

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“Mejora del Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo
del Cargador Frontal WA380-6 Komatsu para Construcción.
Sede Pucusana”


INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

JOSE MANUEL ANTON ECHE

Callao, 2021

PERÚ


JOSE MANUEL ANTON ECHE
47070262


MSC. ING. PABLO MAMANI CALLA

CIP 32638

(Resolución N°063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

**ACTA N° 045 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL II CICLO TALLER
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 093 ACTA N° 045 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 17 días del mes de Julio del año 2021, siendo las 13:03 horas, se reunieron, en la Sala Meet, <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, el JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL para la obtención del Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- | | |
|--|--------------------|
| ▪ Dr. José Hugo Tezén Campos | :Presidente |
| ▪ Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci | :Secretario |
| ▪ Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez | :Vocal |
| ▪ Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias | :Suplente |

Se dio inicio al acto de exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **ANTON ECHE JOSE MANUEL**, quien, habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el Informe Titulado: **"MEJORA DEL PLAN DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CARGADOR FRONTAL WA380-6 KOMATSU PARA CONSTRUCCIÓN. SEDE PUCUSANA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **Aprobado** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **17 (Diecisiete)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrado la Sesión a las **13:30** horas del día **17** de **Julio** del **2021**.



Dr. José Hugo Tezén Campos
Presidente de Jurado



Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
Secretario de Jurado



Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal



Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias
Suplente

DEDICATORIA

Este informe está dedicado a mis padres, hermanos y a mi novia por el apoyo incondicional, muchos de mis logros se los debo a ellos, siempre me motivaron para alcanzar mis anhelos.

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, por compartir sus conocimientos.

A la excelente calidad de profesionales que contribuyeron en la realización de este informe.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
I. ASPECTOS GENERALES	8
1.1 OBJETIVOS	8
1.1.1 Objetivo General	8
1.1.2 Objetivo Especifico	8
1.2 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	9
1.2.1 Antecedentes Históricos	9
1.2.2 Filosofía Empresarial	10
1.2.3 Estructura Organizacional.....	12
II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA LABORAL	15
2.1 MARCO TEÓRICO	15
2.1.1 Bases Teóricas	18
2.1.2 Aspectos Normativos	28
2.1.3 Simbología Técnica	28
2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	31
2.2.1 Etapas de las Actividades.....	32
2.2.2 Diagrama de Flujo.....	34
2.2.3 Cronograma de Actividades.....	34
III. APORTES REALIZADOS	39
3.1 PLANIFICACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS ETAPAS.....	39
3.1.1 ETAPA 1: Ingeniería Preliminar	39
3.1.2 Etapa 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6	46
3.1.3 Etapa 3: Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo mejorado	53
3.1.4 Etapa 4: Evaluación Económica del plan de mantenimiento mejorado.....	60
3.2 EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO	66
3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	67
IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES	68
4.1 DISCUSIÓN.....	68
4.2 CONCLUSIONES.....	69
V. RECOMENDACIONES	70
VI. BIBLIOGRAFIA	71
ANEXOS	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Komatsu A Nivel Mundial.....	9
Figura 1-2: Organigrama De La Empresa Komatsu Mitsui.....	13
Figura 1-3: Organigrama De Áreas Incluidas En El Desarrollo Del Proyecto.....	14
Figura 2-1: Diagrama De Flujo De Las Etapas.....	34
Figura 3-1: Nomenclatura Del Cargador Frontal Komatsu	40
Figura 3-2: Componentes Del Tren De Potencia Del Cargador Frontal	41
Figura 3-3: Nomenclatura Del Motor Komatsu	43
Figura 3-4: Cantidad De Cargadores Por Modelo A Nivel Nacional	44
Figura 3-5: Fallas Según El Sistema Del Cargador Frontal	51
Figura 3-6: Comparativo De Fallas Pre Y Post Mejora	61
Figura 3-7: Comparativo Del Cph Del Mantenimiento Pre Y Post Mejora	66

