

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE ENERGÍA



**“PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
METODOLOGÍA: OPTIMIZACIÓN DE PLANES DE
MANTENIMIENTO (PMO) PARA INCREMENTAR LA
CONFIABILIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES 797F DE
MINERA CHINALCO PERU”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

NOEL MALDONADO AYMACHOQUE

Callao, 2019

PERÚ

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedico a mi Madre, A mi esposa Cynthia e hijos Cielo, Yerik y Brisa por apoyarme constantemente en este objetivo de la culminación de la Maestría, así como también el comprender todos los fines de semana el no poder estar con ellos por la maestría.

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer a la Universidad del Callao (UNAC) especialmente a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Energía (FIME) por darme la oportunidad de nuevos conocimientos de la Maestría de Gerencia de Mantenimiento así como también a cada profesor y asesor que ayudaron a culminar el presente trabajo.

INDICE

Indices de Tabla	5
Índice de Figuras	6
INTRODUCCIÓN	9
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción de la situación problemática	11
1.2 Formulación del problema.....	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4. Limitantes de la investigación	19
1.4.1. Teórica	19
1.4.2. Temporal	19
1.4.3. Espacial.....	19
II MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.....	20
2.1.1 Nacional	20
2.1.2. Internacional.....	26

2.2 Bases Teóricas.....	32
2.2.1. Camiones mineros: Gigantes en tamaño y relevancia	32
2.2.2. Mantenimiento Preventivo	35
2.2.3. ¿Qué es el PMO y para que nos sirve?	35
2.2.4. Pasos del PMO.....	38
2.2.5. Implementando un Programa de PMOptimisation exitoso	46
2.2.6. ¿Cómo y por qué PMO es más rápido que RCM?.....	51
2.2.7. PMO es seis veces más rápido que RCM	54
2.2.8. Fortalezas y Beneficios de PMO comparado con RCM	55
2.2.9. Debilidades del PMO.....	57
2.2.10. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE).....	57
2.2.11. ¿Cómo realizar un Análisis de Modo de Falla y Efecto - AMFE? ..	59
2.2.12 Confiabilidad.....	62
2.3 Conceptual.....	62
2.4. Definición de términos básicos.....	62
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	64
3.1. Hipótesis	64
3.1.1. Hipótesis General.....	64
3.1.2 Hipótesis Específica	64
3.2. Definición conceptual de variables	64
3.2.2. Variable dependiente:	65

3.2.1. Operacionalización de variable.....	66
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	67
4.1 Tipo y diseño de investigación	67
4.2 Método de Investigación	68
4.3 Población y Muestra	68
4.4 Lugar de estudio	69
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	70
4.6. Análisis y procesamiento de datos	70
4.7 Plan de Mantenimiento – Antes del PMO	71
V. RESULTADOS.....	80
5.1. Plan de Mantenimiento de Camiones 797F con PMO.....	80
5.2. Resultados descriptivos	85
5.3. Resultados Inferenciales.....	86
5.4. Otro tipo de resultados.....	89
VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con el resultado	90
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	90
6.3. Responsabilidad ético de acuerdo al reglamento vigente	92
VII CONCLUSIONES.....	93
VIII RECOMENDACIONES.....	94
IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

X REFERENCIAS WEB.....	97
XI ANEXOS	98
11.1. Ficha técnica de camión 797F	98
11.2. Matriz de consistencia	102
11.3. Instrumentación de recolección de datos	103
11.4. Validación de expertos.....	105

Índices de Tabla

Tabla 2-1 Modo de Falla de las tareas	40
Tabla 2-2 Racionalización y Revisión del FMA	41
Tabla 2-3 Ilustración del Paso 4.....	42
Tabla 2-4 Ilustración del Paso 5.....	42
Tabla 2-5 Ilustración del Paso 6.....	44
Tabla 3-1 Operacionalización de Variables.....	66

Índice de Figuras

Figura 1-1 Anuario Minero 2017.....	12
Figura 1-2 Participación de la Inversión en Proyectos según mineral	13
Figura 1-3 Precio del Cobre	13
Figura 1-4 MTBF 797F - 2017.....	15
Figura 1-5 MTTR 797F - 2017	15
Figura 1-6 Disponibilidad 797F - 2017	16
Figura 2-1 Camión 797F	34
Figura 2-2 Componentes Mayores 797F.....	34
Figura 2-3 Ciclo Vicioso de Mantenimiento Reactivo	36
Figura 2-4 Pasos del PMO.....	38
Figura 2-5 Fuentes de Mantenimiento Preventivo.....	39
Figura 2-6 Comparación de costos, tiempos y beneficios de RCM y PMO.....	52
Figura 2-7 Definición de tarea usando PMO	53
Figura 2-8 Definición de tarea usando RCM	53
Figura 2-9 Plan de Mantenimiento - RCM/PMO	55
Figura 2-10 AMFE - Orígenes.....	58
Figura 2-11 Formato AMFE	60
Figura 4-1 Jerarquía de Equipos de la Flota 797F - SAP PM - MCP.....	69
Figura 4-2 Distribución de tareas por recurso	79
Figura 5-1 MTBF - Resultado 2017 - 2018.....	85
Figura 5-2 Gráfico de comparación de MTBF - Camiones 797F	86
Figura 5-3 Prueba de Normalidad de MTBF 2017-2018.....	87
Figura 5-4 Prueba T-Student	88

RESUMEN

En el rubro minero del mundo el área de mantenimiento representa un porcentaje alto de los costos operativos (32%), por lo tanto, cualquier optimización en la gestión de mantenimiento representa la optimización de la organización.

Esta investigación titulada: “Plan de Mantenimiento basado en la metodología Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) para incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de Minera Chinalco Perú”, tiene como objetivo Desarrollar el Plan de Mantenimiento para incrementar la confiabilidad de los camiones 797F.

La investigación aborda la problemática ocurrida en los camiones mineros 797F los cuales tienen su centro de operación en la mina Toromocho, se ubica a 4,500 m.s.n.m al este de Lima, distrito minero de Morococha, provincia de Yauli, Junín. El contexto operación de la Mina Toromocho es muy complicado para los equipos de acarreo, de los camiones 797F, se presenta problemas con la confiabilidad de los camiones 797F afectando la producción de cobre fino.

En la presente investigación se modificó los planes de mantenimiento y las cargamos en el sistema de gestión de mantenimiento “SAP”. Se programa y ejecuta las actividades del nuevo plan de Mantenimiento, se tiene como resultado el incremento de la confiabilidad. El Tiempo Medio entre Fallas del 2017 fue de 21.35 Hrs y se incrementó a 34.73 Hrs con lo cual se redujo las paradas de los camiones por falla, se tuvo mayor tiempo operativo, mayor tonelaje movido, mayor mineral procesado y mayor producción de cobre fino.

Palabras Claves: Plan de Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad

ABSTRACT

In the world mining sector, the maintenance area represents a high percentage of operating costs (32%), therefore, any optimization in maintenance management represents the optimization of the organization.

This research entitled: "Maintenance Plan based on the Maintenance Plan Optimization (PMO) methodology to increase the reliability of the 797F fleet of Minera Chinalco Peru trucks", aims to Develop the Maintenance Plan to increase the reliability of the 797F trucks.

The investigation addresses the problem that occurred in 797F mining trucks, which have their operation center at the Toromocho mine, located 4,500 m.s.n.m east of Lima, the mining district of Morococha, Yauli province, Junín. The operating context of the Toromocho Mine is very complicated for hauling equipment, 797F trucks, problems with the reliability of 797F trucks are presented affecting the production of fine copper.

In the present investigation the maintenance plans were modified and we loaded them into the "SAP" maintenance management system. The activities of the new Maintenance plan are programmed and executed, resulting in increased reliability. The Average Time Between Failures of 2017 was 21.35 Hrs and increased to 34.73 Hrs, which reduced truck stops due to failure, had longer operating time, greater tonnage moved, more processed ore and higher production of fine copper.

Keywords: Maintenance Plan, Reliability, Availability

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la implementación del Plan de Mantenimiento preventivo basado en la Metodología PMO (Planned Maintenance Optimization) de los camiones 797F Caterpillar de la minera Chinalco Perú.

Capítulo I - Planteamiento del Problema, se hace referencia al análisis del macro entorno y micro entorno del rubro de la minería y producción de cobre, asimismo se detalla la importancia de la disponibilidad de los camiones 797F en las metas de producción de mineral movido el cual afecta las toneladas de cobre fino, producto final de la empresa minera Chinalco Perú. Se realizó un cálculo de pérdida para la empresa por cada 0.01% de disponibilidad de los camiones 797F, se realiza la formulación del problema general y específicos de las cual generamos el objetivo general y objetivos específicos.

Capítulo II – Marco teórico, se hace referencia tesis nacionales e internacionales de implementaciones similares del PMO para tomar como referencia para el presente proyecto de investigación. Realizamos el marco teórico del PMO (Planned Maintenance Optimization) de acuerdo a trabajos de investigación. Detallamos los 9 pasos a seguir para la implementación del PMO así como las ventajas y desventajas de la metodología.

Capítulo III – Hipótesis y variables, se hace referencia a la hipótesis general y específicas de acuerdo a los objetivos definidos en el Capítulo I. definimos la variable dependiente e independiente del presente proyecto de investigación,

finalmente realizado la operacionalización de las variables, relacionando sus dimensiones e indicadores.

Capítulo IV – Diseño metodológico, se ha referencia la metodología que se realizará para el presente proyecto de investigación. El diseño de la investigación será aplicado, método de investigación experimental. En el presente capítulo detallaremos la población, lugar de estudio y técnicas de recolección de datos.

Capítulo V – Resultados, se hace referencia de los resultados obtenidos con la metodología de la implementación del PMO para mejorar la confiabilidad, se validó la normalidad de los datos obtenidos en el periodo 2018.

Capítulo VI – Discusión de resultados, se hace referencia a la contrastación de la hipótesis con los resultados obtenidos.

Capítulo VII – Conclusiones, se hace referencia a las conclusiones una vez implementado el PMO en la flota 797F.

Capítulo VIII – Recomendaciones, se hace referencia a las recomendaciones una vez implementado el PMO, se recomienda la implementación en las otras flotas de la Minera Chinalco Perú S.A.

El presente proyecto de tesis detalla y valida la implementación del PMO (Planned Maintenance Optimization) para los camiones 797F Caterpillar de la Minera Chinalco Perú con la finalidad de incrementar la confiabilidad y como consecuencia asegurar la producción de toneladas finas de cobre.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la situación problemática

En el mundo globalizado el mercado de metales se ha visto afectado por la reducción de los precios. El cobre está pasando una coyuntura especial con referencia al precio. Actualmente el precio del cobre está oscilando entre USD1.9 a USD2.1 la libra de cobre. Por lo cual las empresas mineras de cobre se están viendo afectada en su margen de ganancia asimismo poniendo en riesgo su operatividad.

El cobre es un metal de color rojizo que tiene la capacidad de transportar electricidad y calor. Se encuentra en la naturaleza combinado con otros metales como el oro, la plata y el plomo. El cobre es el metal usado para toda clase de procesos industriales, desde la construcción de una vivienda hasta la manufactura de los aparatos tecnológicos más sofisticados. El cobre es utilizado en el cableado de edificaciones, tuberías de agua y de gas. También se emplea en la generación de distribución eléctrica por ser un excelente conductor. Se emplea en los motores de diferentes medios de transporte como aviones, barcos, trenes y automóviles. En la dieta humana se debe ingerir cobre para prevenir la anemia y la fragilidad ósea. Es un componente de las piezas de varios aparatos electrónicos, como por ejemplo la computadora.

Perú es el segundo mayor productor de cobre del mundo debido a que produce 2.5 millones de toneladas métricas por año.

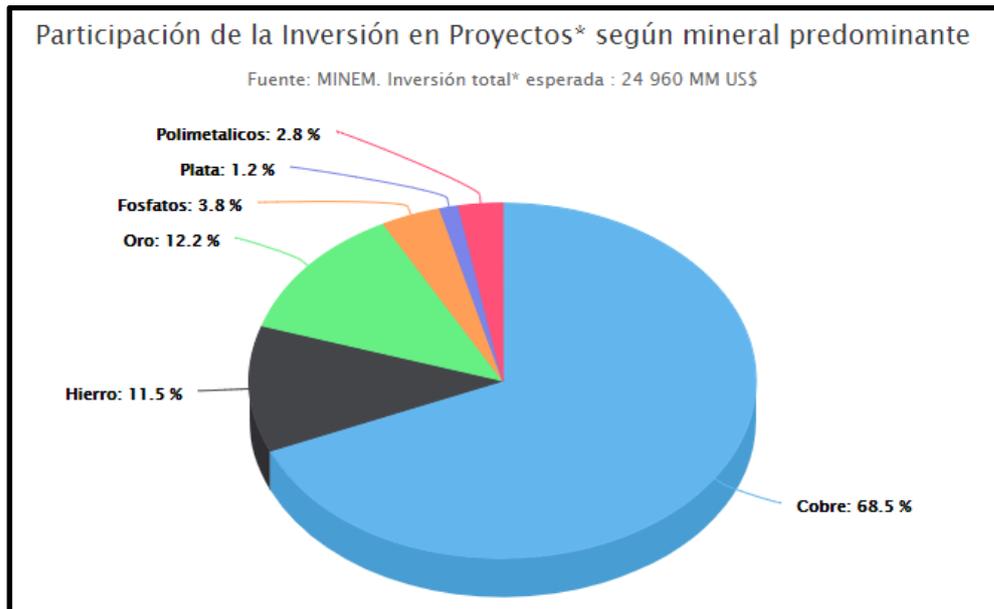
Figura 1-1 Anuario Minero 2017

PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
Oro / Gold	1	6
Plata / Silver	2	2
Cobre / Cooper	2	2
Zinc / Zinc	1	2
Boro / Boron	1	2
Plomo / Lead	1	4
Indio / Indian	1	7
Selenio / Selenium	1	10
Molibdeno / Molybdenum	2	4
Cadmio / Cadmium	2	8
Roca Fosfórica / Phosphate Rock	2	10
Estaño	3	6

Fuente: MINEM

La mayor participación de las inversiones de proyectos mineros en el Perú es del cobre. La minería es la columna vertebral de la economía del Perú teniendo en cuenta que las regiones donde se realiza la actividad extractiva del mineral se benefician con la transferencia del canon minero, el incremento de las exportaciones mineras significa una expansión del PBI (Producto Bruto Interno).

Figura 1-2 Participación de la Inversión en Proyectos según mineral



Fuente: MINEM

Actualmente el precio del cobre llego a su nivel más bajo con respecto desde el 2011 al cotizarse en USD2.18 la libra como indica la figura 1-2, de acuerdo al panorama negativa que se tiene el mercado de china.

Figura 1-3 Precio del Cobre



Fuente: www.kitco.com

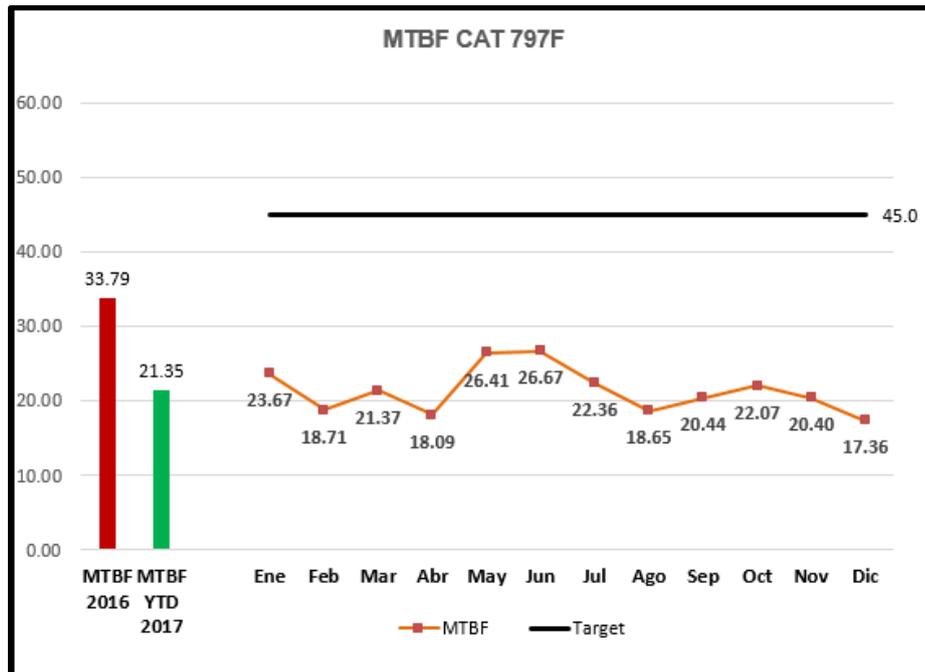
En toda operación minera, la continuidad de las operaciones: traslado de mineral, procesamiento de mineras es vital para su desarrollo. Por lo que toda mina debe asegurar los recursos para la continuidad, siendo uno de ellos el mantenimiento de sus equipos, asegurando la disponibilidad y confiabilidad requerida para la producción de su mineral.

Como consecuencia, el mantenimiento de equipos se ha convertido en la actualidad en una especie de servicio permanente, incorporado a las labores cotidianas de las operaciones de la empresa y cuya gestión corre paralela a la actividad productiva en sí misma, por lo que, como tal, requiere de la máxima atención para mejorar los procesos productivos.

La empresa Minera Chinalco Perú deberá asegurar el cumplimiento de la disponibilidad comprometida de los camiones 797F, para asegurar el cumplimiento de la producción de toneladas movidas como consecuencia la producción de cobre fino, por tal motivo debemos mejorar la confiabilidad de dicha flota.

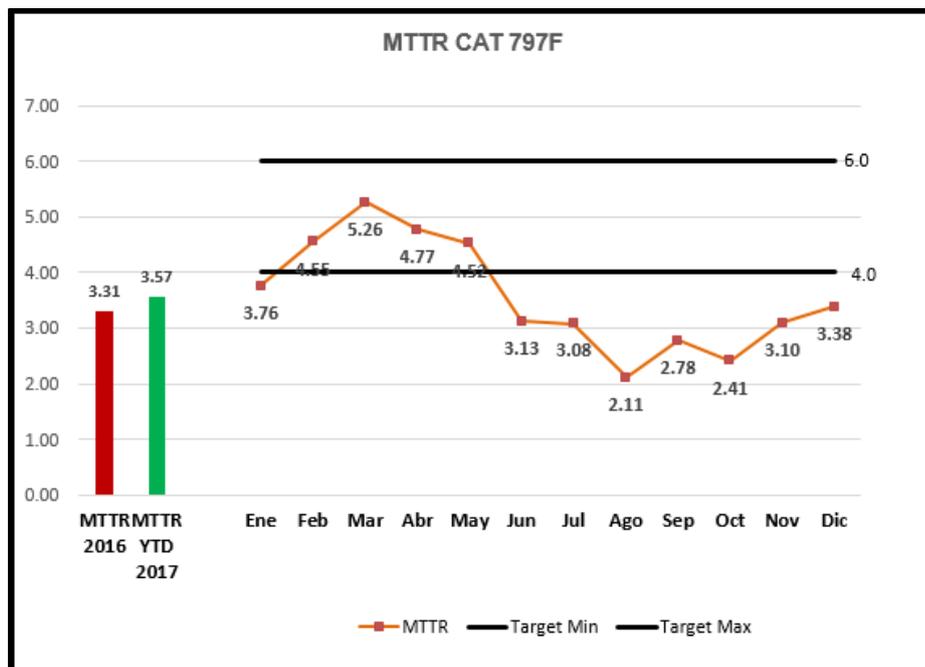
La flota de acarreo consta de 29 Camiones 797F Caterpillar. Los indicadores de confiabilidad también no llegaron a la meta, como consecuencia la disponibilidad estuvo por debajo de lo comprometido

Figura 1-4 MTBF 797F - 2017



Fuente: Elaboración Propia

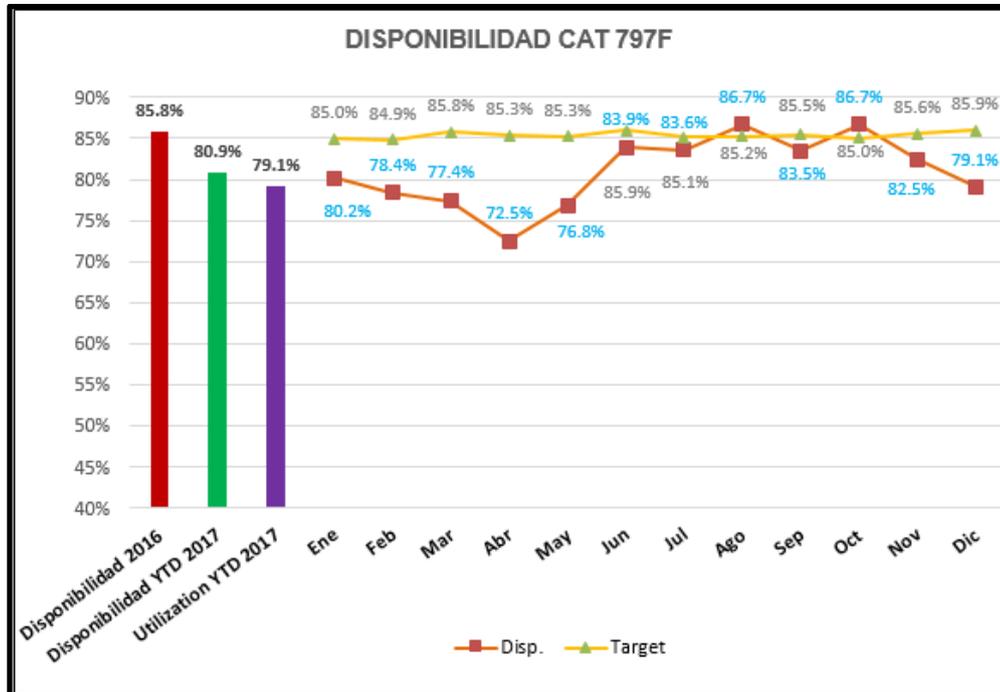
Figura 1-5 MTTR 797F - 2017



Fuente: Elaboración Propia

Los camiones al no ser muy confiables como consecuencia no se puede cumplir con la disponibilidad de los camiones 797F del año 2017, siendo 80.9%.

