	2	270	67.00	79.88%	85.90%	11.00
2	M01	STACKERS	20650	20863	260	12	24	48	3	6	266	86.67	78.70%	84.42%	16.00
3	M04	STACKERS	4571	4813	265	12	24	45	3	4	269	88.33	79.59%	85.48%	15.00
4	M11	STACKERS	18725	18936	273	12	24	35	4	6	279	68.25	82.54%	88.64%	8.75
5	M12	STACKERS	9543	9776	239	12	24	71	5	4	243	47.80	71.89%	77.10%	14.20
6	M13	STACKERS	24066	24275	229	12	24	83	3	2	231	76.33	68.34%	73.40%	27.67
7	M14	STACKERS	29536	30047	460	24	36	76	5	4	464	92.00	80.56%	85.82%	15.20
8	M21	STACKERS	19210	19727	442	24	36	92	6	6	448	73.67	77.78%	82.77%	15.33
9	M22	STACKERS	19055	19577	510	24	36	84	5	2	512	102.00	81.01%	85.86%	16.80
10	M23	STACKERS	16814	17015	271	12	24	42	3	1	272	90.33	80.47%	86.58%	14.00
									41			79.24	78.08%	83.60%	15.40

## Indicadores periodo Enero a Diciembre 2020

Enero 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTRR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	18524	18774	250	12	24	58	3	6	256	83	75.74%	81.17%	19.33
2	M01	STACKERS	20863	21117	254	12	24	58	3	2	256	85	75.74%	81.41%	19.33
3	M04	STACKERS	4813	5074	261	12	24	49	3	4	265	87	78.40%	84.19%	16.33
4	M11	STACKERS	18936	19187	251	12	24	48	5	15	266	50	78.70%	83.95%	9.60
5	M12	STACKERS	9776	10020	244	12	24	51	3	19	263	81	77.81%	82.71%	17.00
6	M13	STACKERS	24275	24538	263	12	24	42	5	9	272	53	80.47%	86.23%	8.40
7	M14	STACKERS	30047	30508	461	24	36	72	4	7	468	115	81.25%	86.49%	18.00
8	M21	STACKERS	19727	20277	550	8	12	21	4	9	559	138	94.43%	96.32%	5.25
9	M22	STACKERS	19577	20042	465	24	36	72	4	3	468	116	81.25%	86.59%	18.00
10	M23	STACKERS	17015	17288	273	12	24	38	5	3	276	55	81.66%	87.78%	7.60
									39			86.27	80.54%	85.68%	13.89

Febrero 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTRR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	18774	18984	265	12	24	45	4	4	269	66	79.59%	85.48%	11.25
2	M01	STACKERS	21117	21349	273	12	24	45	5	-4	269	55	79.59%	85.85%	9.00
3	M04	STACKERS	5074	5295	271	12	24	42	3	1	272	90	80.47%	86.58%	14.00
4	M11	STACKERS	19187	19388	263	12	24	49	3	2	265	88	78.40%	84.29%	16.33
5	M12	STACKERS	10020	10263	262	12	24	45	4	7	269	66	79.59%	85.34%	11.25
6	M13	STACKERS	24538	24743	262	12	24	47	2	5	267	131	78.99%	84.79%	23.50
7	M14	STACKERS	30508	31000	472	24	36	65	3	3	475	157	82.47%	87.90%	21.67
8	M21	STACKERS	20277	20681	540	8	12	32	3	8	548	180	92.57%	94.41%	10.67
9	M22	STACKERS	20042	20599	458	24	36	78	4	4	462	115	80.21%	85.45%	19.50
10	M23	STACKERS	17288	17513	253	12	24	59	3	2	255	84	75.44%	81.09%	19.67
									34			103.15	80.73%	86.12%	15.68