INDICE DE TABLAS

tabla 2-1: Cronograma De Actividades.....	35
Tabla 2-2: Cronograma De Actividades	36
Tabla 2-3: Cronograma De Actividades	37
Tabla 2-4: Cronograma De Actividades	38
Tabla 3-1: Listado De Filtros Para El Cargador Frontal.....	47
Tabla 3-2: Capacidad De Relleno De Los Lubricantes Del Wa380-6	48
Tabla 3-3: Según Contenido De Azufre En El Combustible	49
Tabla 3-4: Cartilla De Mantenimiento Preventivo Anterior	50
Tabla 3-5: Listado De Fallas Mas Recurrentes En El Sistema Del Motor.	52
Tabla 3-6: Cartilla De Mantenimiento Preventivo Mejorado Del Wa380-6	55
Tabla 3-7: Presupuesto De Un Mantenimiento De 250 Horas.....	56
Tabla 3-8: Presupuesto De Un Mantenimiento De 500 Horas.....	57
Tabla 3-9: Presupuesto De Un Mantenimiento De 1000 Horas.....	57
Tabla 3-10: Presupuesto De Un Mantenimiento De 2000 Horas.....	58
Tabla 3-11: Presupuesto De Un Mantenimiento De 4000 Horas.....	58
Tabla 3-12: Presupuesto De Un Mantenimiento Hasta Las 12 600 Horas	59
Tabla 3-13: Presupuesto De Mantenimiento Anterior Hasta Las 12 600 Horas	62
Tabla 3-14: Tbo Útil De Los Componentes Críticos Del Motor Antes De La Mejora	63
Tabla 3-15: Tbo De Los Componentes Críticos Del Motor Post Mejora	64
Tabla 3-16: Tv Del Wa380-6 A Una Proyección De 3 Años Antes De La Mejora.....	65
Tabla 3-17: Tv Del Cargador Wa380-6 A Una Proyección De 5 Años Post Mejora	65
Tabla 3-18: Cuadro Comparativo Del Cph Del Mantenimiento Pre Y Post Mejora	66
Tabla 3-19: Cuadro Comparativo Del Cph De La Tarifa Variable Pre Y Post Mejora	67

RESUMEN

En el siguiente trabajo de Suficiencia Profesional se realiza el mejoramiento de la Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo del cargador frontal WA380-6 de la marca Komatsu mediante información técnica, historial de fallas y en base a la experiencia in situ. Así mismo se hace énfasis en la necesidad de seguir las recomendaciones que brinda el fabricante para una buena operación mediante los manuales de Operación y Mantenimiento del equipo.

La Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo mejorado generó la disminución en la frecuencia de reemplazo de los filtros de combustible y el incremento de una hora en la ejecución de las actividades en comparación a la Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo inicial, por ende, el valor venta del servicio incrementa (valor venta del servicio representa el costo de los filtros, lubricantes y mano de obra), sin embargo, a pesar de ese incremento en el costo del servicio, a largo plazo los costos de Mantenimiento Correctivo del cargador frontal son menores con respecto a los que eran antes de la mejora debido al incremento de la vida útil de los componentes que conforman al equipo, siendo la reducción de costo en los mantenimientos correctivos mayor que el incremento de costo en el mantenimiento preventivo.

Este incremento en el costo del mantenimiento preventivo genera una disminución significativa en el costo de mantenimiento correctivo a largo plazo dando como resultado a la empresa KOMATSU MITSUI mayor competitividad en el mercado, y así continuar siendo una de las primeras opciones para sus clientes.

ABSTRACT

This work on Professional Sufficiency consists of the improvement in the Inspection and Preventive Maintenance Plan of the frontal loader Komatsu WA380-6 through technic information, fault records and experience in the site. It is also emphasized that the recommendations the manufacturer offers are necessary in order to do a good operation through the equipment Operation and Maintenance manuals.

The enhanced Inspection and the Preventive Maintenance Plan increased one hour in the execution of the activities compared to the initial manual. Therefore, the sale value of the service (includes cost of filters, lubricants and labor) rises.

However, despite this increase in the cost of the service, in long term the Maintenance Corrective frontal loader cost is lower than those ones before the improvement. This, due to the increase in the useful life of the equipment components. In this way, the reduction of the corrective maintenance cost was higher than the cost in the preventive one.

In conclusion, the increase of the cost of the preventive maintenance generates a significative decrease in the corrective maintenance for long term giving benefits to KOMATSU MITSUI Company like competitiveness in the market with some products and services to be the top options for the clients.