Figura 1-6 Disponibilidad 797F - 2017



Fuente: Elaboración Propia

Los 29 camiones 797F están dedicados exclusivamente al movimiento de mineral que es transportado a Chancado Primario, por lo tanto, al tener menor transporte de mineral se tiene menor mineral para los molinos y celdas de flotación como consecuencia menor producción de cobre fino, de acuerdo a las toneladas movidas por hora de los camiones 797F y los ratios de recuperación, se realizará un estimado de la pérdida de la empresa. Se expresará el monto de venta que se pierde por 1 hora de camión 797F parado por falla.

Datos:

Toneladas Movida x Hora: 700Toneladas

Las Toneladas movidas perdidas por cada hora de equipo parado por falla de los camiones 797F Caterpillar representa 4.20 Toneladas de Cobre fino.

Considerando el precio de Venta de toneladas de cobre fino a USD 5,000 por lo tanto se dejaría de vender $USD 5,000 \times 4.20 =$ **USD 21,016.**

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo el Plan de mantenimiento basado en la metodología Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) permite incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de Minera Chinalco Perú?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo Desarrollar el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar?
- ¿Cómo actualizar el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM?
- ¿Cómo ejecutar los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementar el Plan de mantenimiento basado en la metodología Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) que permite incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de Minera Chinalco Perú.

1.3.2 Objetivos específicos

- Desarrollar el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar.
- Actualizar el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM.

- Ejecutar los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1. Teórica

La investigación se limita a aplicar la teoría de la Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO).

1.4.2. Temporal

La investigación abarca datos e información de los 29 camiones 797F Caterpillar de la mina Toromocho – Minera Chinalco Perú, en el año 2017 y 2018.

1.4.3. Espacial

La investigación solo se limita a los 29 camiones 797F Caterpillar de la mina Toromocho – Minera Chinalco Perú

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1 Nacional

- (Mestas, 2018), presentó la investigación: **“MODELO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE ELECTROFORESIS CAPILAR DE HOSPITALES DE LIMA”**. Trabajo de Grado de Magister. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- El modelo del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos de electroforesis capilar que se obtuvo es muy importante para aumentar la vida útil del equipo y es económicamente rentable.
- Para elaborar el modelo de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, es muy importante el conocer el contexto operacional donde esté trabajando un equipo ó máquina. Al identificar la experiencia del operador se pudo determinar que se debe establecer capacitación a los operadores y personal técnico con una periodicidad anual y en forma permanente para asegurar que el equipo sea correctamente operado y mantenido.
- Al elaborar el mantenimiento centrado en la confiabilidad se concluye que es una metodología que se puede desarrollar y aplicar a cualquier tipo de instalación donde exista un equipo y/o máquina de cualquier rubro: industrial, minero, biomédico, etc.
- Luego de elaborar el mantenimiento centrado en la confiabilidad se debe realizar y supervisar el desarrollo de las actividades de mantenimiento

preventivo y predictivo que resultaron de la hoja de información y hoja de decisión del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

- El conocer la data registrada en el equipo de electroforesis capilar es muy importante para verificar la disponibilidad del equipo y que sirve como un indicador de cómo se viene trabajando el equipo.

Análisis: La investigación desarrolla el mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipos electroforesis capilar de hospitales de Lima, se demuestra que el elaborar los planes de mantenimiento mediante la metodología RCM incrementa la vida útil de los equipos, se debe realizar seguimiento de los planes de mantenimiento sean ejecutados.

- (Palomares, 2015), presentó la investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) AL SISTEMA DE IZAJE MINERAL, DE LA COMPAÑÍA MINERA MILPO, UNIDAD - EL PORVENIR”**. Trabajo de Grado de Magister. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- La confiabilidad del Sistema de Izaje logró alcanzar el objetivo de incrementar el MTBF entre 100-120 horas sin fallas en el Sistema de Izaje y encontrando una frecuencia adecuada para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivos programados de los equipos.
- Luego de haber realizado el análisis de criticidad en los activos que conformar el sistema de izaje mineral, se identificó 8 activos críticos del tipo A y 4 activos de criticidad media del tipo B. Ya con los activos del tipo A identificados, se aplicó el estudio del LCC y solo 3 activos se

encontraban altamente críticos y en función a estos se desarrolló el RCM. Es necesario mencionar que el costo de realizar RCM en activos es altamente costoso a comparación de un mantenimiento convencional, por ello se cumple el objetivo de encontrar solo los activos altamente críticos.

- El plan de mantenimiento desarrollado en base al RCM, ha mejorado el intervalo de mantenimiento programado, considerando que antes se intervenía 3 veces por semana y hoy solo se interviene 2 veces por semana. El detalle de esta reducción se sostiene en realizar actividades efectivas y necesarias para cada tipo (A, B y C) de activos que conforma el sistema de izaje mineral.
- Luego de un año (2012) de aplicación del RCM se verifico que los costos de mantenimiento se redujeron de \$33000 a \$22000 por mes (ver figura 4:1), con lo cual se alcanzó el objetivo específico de la investigación.
- Luego de aplicar el RCM se viene obteniendo a la fecha 8648.33 toneladas de mineral adicional por mes en comparación de años anteriores a la implementación de la técnica. Esto se debe al incremento del MTBF, el cual es directamente proporcional a la producción (ver figura 4:6). Es necesario mencionar que el \$/ton en Cía. Minera Milpo Unidad “El Porvenir” se encuentra en 4.90 \$/ton, de donde se viene ahorrando \$42 379 mensuales y un acumulado anual de \$ 508,551 en sobre producción. Esto se logró por efecto de la aplicación del RCM al Sistema de Izaje Mineral, el cual no es un objetivo de la investigación, pero es un logro indirecto por efecto de la investigación realizada.

- Es fundamental compartir ideas de mejora continua con el personal técnico y operador, debido que la implementación, sostenibilidad y mantenimiento de lo planteado y ejecutado, fue manejable pues se les veía motivados, escuchados, se sentían parte de la solución por la experiencia que tienen y esto incrementaba el compromiso de los acuerdo y avances que se sostenía con ellos.
- Las reuniones con las empresas especializas en forma directo, vía telefónica y video conferencias, marco un avance significativo, por ser los representantes de las marcas de los equipos y recomendaban los mantenimientos correctivos y experiencias que habían tenido con sus máquinas en otras partes del país y del mundo. Esto aunado con las reuniones operativa ayudaron a mejorar nuestro plan de mantenimiento basado en la confianza.

Análisis: El estudio, recalca la importancia de la metodología RCM asimismo el implementar RCM es altamente costoso a comparación de un mantenimiento convencional. Es importante la priorización de los activos. La metodología del PMO se basa en pasos del RCM y toma en consideración las actividades de mantenimiento que se tiene actualmente en los activos. La implementación del RCM incrementa la confiabilidad (MTBF).

- (Villacrez, 2016), presentó la investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA CINEPLANET S.A.”** Trabajo de Grado de Magister. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A. consiguió mejorar la gestión del mantenimiento generando orden y coordinación en los trabajos programados mes a mes teniendo un cumplimiento superior al 95% de lo programado, tal cual lo solicita el cliente interno revisando el presupuesto en base a las ventas.
- Tras la realizaron círculos de calidad en donde se establecieron feedback de trabajos pendientes y mejoras que realizar, los propios técnicos de mantenimiento fueron los encargados de liderar estas supervisiones, además de tener una hoja de ruta de inspecciones con los cuales visaron labores hechas, estos se reflejaron en la disminución en solicitudes de atención respecto a inicios de año.
- Luego de organizar por sectores a los proveedores de servicios generales los cuales nos atendieron día a día las solicitudes, las atenciones en los complejos disminuyeron a lo largo del proyecto en 6.57% teniendo una mejor planificación y respuesta proactiva a los problemas, la percepción de atención en los complejos fue alta y gratificante, los gerentes de cada cine sintieron que esta vez si se les podía atender y anteponer a los problemas.

- Se establecieron criticidades a nuestros sistemas y equipos, fueron 3 equipos críticos como los aires acondicionados, extractores de aire y máquinas de Pop Corn, luego del trabajo logramos disminuir las solicitudes de atenciones de estos equipos en conjunto en 17%, además las respuestas en los cines fue más rápida debido al compromiso que tuvieron nuestros proveedores.
- Los costos de mantenimiento presupuestado versus lo real fue superior en 64%, tuvimos que realizar labores más profundas y detalladas, invertimos para soluciones de raíz de problemas y en mejoras de los sistemas de operación del cine tal es el caso de las luces led dentro de salas. Las solicitudes disminuyeron es un reflejo de los buenos trabajos que se estaban realizando.
- Se realizaron capacitaciones a los operadores de los equipos críticos, el técnico de mantenimiento junto con el coordinador participaron en estas charlas teniendo como objetivo la preservación del activo, se logró disminuir las solicitudes de correcciones en los equipos críticos de complejos a nivel nacional en 17%. También se enseñaron el uso de los equipos de limpieza pero no se obtuvo las repuestas esperadas, los trabajos de albañilería, carpintería y vidriería bajaron mínimamente debido a los golpes y falta de cuidado en las aperturas del cine.
- No se realizó el presupuesto anual de mantenimiento en base en base a las actividades que son necesarias para la operación del cine para el 2014, pero el ratio de mantenimiento de acuerdo al plan anual se mantuvo debajo de la meta dada por la empresa en el acumulado nacional de

2.36% mejorando el objetivo operacional. Si quitamos el apalancamiento de las ventas de los complejos nuevos tendríamos como resultado 2.55% a nivel nacional, sea cualquier de las 2 maneras se esté por debajo de la meta y objetivo propuesta por el área.

Análisis:

El estudio recalca la necesidad de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la gestión de mantenimiento. El tener un plan de mantenimiento preventivo en una organización optimiza los recursos así como el cumplimiento de los trabajos.

2.1.2. Internacional

Existen publicaciones e investigaciones de otras universidades internacionales que hacen referencia a la implementación del PMO, se indican son las siguientes:

➤ (Villacís, 2017), presentó la investigación: **“OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO (PMO) DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CUYABENO BLOQUE 58”**. Trabajo de Grado de Magister. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- Se han optimizado las tareas de mantenimiento de la Central de generación Cuyabeno, aplicando la metodología PMO (Optimización del mantenimiento Planificado)
- Se investigó la metodología PMO analizando las actividades desde el actual programa de mantenimiento, lo cual permitió depurar las

actividades de un área del departamento de mantenimiento en particular, realizadas en un equipo o planta, convirtiéndolo en un valor agregado cuando se considera que algunas de las actividades son inefectivas o poco eficientes y añadiendo otras que son necesarias para la buena gestión del departamento de mantenimiento.

- Se ha realizado el análisis de modos de falla y se ha realizado su respectiva clasificación en la matriz FMECA, sin encontrarse modos de falla críticos.
- Se han analizado los índices de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad, logrando mejorar estos, aplicando la metodología PMO
- Se han generado nuevas Tareas Proactivas, principalmente en componentes que no estaban ingresados al sistema informático, sino como parte de los grupos electrógenos creando los planes y tareas para estos, a fin de minimizar los efectos de falla y sus consecuencias.
- Se han consolidado todas las tareas y enviado al coordinador de mantenimiento para su ingreso al sistema informático Máximo Oil&Gas, a fin de que los planes ingresen de manera inmediata al programa de mantenimiento.
- Luego de observar los resultados obtenidos se concluye que la táctica de mantenimiento PMO es altamente efectiva en equipos que presentan numerosos modos de falla y en donde la gran mayoría de estos suelen ser aleatorios.
- El PMO, al igual que RCM, tiene en cuenta criterios como el medio ambiente, seguridad industrial y las pérdidas de producción, el número de

fallas que afectan directamente estos tres ítems elevan la criticidad del equipo, además permite que se manejen de manera rápida y concisa.

- El PMO permite optimizar rápidamente los activos, mediante la planificación eficaz de las paradas programada e intervención de los equipos, permite además un buen manejo del presupuesto de mantenimiento y una amplia cobertura sobre los equipos.
- El PMO maximiza el beneficio que puede lograrse con el uso del sistema de gestión de activos EAM Máximo Oil&Gas, la revisión de las tareas y frecuencias de mantenimiento se actualizan en el sistema y se optimizan recursos
- El PMO no garantiza las cero ocurrencias de fallas evidentes simultaneas (pero esto tampoco lo garantiza ninguna otra táctica de mantenimiento), pero esto es lo que hace posible que esta táctica de mantenimiento sea fácilmente ejecutable y rentable para las diferentes empresas.
- Se analizó indicadores de mantenimiento, observándose el mejoramiento de los mismos en los dos últimos años.

Análisis:

De la presente tesis, tomamos como referencia la metodología para la validación de la hipótesis, mediante el método t.student.

- (Villacrés, 2016), presentó la investigación: **“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP”**. Trabajo de Grado de Magister. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICO DE CHIMBORAZO.

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- El cálculo de la tasa de fallos se realizó en el vehículo hidrocleaner M654, que fue el que presentó mayor número de fallos, en el año 2014, periodo de estudio de esta investigación. El valor de la tasa de fallos, que se determinó es de: $\lambda_{del\ camión\ 2014}=11\ fallos/año$.
- Previo el análisis de la aplicación de la metodología RCM, se determinaron los equipos críticos del vehículo hidrocleaner M654, resultando que existe un (1) solo equipo con riesgo alto, que es el chasis; tres (3) equipos con riesgo medio alto (Motor de combustión interna, Transmisión de potencia, Compresor de lóbulos); tres (3) equipos con riesgo medio bajo y dos (2) equipos con riesgo bajo.
- En el proceso de aplicación de la metodología RCM, en base a los datos registrados en el software SisMAC y con la participación del personal taller automotriz se realizó el Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE) de cinco (5) sistemas del vehículo hidrocleaner M654 (sistema de frenado, eléctrico, dirección, suspensión, hidráulico). De este análisis se obtuvo que el sistema eléctrico del chasis presentaba un fallo recurrente que generó más de 890 horas calendario de parada, 215 horas de parada

operativa y un costo asociado de USD 19.688,58 para la empresa en el año 2014.

- A través de la aplicación de la metodología RCM; se ha determinado el plan de mantenimiento que permita la reducción de la tasa de fallos en los componentes del chasis, que es el equipo crítico. Para 26 modos de fallo analizados, se logró determinar una actividad preventiva para 22 de ellos y para los 4 modos de fallo restantes se ha planificado actividades de mantenimiento correctivo. Para el modo de fallo que generó la mayor cantidad de horas de parada y de costos de mantenimiento, se corrigió cambiando el cableado blindado y el módulo electrónico. Este plan de mantenimiento, entró en vigencia a partir del primero de enero del año 2015.
- Luego de la aplicación del plan de mantenimiento a partir del año 2015 y de haber ejecutado las actividades correctivas (determinadas a través de la aplicación de la metodología RCM), se determinó que la tasa de fallos se redujo de 11 a 6 fallos por año; esto representa una reducción del 45% de la tasa de fallos en el nuevo periodo de analizado.

Análisis:

El presente trabajo ha determinado el plan de mantenimiento que permita la reducción de la tasa de fallos en los componentes del chasis, que es el equipo crítico.

- (Urrego, 2017), presentó la investigación: **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE LA LÍNEA DE PERFORACIÓN DE LA EMPRESA CIMENTACIONES DE COLOMBIA LTDA”**. Trabajo de Grado de Magister. UNIVERSIDAD SANTO TOMAS.

Esta investigación tuvo como conclusiones,

- De acuerdo entrevistas realizadas al personal de mantenimiento, y teniendo en cuenta que el 70% de las paradas no programadas pudieron evitarse a través de rutinas de mantenimiento preventivo se determinó que los costos por mantenimiento pueden reducirse en un 32% anualmente con la implementación de plan propuesto.
- Durante el avance de este documento se evidenció que la empresa se encuentra en el momento justo para implementar el plan de mantenimiento preventivo, debido a que el número de activos facilita la sistematización de las operaciones y procesos relacionados.
- Conforme al resultado obtenido en el análisis de criticidad se evidencio el estado de los equipos e impacto por la falta de mantenimiento, teniendo repercusiones en los activos, en la producción, en el personal y al medio ambiente.
- A través de los indicadores de mantenimiento definidos para la empresa se puede monitorear y evaluar la eficacia del plan de mantenimiento preventivo propuesto, así como la gestión de adquisición de repuestos y el factor humano.

- La aplicación del ciclo PHVA en el plan de mantenimiento preventivo le otorga flexibilidad y dinamismo, permitiendo su adaptación frente a los cambios técnicos y económicos que puedan presentarse en la organización.

Análisis:

La presente tesis demuestra que los planes de mantenimiento preventivo debidamente implementados tienen impacto en la reducción de paradas de equipos por fallas así como también en la optimización de costos de los planes de mantenimiento.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Camiones mineros: Gigantes en tamaño y relevancia

Los camiones mineros tienen la función trasladar el material extraído por los equipos de carguío hacia un punto de destino de acuerdo al plan de minado.

Ventajas:

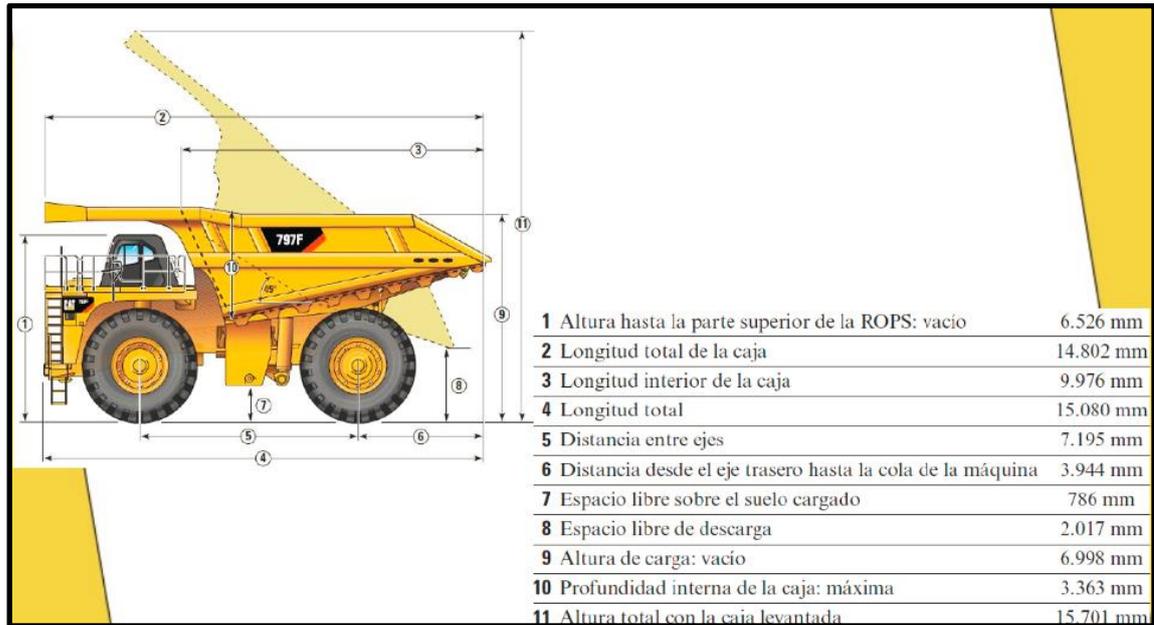
- Flexibilidad del sistema, pues pueden recorrer distancias entre 100 y 3,000 metros.
- Capacidad de adaptación a todo tipo de materiales.
- Requieren de una infraestructura relativamente sencilla y poco costosa.
- Existen gran variedad de modelos, lo que permite emplear el que más se adapte a las condiciones en que debe desarrollar la operación.
- Menor inversión inicial que otros sistemas de transporte.

Desventajas

- Elevados costos de operación, que junto con el carguío pueden llegar al 60% del costo total de explotación.
- Disminuyen su rendimiento cuando aumenta la distancia de transporte.
- Requiere de gran cantidad de mano de obra especializada para la operación y la mantención.

El camión que traslada mineral tiene un costo promedio US\$ 4 millones, el tiempo de fabricación y armado en la mina es al menos dos años. Su vida útil es de 15 años. Motivo por el cual la importancia del optimizar su mantenimiento.

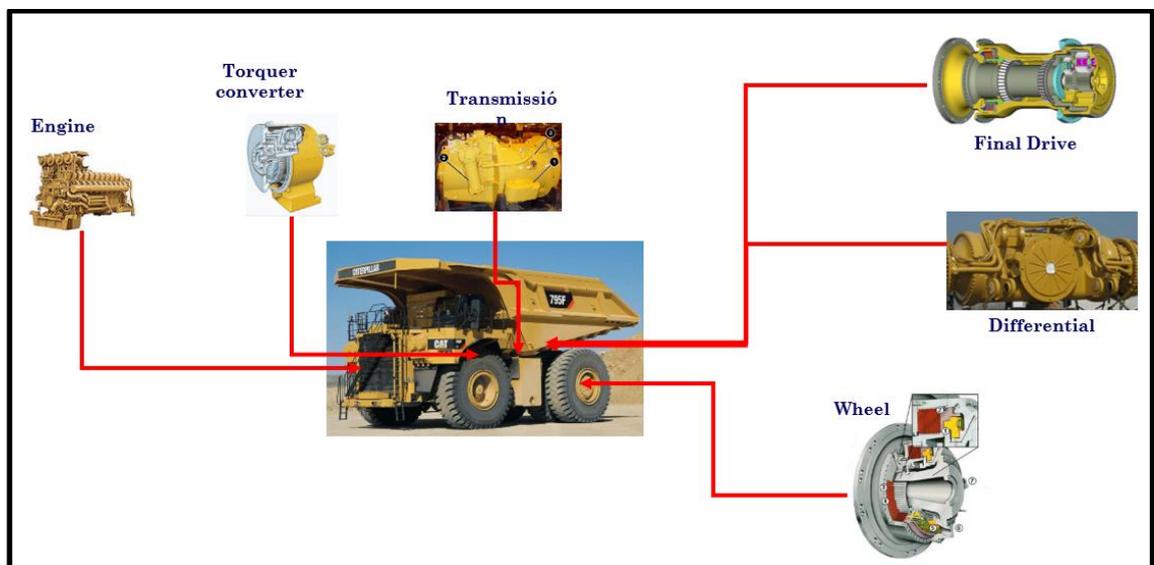
Figura 2-1 Camión 797F



Fuente: Caterpillar

A continuación, se detalla los componentes mayores de un camión 797F Caterpillar:

Figura 2-2 Componentes Mayores 797F



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2. Mantenimiento Preventivo

“El mantenimiento preventivo es un requisito absoluto de la fiabilidad de los activos y la gestión eficaz del costo del ciclo de vida de los activos. Una organización de mantenimiento eficaz debe dedicar una parte de su fuerza laboral, así como la planificación y apoyo de supervisión a la ejecución coherente y oportuna de las actividades de mantenimiento preventivo” (Higgins, y otros, 2008 pág. 62)

“El programa de mantenimiento preventivo es la clave para cualquier intento de mejorar el proceso de mantenimiento. Este programa reduce la cantidad de mantenimiento de reactivos a un nivel que permite que las otras prácticas en el proceso de mantenimiento sean efectivas” (Wireman, 2003 pág. 10)

2.2.3. ¿Qué es el PMO y para que nos sirve?