Marzo 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTRR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	18984	19235	266	12	24	45	6	3	269	44	79.59%	85.53%	7.50
2	M01	STACKERS	21349	21572	263	12	24	43	5	8	271	53	80.18%	85.95%	8.60
3	M04	STACKERS	5295	5527	268	12	24	43	5	3	271	54	80.18%	86.17%	8.60
4	M11	STACKERS	19388	19592	262	12	24	45	4	7	269	66	79.59%	85.34%	11.25
5	M12	STACKERS	10263	10489	271	12	24	39	3	4	275	90	81.36%	87.42%	13.00
6	M13	STACKERS	24743	24944	273	12	24	41	4	0	273	68	80.77%	86.94%	10.25
7	M14	STACKERS	31000	31503	456	24	36	79	5	5	461	91	80.03%	85.23%	15.80
8	M21	STACKERS	20681	21201	556	8	12	21	4	3	559	139	94.43%	96.36%	5.25
9	M22	STACKERS	20599	21106	463	24	36	72	5	5	468	93	81.25%	86.54%	14.40
10	M23	STACKERS	17513	17737	273	12	24	35	5	6	279	55	82.54%	88.64%	7.00
									46			75.20	81.99%	87.41%	10.17



Abril 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	19235	19501	266	12	24	45	4	3	269	67	79.59%	85.53%	11.25
2	M01	STACKERS	21572	21836	264	12	24	43	5	7	271	53	80.18%	85.99%	8.60
3	M04	STACKERS	5527	5790	263	12	24	45	5	6	269	53	79.59%	85.39%	9.00
4	M11	STACKERS	19592	19855	263	12	24	43	4	8	271	66	80.18%	85.95%	10.75
5	M12	STACKERS	10489	10752	263	12	24	49	6	2	265	44	78.40%	84.29%	8.17
6	M13	STACKERS	24944	25212	268	12	24	44	3	2	270	89	79.88%	85.90%	14.67
7	M14	STACKERS	31503	31975	472	24	36	64	4	4	476	118	82.64%	88.06%	16.00
8	M21	STACKERS	21201	21753	552	8	12	21	3	7	559	184	94.43%	96.34%	7.00
9	M22	STACKERS	21106	21575	469	24	36	67	5	4	473	94	82.12%	87.50%	13.40
10	M23	STACKERS	17737	17995	258	12	24	52	4	4	262	65	77.51%	83.23%	13.00
									43			83	81.45%	86.82%	11.18

Mayo 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	19501	19759	258	12	24	49	3	7	265	86	78.40%	84.04%	16.33
2	M01	STACKERS	21836	22101	265	12	24	46	4	3	268	66	79.29%	85.21%	11.50
3	M04	STACKERS	5790	6053	263	12	24	49	4	2	265	66	78.40%	84.29%	12.25
4	M11	STACKERS	19855	20120	265	12	24	47	5	2	267	53	78.99%	84.94%	9.40
5	M12	STACKERS	10752	11008	256	12	24	52	3	6	262	85	77.51%	83.12%	17.33
6	M13	STACKERS	25212	25476	264	12	24	44	4	6	270	66	79.88%	85.71%	11.00
7	M14	STACKERS	31975	32445	470	18	36	72	6	4	474	78	81.44%	86.72%	12.00
8	M21	STACKERS	21753	22295	542	8	12	31	4	7	549	136	92.74%	94.59%	7.75
9	M22	STACKERS	21575	22040	465	18	36	76	5	5	470	93	80.76%	85.95%	15.20
10	M23	STACKERS	17995	18258	263	12	24	49	3	2	265	88	78.40%	84.29%	16.33
									41			82	80.58%	85.89%	12.91

Junio 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programadas	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	19759	19991	290	3	8	45	4	4	294	73	84.73%	86.57%	11.25
2	M01	STACKERS	22101	22320	290	3	8	43	4	6	296	73	85.30%	87.09%	10.75
3	M04	STACKERS	6053	6294	288	3	8	48	5	3	291	58	83.86%	85.71%	9.60
4	M11	STACKERS	20120	20321	291	3	8	41	3	7	298	97	85.88%	87.65%	13.67
5	M12	STACKERS	11008	11219	295	3	8	39	4	5	300	74	86.46%	88.32%	9.75
6	M13	STACKERS	25476	25674	286	3	8	47	3	6	292	95	84.15%	85.89%	15.67
7	M14	STACKERS	32445	32967	507	6	16	64	6	7	514	85	86.53%	88.79%	10.67
8	M21	STACKERS	22295	22827	533	6	16	37	5	8	541	107	91.08%	93.51%	7.40
9	M22	STACKERS	22040	22538	502	6	16	72	5	4	506	100	85.19%	87.46%	14.40
10	M23	STACKERS	18258	18469	290	3	8	48	3	1	291	97	83.86%	85.80%	16.00
									42			85.69	85.70%	87.68%	11.92