INTRODUCCIÓN

El sector construcción crecerá en los próximos años debido al impulso de las obras de reconstrucción, los proyectos del Plan Nacional y el estímulo de las obras paralizadas. Para realizar las actividades son necesarios diversos equipos de maquinaria pesada los cuales son abastecidos por grandes empresas, una de ellas es Komatsu Mitsui, un factor importante es la operatividad de los equipos de maquinaria pesada, ya que se requiere que siempre estén produciendo para así cumplir las metas de negocio del cliente. Es trascendental que estos equipos funcionen adecuadamente en las condiciones que se encuentren y minimizar las horas inoperativas.

El área de Servicios Construcción de la empresa Komatsu Mitsui cuya función es cotizar y ejecutar los planes de mantenimiento, contaba anteriormente con un formato de inspección y plan de mantenimiento con registros de fallas por desgaste prematuro de componentes internos del motor y fallas menores por no realizarse una adecuada inspección. Debido a lo antes mencionado se escogió a los cargadores frontales que eran los equipos con mayor registro de incidencias y dentro de este grupo seleccionamos al modelo WA380-6 ya que tiene mayor cantidad de unidades a nivel nacional, fue en este equipo donde se realizó una mejora en las actividades de inspección y mantenimiento preventivo que finalmente pudo ser extendido a todos los modelos de cargadores frontales.

Al planteamiento de la problemática antes descrita se cuestionó lo siguiente:

¿Cómo mejorar la inspección y plan de mantenimiento preventivo del Cargador frontal WA380-6 Komatsu Mitsui para Construcción?

La elaboración de este proyecto se realizó mediante 4 etapas:

En la primera etapa, se recopila la información técnica necesaria para realizar las mejoras en la inspección y mantenimiento preventivo; en la segunda etapa se analizan los formatos empleados hasta ese momento al igual que el historial de fallas del cargador frontal WA380-6; en la tercera etapa se plantea la mejora y ejecución de la misma no sin antes elaborar los presupuestos de cada mantenimiento; por ultimo y no menos importante está la cuarta etapa, donde se analizan los resultados obtenidos después de la ejecución de la mejora en la Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Mejorar el Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo del Cargador Frontal WA380-6 Komatsu para Construcción en la Sede Pucusana.

1.1.2 Objetivo Especifico

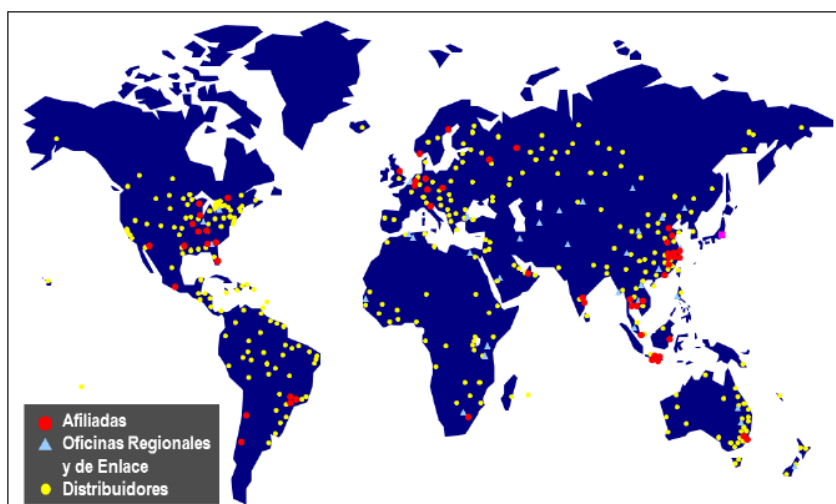
- Seleccionar el modelo más comercial de los cargadores frontales y recopilar información técnica de los componentes para comprender la estructura y función del equipo seleccionado.
- Revisar y analizar el plan de inspección anterior e historial de fallas para identificar los sistemas críticos en el equipo seleccionado.
- Elaborar y presupuestar el nuevo plan de inspección y el de mantenimiento preventivo para su posterior ejecución.
- Evaluar económicamente el nuevo plan de mantenimiento para precisar la reducción de costo a largo plazo.

1.2 Organización de la Empresa o Institución

1.2.1 Antecedentes Históricos

Komatsu Mitsui es una empresa internacional de origen japonés que fabrica y comercializa maquinaria pesada para la minería y construcción. En el Perú la empresa importa los equipos para su posterior venta a los clientes de los sectores minería y construcción. Así mismo ofrece servicios de mantenimiento, reparación y venta de repuestos con el fin de realizar soporte a los equipos vendidos.