Estadísticas comparadas de encuesta sobre eficacia del mantenimiento en procesos industriales, han demostrado que existen Problemas con la mayoría de los programas de Mantenimiento Preventivo a pesar de que los responsables de su administración cumplen estrictamente los calendarios y sus ejecuciones, tanto en plantas, procesos y flotas de equipos.

En los programas de mantenimiento que no fueron definidos adecuadamente al inicio de la operación, esta entre el 40% y 60% de las actividades de mantenimiento preventivo no generan valor en la gestión de mantenimiento. De acuerdo al análisis realizado de varios estudios de PMO son:

1. En las actividades definidas en el mantenimiento preventivo se tienen tareas duplicadas.

2. Las frecuencias de las tareas de mantenimiento no son las adecuadas, algunas se hacen frecuentemente y otras muy distante de la necesidad.
3. Algunas tareas no agregan valor a la salud del equipo sino que generan gasto innecesario.
4. Algunas tareas se definen con frecuencia cuando realmente debería basarse en la condición del equipo, modos de fallas.

Se presentan muchas fallas que son costosas y fácilmente han podido ser prevenibles

Figura 2-3 Ciclo Vicioso de Mantenimiento Reactivo



Fuente: OCMS Latin America

Gracias a lo anterior, las organizaciones entran en el Ciclo Vicioso de Mantenimiento Reactivo (ver Figura 2-3), esto genera un dilema para el mejoramiento de la productividad, ya que por más que la planeación y la programación sean perfectas, no ayudaran a mejorar un programa de mantenimiento que por sí mismo es ineficiente. ¿Cómo trabajar con un programa

50% útil y 50% inútil con la esperanza de alcanzar el 100% de cumplimiento?. Debemos tener cuidado, esto NO puede considerarse una buena gerencia de activos!

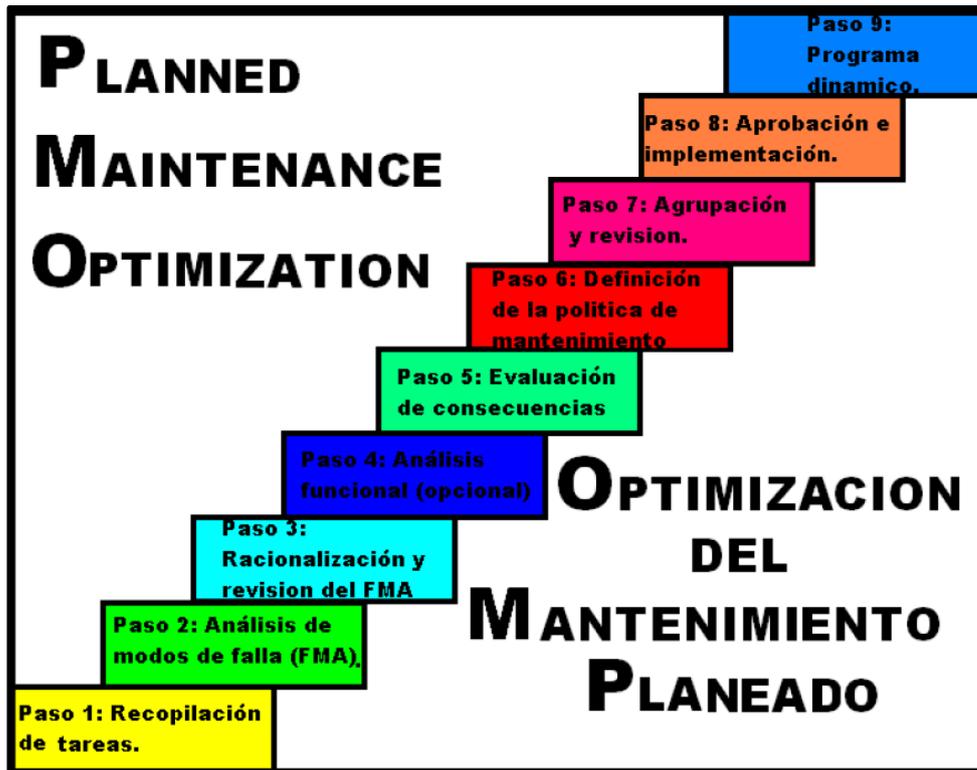
Los estudios indican que se debe implementar un proceso que:

1. Pueda definir la mezcla apropiada entre mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
2. Pueda generar un programa de mantenimiento en donde las tareas y sus frecuencias sean sólidas y aporten valor agregado.
3. Ofrezca diferentes opciones para la minimización o eliminación de fallas.

La recomendación, para implementar todas las estrategias es asegurar que las decisiones se toman basadas en un análisis de RCM, realizado en la fase de diseño de una planta nueva y para la planta en funcionamiento, PMO es el medio para racionalizar todo el Mantenimiento Preventivo (PM) y así asegurar que existe valor agregado y es costo efectivo para la organización.

El proceso de PMO consta de nueve pasos:

Figura 2-4 Pasos del PMO



Fuente: OCMS Latin America

2.2.4. Pasos del PMO

“Estos nueve pasos son significativamente diferentes de un análisis RCM completo. Con RCM, la atención se centra en lo que podría suceder y en lo que podría hacerse para mitigarlo. El enfoque aquí es racionalizar lo que ya está sucediendo y se apoya en prácticas y experiencias existentes” (Levitt, y otros, 2009 pág. 168)

Paso 1 - Recopilación de Tareas

PMOptimisation inicia recopilando o documentando el programa de mantenimiento existente (formal o informal) y subiéndolo a una base de datos. Es importante entender que el mantenimiento lo realiza un grupo amplio de

personas, incluyendo los operadores. También es muy importante entender que en la mayoría de organizaciones el PM se hace por iniciativa propia de los técnicos o de los operadores y no existe documentación formal; cuando esta situación se presenta simplemente se debe documentar lo que el personal ya ha estado haciendo.

Es muy común que las organizaciones de mantenimiento tengan algún tipo de PM, ya sea formal o informal; es raro encontrar organizaciones que no tengan ningún tipo de PM.

Figura 2-5 Fuentes de Mantenimiento Preventivo



Fuente: OCMS Latin America

Paso 2 - Análisis de Modos de Falla (FMA)

En el Paso 2 se debe involucrar a todo el personal de la planta, se trabajara con equipos multidisciplinarios quienes se encargaran de identificar para qué modos de falla están enfocadas las tareas de mantenimiento.

Tabla 2-1 Modo de Falla de las tareas

Tarea	Frecuencia	Responsable	Falla
Tarea 1	Diario	Operador	Falla A
Tarea 2	Diario	Operador	Falla B
Tarea 3	6 meses	Instalador	Falla C
Tarea 4	6 meses	Instalador	Falla A
Tarea 5	Anual	Electricista	Falla B
Tarea 6	Semanal	Operador	Falla C

Fuente: OCMS Latin America - Pag 12 – Diferencia entre PMO y RCM

Paso 3 - Racionalización y Revisión del FMA

Ordenando la información por Modos de Falla hace más fácil la identificación de duplicación de tareas. La duplicación de tareas se presenta cuando al mismo Modo de Falla se le aplican varias rutinas de PM por parte de las diferentes especialidades, por parte de los operadores y por parte de los especialistas de monitoreo.

En este paso el equipo de trabajo revisa los modos de falla resultado del FMA y agrega aquellos modos de falla faltantes. La lista de los modos se elabora con base en el historial de fallas, documentación técnica (usualmente diagramas de tubería e instrumentación (P&IDs)) o simplemente con la experiencia del equipo de trabajo. La Tabla 3 ilustra el resultado del Paso 3. Nótesela adición de la falla “D”, la cual fue identificada durante el desarrollo de este Paso. La adición de la

falla D puede haber sido resultado de la revisión del historial de fallas y/o de la documentación técnica.

Tabla 2-2 Racionalización y Revisión del FMA

Tarea	Responsable	Falla
Tarea 1	Operador	Falla A
Tarea 4	Instalador	Falla A
Tarea 7	Mecánico	Falla A
Tarea 2	Operador	Falla B
Tarea 5	Electricista	Falla B
Tarea 3	Instalador	Falla C
Tarea 6	Operador	Falla C
		Falla D

Fuente: OCMS Latin America - Pag 12 – Diferencia entre PMO y RCM

Paso 4 - Análisis Funcional (Opcional)

La función que se pierde con cada falla se puede determinar en este Paso. Este Paso es opcional y se justifica en caso de que se deban realizar análisis a equipos bastantes críticos o muy complejos, en donde es esencial el entendimiento detallado de todas las funciones del equipo para el aseguramiento de un programa de mantenimiento sólido. Para aquellos equipos poco crítico o sistemas simples, la identificación de las funciones agrega tiempo y costo, más no beneficios tangibles.

Tabla 2-3 Ilustración del Paso 4

Tarea	Responsable	Falla	Función
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1
Tarea 4	Instalador	Falla A	
Tarea 7	Mecánico	Falla A	
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1
Tarea 5	Electricista	Falla B	
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2
Tarea 6	Operador	Falla C	
		Falla D	Función 1

Fuente: OCMS Latin America - Pag 13 – Diferencia entre PMO y RCM

Paso 5 - Evaluación de Consecuencias

En este Paso cada modo de falla es analizado para determinar si las fallas son ocultas o evidentes. Para aquellas fallas evidentes se realiza un análisis de riesgos y consecuencias operacionales.

Tabla 2-4 Ilustración del Paso 5

Tarea	Responsable	Falla	Función	Consecuencia
Tarea 1	Operador	Falla A	Función 1	Operacional
Tarea 4	Instalador	Falla A		
Tarea 7	Mecánico	Falla A		
Tarea 2	Operador	Falla B	Función 1	Operacional
Tarea 5	Electricista	Falla B		
Tarea 3	Instalador	Falla C	Función 2	Oculto
Tarea 6	Operador	Falla C		
		Falla D	Función 1	Operacional

Fuente: OCMS Latin America - Pag 13 – Diferencia entre PMO y RCM

Paso 6 - Definición de la Política de Mantenimiento

La filosofía moderna de mantenimiento se basa en la premisa que “los programas de mantenimiento exitosos se enfocan más en las consecuencias de las fallas que en los activos en sí”.

En este Paso, cada modo de falla es analizado bajo los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y se establecen las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento haciendo evidente lo siguiente:

1. Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costo efectivos y los que no lo son, estos últimos deben eliminarse,
2. Que tareas serán más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa,
3. Que tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa,
4. Que tareas serán más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas,
5. Que fallas se manejaran mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple,
6. Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida, y
7. Que fallas se deben eliminar con la ayuda de un Análisis de Causa Raíz (RCA)

Tabla 2-5 Ilustración del Paso 6

Falla	Función	Consecuencia	Política	Rutina
Falla A	Función 1	Operacional	Inspección	Diaria
Falla A				
Falla A				
Falla B	Función 1	Operacional	No PM	
Falla B				
Falla C	Función 2	Ocultas	Pruebas	Anual
Falla C				
Falla D	Función 1	Operacional	Inspección	Semanal

Fuente: OCMS Latin America - Pag 14 – Diferencia entre PMO y RCM

Paso 7 - Agrupación y Revisión

Una vez el análisis de las tareas haya finalizado, el equipo de trabajo establece el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos teniendo en cuenta limitantes de producción y otros. En este paso es posible que haya transferencia de responsabilidades en la ejecución de las tareas de PM entre los especialistas de mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancias en producción.

Paso 8 - Aprobación e Implementación

En este Paso, el resultado del análisis se presenta a la alta dirección para su revisión y comentarios. El equipo de trabajo realiza la presentación usando los reportes generados por el software de PMO2000TM, dicho software muestra de forma detallada los cambios a implementar y su justificación.

Una vez se ha aprobado el programa, inicia la etapa más importante de PMO2000TM, su implementación. La implementación es la etapa que consume

más tiempo y en que se pueden presentar más dificultades. Es importante ejercer liderazgo y estar atento a los detalles para hacer de la implementación un éxito.

Las dificultades en la implementación se incrementan considerablemente en organizaciones que cuentan con muchos turnos y en aquellas organizaciones conservaciones.

Paso 9 - Programa Dinámico

Durante el desarrollo de los Pasos 1 al 9, el proceso de PMOptimisation ha establecido una estructura racional y costo efectivo de PM. En el “Programa Dinámico”, el plan de PM se consolida y se toma control de la planta, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos que se liberan pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación.

Durante este paso, varios de los procesos vitales de la Gestión de los Activos pueden afinarse mientras la rata de mejoramiento se acelera. Estos procesos son:

1. Estrategia de Producción y Mantenimiento
2. Medición de Desempeño
3. Reportes y Eliminación de Fallas
4. Planeación y Programación
5. Gestión de Inventarios
6. Workshops y Practicas de Mantenimiento

La intención final de este Paso es la de crear cultura en una organización que busca continuamente su mejoramiento, para ello hay que crear conciencia de que es importante evaluar las garantías de todas las tareas y cada falla no planeada que se presente.

Para lograr las metas es importante contar con personal capacitado en técnicas de análisis e igualmente contar con la motivación al personal por parte de la dirección para crear en el trabajador un sentido de pertenencia, de compromiso y de creatividad para mejorar su trabajo y optimizar costos de producción.

2.2.5. Implementando un Programa de PMOptimisation exitoso

OMCS Latin America – PMO Optimización del Plan de Mantenimiento (pdf)

Vendiendo mantenimiento como un proceso no como un departamento

Los programas de cambio no son fáciles de implementar en las organizaciones y menos cuando estas ya han iniciado el círculo vicioso de mantenimiento.

La experiencia del autor demuestra que en la mayoría de los casos es necesario un cambio fundamental en el comportamiento y la motivación a todos los niveles de la organización. Esto significa que el comportamiento y las prioridades de toma de decisiones de los coordinadores también deben ser modificados. Por encima de todo debe haber un compromiso a largo plazo y es posible que se presenten pérdidas a corto plazo, sin embargo estas valdrán la pena, ya que el retorno a la inversión se generará en el futuro próximo.

Los aspectos más importantes de la buena gestión de un programa de PMOptimisation para lograr la rotura del círculo vicioso, se describen de en los siguientes párrafos:

Se deben escoger proyectos que no se enfocan sólo en un aspecto

Es necesaria una combinación de proyectos para obtener resultados en:

- Incremento de la disponibilidad
- Reducción de los requerimientos de horas hombre

En muchos casos significa que se deben afrontar aquellos problemas de confiabilidad del proceso, cuello de botella, e igualmente analizar componentes que requieren mantenimiento intensivo y son prolíferos en la planta.

Las razones para emprender proyectos que generan productividad laboral en cambio de disponibilidad de la maquinaria son:

- Los supervisores serán los primeros en colaborar con el programa si ven que existe beneficio en invertir su trabajo. La meta mínima de retorno laboral debe ser de cinco días al año por cada día invertido.
- El retorno en la productividad laboral es incremental (se puede reinvertir para obtener más productividad) mientras las mejoras en disponibilidad son finitas.

Recolección de información del antes y el después

La toma de datos acerca de la confiabilidad de la planta trae muchos beneficios.

Los dos más importantes son:

- Direccionar el análisis hacia el área de oportunidad y

- Proveer las bases para los equipos de trabajo en los proyectos y así demostrar el valor del trabajo realizado.

Crear equipos multifuncionales desde el taller

PMOptimisation no es un proceso de perfección estadística, ni de trabajo de oficina, es un proceso empírico que se basa en el mantenimiento preventivo y el análisis racional de las tareas. PMOptimisation considera que el involucramiento del personal es bastante constructivo y crea sentido de pertenencia y compromiso importante para lograr cambios. No involucrar al personal que ejecutará los cambios creará barreras en la implementación de los mismos.

Integración de los sistemas de administración de información de operaciones y mantenimiento

Para lograr que la redistribución de la carga de trabajo sea efectiva, es importante que sí existen varios sistemas de programación de mantenimiento, la información venga de una sola base de datos o del mismo origen. En la mayoría de organizaciones no se presenta este caso, ya que el departamento de operaciones maneja un sistema separado del sistema que manejan los especialistas de mantenimiento.

Implementar los resultados lo más pronto posible

Existe una tendencia a celebrar el éxito de un proyecto cuando se ha terminado con el análisis, se inician nuevos proyectos y la implementación de los resultados queda olvidada y se realiza pobremente. Esto es bastante malo, ya que se han usado recursos escasos y se han desperdiciado. Sin una implementación exitosa, el trabajo invertido en el análisis generará costos sin retorno y no

cumplirá con las expectativas del personal. El personal culpara a la dirección y será muy difícil obtener la participación de la gente en proyectos futuros.

Estructuras disfuncionales de la organización

La estructura organizacional de las industrias intensivas en capital se puede describir como departamental, es decir, mantenimiento y operaciones cuentan con presupuestos, indicadores de gestión y estructuras administrativas separadas. Existen ventajas en las estructuras departamentales, sin embargo, dichas estructuras por lo general pierden eficiencia así:

- Conflicto entre las metas y/u objetivos de cada departamento, lo cual lleva a las directivas a tomar decisiones que no son congruentes con las metas globales del negocio. Las más comunes son las metas a corto plazo de producción que por lo general chocan con los objetivos de mantenimiento en reducir sus costos.
- Duplicación de esfuerzos por parte de los departamentos en alcance las mismas metas independientes. La programación de PM de los mecánicos, los electricistas y de los operadores caen en este vicio, ya que cada equipo de trabajo revisa la misma maquina por los mismos modos de falla.
- Excesiva burocracia a todos los niveles en el proceso de toma de decisiones y aprobación. Esto se debe a que los jefes de los diferentes departamentos o áreas tienen diferentes objetivos.
- Demarcación excesiva en la definición de los roles y responsabilidades. La facilidad de tomar decisiones se complica debido a las tradiciones de la organización, lo cual previene el uso eficiente de los recursos.

- Proliferación de sistemas de información y bases de datos independientes. En el escenario más común, operaciones y mantenimiento manejan la información sobre sus actividades independientemente del Sistema de Administración de Información de Mantenimiento (CMMS).
- El proceso de eliminación de fallas es visto como una responsabilidad de ingeniería, en donde los problemas son generados por muchos factores y deben ser resueltos por equipos de trabajo multidisciplinario. Muchos de estos factores son obvios y pueden ser resueltos por parte de los técnicos, quienes gracias a la práctica y la experiencia pueden resolver problemas con consecuencias secundarias.

Resumen

Existen varios factores que contribuyen a las dificultades que debe enfrentar el Gerente de activos actual. Para lograr la implementación de cambios en el desempeño de la función de mantenimiento el gerente de activos debe empezar por entender donde nacen esos factores, como impactan el desempeño del negocio y como se debe enfrentar efectivamente. Hay una forma de evitar el círculo vicioso de mantenimiento y la Optimización o Racionalización de las Tareas de Mantenimiento es la estrategia fundamental en este proceso.

Para lograr el rompimiento del círculo vicioso de mantenimiento, los gerentes de activos deben enfocarse en las áreas del mantenimiento preventivo y la eliminación de fallas. Para mejorar el mantenimiento preventivo, debe existir un cambio radical de las organizaciones, a un ambiente en donde no exista la duplicación del esfuerzo en el plan de PM, donde toda tarea de PM tenga un

propósito específico, en donde todas las tareas de PM se cumplan en las frecuencias adecuadas y que exista un balance adecuado entre mantenimiento basado en condición y overhaul.

Existen muchas herramientas de análisis estadístico de mantenimiento en el mercado, sin embargo, los usuarios deben tener mucho cuidado en su escogencia. Se debe tener en mente que se puede gastar mucho dinero en paquetes de software y tiempo en la recolección de información, que después de años de esfuerzos produce resultados poco significativos.