Julio 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	19991	20261	270	12	24	42	4	2	272	68	80.47%	86.54%	10.50
2	M01	STACKERS	22320	22580	260	12	24	46	3	8	268	87	79.29%	84.97%	15.33
3	M04	STACKERS	6294	6558	264	12	24	43	4	7	271	66	80.18%	85.99%	10.75
4	M11	STACKERS	20321	20584	263	12	24	47	4	4	267	66	78.99%	84.84%	11.75
5	M12	STACKERS	11219	11484	265	12	24	44	4	5	270	66	79.88%	85.76%	11.00
6	M13	STACKERS	25674	25948	274	12	24	39	3	1	275	91	81.36%	87.54%	13.00
7	M14	STACKERS	32967	33419	452	24	36	85	6	3	455	75	78.99%	84.17%	14.17
8	M21	STACKERS	22827	23369	542	8	12	37	4	1	543	136	91.72%	93.61%	9.25
9	M22	STACKERS	22538	23009	471	24	36	68	5	1	472	94	81.94%	87.38%	13.60
10	M23	STACKERS	18469	18753	284	8	12	42	3	4	288	95	84.21%	87.12%	14.00
									40			84	81.70%	86.79%	12.34

Agosto 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	20261	20529	268	12	24	42	4	4	272	67	80.47%	86.45%	10.50
2	M01	STACKERS	22580	22791	266	12	24	45	4	3	263	67	79.22%	85.53%	11.25
3	M04	STACKERS	6558	6789	267	12	24	46	5	1	266	53	79.17%	85.30%	9.20
4	M11	STACKERS	20584	20824	255	12	24	44	5	15	240	51	77.92%	85.28%	8.80
5	M12	STACKERS	11484	11682	274	12	24	39	3	1	273	91	81.25%	87.54%	13.00
6	M13	STACKERS	25948	26193	265	12	24	48	4	1	264	66	78.57%	84.66%	12.00
7	M14	STACKERS	33419	33921	464	24	36	72	6	4	460	77	80.99%	86.57%	12.00
8	M21	STACKERS	23369	23880	542	8	12	35	4	3	539	136	91.98%	93.93%	8.75
9	M22	STACKERS	23009	23481	462	24	36	73	5	5	457	92	80.74%	86.36%	14.60
10	M23	STACKERS	18753	18984	291	8	12	38	3	1	290	97	85.29%	88.45%	12.67
									43			80	81.56%	87.01%	11.28

Setiembre 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	20529	20798	269	12	24	43	4	2	271	67	80.18%	86.22%	10.75
2	M01	STACKERS	22791	23057	266	12	24	45	4	3	269	67	79.59%	85.53%	11.25
3	M04	STACKERS	6789	7054	265	12	24	41	5	8	273	53	80.77%	86.60%	8.20
4	M11	STACKERS	20824	21092	268	12	24	43	5	3	271	54	80.18%	86.17%	8.60
5	M12	STACKERS	11682	11952	270	12	24	43	3	1	271	90	80.18%	86.26%	14.33
6	M13	STACKERS	26193	26454	261	12	24	45	4	8	269	65	79.59%	85.29%	11.25
7	M14	STACKERS	33921	34386	465	24	36	66	5	9	474	93	82.29%	87.57%	13.20
8	M21	STACKERS	23880	24430	550	8	12	28	4	2	552	138	93.24%	95.16%	7.00
9	M22	STACKERS	23481	23943	462	24	36	72	4	6	468	116	81.25%	86.52%	18.00
10	M23	STACKERS	18984	19249	265	12	24	48	4	1	266	66	78.70%	84.66%	12.00
									42			81	81.60%	87.00%	11.46