Figura 1-1: Komatsu a nivel mundial



Fuente: Komatsu

En la *figura 1-1* podemos observar las filiales en diferentes partes del mundo de la empresa Komatsu Mitsui.

En el año 2000 Mitsui Maquinarias Perú S.A. (MMP) se instaló en el Perú como una subsidiaria de Mitsui& Co. En enero del 2009 nace Komatsu-

Mitsui Maquinarias Perú S.A. (KMMP) cuya sucursal se encontraba en Santa Anita.

En el 2010, Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú S.A. inicia el traslado parcial de sus operaciones de Talleres, Centro de Desarrollo y Competencias -CDCD a su nueva sede central en el Callao.

En agosto del 2017, inició sus operaciones en la sede Pucusana. Contaba con un almacén para componentes mayores, maquinarias y para alistamiento de equipos de construcción y renta.

Actualmente Komatsu Mitsui cuenta con 8 Sucursales a nivel Nacional en los siguientes departamentos: Piura, Trujillo, Arequipa, Cajamarca, Tarapoto, Cusco, Moquegua y Huancayo.

1.2.2 Filosofía Empresarial

Misión

Entregar soluciones de excelencia e innovadoras que contribuyen al crecimiento y desarrollo sostenible de nuestros grupos de interés.

Visión

Ser reconocidos por contribuir al éxito de nuestros clientes generando valor de largo plazo.

Valores

- Salud y Seguridad
- Integridad
- Diversidad e Inclusión
- Orientación al cliente
- Excelencia
- Trabajo en equipo

Pilares Estratégicos

- **Nuestra Gente:** Asegurar el continuo desarrollo del talento, en un ambiente de trabajo seguro, saludable, diverso e inclusivo, que permita contar con un equipo comprometido en la búsqueda de la excelencia.
- **Tecnología:** Adoptar, aplicar y desarrollar soluciones innovadoras con el uso creativo de tecnología que mejoren nuestra oferta y aseguren la búsqueda permanente de la excelencia operacional.
- **Crecimiento Rentable y Sostenible:** Incrementar las ventas, productividad y eficiencia en todos los ámbitos de nuestros negocios, optimizando los gastos y costos; generando impactos positivos para la comunidad y el cuidado del medio ambiente.
- **Cliente:** Enfoque en el cliente, satisfaciendo sus necesidades, excediendo sus expectativas con altos estándares de calidad, haciendo las cosas bien a la primera, generando confianza y asegurando nuestra buena reputación.