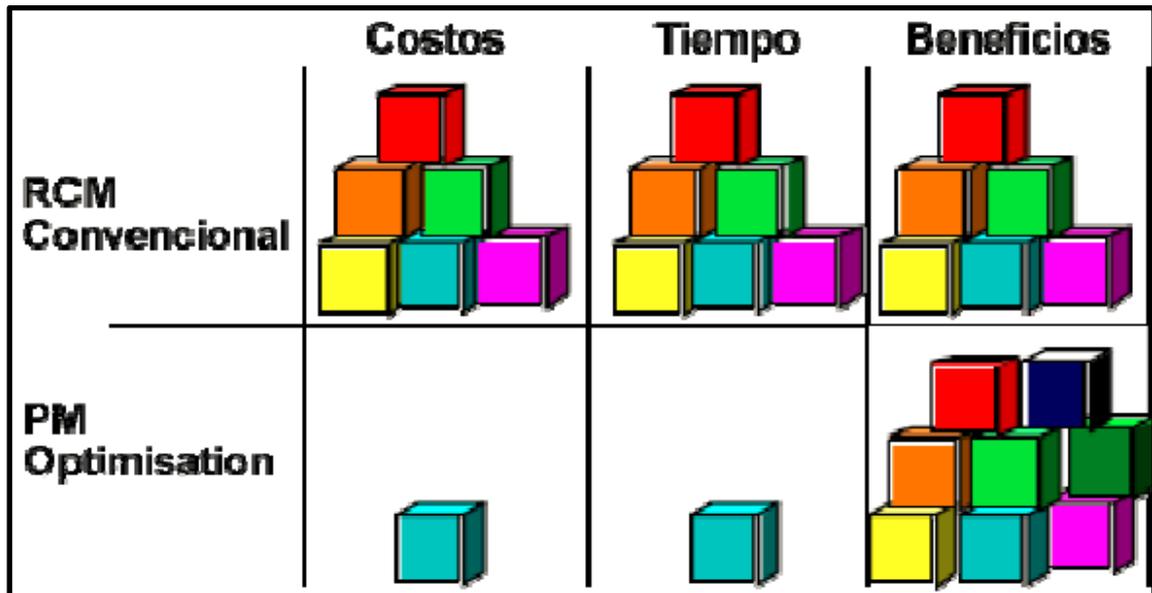
2.2.6. ¿Cómo y por qué PMO es más rápido que RCM?

OMCS Latin America – PMO Optimización del Plan de Mantenimiento (pdf)

Las razones principales porque PMO es más rápido que RCM:

1. Usando la metodología de PMO varios modos de falla se unen y se analizan en conjunto, mientras que RCM analiza cada modo de falla por separado
2. Con PMO el análisis detallado de las funciones es un paso opcional. La función del equipo se determina en el análisis de consecuencias de falla, ya que en definitiva la pérdida de la función es la consecuencia de cualquier falla. En RCM esto es más del 30% del tiempo.

Figura 2-6 Comparación de costos, tiempos y beneficios de RCM y PMO



Fuente: OCMS Latin America

¿Cómo y porque usando PMO se pueden analizar varios modos de falla al mismo tiempo?

RCM toma cada modo de falla independientemente dando como resultado el mismo análisis con la repetición de tareas. PMO inicia con las tareas de mantenimiento lo que lleva a que varios modos de falla pueden ser solucionados por una sola tarea. Esto reduce significativamente el tiempo del análisis ya que se reducen los ítems a analizar. El siguiente ejemplo describe el concepto:

Figura 2-7 Definición de tarea usando PMO

Tarea	Modo de Falla analizado (en grupo)
Realización de análisis de vibración en la Caja de Engranaje	Desgaste o vencimiento del engranaje. Falla de rodamientos debido a desgaste. Afloje de pernos de ensamble por vibración. Falla de acople de la caja de engranaje por desgaste.

Fuente: OCMS Latin America

El análisis de vibración es una tarea de mantenimiento viable que previene que todos los modos de falla listados ocurran inesperadamente, PMO considera modos de falla como un grupo y asigna una tarea y la programa al intervalo mínimo de inspección común.

Figura 2-8 Definición de tarea usando RCM

Función	Falla Funcional	Modos de Falla
Proveer 20hp al ventilador para que el ventilador corra a 200rpm	No hay poder	Desgaste del engranaje.
	No hay poder	Vencimiento del engranaje por fatiga
	No hay poder	Falla de acople por desgaste.
	No hay poder	Falla de rodamientos debido a desgaste.
Asegurar la caja de engranaje a la cimentación	Afloje de la caja de engranaje	Afloje de pernos de ensamble por vibración.

Fuente: OCMS Latin America

Las tablas anteriores muestran como desde su inicio RCM desarrolla un análisis bastante largo comparado con el PMO. El resultado, el plan de mantenimiento es el mismo para los dos, un análisis de vibración ya que es la mejor forma de controlar todos los modos de falla. La única diferencia es que RCM ha analizado cinco modos de falla por separado, mientras que el PMO los ha analizado en grupo.

2.2.7. PMO es seis veces más rápido que RCM

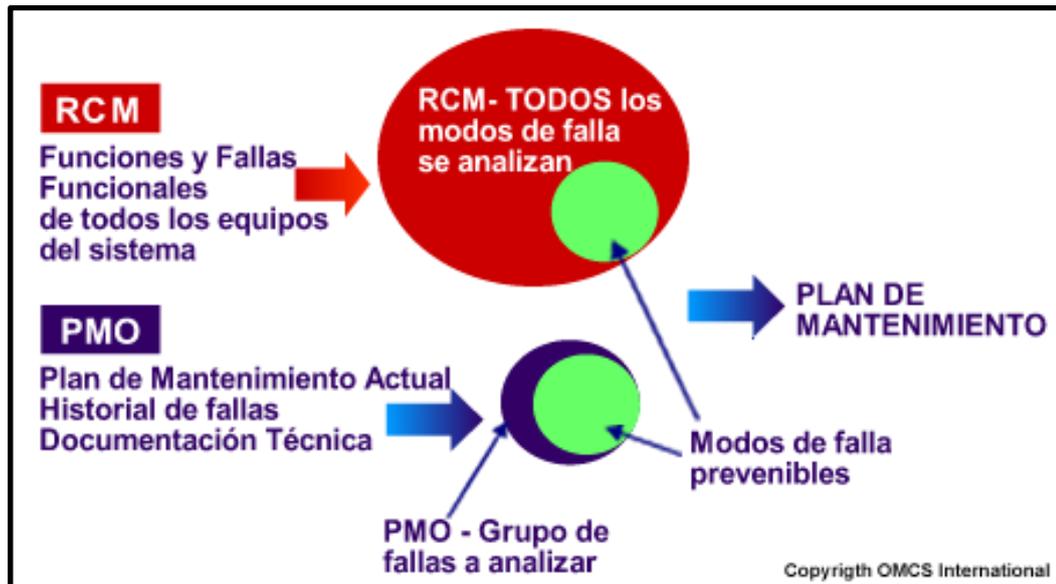
Los beneficios positivos de iniciar un proceso de análisis de mantenimiento que es seis veces más rápido que RCM y que genera el mismo resultado no se exageran. Los beneficios se listan a continuación:

1. Los recursos para la realización de análisis generalmente son los más escasos en las organizaciones. PMO2000™ permitirá al equipo de trabajo cubrir el área de análisis seis veces más rápido con el recurso asignado, lo cual se reflejará en un menor impacto en la operación y las actividades del día a día de la planta. PMO2000™ permitirá que la organización se dedique más a la implementación que al análisis.

2. El análisis de mantenimiento como muchas otras inversiones esta sujeto a rendimientos decrecientes, por ello el uso de RCM resulta inconveniente, ya que su costo solo permite un análisis limitado a las áreas cuello de botella de la planta. Debido a que PMO2000™ es mucho más económico que RCM, se pueden analizar muchos más equipos en la planta, incluyendo aquellos que representan ganancias pequeñas pero no insignificantes.

En aquellas áreas en donde los modos de falla representan consecuencias de seguridad y al medio ambiente, el uso de PMO2000™ permitirá que estos se manejen mucho más rápido que usando RCM.

Figura 2-9 Plan de Mantenimiento - RCM/PMO



Fuente: OCMS Latin America

2.2.8. Fortalezas y Beneficios de PMO comparado con RCM

PMO es una metodología de gran flexibilidad

RCM no puede controlar o filtrar en que momento son analizados los modos de falla, estos son analizado al azar, por ello un análisis de RCM requiere de la presencia de todos los especialistas durante su desarrollo. Con PMO es posible analizar las actividades de una especialidad en particular realizadas en un equipo o planta ya que PMO inicia su análisis desde las tareas actuales de mantenimiento, las cuales pueden ser filtradas por especialidad. Esto es bastante beneficioso cuando se considera que algunas actividades realizadas por alguna especialidad son ineficientes o inefectivas.

Se han realizado análisis de PMO muy exitosos exclusivamente en las rondas de los operadores, rondas de instrumentación, rondas de lubricación, análisis de vibración etc. Este tipo de enfoque no es posible usando RCM.

PMO se regula así mismo en términos de inversión y retorno

PMO es altamente efectivo cuando los equipos tienen numerosos modos de falla pero donde la gran mayoría de estos suceden al azar, son instantáneos o no tienen consecuencias altas. Un ejemplo simple es el teléfono celular, los celulares tienen cientos de funciones, definirlos puede tomar hasta un día, dependiendo de la rigurosidad del equipo de trabajo.

Otro punto es que RCM requeriría del aporte de los especialistas en electrónica para definir apropiadamente los modos de falla, mientras PMO sólo necesita de los operadores. PMO no tomaría más de 20 minutos en completar todo el análisis y determinar que el único mantenimiento requerido es el que tiene que ver con las consecuencias por el desgaste de la batería.

PMO es seis veces más rápido que RCM

Los beneficios positivos de iniciar un proceso de análisis de mantenimiento que es seis veces más rápido que RCM y que genera el mismo resultado no se exageran. Los beneficios se listan a continuación:

- Los recursos para la realización de análisis generalmente son los más escasos en las organizaciones. PMO permitirá al equipo de trabajo cubrir el área de análisis seis veces más rápido con el recurso asignado, lo cual se reflejará en un menor impacto en la operación y las actividades del día a día de la planta.

PMO permitirá que la organización se dedique más a la implementación que al análisis.

- El análisis de mantenimiento como muchas otras inversiones está sujeto a rendimientos decrecientes, por ello el uso de RCM resulta inconveniente, ya que su costo sólo permite un análisis limitado a las áreas cuello de botella de la planta. Debido a que PMO es mucho más económico que RCM, se pueden analizar muchos más equipos en la planta, incluyendo aquellos que representan ganancias pequeñas pero no insignificantes.
- En aquellas áreas en donde los modos de falla representan consecuencias (18) de seguridad y al medio ambiente, el uso de PMO permitirá que estos se manejen mucho más rápido que usando RCM.

2.2.9. Debilidades del PMO

La única debilidad válida de PMO comparado con RCM, para una planta que ya está en operación es que PMO no lista absolutamente todos los modos de falla. Esto puede ser muy importante desde la perspectiva del manejo de inventarios, sin embargo sí el objetivo y la motivación de la realización de un análisis de mantenimiento es el de generar un plan de mantenimiento efectivo y con enfoque claro, esta debilidad es irrelevante.

2.2.10. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

“Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario” (Moubray, 2000 pág. 50)

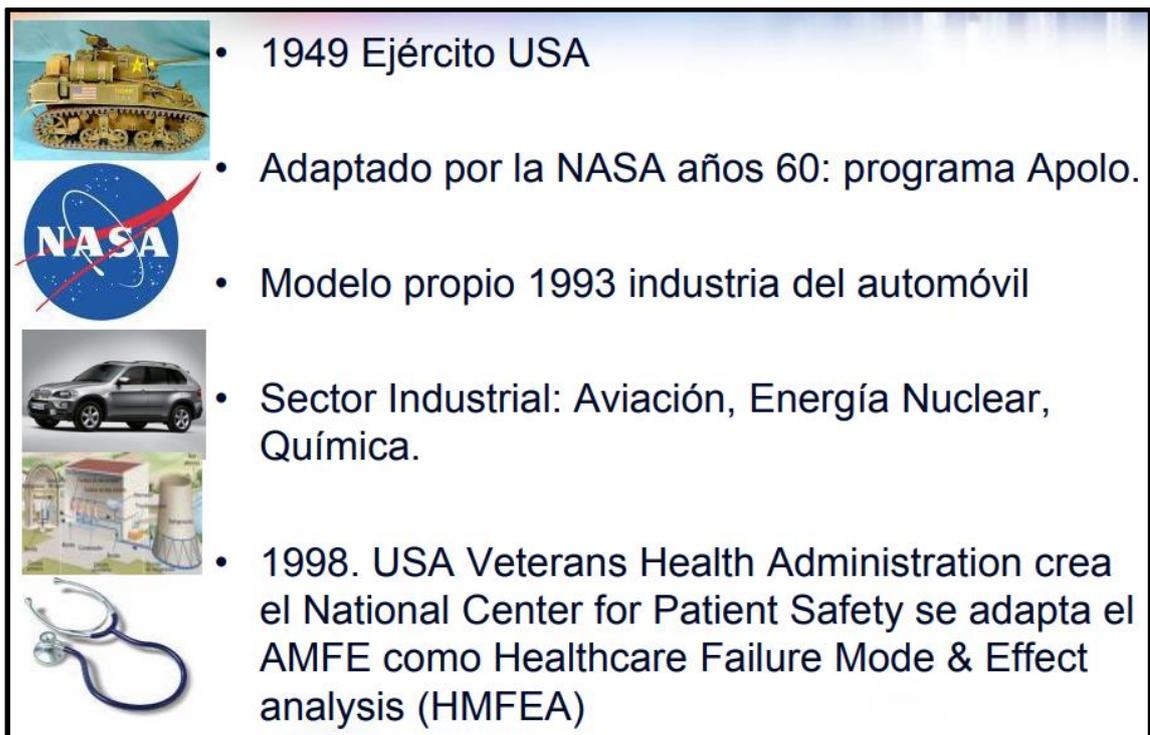
“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional” (Moubray, 2000 pág. 56)

“Cuando se listan modos de fallas, no debe tratarse de listar todos y cada uno de ellos ignorando la probabilidad de ocurrir que tiene cada uno” ” (Moubray, 2000 pág. 73)

Herramienta desarrollada para evaluar de forma sistemática los fallos/riesgos potenciales en el diseño y producción de servicios previniendo su aparición.

Es una forma estructurada para cuantificar los efectos de los posibles fallos permitiendo priorizar las acciones encaminadas a eliminar o reducir la probabilidad de que suceda.

Figura 2-10 AMFE - Orígenes



- 1949 Ejército USA
- Adaptado por la NASA años 60: programa Apolo.
- Modelo propio 1993 industria del automóvil
- Sector Industrial: Aviación, Energía Nuclear, Química.
- 1998. USA Veterans Health Administration crea el National Center for Patient Safety se adapta el AMFE como Healthcare Failure Mode & Effect analysis (HMFEA)

Fuente: <http://www.ics-aragon.com>

2.2.11. ¿Cómo realizar un Análisis de Modo de Falla y Efecto - AMFE?

Los pasos para realizar un análisis de Modo de falla y Efecto son los siguientes:

1.- Definir y enumerar todos los posibles modos de fallo

Definir un grupo de trabajo de 4 ó 5 personas que tengan el conocimiento técnico de los equipos que se está analizando. El grupo debe ser integrado por personal multidisciplinario y que pertenezcan a varias áreas que interactúan con el equipo. Con dicho equipo multidisciplinario se tendrá una visión amplia del proceso, del equipo.

Con el equipo de personal definido, se procede a definir y enumerar los modos de fallo del equipo, se debe descomponer el equipo en sistema y partes y de acuerdo a eso definir cómo podría fallar cada una de ellas. Debe considerar el uso del equipo, debe estar el enfoque del operador del equipo así como el conocimiento de los operadores en el funcionamiento del equipo. Debe considerar el enfoque de seguridad del personal.

2.- Establecer el índice de prioridad de Modos de Fallo.

Se tendrá una lista de los posibles modos de fallo del equipo. Estos deberán ser incluidos en una tabla como la siguiente:

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D}$$

Incidencia de prioridad de fallo = Severidad * Probabilidad de Incidencia * Probabilidad de no Detección

Este valor nos dirá la importancia del modo de fallo que estamos analizando.

3. Priorizar los modos de fallo y buscar soluciones

Cuando hayamos calculado el NPR para todos los modos de fallo estudiados, los clasificaremos de mayor a menor. Los modos de fallo con mayor NPR serán los que antes debamos solventar (por ejemplo, se puede acordar que se buscarán soluciones para todos los modos de fallo mayores de 600).

Si hemos determinado que un determinado modo de fallo es inasumible, tenemos tres vías de disminuir su gravedad:

- Actuando para que si ocurre, sea menos severo (así disminuirá su valor S).
- Actuando para que suceda menos frecuentemente (así disminuirá su valor O).
- Actuando para que si sucede, lo detectemos antes de entregar el producto al cliente (así disminuirá su valor D).

Con esto, podremos comparar su “NPR inicial” (antes de aplicar AMFE) con su “NPR final” (el NPR que hayamos fijado como meta después de actuar para reducir la gravedad del modo de fallo)

El objetivo final del análisis AMFE es que tengamos todos los posibles fallos controlados, habiendo actuado para disminuir el NPR de los más graves.

2.2.12 Confiabilidad

Freddy Galeno (2016) expresa que la confiabilidad “es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado”. En otras palabras, es la relación entre mantenimiento planeado y no planeado.

2.3 Conceptual

Los camiones 797F de la mina Toromocho – Minera Chinalco Perú están operando desde el año 2014 motivo por el cual ya se tienen planes de mantenimiento en el sistema de gestión SAP-PM. No se está partiendo de CERO, de acuerdo a la recomendación de las bases teóricas el RCM se recomienda realizar antes de iniciar la operación.

Evaluando los métodos para actualizar los planes de mantenimiento de los camiones 797F de la mina toromocho, la metodología PMO se adecua correctamente al contexto operacional de nuestros camiones 797f Caterpillar.

Se tiene información en el sistema de gestión de mantenimiento para realizar al AMFE de la flota de camiones 797F.

2.4. Definición de términos básicos

PMO: Planned Maintenance Optimization, es una metodología que se ha desarrollado para revisar en detalle los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos fijos en operación

RCM: reliability centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar

un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

Disponibilidad: Es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado.

Confiabilidad: Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

Mantenibilidad: es definida por la ISO/DIS 14224, como la capacidad (o probabilidad si hablamos en términos estadísticos), bajo condiciones dadas, que tiene un activo o componente de ser mantenido o restaurado en un periodo de tiempo dado a un estado donde sea capaz de realizar su función original nuevamente, cuando el mantenimiento ha sido realizado bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir, que si un componente tiene un 95% de Mantenibilidad en una hora, entonces habrá 95% de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

MTTR: Tiempo Medio para reparar, es el tiempo promedio para reparar la función de un equipo, maquinaria, línea o proceso después de una falla funcional.

MTBF: Tiempo medio entre fallas, es el tiempo promedio que un equipo, maquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Si implementamos un Plan de Mantenimiento basado en la metodología Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) se incrementará la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú.

3.1.2 Hipótesis Específica

- Si desarrollamos el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar se podrá identificar las tareas alineadas al incremento de la confiabilidad.
- Si actualizamos el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM se podrá tener un plan de mantenimiento optimizado
- Si ejecutamos los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO se podrá cumplir con los trabajos programados.

3.2. Definición conceptual de variables

3.2.1 Variable Independiente: Plan de Mantenimiento basado en la metodología de Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO).

Plan de Mantenimiento basado en una metodología que se ha desarrollado para revisar los planes de mantenimiento que se tenía en el sistema de gestión de la empresa considerando los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnicas de los activos fijos en operación.

Es una técnica empleada para definir actividades de mantenimiento más adecuadas para asegurar el funcionamiento del equipo diseñado

3.2.2. Variable dependiente: La Confiabilidad de la Flota de Camiones 797F de Minera Chinalco.

Según la ISO/DIS 14224, “Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado. (Industrias de petróleo y gas natural – Recolección e intercambio de datos de Confiabilidad y Mantenimiento de equipos).” (2014).

Para Jhon Moubray: El componente trabaja continuamente durante un periodo o tiempo dado, en otras palabras la función del componente no se interrumpe, el componente se pone en operación y se mantiene operacional con el rendimiento requerido. Para poder medir la confiabilidad utilizamos la siguiente fórmula:

$$Co = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \times 100\%$$

Co: Confiabilidad operacional

MTBF = Tiempo promedio entre Fallas.

MTTR = Tiempo Promedio para Reparar.” (2004, p.179).

3.2.1. Operacionalización de variable

Tabla 3-1 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICA	MÉTODO
Plan de Mantenimiento basado en la metodología Optimización de Planes de Mantenimiento (PMO) V.I.	Análisis Modo de Fallas	Análisis Modo de Falla	Si/No	Recopilación de la Información	Cuantitativo
	Hojas de Rutas en SAP	Qtd de Hojas de Rutas	Und		
	Planes de Mantenimiento en SAP	Cumplimiento del Plan de Mantenimiento	%		
	Carga Laboral	Carga Laboral	%		
	Costos de Plan	Ahorro de Costos	%		
Confiabilidad de camiones 797F V.D.	Paradas por Fallas	Qtd de Hojas de Rutas	Und		
	Horas Inoperativas de equipo	Qtd de Horas Inoperativas de equipo	Und		
	Tiempo medio entre fallas	MTBF	Und		
	Tiempo medio de reparación	MTTR	Und		

Fuente: Elaboración propia

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de la investigación fue aplicada debido a que se refiere a implementar la metodología del PMO (Optimización de Planes de Mantenimiento). En otras palabras, el énfasis de la investigación aplicada es la resolución práctica de problemas.

“Es la que se diferencia porque conlleva consigo propósitos prácticos inmediatos bien establecidos, lo que significa que investiga para actuar, transformar, modificar o generar cambios para un sector determinado de la realidad” (Carrasco, 2007 pág. 43)

La investigación aplicada, utilización del conocimiento adquirido para mejorar algo.

Para Murillo (2009), la investigación descriptiva su objetivo es describir el estado, las características, factores y procedimientos presentes en fenómenos y hechos que ocurren en forma natural, sin explicar las relaciones que se identifiquen.

Diseño

Experimental de corte Longitudinal

“Son diseños que permiten la manipulación de las variables, es decir se modifica su naturaleza, transformándolas y midiéndolas en una etapa pre y post” (Hernandez, y otros, 2010 pág. 45)

“La investigación longitudinal es la que se enfoca en realizar mediciones continuas o repetidas de un determinado fenómeno durante un periodo de tiempo

prolongado, esta puede durar años o décadas ya que por lo general son de naturaleza observacional” ” (Carrasco, 2007 pág. 56)

4.2 Método de Investigación

El método de la investigación en el presenta trabajo se utilizó el método cuantitativo.