Octubre 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	20798	21066	268	12	24	44	4	2	270	67	79.88%	85.90%	11.00
2	M01	STACKERS	23057	23322	265	12	24	45	4	4	269	66	79.59%	85.48%	11.25
3	M04	STACKERS	7054	7317	263	12	24	47	5	4	267	53	78.99%	84.84%	9.40
4	M11	STACKERS	21092	21356	264	12	24	46	5	4	268	53	79.29%	85.16%	9.20
5	M12	STACKERS	11952	12223	271	12	24	42	3	1	272	90	80.47%	86.58%	14.00
6	M13	STACKERS	26454	26718	264	12	24	47	5	3	267	53	78.99%	84.89%	9.40
7	M14	STACKERS	34386	34847	461	24	36	76	4	3	464	115	80.56%	85.85%	19.00
8	M21	STACKERS	24430	24971	541	8	12	34	4	5	546	135	92.23%	94.09%	8.50
9	M22	STACKERS	23943	24533	590	24	36	77	5	2	592	118	83.97%	88.46%	15.40
10	M23	STACKERS	19249	19513	264	12	24	45	3	5	269	88	79.59%	85.44%	15.00
									42			84	81.36%	86.67%	12.22

Noviembre 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	21066	21337	271	12	24	42	6	1	272	45	80.47%	86.58%	7.00
2	M01	STACKERS	23322	23585	263	12	24	48	5	3	266	53	78.70%	84.57%	9.60
3	M04	STACKERS	7317	7583	266	12	24	46	4	2	268	67	79.29%	85.26%	11.50
4	M11	STACKERS	21356	21620	264	12	24	48	5	2	266	53	78.70%	84.62%	9.60
5	M12	STACKERS	12223	12494	271	12	24	41	4	2	273	68	80.77%	86.86%	10.25
6	M13	STACKERS	26718	26981	263	12	24	47	4	4	267	66	78.99%	84.84%	11.75
7	M14	STACKERS	34847	35312	465	24	36	69	6	6	471	78	81.77%	87.08%	11.50
8	M21	STACKERS	24971	25512	541	8	12	35	4	4	545	135	92.06%	93.92%	8.75
9	M22	STACKERS	24533	25115	582	24	36	73	4	2	584	146	84.27%	88.85%	18.25
10	M23	STACKERS	19513	19784	271	12	24	41	4	2	273	68	80.77%	86.86%	10.25
									46			78	81.58%	86.94%	10.845

Diciembre 2020															
Pool de Maquinarias Vehiculos y Equipos			Hora Inicial	Hora Final	Total Horas Maquina	Horas correctivas Programada	Horas Preventivas	Horas Imprevistas	Numero de fallas	Hrs STB	Tiempo Disponible	MTBF	Disponib.	Confiabilidad	MTTR
ITEM	CODIGO INT.	TIPO													
1	C09	STACKERS	21337	21577	265	12	24	48	5	1	266	53	78.70%	84.66%	9.60
2	M01	STACKERS	23585	23798	265	12	24	46	5	3	268	53	79.29%	85.21%	9.20
3	M04	STACKERS	7583	7825	264	12	24	47	4	3	267	66	78.99%	84.89%	11.75
4	M11	STACKERS	21620	21831	268	12	24	44	4	2	270	67	79.88%	85.90%	11.00
5	M12	STACKERS	12494	12727	265	12	24	48	3	1	266	88	78.70%	84.66%	16.00
6	M13	STACKERS	26981	27190	264	12	24	44	5	6	270	53	79.88%	85.71%	8.80
7	M14	STACKERS	35312	35823	472	24	36	65	7	3	475	67	82.47%	87.90%	9.29
8	M21	STACKERS	25512	26029	536	8	12	38	4	6	542	134	91.55%	93.38%	9.50
9	M22	STACKERS	25115	25637	522	24	36	79	3	2	524	174	82.00%	86.86%	26.33
10	M23	STACKERS	19784	19985	261	12	24	49	4	4	265	65	78.40%	84.19%	12.25
									44			82	80.99%	86.34%	12.37

**Anexo N° 7**  
**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE TRANSMISION**

SUBSISTEMA		Caja de Transmisión			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	Convertidor de Torque	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Turbina	Realizar el cambio de rodamiento del eje de la turbina	2000 Horas	Tecnico	
2	Estator	Inspeccionar y reparar los alabes del estator cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Tecnico	
3	Sellos y juntas	Realizar Inspeccion visual diaria que detecte la existencia de fugas de aceite en el convertidor, cambiar kit de empaquetaduras de convertidor	1000 Horas	Tecnico	
4	Impulsor	Inspeccionar y reparar los alabes del impulsor cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Tecnico	
5	Flexible	Inspeccionar las paletas del flexible cada vez que se realice un mantenimiento al convertidor	1000 Horas	Tecnico	