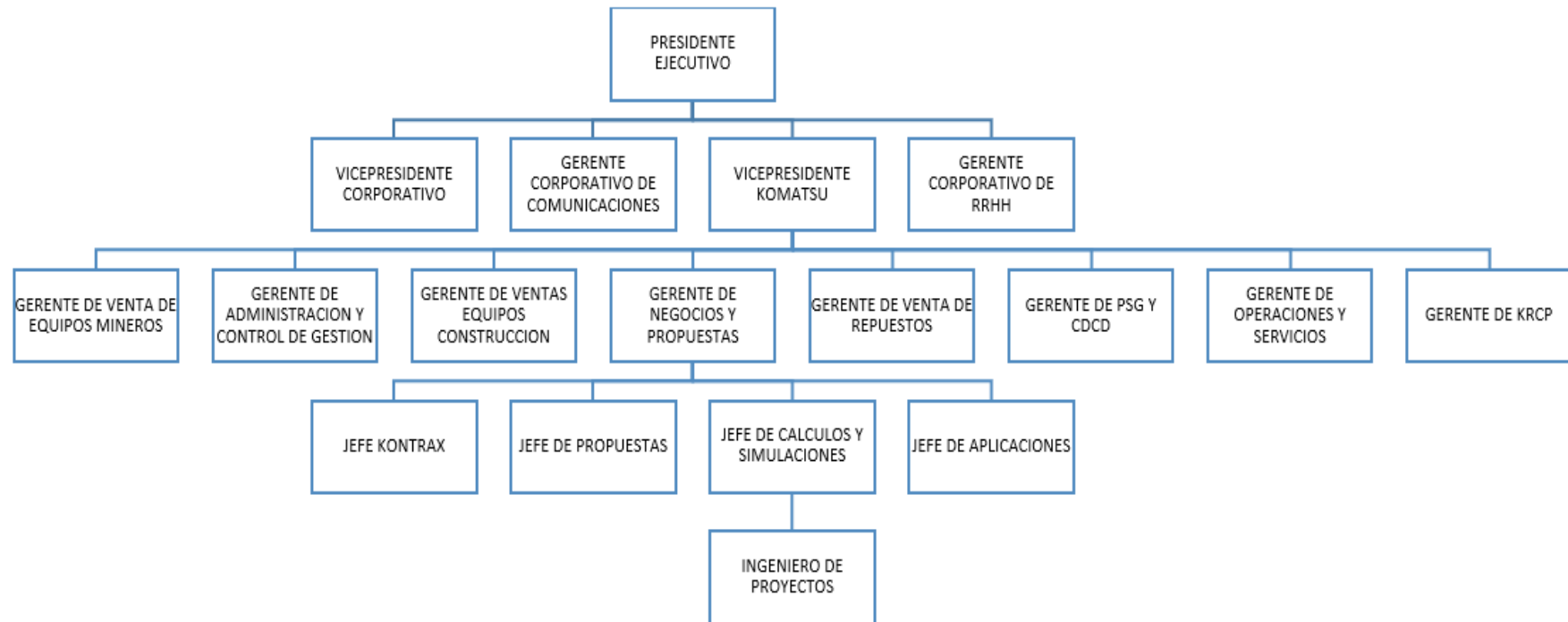
1.2.3 Estructura Organizacional

Komatsu Mitsui Maquinarias Perú, cuenta en su sede Principal con oficinas, donde gerentes y jefes de departamento laboran tal como se observa a continuación:

- Presidente Ejecutivo : Tomas Martínez
- Vicepresidente Corp. : Masafusa Oe.
- Gerente Corp. de Comunicaciones : Elvis López
- Vicepresidente Komatsu : Julio Molina
- Gerente corporativo de RRHH : Manuel Alameda
- Gerente de Equipos Mineros : Carlos Ceballos
- Gerente de Control de Gestión : Carolina Shimabukuru
- Gerente de Equipos Construcción : Diego Salgado
- Gerente de Negocios y Propuestas : Guillermo Muñoz
- Gerente de Repuestos : Enrico Guerrini
- Gerente de PSG y CDCD : Giancarlo Crippa
- Gerente de Operaciones : Juan Vistoso
- Gerente de KRCP : Mauricio Aranda

ORGANIGRAMA DE KOMATSU MITSUI MAQUINARIAS PERÚ S.A.

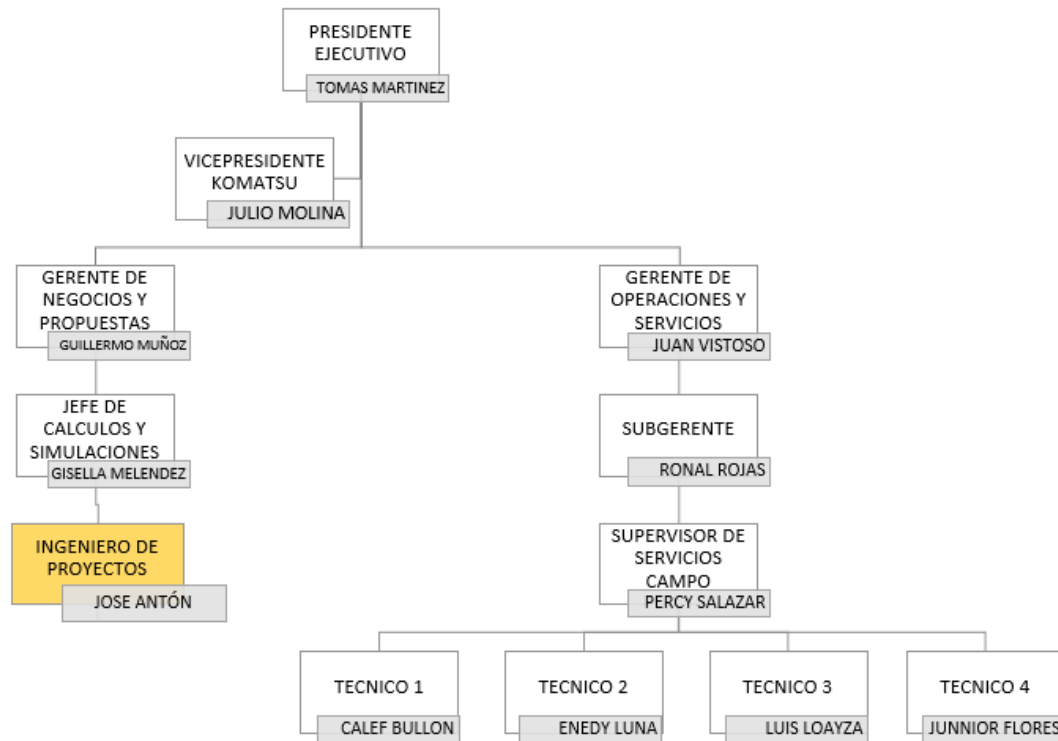
Figura 1-2: Organigrama de la empresa Komatsu Mitsui