“un procedimiento que se basa en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos” (Carrasco, 2007 pág. 267)

4.3 Población y Muestra

Conjunto de individuos u objetos a los cuales se quiere investigar, y a quienes se generalizará la información.

La población estuvo conformada por los camiones de la flota 797F Caterpillar.

Conjunto de individuos u objetos de análisis sacados del marco muestra o de la población.

La muestra está conformada por los 29 camiones 797F Caterpillar de Minera Chinalco Perú. En la figura 4-1 se observa la muestra de la investigación realizada.

Figura 4-1 Jerarquía de Equipos de la Flota 797F - SAP PM - MCP

Denominación		MINA TOROMOCHO - AREA MINA	
▼	TOR-MIN	MINA TOROMOCHO - AREA MINA	
▼	TOR-MIN-ACAR	OPERACIONES MINA - ACARREO	
▶	TOR-MIN-ACAR-000777F	OPER MIN - ACARRREO: FLOTA 777F	
▶	TOR-MIN-ACAR-000777G	OPER MIN - ACARRREO: FLOTA 777G	
▼	TOR-MIN-ACAR-000797F	OPER MIN - ACARRREO: FLOTA 797F	
▶	6000006	CAMION 797F CM102	LAJ00355
▶	6000007	CAMION 797F CM103	LAJ00357
▶	6000008	CAMION 797F CM104	LAJ00359
▶	6000009	CAMION 797F CM105	LAJ00361
▶	6000010	CAMION 797F CM106	LAJ00363
▶	6000011	CAMION 797F CM107	LAJ00364
▶	6000012	CAMION 797F CM108	LAJ00366
▶	6000013	CAMION 797F CM109	LAJ00376
▶	6000014	CAMION 797F CM110	LAJ00377
▶	6000015	CAMION 797F CM111	LAJ00379
▶	6000016	CAMION 797F CM112	LAJ00386
▶	6000017	CAMION 797F CM113	LAJ00388
▶	6000018	CAMION 797F CM114	LAJ00392
▶	6000019	CAMION 797F CM115	LAJ00395
▶	6000020	CAMION 797F CM116	LAJ00478
▶	6000028	CAMION 797F CM101	LAJ00353
▶	6000334	CAMION 797F CM117	LAJ00231
▶	6000335	CAMION 797F CM118	LAJ00566
▶	6000336	CAMION 797F CM119	LAJ00567
▶	6000337	CAMION 797F CM120	LAJ00568
▶	6000338	CAMION 797F CM121	LAJ00572
▶	6000342	CAMION 797F CM122	LAJ00585
▶	6000343	CAMION 797F CM123	LAJ00586
▶	6000354	CAMION 797F CM124	LAJ00587
▶	6000355	CAMION 797F CM125	LAJ00588
▶	6000356	CAMION 797F CM126	LAJ00589
▶	6000357	CAMION 797F CM127	LAJ00590
▶	6000358	CAMION 797F CM128	LAJ00591
▶	6000359	CAMION 797F CM129	LAJ00592

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Lugar de estudio

La investigación se realizó en la unidad Mina Toromocho – Minera Chinalco Perú. Se ubica a 4,500 m.s.n.m. al este de Lima, distrito minero de Morococha, Provincia de Yauli, Junín.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Técnica:

- Procesamiento y análisis de datos.

Instrumentos:

- Sistema empresarial SAP módulo Plant Maintenance (PM)
- Reportes de Confiabilidad – Top Ten Fallas
- Cat Minestar System
- Guías y material de trabajo relacionado a la Implementación del PMO

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El método de análisis de datos está basado fundamentalmente en el AMFE (Análisis de Modo de fallas y efectos).

La contrastación de resultados será validada con el software MINITAB17.

4.7 Plan de Mantenimiento – Antes del PMO

A continuación, se detalla el plan de Mantenimiento de los camiones 797F:

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
1	797F_ARR	1	10	ARRANQUE DE EQUIPO STAND BY	MINMEC01
2	797F_CC	1	10	CAMBIO DE MOTOR (PCR)	MINMEC01
3	797F_CC	1	20	CAMBIO DE MOTOR (PCR)	MINELC01
4	797F_CC	10	10	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCIÓN RH (PCR)	MINMEC01
5	797F_CC	11	10	CAMBIO CILINDRO DE LEVANTE LH/RH (PCR)	MINMEC01
6	797F_CC	12	10	CAMBIO DE RADIADOR (PCR)	MINMEC01
7	797F_CC	2	10	CAMBIO DE CONVERTIDOR (PCR)	MINMEC01
8	797F_CC	2	20	CAMBIO DE CONVERTIDOR (PCR)	MINELC01
9	797F_CC	3	10	CAMBIO DE TRANSMISIÓN (PCR)	MINMEC01
10	797F_CC	3	20	CAMBIO DE TRANSMISIÓN (PCR)	MINELC01
11	797F_CC	4	10	CAMBIO DE DIFERENCIAL (PCR)	MINMEC01
12	797F_CC	4	20	CAMBIO DE DIFERENCIAL (PCR)	MINELC01
13	797F_CC	5	10	CAMBIO DE MANDO FINAL LH/RH (PCR)	MINMEC01
14	797F_CC	6	10	CAMBIO DE RUEDA SUSPENSIÓN LH/RH (PCR)	MINMEC01
15	797F_CC	7	10	CAMBIO DE SUSPENSIÓN POSTERIOR LH (PCR)	MINMEC01
16	797F_CC	8	10	CAMBIO DE SUSPENSIÓN POSTERIOR RH (PCR)	MINMEC01
17	797F_CC	9	10	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCIÓN LH (PCR)	MINMEC01
18	797F_DI	1	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN HMU	MINMEC01
19	797F_DI	10	10	CAMBIO DE ARM CENTER	MINMEC01
20	797F_DI	11	10	CAMBIO DE LÍNEAS DE DIRECCIÓN	MINMEC01
21	797F_DI	12	10	CAMBIO DE PIN Y BOCINAS DE ARM CENTER	MINMEC01
22	797F_DI	13	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 2	MINMEC01
23	797F_DI	14	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 3	MINMEC01
24	797F_DI	15	10	VERIF. DE ASENTAMIENTO RÓTULAS DIRECCIÓN	MINMEC01
25	797F_DI	16	10	AJUSTE ABRAZADERAS VARILLAJE DIRECCIÓN	MINMEC01
26	797F_DI	2	10	CAMBIO DE ENFRIADOR DE DIRECCIÓN	MINMEC01
27	797F_DI	3	10	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCIÓN DER	MINMEC01
28	797F_DI	3	20	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCIÓN DER	MINSOL01
29	797F_DI	4	10	CAMBIO DE CILINDRO DE DIRECCIÓN IZQ	MINMEC01
30	797F_DI	5	10	INSPECCIÓN DE ARM CENTER	MINMEC01
31	797F_DI	6	10	CAMBIO DE VARILLAJE DE DIRECCIÓN	MINMEC01
32	797F_DI	7	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN Y FAN	MINMEC01
33	797F_DI	8	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 1	MINMEC01
34	797F_DI	9	10	CAMBIO DE VÁLVULA DE DIRECCIÓN	MINMEC01
35	797F_EP	1	10	CAMBIO DE DIFERENCIAL	MINMEC01
36	797F_EP	1	20	CAMBIO DE DIFERENCIAL	MINELC01
37	797F_EP	10	10	CAMBIO DE RUEDA SUSPENSIÓN RH/LH	MINMEC01
38	797F_EP	10	20	CAMBIO DE RUEDA SUSPENSIÓN RH/LH	MINSOL01
39	797F_EP	12	10	CAMBIO DE CILINDRO DE SUSPENSIÓN POS IZQ	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
40	797F_EP	15	10	CAMBIO DE SEMIEJE LH	MINMEC01
41	797F_EP	16	10	CAMBIO DE MOTOR RAX	MINMEC01
42	797F_EP	17	10	CAMBIO DE BOMBA RAX	MINMEC01
43	797F_EP	18	10	CAMBIO DE LINK DE SUSPENSIÓN INFERIOR	MINMEC01
44	797F_EP	19	10	CAMBIO DE LINK DE SUSPENSIÓN SUPERIOR	MINMEC01
45	797F_EP	2	10	INSPECCIÓN DE SEMI EJES	MINMEC01
46	797F_EP	3	10	CAMBIO DE MOTOR Y BOMBA DEL DRIVE AXLE	MINMEC01
47	797F_EP	4	10	CAMBIO DE SEMIEJE RH	MINMEC01
48	797F_EP	5	10	CAMBIO DE MANDO FINAL	MINMEC01
49	797F_EP	6	10	CAMBIO DE CILINDRO DE SUSPENSIÓN POS DER	MINMEC01
50	797F_EP	7	10	C/ DE VALV DE CARGA DE SUSP	MINMEC01
51	797F_EP	9	10	CAMBIO DE RUEDA	MINMEC01
52	797F_EV	1	10	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	MINMEC01
53	797F_EV	2	10	CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO	MINMEC01
54	797F_EV	3	10	CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCIÓN	MINMEC01
55	797F_EV	4	10	CAMBIO DE ACEITE DE TX / TC	MINMEC01
56	797F_EV	5	10	CAMBIO DE ACEITE DE DIFERENCIAL	MINMEC01
57	797F_FC	1	10	CAMBIO FILTRO CENTRIFUGO	FERREYRO
58	797F_FR	1	10	CAMBIO DE ENFRIADORES DE FRENO	MINMEC01
59	797F_FR	10	10	CAMBIO DE MOTOR DE ENFRIAMIENT FRENOS	MINMEC01
60	797F_FR	11	10	CAMBIO DE VÁLVULA TCS	MINMEC01
61	797F_FR	12	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO PARQUEO B	MINMEC01
62	797F_FR	13	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO SERVICIO C	MINMEC01
63	797F_FR	14	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO SERVICIO D	MINMEC01
64	797F_FR	2	10	CAMBIO DE LINEAS DE FRENO	MINMEC01
65	797F_FR	3	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO PARQUEO A	MINMEC01
66	797F_FR	4	10	CAMBIO BOMBA FRENO Y ACTIVACION DEL RAX	MINMEC01
67	797F_FR	5	10	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINMEC01
68	797F_FR	5	20	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINELC01
69	797F_FR	6	10	CAMBIO DE SLACK ADJUSTER DELANTERO	MINMEC01
70	797F_FR	7	10	CAMBIO DE SLACK ADJUSTER POSTERIOR	MINMEC01
71	797F_FR	8	10	CAMBIO DE MOTOR LIBERACIÓN FRENO PARQUEO	MINMEC01
72	797F_FR	9	10	CAMBIO DE BOMBA DE ENFRIAMIENTO FRENOS	MINMEC01
73	797F_HY	1	10	CAMBIO DE BOMBA DE LEVANTE	MINMEC01
74	797F_HY	10	10	CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS	MINMEC01
75	797F_HY	12	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN Y FAN	MINMEC01
76	797F_HY	13	10	ULTRASONIDO EN PIN INFERIOR CIL LEVANTE	TECBVERI
77	797F_HY	14	10	CAMBIO DE MOTOR ENFRIAMIENTO DE FRENOS	MINMEC01
78	797F_HY	2	10	CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
40	797F_EP	15	10	CAMBIO DE SEMIEJE LH	MINMEC01
41	797F_EP	16	10	CAMBIO DE MOTOR RAX	MINMEC01
42	797F_EP	17	10	CAMBIO DE BOMBA RAX	MINMEC01
43	797F_EP	18	10	CAMBIO DE LINK DE SUSPENSIÓN INFERIOR	MINMEC01
44	797F_EP	19	10	CAMBIO DE LINK DE SUSPENSIÓN SUPERIOR	MINMEC01
45	797F_EP	2	10	INSPECCIÓN DE SEMI EJES	MINMEC01
46	797F_EP	3	10	CAMBIO DE MOTOR Y BOMBA DEL DRIVE AXLE	MINMEC01
47	797F_EP	4	10	CAMBIO DE SEMIEJE RH	MINMEC01
48	797F_EP	5	10	CAMBIO DE MANDO FINAL	MINMEC01
49	797F_EP	6	10	CAMBIO DE CILINDRO DE SUSPENSIÓN POS DER	MINMEC01
50	797F_EP	7	10	C/ DE VALV DE CARGA DE SUSP	MINMEC01
51	797F_EP	9	10	CAMBIO DE RUEDA	MINMEC01
52	797F_EV	1	10	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	MINMEC01
53	797F_EV	2	10	CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO	MINMEC01
54	797F_EV	3	10	CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCIÓN	MINMEC01
55	797F_EV	4	10	CAMBIO DE ACEITE DE TX / TC	MINMEC01
56	797F_EV	5	10	CAMBIO DE ACEITE DE DIFERENCIAL	MINMEC01
57	797F_FC	1	10	CAMBIO FILTRO CENTRIFUGO	FERREYRO
58	797F_FR	1	10	CAMBIO DE ENFRIADORES DE FRENO	MINMEC01
59	797F_FR	10	10	CAMBIO DE MOTOR DE ENFRIAMIENT FRENOS	MINMEC01
60	797F_FR	11	10	CAMBIO DE VÁLVULA TCS	MINMEC01
61	797F_FR	12	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO PARQUEO B	MINMEC01
62	797F_FR	13	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO SERVICIO C	MINMEC01
63	797F_FR	14	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO SERVICIO D	MINMEC01
64	797F_FR	2	10	CAMBIO DE LINEAS DE FRENO	MINMEC01
65	797F_FR	3	10	CAMBIO DE ACUMULADOR FRENO PARQUEO A	MINMEC01
66	797F_FR	4	10	CAMBIO BOMBA FRENO Y ACTIVACION DEL RAX	MINMEC01
67	797F_FR	5	10	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINMEC01
68	797F_FR	5	20	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINELC01
69	797F_FR	6	10	CAMBIO DE SLACK ADJUSTER DELANTERO	MINMEC01
70	797F_FR	7	10	CAMBIO DE SLACK ADJUSTER POSTERIOR	MINMEC01
71	797F_FR	8	10	CAMBIO DE MOTOR LIBERACIÓN FRENO PARQUEO	MINMEC01
72	797F_FR	9	10	CAMBIO DE BOMBA DE ENFRIAMIENTO FRENOS	MINMEC01
73	797F_HY	1	10	CAMBIO DE BOMBA DE LEVANTE	MINMEC01
74	797F_HY	10	10	CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS	MINMEC01
75	797F_HY	12	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN Y FAN	MINMEC01
76	797F_HY	13	10	ULTRASONIDO EN PIN INFERIOR CIL LEVANTE	TECBVERI
77	797F_HY	14	10	CAMBIO DE MOTOR ENFRIAMIENTO DE FRENOS	MINMEC01
78	797F_HY	2	10	CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE	MINMEC01
79	797F_HY	3	10	CAMBIO DE LINEAS DE SIST LEVANTE	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
80	797F_HY	4	10	CAMBIO DE MOTOR HYD DE FAN	MINMEC01
81	797F_HY	5	10	LIMPIEZA DEL TANQUE HIDRÁULICO	MINMEC01
82	797F_HY	6	10	CAMBIO VÁLVULA DE CONTROL HIDRÁULICO	MINMEC01
83	797F_HY	7	10	CAMBIO DE BBA DE TANQUE HYDR	MINMEC01
84	797F_HY	8	10	CAMBIO DE CARDÁN DE PTO	MINMEC01
85	797F_HY	9	10	CAMBIO DE CRUCETAS DE PTO	MINMEC01
86	797F_LK	1	10	RETORQUE DE LINKs POR HORAS	MINMEC01
87	797F_LK	1	20	MONTAJE/DESMONTAJE LLANTAS	NEUMA
88	797F_MA	1	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM1	MINMEC01
89	797F_MA	10	10	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO 4x2	MINELC01
90	797F_MA	13	10	CAMBIO DE HARNESS DE MÁQUINA	MINELC01
91	797F_MA	14	10	CAMBIO DE BOMBA DE AUTOLUBRICACIÓN	MINMEC01
92	797F_MA	15	10	MANTENIMIENTO SSI	WESTFIRE
93	797F_MA	16	10	MANTENIMIENTO SEMESTRAL SSI	WESTFIRE
94	797F_MA	17	10	CAMBIO DE ACEITE DE ESCALERA	MINMEC01
95	797F_MA	18	10	INSPECCIÓN PRE - PM 4x2	INGCONFM
96	797F_MA	19	10	CAMBIO DE FILTRO ELEMENTO COF	FERREYRO
97	797F_MA	2	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM2	MINMEC01
98	797F_MA	20	10	INSPECCIÓN PANTS LEG BOLTS (TEST IRON)	MINMEC01
99	797F_MA	21	10	CAMBIO DE TOLVA HP	MINMEC01
100	797F_MA	22	10	REPARACIÓN GENERAL DE TOLVA HP	MINSOLO1
101	797F_MA	23	10	INSPECCIÓN NDT PM2	TECBVERI
102	797F_MA	24	10	INSPECCIÓN NDT PM4	TECBVERI
103	797F_MA	25	10	INSPECCIÓN NDT PM6	TECBVERI
104	797F_MA	26	10	INSPECCIÓN NDT PM8	TECBVERI
105	797F_MA	27	10	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	MINMEC01
106	797F_MA	28	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM1 LMR	MINMEC01
107	797F_MA	29	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM2 LMR	MINMEC01
108	797F_MA	3	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM3	MINMEC01
109	797F_MA	30	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM3 LMR	MINMEC01
110	797F_MA	31	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM4 LMR	MINMEC01
111	797F_MA	32	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM5 LMR	MINMEC01
112	797F_MA	33	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM6 LMR	MINMEC01
113	797F_MA	34	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM7 LMR	MINMEC01
114	797F_MA	35	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM8 LMR	MINMEC01
115	797F_MA	36	10	MANTENIMIENTO SEMESTRAL SSI	WESTFIRE
116	797F_MA	37	10	DOBLE MUESTREO DE ACEITE	MINMEC01
117	797F_MA	38	10	CAMBIO DE TOLVA MSD II	MINMEC01
118	797F_MA	39	10	MANTENIMIENTO PREVENTICO PM50	MINMEC01
119	797F_MA	4	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM4	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
120	797F_MA	41	10	MANTENIMIENTO ELÉCTRICO LMR	MINELC01
121	797F_MA	42	10	RETORQUEO DE LINK DE DIRECCIÓN	MINMEC01
122	797F_MA	43	2	RETORQUEO DE LINK DE SUSPENSIÓN	MINMEC01
123	797F_MA	44	10	RETORQUEO DE LINK DE DIRECCIÓN LMR	MINMEC01
124	797F_MA	45	10	RETORQUEO DE LINK DE SUSPENSIÓN LMR	MINMEC01
125	797F_MA	5	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM5	MINMEC01
126	797F_MA	6	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM6	MINMEC01
127	797F_MA	60	10	INSPECCIÓN NDT PM1 4x2	TECBVERI
128	797F_MA	61	10	INSPECCIÓN NDT PM2 4x2	TECBVERI
129	797F_MA	62	10	INSPECCIÓN NDT PM3 4x2	TECBVERI
130	797F_MA	63	10	INSPECCIÓN NDT PM4 4x2	TECBVERI
131	797F_MA	64	10	INSPECCIÓN NDT PM5 4x2	TECBVERI
132	797F_MA	65	10	INSPECCIÓN NDT PM6 4x2	TECBVERI
133	797F_MA	66	10	INSPECCIÓN NDT PM7	TECBVERI
134	797F_MA	67	10	INSPECCIÓN NDT PM8	TECBVERI
135	797F_MA	68	10	INSPECCIÓN NDT PM1 LMR	TECBVERI
136	797F_MA	69	10	INSPECCIÓN NDT PM2 LMR	TECBVERI
137	797F_MA	7	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM7	MINMEC01
138	797F_MA	70	10	INSPECCIÓN NDT PM3 LMR	TECBVERI
139	797F_MA	71	10	INSPECCIÓN NDT PM4 LMR	TECBVERI
140	797F_MA	72	10	INSPECCIÓN NDT PM5 LMR	TECBVERI
141	797F_MA	73	10	INSPECCIÓN NDT PM6 LMR	TECBVERI
142	797F_MA	74	10	MANTENIMIENTO A/C LMR	MINELC01
143	797F_MA	75	10	REPARACIÓN GENERAL DE TOLVA MSDII	MINSOL01
144	797F_MA	76	10	INSPECCIÓN PRE - PM LMR	INGCONFM
145	797F_MA	77	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM1 4X2	MINMEC01
146	797F_MA	78	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM2 4x2	MINMEC01
147	797F_MA	79	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM3 4x2	MINMEC01
148	797F_MA	8	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM8	MINMEC01
149	797F_MA	80	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM4 4x2	MINMEC01
150	797F_MA	81	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM5 4x2	MINMEC01
151	797F_MA	82	10	MANTENIMIENTO MECÁNICO PM6 4x2	MINMEC01
152	797F_MA	9	10	MANTENIMIENTO A/C 4x2	MINELC01
153	797F_ME	1	10	CAMBIO DE MANDO DE BOMBAS	MINMEC01
154	797F_ME	10	10	CAMBIO DE AFTERCOOLER RH	MINMEC01
155	797F_ME	11	10	CAMBIO BOMBA PRIMARIA DE REFRIGERANTE	MINMEC01
156	797F_ME	12	10	CAMBIO BOMBA SECUNDARIA DE REFRIGERANTE	MINMEC01
157	797F_ME	13	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN Y FAN	MINMEC01
158	797F_ME	14	10	CAMBIO DE BOMBA DE FRENO ACTIVACIÓN RAX	MINMEC01
159	797F_ME	15	10	CAMBIO DE BOMBA DE DIRECCIÓN HMU	MINMEC01
160	797F_ME	16	10	CAMBIO BOMBA DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
161	797F_ME	17	10	CAMBIO DE BOMBA DE FRENOS Y LEVANTE	MINMEC01
162	797F_ME	18	10	CAMBIO DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
163	797F_ME	19	10	CAMBIO DE CRUCETAS DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
164	797F_ME	2	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 1	MINMEC01
165	797F_ME	20	10	CAMBIO DE CARDÁN DE PTO	MINMEC01
166	797F_ME	21	10	CAMBIO DE CRUCETAS DE PTO	MINMEC01
167	797F_ME	22	10	CAMBIO DE ENFRIADOR DE DIRECCIÓN	MINMEC01
168	797F_ME	23	10	CAMBIO DE ENFRIADOR DE TX / TC	MINMEC01
169	797F_ME	23	20	CAMBIO DE ENFRIADOR DE TX / TC	MINELC01
170	797F_ME	24	10	CAMBIO DE ENFRIADORES DE FRENOS	MINMEC01
171	797F_ME	25	10	CAMBIO DE MOTOR BOMBA DEL DRIVE AXLE	MINMEC01
172	797F_ME	26	10	CAMBIO DE SLACK DELANTERO	MINMEC01
173	797F_ME	27	10	CAMBIO DE SLACK POSTERIOR	MINMEC01
174	797F_ME	28	10	CAMBIO LINK SUSPENSIÓN INFERIOR LH / RH	MINMEC01
175	797F_ME	29	10	CAMBIO LINK SUSPENSIÓN SUPERIOR LH / RH	MINMEC01
176	797F_ME	3	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 2	MINMEC01
177	797F_ME	30	10	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINMEC01
178	797F_ME	30	20	CAMBIO DE VÁLVULA DE CONTROL DE FRENOS	MINELC01
179	797F_ME	31	10	CAMBIO DE VÁLVULA DE DIRECCIÓN	MINMEC01
180	797F_ME	32	10	CAMBIO DE VÁLVULA DEL SISTEMA HIDRÁULICO	MINMEC01
181	797F_ME	33	10	CAMBIO DE VÁLVULA TCS	MINMEC01
182	797F_ME	34	10	CAMBIO DE VARILLAJE LH	MINMEC01
183	797F_ME	35	10	CAMBIO DE VARILLAJE RH	MINMEC01
184	797F_ME	36	10	CAMBIO DE HPFP	MINMEC01
185	797F_ME	37	10	CAMBIO DE BOMBA DE PRELUBRICACIÓN	MINMEC01
186	797F_ME	38	10	CAMBIO DE SEMIEJE LH	MINMEC01
187	797F_ME	39	10	CAMBIO DE SEMIEJE RH	MINMEC01
188	797F_ME	4	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE DIRECCIÓN 3	MINMEC01
189	797F_ME	40	10	CAMBIO DE ARM CENTER	MINMEC01
190	797F_ME	5	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 1	MINMEC01
191	797F_ME	6	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 2	MINMEC01
192	797F_ME	7	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 3	MINMEC01
193	797F_ME	8	10	CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 4	MINMEC01
194	797F_ME	9	10	CAMBIO DE AFTERCOOLER LH	MINMEC01
195	797F_MO	10	10	CAMBIO DE BOMBA DE TRANSF DE COMBUSTIBLE	MINMEC01
196	797F_MO	11	10	CAMBIO DE BOMBA DE CEBADO DE COMBUSTIBLE	MINMEC01
197	797F_MO	12	10	CAMBIO DE INYECTORES DE COMBUSTIBLE	MINMEC01
198	797F_MO	13	10	CAMBIO DE TAPA DE RADIADOR	MINMEC01
199	797F_MO	14	10	CAMBIO DE BOMBA REFRIGERANTE PRINCIPAL	MINMEC01
200	797F_MO	15	10	CAMBIO DE BOMBA REFRIGERANTE AUXILIAR	MINMEC01