SUBSISTEMA		Caja de Transmisión			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	Portadiscos	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Discos Forrados	Realizar la inspección y cambio de los discos cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
2	Discos metalicos quemados	Realizar la inspección y cambio de los discos cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
3	Kit de sellos y juntas	Realizar la inspección y cambio de los sellos de paquetes de discos cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
4	Suspensión	Realizar la inspección y cambio de Spring en los paquetes de discos en cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
5	Conjunto de piñones	Realizar la inspección y cambio de componentes dentados en cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
6	Conjunto de Sincronizador	Realizar la inspección y cambio de sincronizadores en cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
7	Conjunto de pistones	Realizar la inspección y reconstrucción del eje en cada reparación de caja	2000 Horas	Tecnico	
8	Drum	Realizar la inspección de la estructura de los portadiscos en cada reparación de caja o convertidor	1000 Horas	Tecnico	

SUBSISTEMA		CAJA DE TRANSMISION			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	Sistema de Presión de Aceite	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Bomba de Aceite	Toma de presiones	100 horas	Tecnico	
2	Valvula de Presion	Toma de presiones	100 horas	Tecnico	
3	Kit de bomba	Cambio de juntas	1000 Horas	Tecnico	
4	Cañerías y mangueras	Inspección y limpieza	2000 Horas	Tecnico	
5	Electrovalvulas	Inspección y limpieza	500 Horas	Tecnico	
SUBSISTEMA		CAJA DE TRANSMISION			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	Sistema electrico	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Sensor de temperatura de aceite de caja	Limpieza de sensores	120 Horas	Tecnico	
2	Sensor de presión de aceite de caja	Limpieza de sensores	120 Horas	Tecnico	
3	Sensor de temperatura de aceite de convertidor	Limpieza de sensores	120 Horas	Tecnico	
4	Sensor de presion de aceite de convertidor	Limpieza de sensores	120 Horas	Tecnico	
5	Arnes	Inspección y cambio de cables	120 Horas	Tecnico	
SUBSISTEMA		DIFERENCIAL			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	Corona	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Catalina	Regular juego	1000 Horas	Tecnico	
2	Piñon de ataque	Regular juego	1000 Horas	Tecnico	
3	Conjunto castillo	Analisis SOS de aceite	500 Horas	Tecnico	
4	Rodamientos	Inspeccionar juego	2000 Horas	Tecnico	
5	Kit de sellos y juntas	Verificar estado	500 Horas	Tecnico	
SUBSISTEMA		MANDOS FINALES			
Item	Componente	Mantenimiento			Comentarios
	EJE DELANTERO	Actividad	Frecuencia	Responsable	
	Partes				
1	Tuerca de precarga	Inspección, ajuste o cambio de la tuerca de precarga.	1000 Horas	Tecnico	
2	Rodamientos de funda	Cambio de rodamientos.	4000 Horas	Tecnico	
3	Kit de Sellos	Cambiar los face seal Radial y Orings.	1000 Horas	Tecnico	
4	Juntas y Orings	Inspección del sistema eliminando fugas de aceite.	8 horas	Tecnico	
5	Verificación de componentes internos	Analisis SOS de aceite de cubo.	500 Horas	Tecnico	
6	Pernos y tuercas	Inspeccionar identificar y reparar asientos de pernos de rueda con hilos barridos.	24 Horas	Tecnico	