Fuente: Elaboración Propia

ORGANIGRAMA DEL PROYECTO

Figura 1-3: Organigrama de Áreas incluidas en el desarrollo del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

II. FUNDAMENTACION DE LA EXPERIENCIA LABORAL

2.1 Marco Teórico

Antecedentes del Estudio

La elaboración del siguiente proyecto se desarrolló tomando como referencia algunos trabajos que a continuación se detallan

Internacional

- Carlos Pérez Castillo y Galo Salgado Ordoñez (2012 - ECUADOR), en su tesis titulada: “**Elaboración de un Plan de Mantenimiento preventivo programado para equipo pesado y motores fuera de borda del gobierno autónomo descentralizado del cantón colta con la utilización de un software**”, describe como se realizó el plan de mantenimiento preventivo utilizando un software, a su vez este fue reforzado con una aplicación de normas de seguridad industrial que fue favorable para el desarrollo del plan.

Esta tesis nos muestra que la ejecución del plan de mantenimiento asegura la disponibilidad del sistema automotor y resalta la importancia de las actividades a ejecutar durante la planificación y programación de la misma.

- Camilo Buelvas Díaz y Kevin Martínez Figueroa (2014 - COLOMBIA), en su tesis titulada: “**Elaboración de un Plan de Mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L**”, dicho

proyecto fue planteado como método estratégico para así optimizar la flota de vehículos implicados en servicios de construcción.

Esta tesis nos muestra que el Plan de mantenimiento preventivo puede resultar más costoso a corto plazo, sin embargo, disminuye el costo a lo largo de la vida útil de los componentes del equipo.

- Rafael Ángel Gasca y Héctor Olaya Vargas (2014 – Colombia), en su tesis de titulada “***Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Agroangel***”, diseñó el programa de mantenimiento con frecuencias calendario con el objetivo de realizar instructivos, ya sea de cambios de partes, reparaciones, ajustes, lubricantes a la maquinaria y equipos que se consideran importantes analizar de dicha empresa y así evitar fallos.

Nacional

- Juan Salas Vidal (2013 – Perú), en su informe de experiencia laboral titulado: “***Mejoramiento de la Gestión de Mantenimiento del equipo pesado en Volcan Compañía Minera Unidad Yauli***”, menciona que los indicadores para realizar la medición de la eficiencia y la eficacia del mantenimiento de equipos son la disponibilidad mecánica, la confiabilidad y la mantenibilidad; para ello la implantación del desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento, la optimización de gestión de activos, la medición y control de los diferentes indicadores; así como el control de los costos de

mantenimiento constituyen los objetivos primordiales de la empresa para asegurar la calidad de gestión de la organización de mantenimiento.

- Feliz Muñoz Muñoz (2018 – Perú), en su informe de experiencia laboral titulado: “**Gestión de Mantenimiento en equipos Trackless para disminuir las horas de parada por fallas mecánicas en unidad minera San Cristóbal**”, se desarrolla la gestión de mantenimiento de los equipos pesados que la empresa AESA opera en la U.M. San Cristóbal.

El aporte que realiza es proponer y ejecutar la gestión de mantenimiento en equipos para mejorar su disponibilidad, para ello se ha mejorado el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos usados en la unidad minera.

- Daysi Avalos Chuquilin (2018 – Perú), en su trabajo académico titulado: “**Diseño e Implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo para los equipos de producción de la empresa Basa**”, busca mantener el buen estado de los equipos usados para el desarrollo de las actividades de la organización.