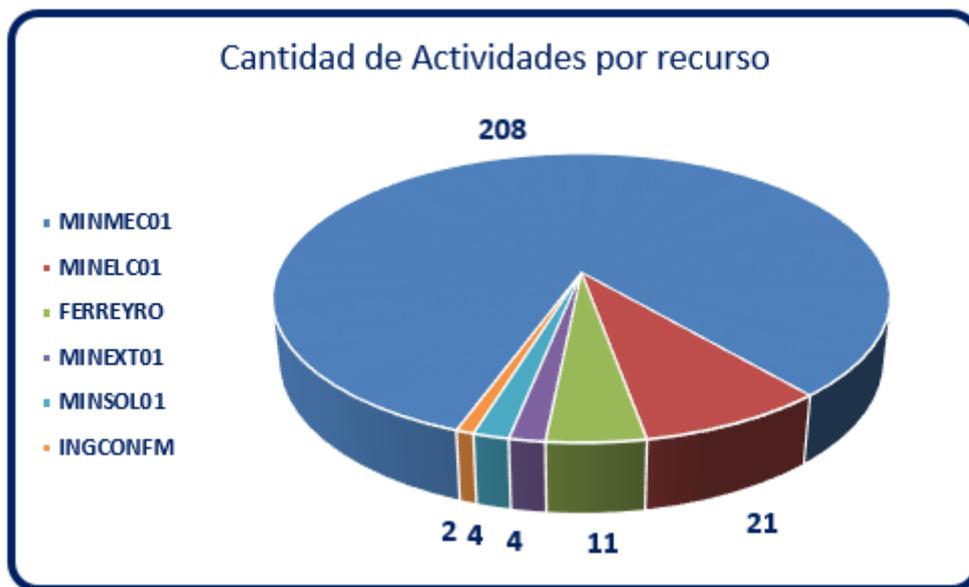
IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
201	797F_MO	16	10	CAMBIO DE ALTERNADOR	MINELC01
202	797F_MO	17	10	CAMBIO DE ARRANCADOR	MINMEC01
203	797F_MO	18	10	CAMBIO DE COMPRESOR DEL A/C	MINMEC01
204	797F_MO	19	10	CAMBIO DE RADIADOR	MINMEC01
205	797F_MO	20	10	CAMBIO DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
206	797F_MO	21	10	CAMBIO DE CRUCETAS DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
207	797F_MO	22	10	LIMPIEZA DEL TANQUE COMBUSTIBLE	MINMEC01
208	797F_MO	23	10	CAMBIO DE E-STAT	MINELC01
209	797F_MO	24	10	CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR	MINELC01
210	797F_MO	30	10	CAMBIO DE MOTOR	MINMEC01
211	797F_MO	31	10	MANTENIMIENTO PREVENTIVO INICIAL	MINMEC01
212	797F_MO	32	10	CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS	MINMEC01
213	797F_MO	33	10	CALIBRACIÓN DE WASTEGATE	MINMEC01
214	797F_MO	34	10	CAMBIO DE LÍNEAS DE AIRE	MINMEC01
215	797F_MO	35	10	CAMBIO DE GOBERNADOR	MINMEC01
216	797F_MO	36	10	CAMBIO DE COMPRESOR DE AIRE	MINMEC01
217	797F_MO	37	10	EVAL. CON VARILLA CALIBRACIÓN VÁLVULAS	MINMEC01
218	797F_MO	38	10	CAMBIO DE HARNESS PRINCIPAL DE MOTOR LH	MINMEC01
219	797F_MO	40	10	ALINEAMIENTO DE BELLOWS HUTCHINSON	MINMEC01
220	797F_MO	41	10	CAMBIO DE HARNESS FCV	MINELC01
221	797F_MO	42	10	CAMBIO DE HARNESS RÍGIDO DE MOTOR	MINELC01
222	797F_MO	43	10	CAMBIO DE ACTUADOR VÁLVULA WASTEGATE	MINMEC01
223	797F_MO	44	10	CAMBIO DE AFTERCOOLER	MINMEC01
224	797F_MO	45	10	CAMBIO DE BOMBA DE TRANSFERENCIA	MINMEC01
225	797F_MO	46	10	CAMBIO DE BOMBA DE PRELUBRICACIÓN	MINMEC01
226	797F_MO	47	10	CAMBIO DE BOMBA DE ACEITE DE MOTOR	MINMEC01
227	797F_MO	48	10	CAMBIO DE BOMBA SCAVENGE	MINMEC01
228	797F_MO	49	10	CAMBIO DE ENFRIADORES DE ACEITE DE MOTOR	MINMEC01
229	797F_MO	50	10	CAMBIO DE BELLOW HUTCHINSON	MINMEC01
230	797F_MO	51	10	INSTALACIÓN DEL SISTEMA COF	FERREYRO
231	797F_MO	6	10	CAMBIO DE WASTEGATE	MINMEC01
232	797F_MO	7	10	CAMBIO DE TURBOCARGADORES	MINMEC01
233	797F_MO	9	10	CAMBIO DE BOMBA HPFP	MINMEC01
234	797F_NDT	1	10	INSPECCIÓN NDT PM2	TECBVERI
235	797F_NDT	2	10	INSPECCIÓN NDT PM4	TECBVERI
236	797F_NDT	3	10	INSPECCIÓN NDT PM6	TECBVERI
237	797F_NDT	4	10	INSPECCIÓN NDT PM8	TECBVERI
238	797F_NDT	5	10	INSPECCIÓN NDT - CARDÁN PRINCIPAL	TECBVERI
239	797F_NDT	6	10	INSPECCIÓN NDT - PERNOS SUSPENSIONES DEL	TECBVERI
240	797F_NDT	7	10	INSPECCIÓN UT - TOLVA	TECBVERI

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
241	797F_OIL	1	10	MUESTREO ACEITE MOTOR 125 HRS	MINMEC01
242	797F_PP	1	10	INSPECCIÓN DE PATÍN DE TURBOS (BITM2536)	FERREYRO
243	797F_PP	2	10	INSPECCIÓN DE HOUSING FRONTAL DE MOTOR	FERREYRO
244	797F_PP	3	10	CAMBIO DE BELLOWS DE ATTAC	FERREYRO
245	797F_PP	4	10	INSPECCIÓN DE BOA BELLOWS	FERREYRO
246	797F_PP	5	10	INSPECCION HOUSING FRONTAL MOTOR	FERREYRO
247	797F_PP	6	10	PS90681 REEMP. 3655949 FUEL PUMP HARNESS	FERREYRO
248	797F_PP	7	10	PS90680 REEMP. 4635272 FRONT ENG. HARNES	FERREYRO
249	797F_PPM	1	10	INSPECCION PRE-PM	MINMEC01
250	797F_STR	1	10	RETORQUE PERNOS & TUERCAS LINKS DIRECCIO	MINMEC01
251	797F_STR	2	10	INSPECCION VISUAL DE JUEGO ROTULAS	MINMEC01
252	797F_SU	1	10	CAMBIO DE VARILLA DE SUSPENSIÓN INF	MINMEC01
253	797F_TC	1	10	CAMBIO DE TRANSMISIÓN	MINMEC01
254	797F_TC	1	20	CAMBIO DE TRANSMISIÓN	MINELC01
255	797F_TC	10	10	CAMBIO DE CRUCETA DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
256	797F_TC	11	10	CAMBIO DE CARDÁN PRINCIPAL	MINMEC01
257	797F_TC	12	10	PS45242 CAMBIO VÁLVULAS MODULADORAS 1, 2	MINMEC01
258	797F_TC	2	10	CAMBIO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	MINMEC01
259	797F_TC	2	20	CAMBIO DE CONVERTIDOR DE TORQUE	MINELC01
260	797F_TC	3	10	CAMBIO DE ENFRIADOR TX / TC	MINMEC01
261	797F_TC	5	10	CALIBRACIÓN DE TRANSMISIÓN	MINMEC01
262	797F_TOL	1	10	KIT MONTAJE DE TOLVA	MINMEC01
263	797F_TU	1	10	INSPECCION PIN ANTIROTACION TURBOS	FERREYRO
264	CA797F05	1	10	Inspección & Engrase de equipo	MINMEC01
265	CA797F06	1	10	nspección Sistema Eléctrico c/250 Hrs	MINELC01
266	CA797F07	1	10	Calibración Válvulas por Horas	MINMEC01
267	CA797F08	1	10	Cambio aceite escalera automática PAS	MINMEC01
268	CA797F09	1	10	Mant. Preventivo Sistema Aire Acondicion	MINEXT01
269	CA797F10	1	10	Mant. Preventivo Sist. ContraIncendio PM	MINEXT01
270	CA797F11	1	10	INSPECCION PATIN DE TURBOS (BITM2536)	MINEXT01
271	CA797F12	1	10	Inspección NDT de Chasis	TECBVERI
272	CA797F13	1	10	Inspección NDT Pernos de Suspension Dela	TECBVERI
273	CA797F14	1	10	Inspección NDT de Tolva	TECBVERI
274	CA797F15	1	10	CAMBIO BELLOWS ATAAC 500 HRs	MINEXT01
275	HR_AC797	1	10	MANTENIMIENTO SISTEMA A/C CADA 6000	MINMEC01
276	PM_797F	1	10	INSP/MUESTRA ACEITE POR ESTRATEGIA 250H	MINMEC01
277	PM_797F	1	20	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2	MINMEC01
278	PM_797F	1	30	INSP/MUESTRA ACEITE POR ESTRATEGIA 250H	MINMEC01
279	PM_797F	1	40	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4	MINMEC01
280	PM_797F	1	50	INSP/MUESTRA ACEITE POR ESTRATEGIA 250H	MINMEC01

IT	HOJA	CONT	OP	DESCRIPCION	RECURSO
281	PM_797F	1	60	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM6	MINMEC01
282	PM_797F	1	70	INSP/MUESTRA ACEITE POR ESTRATEGIA 250H	MINMEC01
283	PM_797F	1	80	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM8	MINMEC01

De acuerdo a los planes de mantenimiento de los camiones 797F, se puede identificar que la mayor cantidad de actividades la tienen los mecánicos.

Figura 4-2 Distribución de tareas por recurso



Fuente: Elaboración Propia

V. RESULTADOS

5.1. Plan de Mantenimiento de Camiones 797F con PMO

A continuación se muestra el plan de Mantenimiento basado en la metodología PMO:

COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE	DESCRIPCION	RECURSO	FRECUENCIA
1000 ENGINE	Cambio de motor de Combustión	MECÁNICO	14,000
1000 ENGINE	Verificación y ajuste de luz de válvulas de admisión y escape	MECÁNICO	3,850
1000 ENGINE	Inspección de eje de levas con varilla imantada (BITM6101)	MECÁNICO	3,850
1000 ENGINE	Verificación y ajuste de luz de válvulas de admisión y escape	MECÁNICO	275
1000 ENGINE	Verificación de alineamiento de Bellows Hutchinson	MECÁNICO	3,850
1408 ELECTRIC SYSTEM	Cambio de harness principal izquierdo de motor (463-5286)	ELECTRICISTA	7,700
1408 ELECTRIC SYSTEM	Cambio de harness FCV (365-5949)	ELECTRICISTA	4,400
1408 ELECTRIC SYSTEM	Cambio de harness rígido de motor (463-5272)	ELECTRICISTA	7,700
1050 AIR INDUCTION & EXHAUST SYSTEM	Cambio de turbocargadores	MECÁNICO	7,000
1050 AIR INDUCTION & EXHAUST SYSTEM	Cambio de actuador Válvula WasteGate / Calibrar la válvula wastegate (PS90799)	MECÁNICO	3,850
1050 AIR INDUCTION & EXHAUST SYSTEM	Cambio de aftercoolers	MECÁNICO	CONDICIÓN
1250 FUEL SYSTEM	Cambio de bomba de cebado	MECÁNICO	14,000
1250 FUEL SYSTEM	Cambio tanque de combustible por limpieza	MECÁNICO	14,000
1250 FUEL SYSTEM	Cambio de bomba de transferencia de combustible	MECÁNICO	7,000
1250 FUEL SYSTEM	Cambio de bomba de alta presión de combustible	MECÁNICO	7,000
1250 FUEL SYSTEM	Cambio de inyectores de combustible	MECÁNICO	7,000
1300 LUBRICATION SYSTEM	Cambio de bomba de pre lubricación	ELECTRICISTA	7,000
1300 LUBRICATION SYSTEM	Cambio de bomba de aceite motor	MECÁNICO	14,000
1300 LUBRICATION SYSTEM	Cambio de bomba de scavenge de aceite motor	MECÁNICO	14,000
1300 LUBRICATION SYSTEM	Cambio de enfriadores de aceite motor	MECÁNICO	14,000

COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE	DESCRIPCION	RECURSO	FRECUENCIA
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de radiador	MECÁNICO	28,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de válvula termostática y módulo de control de temperatura	ELECTRICISTA	7,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de tapa de radiador	MECÁNICO	7,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de bomba principal de refrigerante	MECÁNICO	7,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de bomba auxiliar de refrigerante	MECÁNICO	7,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de motor de fan	MECÁNICO	14,000
1350 ENGINE COOLING SYSTEM	Cambio de bomba de fan	MECÁNICO	16,000
1450 STARTING SYSTEM	Cambio de arrancador	MECÁNICO	7,000
1450 STARTING SYSTEM	Cambio de compresor de aire	MECÁNICO	7,000
1450 STARTING SYSTEM	Cambio de gobernador de aire	MECÁNICO	7,000
1900 ENGINE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM	Cambio de alternador	ELECTRICISTA	7,000
1900 ENGINE ELECTRONIC CONTROL SYSTEM	Cambio de faja de alternador	ELECTRICISTA	3,575
3030 TRANSMISSION	Cambio de transmisión	MECÁNICO	16,000
3030 TRANSMISSION	Cambiar válvulas moduladoras # 1 y 2 de transmisión SL PS45242	MECÁNICO	6,000
3030 TRANSMISSION	Cambio de enfriador de aceite TX/TC	MECÁNICO	16,000
3101 TORQUE CONVERTER	Cambio de convertidor de torque	MECÁNICO	14,000
3108 PUMP DRIVE	Cambio de mando de bombas	MECÁNICO	16,000
3250 DRIVE LINE / DRIVE AXLE	Cambio de cardán principal	MECÁNICO	28,000
3250 DRIVE LINE / DRIVE AXLE	Cambio de cardán pto	MECÁNICO	28,000
3250 DRIVE LINE / DRIVE AXLE	Cambio de crucetas cardán principal	MECÁNICO	7,000
3250 DRIVE LINE / DRIVE AXLE	Cambio de crucetas cardán pto	MECÁNICO	7,000
3258 DIFFERENTIAL	Cambio de diferencial	MECÁNICO	18,000
3258 DIFFERENTIAL	Cambio de bomba RAX (3 cuerpos)	MECÁNICO	18,000
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de Mando Final	MECÁNICO	18,000
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de Ruedas	MECÁNICO	14,000
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de tanque economizador	MECÁNICO	36,000
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de Semiejes De Mando Final	MECÁNICO	32,000

COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE	DESCRIPCION	RECURSO	FRECUENCIA
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de Motor Rax	MECÁNICO	7,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de enfriador de aceite frenos	MECÁNICO	CONDICIÓN
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de acumuladores de frenos	MECÁNICO	7,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de bomba de activación de frenos	MECÁNICO	16,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de válvula de control de frenos - servo válvula	MECÁNICO	16,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de bomba y motor eléctricos de parqueo	ELECTRICISTA	28,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de válvula TCS	MECÁNICO	24,000
4250 BRAKING SYSTEM	Cambio de Slacks	MECÁNICO	14,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de cilindro de dirección	MECÁNICO	17,500
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de válvula de control de dirección	MECÁNICO	28,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de válvula de alivio de descarga de dirección	MECÁNICO	28,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de bomba de dosificación de dirección	MECÁNICO	16,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de enfriador de aceite de dirección	MECÁNICO	16,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de barras de dirección	MECÁNICO	17,500
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de arm center	MECÁNICO	28,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de bomba de dirección	MECÁNICO	16,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de acumulador de dirección	MECÁNICO	7,000
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de pin y bocinas de arm center	MECÁNICO	14,000
4300 STEERING SYSTEM	Verificación asentamiento de rótulas de dirección	MECÁNICO	CONDICIÓN
4300 STEERING SYSTEM	Ajuste de abrazaderas de barras de dirección	MECÁNICO	4,400
4300 STEERING SYSTEM	Cambio de brazos de dirección	MECÁNICO	28,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de cilindro de levante	MECÁNICO	20,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Ultrasonido en pin inferior de soporte	CONTRATISTA	20,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de válvula de control de levante y enfriamiento frenos	MECÁNICO	32,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de bomba de enfriamiento de frenos (interior TK)	MECÁNICO	32,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Limpieza de tanque Hidráulico	CONTRATISTA	16,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de motor de pistón de enfriamiento de frenos	MECÁNICO	16,000