**ANEXO 8**

<b>AUDITORIA PARA LA IMPLEMENTACION DEL RCM A LA GRÚA STACKER</b>							
FECHA	03-ene-21			FECHA DEL REPORTE	05/01/2021		
ASISTENTES							
Jefe de Mantenimiento							
Coordinador de Operaciones							
<b>GIRO DE LA EMPRESA:</b>							
APM TERMINALS INLAND SERVICES S.A. Pertenece al sector de comercio exterior, brinda los servicios de almacenamiento y distribución de mercancías puestas en contenedores. Cuenta con las líneas de llenos, vacíos y refrigerados.							
Los contenedores son recibidos en su terminal de Lima y distribuidos localmente o a nivel nacional según sea el destino final de cada producto recibido.							
<b>METODOLOGIA DE LA AUDITORIA:</b>							
Se rige por la norma SAE JA 1011 que dicta las condiciones que deben cumplir para que pueda considerarse como RCM.							
Cada pregunta tiene un punto como valor							
La puntuación se ha definido otorgarse cuando se tiene el 100% de cumplimiento							
En caso de no contar con el 100% del cumplimiento la puntuación es cero							
Para lograr el 100% del cumplimiento se debe demostrar con evidencia lo solicitado							
Item	Pregunta						Puntaje
1	Se ha implementado el RCM en su área?						1
2	Se ha determinado a que sistema se aplicara?						1
3	Han recibido capacitación para la implementación del RCM?						1
4	El equipo de trabajo conoce la norma SAE J 1011?						0
5	El equipo de trabajo se reúne con frecuencia para coordinar las tareas de mantenimiento						1
6	El área de operaciones está conforme con la disponibilidad de los equipos?						1
7	Conocen el contexto operacional de las grúas?						1
8	Se cuenta con un programa de Mantenimiento sistematizado?						0
9	Se analizan el porque de las fallas?						1
10	Las paradas de máquina generalmente ocurren por fallas imprevistas						1
11	Cuando ocurre una falla generalmente se cuenta con los repuestos para recambio si el caso lo requiere?						1
12	Se lleva un registro de las fallas en cada uno de los equipos?						1
13	El personal técnico recibe capacitación constante respecto al mantenimiento?						1
14	El personal técnico recibe capacitación constante respecto a seguridad y ambiente?						1



## ANEXO 9

### ENCUESTA A INVOLUCRADOS EN LA IMPLEMENTACION DEL RCM A LA GRUA STACKER

Pregunta N°	Reducción del mantto no programado (fallas)	INDICADORES				Total
		Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre	
1	¿Cuentan con un programa detallado del mantenimiento preventivo de la grúa stackers?	0	2	3	4	9
2	¿Las paradas imprevistas por fallas en la transmisión son muy frecuentes?	4	4	1	0	9
3	¿Se cuenta con repuestos para atender cualquier tipo de falla en el sistema de transmisión?	0	1	3	5	9
4	¿Los repuestos e insumos utilizados para el mantenimiento de los sistemas de transmisión son originales de fábrica?	0	1	3	5	9
5	¿Considera usted que la implementación del RCM ha contribuido de manera satisfactoria en el mejoramiento de la gestión de mantenimiento de las grúas Stacker de la empresa?.	0	0	3	6	9
6	¿El programa de mantenimiento preventivo que les ha proporcionado el fabricante, lo tienen los supervisores y el personal que lo ejecuta?	2	1	2	4	9
7	¿Considera usted que el sistema de transmisión en el subsistema caja de cambios a la fecha cumple los mantenimientos preventivos recomendados por el fabricante?	0	2	3	4	9
8	¿Considera usted que el sistema de transmisión en el subsistema Mandos finales a la fecha cumple los mantenimientos recomendados por el fabricante?	1	1	3	4	9
9	Los componentes del sistema de transmisión en el subsistema Diferencial, a la fecha cumple con los mantenimientos recomendados por el fabricante?	0	2	2	5	9
10	¿Cree usted que una falla en el sistema de transmisión puede paralizar a la grúa Stackers?	1	3	3	2	9
11	¿Se ha reducido el tiempo de horas de reparación en los mantenimientos correctivos, del sistema de transmisión, en el subsistema CAJA DE CAMBIOS?	0	1	4	3	8
12	¿El personal técnico de equipo mecánico cuenta con equipos y herramientas adecuadas y de calidad?	1	1	4	3	9
13	¿La calidad de los repuestos e insumos utilizados para el mantenimiento de los sistemas de transmisión es buena?	0	1	3	5	9
14	¿Cree usted que la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad de la máquina, optimiza la gestión de mantenimiento de equipos en una empresa?	0	1	1	7	9
		9	21	38	57	125