Para ello identifica los diferentes equipos con los que cuenta la empresa, realiza la evaluación de criticidad bajo una matriz de ponderación, luego diseña el plan bajo la norma ISO 14224.2016, para finalmente implementar el plan de mantenimiento preventivo.

2.1.1 Bases Teóricas

- **Definición de Mantenimiento:**

Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el propósito de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

Desde el punto de vista de la *administración de mantenimiento industrial* su principal fin es la conservación del servicio. Esto es, el equipo recibe mantenimiento para garantizar que la función que desempeña, dentro del sistema productivo se cumpla a cabalidad. En términos económicos un eficiente mantenimiento significa:

- La protección y conservación de las inversiones
- La garantía de productividad
- La seguridad de un servicio.

Este postulado que básicamente incluye como aspectos constitutivos el técnico y el económico, se puede para su mejor comprensión subdividir en cuatro puntos claramente delimitados que constituyen los propósitos fundamentales del mantenimiento y son:

- Mantener los activos físicos en buenas condiciones operacionales.
- Sostener lo más bajo posible los costos de producción.
- Mantener los equipos productivos operando seguramente, durante un porcentaje óptimo de tiempo.

- Optimizar el desarrollo del Talento Humano.

- **Tipos de Mantenimiento**

Un sistema de *Gestión de Mantenimiento* busca garantizarle a los clientes internos o externos, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requieran con *Disponibilidad, Confiabilidad y Seguridad Total*, durante el tiempo necesario para operar, con los requisitos técnicos y tecnológicos exigidos, para producir bienes o servicios que satisfagan las condiciones, deseos o requerimientos de los clientes, en cuanto a la calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno, al menor costo posible y con los mejores índices de productividad, rentabilidad y competitividad.

En la práctica real del mantenimiento solo existen dos tipos, o formas fundamentales de hacer mantenimiento:

- Mantenimiento Reactivo
- Mantenimiento Proactivo.

El ***Mantenimiento Reactivo*** es el conjunto de actividades desarrolladas en los sistemas, equipos, máquinas, instalaciones, o edificios, cuando a causa de una falla, se requiere recuperar su función principal. Como su nombre lo indica, las acciones de mantenimiento reaccionan a las fallas y se ejecutan para corregirlas.

Teniendo en cuenta los diversos sistemas de mantenimiento que se han popularizado a través el tiempo, se puede mencionar que existen varias formas comunes de efectuar el *Mantenimiento Reactivo*, entre ellas: Mantenimiento

Reparativo, Mantenimiento de Emergencia, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Reconstructivo.

El ***Mantenimiento Proactivo*** es el sistema opuesto del sistema reactivo, es decir, las acciones de mantenimiento se realizan antes de presentarse la falla del equipo. En la operación proactiva la prevención de las fallas se hace a través de inspecciones y de acciones preventivas y predictivas.

El objetivo del Mantenimiento Proactivo es, por tanto, anticiparse a la probabilidad de ocurrencia de las fallas.

De igual manera existen diferentes formas comunes, de realización del *Mantenimiento Proactivo*, en el pasado, entre ellas: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Mejorativo, Mantenimiento Detectivo.

Dentro de todas estas metodologías sobresalen por su mayor utilización principalmente tres, que se han establecido como los sistemas básicos de hacer mantenimiento, y son:

- Mantenimiento Correctivo (CM).
- Mantenimiento Preventivo (PM).
- Mantenimiento Predictivo (CBM).

Mantenimiento Correctivo

El *Mantenimiento Correctivo* son todas las actividades para corregir las causas de las fallas, ejecutadas en los equipos, máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad

del servicio para la cual fueron diseñados. Por tanto, las labores que deben llevarse a cabo tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad del servicio.

La actividad principal que desarrolla el *Mantenimiento Correctivo* es la reparación no planificada que resulta debido a la falla imprevista; antes que se realice la reparación propiamente dicha es necesario examinar el tipo y la causa del daño; esto es lo que suele llamarse comprobación del daño y mediante esta constatación se permite ver concretamente cuales son las operaciones que hay que efectuar. Este tipo de mantenimiento se aplica solo cuando el sistema no puede seguir en operación. No existe un proceso de planeación conveniente para este sistema, y solo se justifica cuando el análisis técnico-económico muestra que el costo de otro tipo de mantenimiento es mayor, y la falla no genera efectos secundarios en la seguridad funcional de sistema.