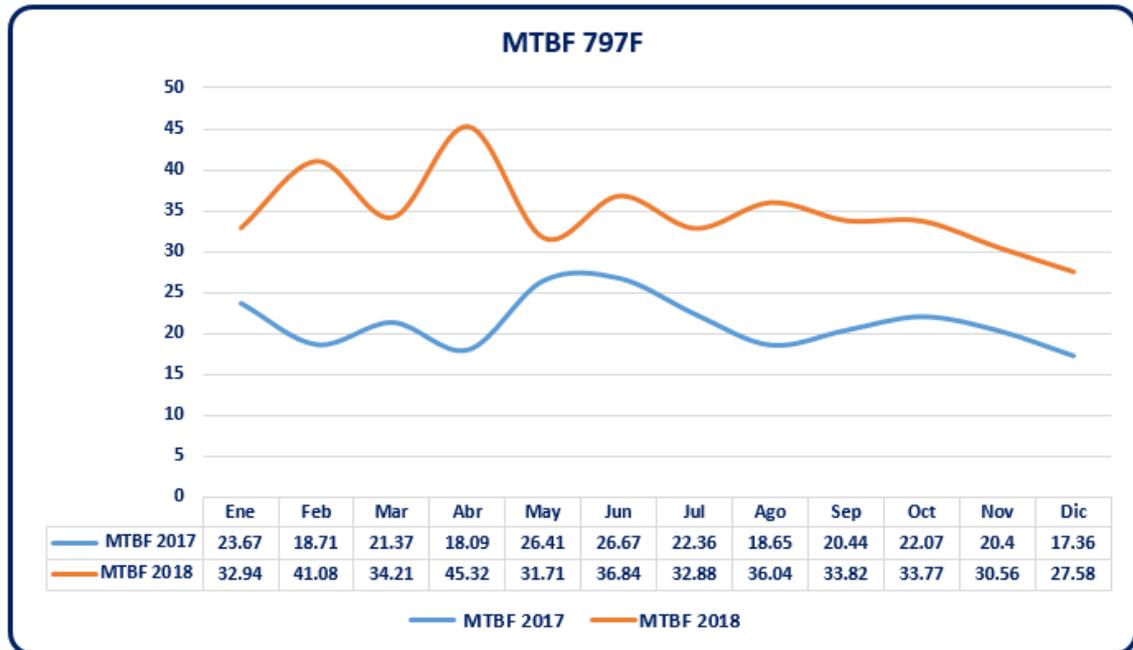
COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE	DESCRIPCION	RECURSO	FRECUENCIA
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de bomba de mando RAX	MECÁNICO	16,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de bomba de mando de enfriamiento de frenos	MECÁNICO	16,000
5050 HYDRAULIC SYSTEM	Cambio de bomba de levante	MECÁNICO	16,000
7200 SUSPENSION	Cambio de suspensión posterior	MECÁNICO	10,000
7200 SUSPENSION	Cambio de válvula de carga de suspensión delantera	MECÁNICO	8,800
7200 SUSPENSION	Cambio de links de suspensión	MECÁNICO	32,000
7200 SUSPENSION	Evaluación de Suspensiones Delanteras y posteriores	MECÁNICO	4,400
7200 SUSPENSION	Cambio de válvula de alivio de grasa de suspensiones delanteras	MECÁNICO	8,800
4050 FINAL DRIVE/PROPEL GEARBOX	Cambio de Suspensión delantera	MECÁNICO	14,000
7200 SUSPENSION	Verificar el torque de los pernos de los links de suspensión	MECÁNICO	4,400
7300 OPERATOR STATION	Cambio de compresor de aire acondicionado	ELECTRICO	7,000
7300 OPERATOR STATION	Cambio de secador de aire acondicionado	ELECTRICO	7,000
7300 OPERATOR STATION	Cambio de faja de aire acondicionado	ELECTRICO	3,575
7300 OPERATOR STATION	Inpección de aire acondicionado y calefacción (verificar correcto funcionamiento, velocidad de soplador de aire)	ELECTRICO	275
7300 OPERATOR STATION	Evaluación de fugas de cabina	ELECTRICO	2,200
7300 OPERATOR STATION	Cambio de blower de aire acondicionado	ELECTRICO	14,000
7300 OPERATOR STATION	Cambio de condensador de aire acondicionado	ELECTRICO	28,000
7300 OPERATOR STATION	Cambio de evaporador de aire acondicionado	ELECTRICO	28,000
7540 AUTOMATIC LUBRICATION SYSTEM	Cambio de bomba de lubricación	MECÁNICO	14,000
7050 FRAME	Calibración de PADs de Tolva	MECÁNICO	CONDICIÓN
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 1	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 2	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 3	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 4	CONTRATISTA	2,200

COMPONENT/SYSTEM/STRUCTURE	DESCRIPCION	RECURSO	FRECUENCIA
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 5	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 6	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 7	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección según Check List NDT 8	CONTRATISTA	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 1	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 2	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 3	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 4	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 5	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 6	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 7	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Mantenimiento según Check List PM 8	MECÁNICO	2,200
7500 PREVENTIVE MAINTENANCE/GREASE LUBRICATION	Inspección Pre PM	MECÁNICO	275
7050 FRAME	Cambio de aros de camión delanteros	MECÁNICO	25,000
7050 FRAME	Cambio de aros de camión posteriores	MECÁNICO	25,000

5.2. Resultados descriptivos

A continuación se muestra el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) antes y después de la propuesta.

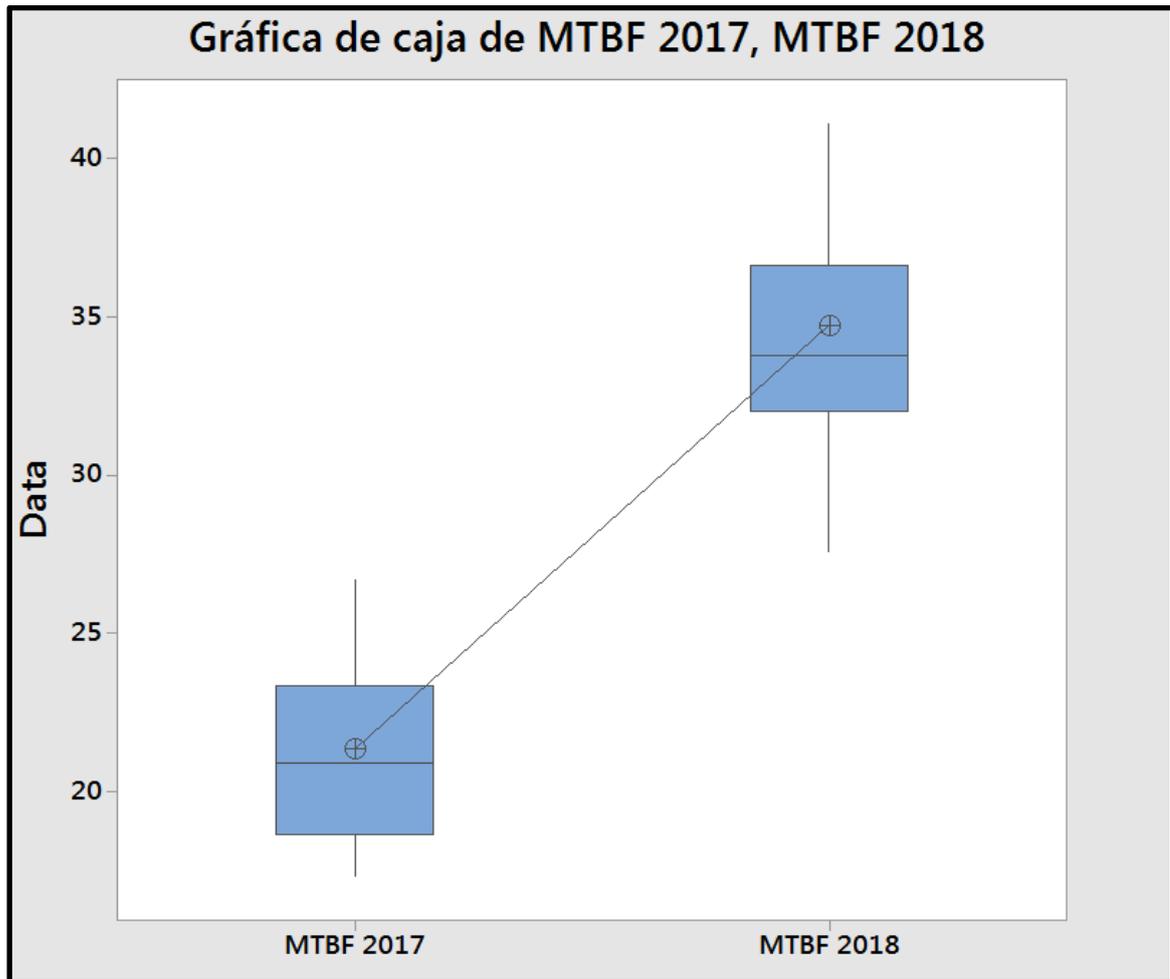
Figura 5-1 MTBF - Resultado 2017 - 2018



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5-1 se muestra el MTBF antes (2017) y después (2018) con una diferencia promedio de 13.37Hrs, lo cual representa el incremento de la confiabilidad de los camiones 797F luego de la propuesta “Plan de Mantenimiento Basado en el PMO”.

Figura 5-2 Gráfico de comparación de MTBF - Camiones 797F



Fuente: Elaboración Propia

En la grafica precedente se observa que la confiabilidad de los camiones de Flota 797F de Minera Chinalco se ha incrementado con la implementación del Plan de Mantenimiento Basado en el PMO.

5.3. Resultados Inferenciales

Debemos contrastar que los datos obtenidos de la confiabilidad (MTBF) de 2018 responden a un comportamiento no parametrico o parametrico, por lo tanto realizamos la prueba de normalidad.

Si $C_p \leq$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

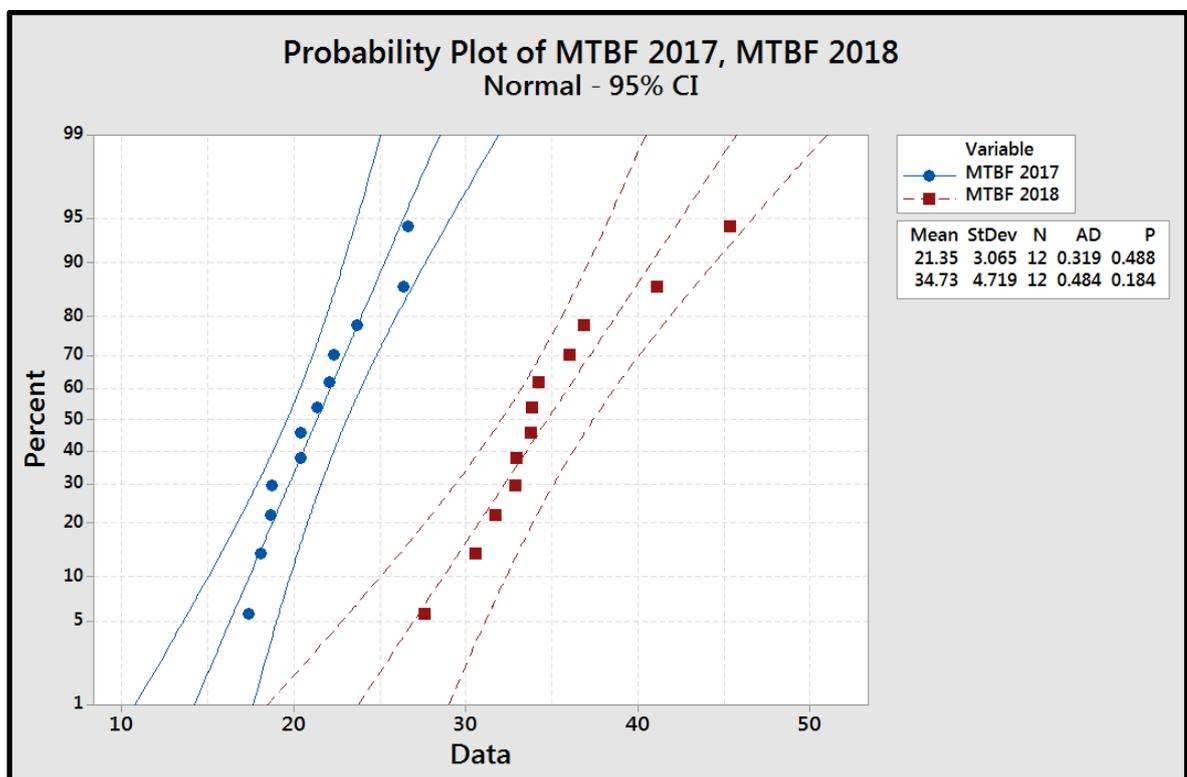
Si $C_p >$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

De acuerdo al gráfico adjunto del Minitab los datos tienen un comportamiento paramétrico:

P-Value 2017 = 0.319 > 0.05 => Comportamiento paramétrico.

P-Value 2018 = 0.484 > 0.05 => Comportamiento paramétrico.

Figura 5-3 Prueba de Normalidad de MTBF 2017-2018



Fuente: Elaboración Propia

El P-Value es mayor a 0.05, los datos del MTBF tienen un comportamiento normal, los datos serán analizados con el T-studen, debido a que los datos del MTBF 2017 y MTBF 2018 son normales.

Contrastación de la hipótesis general

Hipótesis Nula: H_0 = Si desarrollamos un Plan de Mantenimiento basado en el PMO no se incrementará la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú.

Hipótesis alternativa: H_g = Si desarrollamos un Plan de Mantenimiento basado en el PMO se incrementará la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú.

U_0 : Media de confiabilidad 2017

U_1 : Media de confiabilidad 2018

Regla de decisión:

$$H_0: U_0 \geq U_1$$

$$H_g: U_0 < U_1$$

Figura 5-4 Prueba T-Student

One-Sample T: MTBF 2017, MTBF 2018					
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
MTBF 2017	12	21.350	3.065	0.885	(19.402, 23.298)
MTBF 2018	12	34.73	4.72	1.36	(31.73, 37.73)

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5-4 se demuestra que la media del MTBF 2017 (21.350) es menor al MTBF 2018 (34.73) por lo que no se cumple con la $H_0: U_0 \geq U_1$, por lo que se rechaza la hipótesis nula:

Ho: Si desarrollamos un Plan de Mantenimiento basado en el PMO no se incrementaría la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú.

Y se acepta la hipótesis alterna:

Hg: Si desarrollamos un Plan de Mantenimiento basado en el PMO se incrementaría la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú.

5.4. Otro tipo de resultados

La optimizar el plan de Mantenimiento de los camiones 797F de la Minera Chinalco Perú, como efecto secundario se ha tenido los siguientes resultados.

Reducción de los eventos de seguridad debido a menor carga laboral del personal

Reducción de las horas extras del personal tecnico mecanico debido a menor carga laboral del personal.

Los costo de Mantenimiento se han reducido debido a la optimización del Plan de Mantenimiento.

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con el resultado

Los resultados obtenidos del desarrollo del Plan de Mantenimiento basado en el PMO nos demuestran que:

- Se incrementó el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), en el 2017 fue de 21.35 hrs y se incrementó a 34.73 Horas.
- Se incrementó la disponibilidad debido a que los camiones 797F tuvieron menos paradas por fallas en el periodo 2018.
- Como consecuencia del incremento de la confiabilidad de los camiones 797F, se tuvo mayor disponibilidad de los camiones y por lo tanto mayor movimiento de mineral con lo cual se incrementó la producción de cobre fino.
- Como consecuencia del incremento de la confiabilidad de los camiones 797F, se tuvieron menores paradas con respecto al periodo anterior por lo tanto se redujeron las Horas extras del personal técnico mecánico/electricista, menor costo de personal.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Se evidencia en la figura 5-1: MTBF - Resultado 2017 – 2018, el incremento de la confiabilidad de la flota 797F de Minera Chinalco. En la referencia, (Villacís, 2017), **“OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO (PMO) DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CUYABENO BLOQUE 58”**. Trabajo de Grado de Magister. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE

CHIMBORAZO, Se han analizado los índices de Confiabilidad, Disponibilidad y mantenibilidad, logrando mejorar estos, aplicando la metodología PMO. Esto quiere decir que la Implementación de la Metodología PMO realizada de forma adecuada siguiendo los 9 pasos se tiene mejora en la confiabilidad de los equipos, al ser más confiable los equipos como consecuencia se obtienen mayor disponibilidad.

Se evidencia en la figura 5-1: MTBF - Resultado 2017 – 2018, el incremento de la confiabilidad de la flota 797F de Minera Chinalco. En la referencia, (Palomares, 2015) **“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) AL SISTEMA DE IZAJE MINERAL, DE LA COMPAÑÍA MINERA MILPO, UNIDAD – EL PORVENIR ”**. Trabajo de Grado de Magister. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, se obtuvo el incremento de la confiabilidad de 78.69 Hrs a 139.88 Hrs (2012) y como consecuencia se tuvo incremento de la disponibilidad. Esto quiere decir que la mejora de la confiabilidad de los equipos representa una mejora en la gestión de mantenimiento, nuevamente al incrementar la confiabilidad como consecuencia se incrementa la disponibilidad de los equipos.

6.3. Responsabilidad ético de acuerdo al reglamento vigente

Yo Noel Maldonado Aymachoque con DNI N° 40349922, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también como juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

VII CONCLUSIONES

Luego de la implementación de la Optimización de Planes de mantenimiento (PMO) en la Flota de Camiones 797F de la empresa Minera Chinalco Perú, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Quedo determinado que la implementación del mantenimiento por la metodología del PMO en la flota 797F, mejoro la confiabilidad de la flota – Tiempo medio entre fallas de 21.35 hrs y se incrementó a 34.73 Horas.
- Se comprobó al desarrollar del FMA (failure Mode Analysis) del Plan de Mantenimiento de los camiones 797F se identificó las tareas alineadas al incremento de la confiabilidad
- Al actualizar el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión de Mantenimiento SAP PM se obtuvo un plan de Mantenimiento optimizado.
- Se demostró, si ejecutamos los trabajos de los camiones 797F del Plan de Mantenimiento basado en el PMO se cumplió con los trabajos programados.
- Adicionalmente, la implementación del mantenimiento por la metodología del PMO en la flota 797F, al optimizar las tareas de mantenimiento se elimina las tareas duplicadas y tareas que atacan el mismo modo de falla, como consecuencias la carga laboral del personal de camiones se reduce.

VIII RECOMENDACIONES

Considerando que el plan de mantenimiento basado en el PMO solo se realiza en la flota de camiones 797F Caterpillar, la empresa debería aplicara el plan de mantenimiento basado en el PMO en las otras flotas del área de mantenimiento: Palas 7495, cargadores LT2230, Perforadoras PIV351, Camiones 777F, Camiones 777G, Cisternas 777F, Cisternas 777G y otros.

Asegurar los cumplimientos del Plan de Mantenimiento de los camiones 797F con la finalidad que el incremento del MTBF sea sostenible en el tiempo.

El contexto operacional de la mina cambia debido a las temporada de lluvias debemos personalizar los planes de mantenimiento de acuerdo a dicha temporada, ya que en algunos componentes se acelera su desgaste como por ejemplo los neumáticos, suspensiones delanteras, suspensiones posteriores, link de dirección, mandos finales y otros.

Mejorar el sistema de gestión SAP PM para evitar la duplicidad de Órdenes de Trabajos de actividades planificados o en proceso de ser programados.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carrasco, Sergio. 2007. *Metodología de la investigación científica.* Peru : Editorial San Marcos, 2007. 9789972383441.

Hernandez, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María. 2010. *Metodología de la Investigación.* Mexico : McGRAW-HILL, 2010. 9786071502919.

Higgins y Wikoff. 2008. *Maintenance Engineering Handbook.* United States of America : s.n., 2008. 978-0071546461.

Levitt y Joel. 2009. *The Handbook of Maintenance Management.* United States of America : s.n., 2009. 978-0-8311-3389-4.

Mestas, Derly Andrés. 2018. *MODELO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA EQUIPOS DE ELECTROFORESIS CAPILAR DE HOSPITALES DE LIMA.* Universidad del Callao, Callao : 2018.

Moubray, Jhon. 2000. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* Argentina : Edición español 2000, 2000. 09539603-2-3.

Palomares, Elvis David. 2015. *IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) AL SISTEMA DE IZAJE MINERAL, DE LA COMPAÑÍA MINERA MILPO, UNIDAD - EL PORVENIR.* Universidad Nacional de Ingeniería, Perú : 2015.

Urrego, Juan Sebastián. 2017. *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE LA LÍNEA DE*

PERFORACIÓN DE LA EMPRESA CIMENTACIONES DE COLOMBIA LTDA.

Universidad Santo Tomas, Colombia : 2017.

Villacís, Milton Eliecer. 2017. *OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO (PMO) DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CUYABENO BLOQUE 58.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador : 2017.

Villacrés, Sergio Raúl. 2016. *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador : 2016.

Villacrez, Richard Giancarlo. 2016. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA CINEPLANET S.A.* Universidad Nacional de Ingeniería, Peru : 2016.

Wireman, Terry. 2003. *Maintenance Management and Regulatory Compliance Strategies.* United States of America : s.n., 2003. 978-0831131272.

X REFERENCIAS WEB

https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/18093014.html

<https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

<http://www.mch.cl/informes-tecnicos/camiones-mineros-gigantes-en-tamano-y-relevancia/>

<https://es.slideshare.net/BladimirCapquequiChaia/327116222-camionesmineros>

<http://www.rumbominero.com/revista/informes/mantenimiento-de-maquinarias-y-equipos/>

https://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks/18093014.html

<https://maintenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

<https://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>

XI ANEXOS

11.1. Ficha técnica de camión 797F

Camión Minero

797F





Motor		Pesos: aproximados	
Modelo del motor	Cat® C175-20	Peso bruto de la máquina en orden de trabajo (GMW)	623.690 kg 1.375.000 lb
Potencia bruta: SAE J1995	2.983 kW 4.000 hp	Especificaciones de operación	
Potencia neta: SAE J1349	2.628 kW 3.793 hp	Capacidad de carga útil nominal	363 tons métricas 400 tons EE.UU.

Especificaciones del Camión Minero 797F

Motor

Modelo del motor	Cat C175-20	
Potencia bruta: SAE J1995	2.983 kW	4.000 hp
Potencia neta: SAE J1349	2.828 kW	3.793 hp
Calibre	175 mm	6,9"
Carrera	220 mm	8,7"
Cilindrada	106 L	6.469 pulg ³

- Las clasificaciones de potencia se aplican a 1.750 rpm cuando se prueban según las condiciones indicadas para la norma especificada.
- Las clasificaciones están basadas en la norma SAE J1995 sobre las condiciones del aire a 25 °C (77 °F) y 99 kPa (29,32 Hg) de presión barométrica. La potencia está basada en el combustible con una densidad API de 35 a 16 °C (69 °F) y un poder calorífico de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) con el motor a 30 °C (38 °F).
- No se requiere una reducción de potencia del motor en una configuración de baja altitud (LAA) hasta 2.134 m (7.000').
- No se requiere reducción de potencia del motor en una configuración de altitud elevada (HAA) hasta 4.877 m (16.000').
- Cumple con los requisitos de la EPA. Según corresponda, el Motor Cat C175-20 cumple con los requisitos sobre emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Pesos: aproximados

Peso bruto de la máquina en orden de trabajo (GMW)	623.690 kg	1.375.000 lb
Gama de los pesos de las cajas	41.368 a 61.235 kg	91.200 a 135.000 lb
Gama de los pesos del chasis	210.630 a 219.146 kg	464.359 a 483.134 lb

- Consulte la política de carga útil 10/10/20 para camiones mineros Cat para obtener información sobre las limitaciones del peso bruto máximo de la máquina.
- El peso de la caja varía de acuerdo con la configuración de la caja y el revestimiento. Gama de pesos para las aplicaciones conocidas.
- Peso del chasis con el tanque lleno, grupo de montaje y elevación de la caja, llantas y neumáticos.

Especificaciones de operación

Capacidad de carga útil nominal	363 tons métricas	400 tons EE.UU.
Capacidad colmada SAE (2:1)	240-267 m ³	314-350 yd ³
Velocidad máxima: cargado	67,6 km/h	42 mph
Ángulo de dirección	40 grados	
Diámetro de giro de espacio libre de la máquina	42 m	138'

Mandos finales

Relación diferencial	1,276:1
Relación planetaria	16,67:1
Relación de reducción total	21,26:1

- Planetario de doble reducción con ejes totalmente libres.

Transmisión

Avance 1	11,3 km/h	7 mph
Avance 2	15,2 km/h	9,5 mph
Avance 3	20,5 km/h	12,7 mph
Avance 4	27,7 km/h	17,2 mph
Avance 5	37,2 km/h	23,1 mph
Avance 6	50,3 km/h	31,2 mph
Avance 7	67,6 km/h	42 mph
Retroceso	11,9 km/h	7,4 mph

Suspensión

Carrera efectiva del cilindro: delantera	313,6 mm	12,3"
Carrera efectiva del cilindro: trasera	165,1 mm	6,5"
Oscilación del eje trasero	±4,0 grados	

Dispositivos de levantamiento de cajas

Flujo de la bomba: velocidad alta en vacío	1.200 L/min	317 gal EE.UU./min
Configuración de la válvula de alivio de levantamiento	24.200 kPa	3.510 lb/pulg ²
Tiempo de levantamiento de la caja a velocidad alta en vacío	25 segundos	
Tiempo de bajada de la caja: posición libre	19 segundos	

Frenos

Cantidad de discos por lado: delantero	10	
Cantidad de discos por lado: trasero	15	
Diámetro exterior	1.067 mm	42"
Superficie de freno	330.517 cm ²	51.243 pulg ²
Normas	J-ISO 3450 JAN88, ISO 3450-1996	

Especificaciones del Camión Minero 797F

Pesos aproximados: MSD II

Eje delantero vacío	47,2 %
Eje delantero cargado	33,3 %
Eje trasero vacío	52,8 %
Eje trasero cargado	66,7 %

Distribuciones aproximadas del peso

Eje delantero vacío	47,2 %
Eje trasero vacío	52,8 %
Eje delantero cargado	33,3 %
Eje trasero cargado	66,7 %

Capacidad – MSD II – factor de llenado del 100 %

A ras	188-213 m ³	246-290 yd ³
Colmada (SAE 2:1)	240-267 m ³	314-350 yd ³

- Consulte con su distribuidor Cat local para obtener recomendaciones acerca de la caja del camión.

Capacidades de llenado de servicio

Tanque de combustible	3.785 L	1.000 gal EE.UU.
Sistema de enfriamiento	1.160 L	306 gal EE.UU.
Cárter	319 L	84 gal EE.UU.
Ruedas delanteras, cada una	61 L	16 gal EE.UU.
Mandos finales, cada una	185 L	49 gal EE.UU.
Diferenciales	1.176 L	311 gal EE.UU.
Tanque de dirección	254 L	67 gal EE.UU.
Sistema de dirección (incluye tanque)	355 L	94 gal EE.UU.
Tuberías hidráulicas de frenos/ dispositivo de levantamiento	830 L	219 gal EE.UU.
Sistema de frenos/dispositivo de levantamiento (incluye tanque)	1.600 L	441 gal EE.UU.
Tanque con frenos/dispositivo de levantamiento	770 L	203 gal EE.UU.
Sumidero del convertidor de par	303 L	80 gal EE.UU.
Convertidor de par/sistema de transmisión (incluye sumidero)	629 L	166 gal EE.UU.

Neumáticos

Neumático 59/80R63: Michelin o Bridgestone

- La capacidad de producción del 797F es tal que, en determinadas condiciones de trabajo, podría exceder la capacidad de los neumáticos estándar u optativos en TKPH (TMPH) y, por lo tanto, limitaría la producción.

ROPS

Normas de ROPS

- La Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS) para la cabina que ofrece Caterpillar cumple con los criterios la norma ISO 3471:2008 de la ROPS.
- La FOPS (Estructura de Protección Contra la Caída de Objetos) cumple con las normas ISO 3449:1992 Nivel II FOPS.

Sonido

Normas de sonido

- El nivel de presión de sonido del operador medido de acuerdo con los procedimientos del ciclo de trabajo especificados en las normas ISO 6394 y 6396 es de 76 dB(A) para la cabina que ofrece Caterpillar, cuando esta se instala y mantiene correctamente, y se prueba con puertas y ventanas cerradas.
- Es posible que se necesite protección auditiva cuando se trabaje durante mucho tiempo en una estación del operador y una cabina abierta (si no cuentan con el mantenimiento correcto o tienen las puertas/ventanas abiertas), o en un entorno ruidoso.

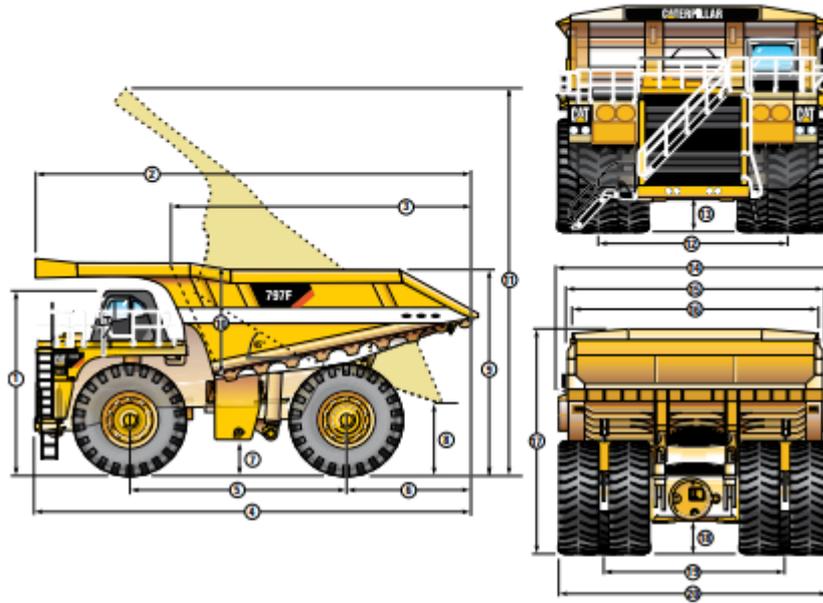
Dirección

Normas de dirección SAE J1511 OCT90, ISO 5010:1992

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

Las dimensiones corresponden a la caja estándar 290-6420.



1	Altura hasta la parte superior de la ROPS: vacío	6.526 mm	21' 5"
2	Longitud total de la caja	14.802 mm	48' 7"
3	Longitud interior de la caja	9.976 mm	32' 9"
4	Longitud total	15.080 mm	49' 6"
5	Distancia entre ejes	7.195 mm	23' 7"
6	Eje trasero a la cola	3.944 mm	12' 11"
7	Espacio libre sobre el suelo con carga	786 mm	2' 7"
8	Espacio libre de descarga	2.017 mm	6' 7"
9	Altura de carga: vacío	6.998 mm	23' 0"
10	Profundidad interior de la caja: máxima	3.363 mm	11' 0"
11	Altura total: caja levantada	15.701 mm	51' 6"
12	Ancho del neumático delantero de la línea de centro	6.534 mm	21' 5"
13	Espacio libre del protector del motor: cargado	1.025 mm	3' 4"
14	Ancho exterior de la caja	9.755 mm	32' 0"
15	Ancho total del techo	9.116 mm	29' 11"
16	Ancho interior de la caja	8.513 mm	27' 11"
17	Altura del techo delantero: vacío	7.709 mm	25' 4"
18	Espacio libre del eje trasero: cargado	947 mm	3' 1"
19	Ancho del neumático doble trasero de la línea de centro	6.233 mm	20' 5"
20	Ancho total entre neumáticos	9.529 mm	31' 3"

11.2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	METODOLOGÍA
Problema General ¿Cómo la implementación del Plan de mantenimiento basado en el PMO permite incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de Minera Chinalco Perú?	Objetivo General: Implementar el Plan de mantenimiento basado en el PMO que permite incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 797F de Minera Chinalco Perú.	HIPOTESÍS PRINCIPAL Si implementamos un Plan de Mantenimiento basado en el PMO se incrementará la confiabilidad de la flota de camiones 797F de la minera Chinalco Perú	VARIABLE IND Plan de Mantenimiento basado en el PMO	Análisis Modo de Fallas	Análisis Modo de Falla	Si/No	Tipo: Aplicado Método: Cuantitativo Diseño: Experimental Población: Flota de camiones 797F Muestra: 29 Camiones Técnicas: Observación y medición del participante Instrumento: Ficha de observación de datos
				Hojas de Rutas en SAP	Qtd de Hojas de Rutas	Und	
				Planes de Mantenimiento en SAP	Cumplimiento del Plan de Mantenimiento	%	
				Carga Laboral	Carga Laboral	%	
				Costos de Plan	Ahorro de Costos	%	
Problemas Específicos ¿Cómo Desarrollar el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar?	Objetivos Específicos: Desarrollar el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar	HIPOTESÍS ESPECIFICAS Si desarrollamos el FMA (Failure Mode Analysis) del plan de mantenimiento actual de los camiones 797F Caterpillar se podrá identificar las tareas alineadas al incremento de la confiabilidad.	VARIABLE DEP Confiabilidad de camiones 797F	Paradas por Fallas	Qtd de Hojas de Rutas	Und	
				Horas Inoperativas de equipo	Qtd de Horas Inoperativas de equipo	Und	
				Tiempo medio entre fallas	MTBF	Und	
¿Cómo actualizar el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM?	Actualizar el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM	Si actualizamos el plan de mantenimiento de la flota de camiones en el sistema de gestión SAP PM se podrá tener un plan de mantenimiento optimizado		Tiempo medio de reparación	MTTR	Und	
¿Cómo ejecutar los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO?	Ejecutar los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO.	Si ejecutamos los trabajos de los camiones 797F Caterpillar del Plan de Mantenimiento basado en el PMO se podrá cumplir con los trabajos programados.					

11.3. Instrumentación de recolección de datos

SAP PM (Plant Maintenance), se exportará el listado de tareas de los camiones 797F, mediante la transacción IH10.

Lista hojas de ruta (var.niveles): lista hojas de ruta p.PM			
797F_ME 6 CAM			
0010 CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 2			
90015519	ACCUMULATOR GP;4511068;CAT		1
90091387	CLAMP;4589901;CAT		2
90061840	ADAPTER;8C3051;CAT		1
90007006	SEAL;2385084;CAT		2
90004299	WASHER;7X7729;CAT		4
90003101	BOLT;8T4136;CAT		4
797F_ME 7 CAM			
0010 CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 3			
90015519	ACCUMULATOR GP;4511068;CAT		1
90091387	CLAMP;4589901;CAT		2
90061840	ADAPTER;8C3051;CAT		1
90007006	SEAL;2385084;CAT		2
90004299	WASHER;7X7729;CAT		4
90003101	BOLT;8T4136;CAT		4
797F_ME 8 CAM			
0010 CAMBIO DE ACUMULADOR DE FRENO 4			
90015519	ACCUMULATOR GP;4511068;CAT		1
90091387	CLAMP;4589901;CAT		2
90061840	ADAPTER;8C3051;CAT		1
90007006	SEAL;2385084;CAT		2
90004299	WASHER;7X7729;CAT		4
90003101	BOLT;8T4136;CAT		4
797F_ME 9 CAM			
0010 CAMBIO DE AFTERCOOLER LH			
90109643	AFTERCOOLER GP-A;5139307;CAT		1
90057651	SUPPORT;7E9182;CAT		2
90082179	CAP;4256828;CAT		2
90059412	STABILIZER;2881652;CAT		2
90004314	WASHER-HARD;1984778;CAT		12
90004340	WASHER-HARD;5P1076;CAT		48
90004320	WASHER-HARD ;7X0583;CAT		8
90008010	WASHER-HARD ;7X0605;CAT		6
90004299	WASHER;7X7729;CAT		60
90057685	MOUNT;8N7257;CAT		2

Minestar, se exportará el MTBF y el MTTR de la flota de camiones 797F.

Mina			Physical Availability	Mechanical Availability	Utilization	Effective Utilization	Operating Time (hr)	Delays Time (hr)	Stand By Time (hr)	Available Time (hr)	MTBF	MTTR	MTBS	Down Time (hr)	Down Events	Failure Events	%P Hours	%P Events
Loading	Pala CAT 7495	PL001	84,5%	85,1%	81,9%	81,9%	7.288,1	1.222,97	117,69	7.403,79	19,43	2,11	11,51	1.358,21	843	381	86,1%	40,7%
		PL002	87,4%	87,5%	84,6%	84,6%	7.522	1.043,09	137,08	7.659,08	14,45	1,28	8,92	1.100,9	859	530	82,9%	38,3%
		PL003	90,2%	90,5%	84,6%	84,6%	7.758,65	1.071,83	145,33	7.903,97	22,45	1,34	12,37	856,03	639	352	55,2%	44,9%
	Cargador LT 2350	CD101	69,7%	69,7%	69,8%	69,8%	4.962,42	704,62	1.141,49	6.103,91	14,89	4,85	11,14	2.656,09	548	410	26,5%	25,2%
		CD102	79,3%	80,5%	80,5%	80,5%	6.043,36	781,21	496,18	6.539,54	29,06	3,74	14,34	1.703,84	456	225	35,2%	50,7%
		CD103	99,4%	99,4%	99,1%	99,1%	1.956,48	2,37	15,57	1.972,05	1.972,05	5,45	988,03	10,91	2	1	96,5%	50,0%
	Cargador CAT 992K	CD201	82,0%	82,2%	79,4%	79,4%	6.725,55	1.022,54	457,99	7.183,53	84,51	7,51	34,21	1.576,47	210	85	37,8%	59,5%
Hauling	Camion CAT 797F	CM101	75,8%	76,3%	77,9%	77,9%	6.075,2	903,85	560,54	6.635,74	31,80	7,64	23,87	2.124,26	278	210	52,6%	24,5%
		CM102	71,0%	75,7%	77,8%	77,8%	5.721,02	880,08	500,83	6.221,85	29,91	9,39	23,04	2.536,3	270	208	54,3%	23,0%
		CM103	76,1%	76,3%	77,6%	77,6%	6.113,89	941,24	554,16	6.668,05	33,17	7,83	24,34	2.091,95	274	201	45,0%	26,6%
		CM104	88,8%	89,3%	78,4%	78,4%	7.156,21	1.072,29	607,59	7.783,8	58,37	4,71	36,82	998,1	212	133	56,1%	37,3%
		CM105	85,5%	85,9%	78,9%	78,9%	6.916,82	1.007,32	570,14	7.486,77	51,99	5,44	31,99	1.273,23	234	144	48,8%	38,5%
		CM106	76,6%	77,4%	78,2%	78,2%	6.182,71	914,61	551,41	6.714,12	29,97	6,41	21,05	2.045,88	319	224	51,1%	29,8%
		CM107	75,1%	75,5%	78,8%	78,8%	6.071,49	889,06	506,34	6.577,83	36,75	8,23	24,82	2.182,17	265	179	54,0%	32,5%
		CM108	75,4%	75,6%	79,9%	79,9%	6.151,34	874,83	451,35	6.602,68	47,16	9,81	30,01	2.157,32	220	140	43,8%	36,4%
		CM109	70,6%	70,7%	76,8%	76,8%	5.622,48	870,77	563,06	6.185,54	33,44	9,33	22,41	2.574,46	276	185	36,6%	33,0%
		CM110	79,9%	83,4%	79,4%	79,4%	6.519,12	963,21	478,24	6.997,36	33,48	5,80	23,02	1.782,64	304	209	45,9%	31,3%
		CM111	67,3%	68,5%	77,3%	77,3%	5.339,64	784,86	555,67	5.895,51	27,42	10,19	20,98	2.884,49	281	215	19,0%	23,5%
		CM112	78,8%	79,9%	80,0%	80,0%	6.415,87	892,28	489,65	6.905,52	34,53	6,14	22,87	1.854,48	302	200	56,4%	33,8%
		CM113	77,6%	77,8%	78,6%	78,6%	6.204,72	866,58	585,56	6.790,57	32,34	6,97	24,17	1.958,81	281	210	51,0%	25,3%
		CM114	78,9%	79,4%	77,6%	77,6%	6.279,51	912,87	635,35	6.914,86	33,90	6,15	23,05	1.845,14	300	204	51,2%	32,0%
		CM115	66,3%	67,2%	78,4%	78,4%	5.341,83	789,14	486,29	5.807,92	34,16	12,15	23,90	2.952,08	243	170	15,3%	30,0%
		CM116	82,5%	82,6%	77,2%	77,2%	6.580,57	1.002,65	643,8	7.224,37	31,41	4,92	23,16	1.535,83	312	230	57,2%	28,3%

11.4. Validación de expertos

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: Chicoma Campos Luis Miguel
 1.2 Cargo e Institución donde labora: Planificación Zonamientos Municipalidad de Miraflores
 1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: Ministerio
 1.4 Autor del Instrumento: Maldonado Ayzaacayue Noel

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Buena 41-60 %	Muy buena 61-80 %	Excelente 81-100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado				75%	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en concuctas observables				75%	
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de ciencia y tecnología					90%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					90%
5. SUFFICIENCIA	Cubre los aspectos de cantidad y calidad				80%	
5. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognitivas					85%
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos técnicos - científicos de la Tecnología Educativa				80%	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					85%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80%	

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 82.2%

Chicoma
Luis Chicoma Campos

Lima, 27 de Marzo del 2019



CENTRUM

GRADUATE BUSINESS SCHOOL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....
.....
.....
.....

Luis Chicoma C. 
Nombre y Firma

Fecha: 22 / 03 / 2019



GRADUATE BUSINESS SCHOOL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: Luis Miguel Chicoma Campos
Especialidad: Ingeniería Industrial y de Sistemas
Fecha: 22/03/2019

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:
..... Esta conforme. tiene las principales variables para
..... desarrollar lo cuantitativamente
.....

2. CONTENIDO:
..... Abarca las principales dimensiones para cada Variable
.....

3. ESTRUCTURA:
..... Es aplicable
.....

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

..... la conclusión debe contener en cuánto mejorará aprox. la
..... rentabilidad con el plan propuesto
.....

Luego, de revisado el documento procede a su aprobación.

SI

Nombre y Firma

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del Experto: *Martínez Herrera María del Rosario*
 1.2 Cargo e Institución donde labora: *Minera Chuqapu Fevi - Campesador*
 1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: *Minestar*
 1.4 Autor del Instrumento: *Noel Maldonado*

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Bueno 41-60 %	Muy bueno 61-80 %	Excelente 81-100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado					85%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables				80%	
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología					82%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				80%	
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					87%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognitivas					85%
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos científicos de la Tecnología Educativa					85%
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones					85%
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85%

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 83,7%

Lima, *22* de *Mayo* del 2019



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: *Maria del Rosario Martinez Herrera*
Especialidad: *Administración Comercial*
Fecha: *22/03/19*

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:

Esia completo y buena estructura que aporta a un adecuado analisis y conclusion optima

2. CONTENIDO:

Completo, rico en informacion

3. ESTRUCTURA:

*Correcta para el analisis, estudio y conclusion al problema
..coherencia a lineado a las objetivos ..establecidas*

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....
.....

Luego, de revisado el documento procede a su aprobacion.

SI

Maria del Rosario Martinez Herrera
Nombre y firma

*Maria del Rosario
Martinez*

DNI 45181821



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los items están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de items es el adecuado?	X		
8	¿Los items del instrumento son validos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de items?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos items?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....

Maria Martinez
 Nombre y Firma

Maria Martinez
 DNI 45181821

Fecha: 29/03/19..

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres del Experto: MAGO, CARLOS ENRIQUE
 1.2 Cargo e Institución donde labora: MANIPULADOR MANTO MINA
 1.3 Nombre del instrumento motivo de Evaluación: MINESTAR
 1.4 Autor del Instrumento: MALDONADO, RIMACURUY, HERRERA, KOLANOWSKI

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40 %	Bueno 41-60 %	Muy bueno 61-80 %	Excelente 81-100 %
1. CLARIDAD	Esta formulada con lenguaje apropiado				80%	
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables				78%	
3. ACTUALIDAD	Adecuado el alcance de ciencia y tecnología				78%	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					85%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				80%	
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y desarrollo de capacidades cognoscitivas				80%	
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos - científicos de la Tecnología Educativa				80%	
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones				80%	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80%	

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%


 CARLOS MAGO S.
 41098529

Lima, 18 de MARZO del 2019



PUCP

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

ITEMS	PREGUNTA	APRECIACIÓN		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento responde al planteamiento del problema?	X		
2	¿El instrumento responde a los objetivos del problema?	X		
3	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?	X		
4	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?	X		
5	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?	X		
6	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?	X		
7	¿El número de ítems es el adecuado?	X		
8	¿Los ítems del instrumento son válidos?	X		
9	¿Se debe incrementar el número de ítems?		X	
10	¿Se debe eliminar algunos ítems?		X	

Aportes y/o sugerencias:

.....
.....
.....
.....

Carlos Pineda S.

Nombre y Firma

41098529

Fecha: 18 / 03 / 19



PUCP

VALIDACIÓN DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

Nombre: *CARLOS ENRIQUE MAGO BARROZA*
Especialidad: *INGENIERIA MELANOMATOLOGIA*
Fecha: *18/03/2015*

II. OBSERVACIONES EN CUENTA A:

1. FORMA:

..... *Esta bien estructurada*
.....
.....

2. CONTENIDO:

..... *El número de ítems está bien delimitado*
.....

3. ESTRUCTURA:

..... *Es aplicable*
.....

III. APORTES Y/O SUGERENCIAS:

..... *El contenido de ítems corresponde a los indicadores*
.....

Luego, de revisado el documento procede a su aprobación.

SI

CARLOS MAGO B.
Nombre y Firma

41098529