Mantenimiento Preventivo

Son múltiples las definiciones que se encuentran para el *Mantenimiento Preventivo*, pero todas ellas coinciden en la intervención del sistema, o equipo, antes de presentarse la falla. Una definición de Mantenimiento Preventivo puede ser: *“El conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos”*.

Un programa de *Mantenimiento Preventivo* incluye dos actividades básicas:

- Inspección periódica de los equipos de industria, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción, y
- Conservación de la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos cuando se encuentren aún en etapa incipiente.

A menudo se considera el *Mantenimiento Preventivo* como sinónimo del mantenimiento periódico, planeado, sintomático, dirigido, o continuo; el Mantenimiento Preventivo (PM) tiene una parte esencial de todas estas funciones, pero no son sus únicos elementos. En cada tipo de compañía de acuerdo con la naturaleza de sus actividades y su sistema productivo, es factible establecer un programa de PM, que sea de fácil implementar; usualmente toda organización cuenta con los equipos, el personal, y los talleres e instalaciones para llevar a cabo este tipo de mantenimiento.

En síntesis, un sistema de *Mantenimiento Preventivo* (PM) cubre todos los mantenimientos programados a la planta, los cuales son llevados a cabo con el objeto de prevenir la ocurrencia de las fallas, o para detectar fallas prematuras antes de que desarrollen una parada inesperada de la maquinaria, o de los sistemas de control, que desencadenen problemas a la producción.

Mantenimiento Predictivo

El sistema de *Mantenimiento Predictivo* se define como "El conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los activos físicos, por revelación antes de que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas"

En forma generalizada un sistema de Mantenimiento Predictivo consiste en llevar un control periódico de los niveles de vibración de cada equipo teniendo como parámetros de medición, las características de vibración, la variación de temperaturas y el aumento del consumo de energía. Los elementos característicos de una señal de vibración son: Su frecuencia, su ángulo de fase y su amplitud, esta última puede ser medida como el desplazamiento, la velocidad o la aceleración de la vibración. Por tanto, un análisis comparativo de los cambios, donde los niveles de vibración son confrontados con patrones preestablecidos, permite a través de una técnica confiable, lógica y segura, diagnosticar el defecto específico; con la frecuencia de la vibración se determina el tipo de falla, mientras que la amplitud de la vibración determina la severidad del daño, con un alto grado de exactitud.

- **Maquinaria Pesada**

La definición que se tiene de maquinaria pesada se basa en la Norma ISO 6165:2008, el cual se trata de “Maquinaria para movimiento de suelos, tipos básicos – Identificación, términos y definiciones”.

Esta norma internacional proporciona términos y definiciones, además de una estructura de identificación para clasificar la maquinaria de movimiento de tierras diseñada para realizar las siguientes operaciones:

- Excavación
- Carga
- Transportación
- Perforación
- Extendido
- Compactación

Términos y definiciones:

○ Maquinaria para movimiento de suelos

Maquina autopropulsada o remolcada, sobre ruedas, orugas o patas, con equipamiento o accesorio (herramienta de trabajo) o ambos diseñados principalmente para realizar trabajos de excavación, carga, transporte, perforación, extendido, compactación o zanjeo de suelos, roca u otros materiales.

- Máquina Compacta: maquinaria para movimiento de suelos, excepto las excavadoras compactas que posee una masa operativa menor o igual a 4500 Kg.
- Excavadora Compacta: Excavadora que posee una masa operativa menor o igual a 6000 kg.

○ Maquina con mando directo

Maquinaria para movimiento de suelos autopropulsada, manejada por un operador en contacto físico con la máquina.

- Máquina con el operador a bordo: maquina con mando directo autopropulsada donde los dispositivos de mando se encuentran en la máquina que es manejada por un operador sentado o de pie.
- Máquina sin el operador a bordo: máquina con mando directo autopropulsada, donde los dispositivos de mando se encuentran en la máquina que es manejada por un operador pedestre (ni sentado, ni de pie en la máquina).

- **Máquina con mando a distancia**

Maquinaria para movimiento de suelos autopropulsada, que es manejada mediante la transmisión de señales desde una caja de mando (transmisor) que no está situada en la máquina, hasta una unidad de recepción (receptor) situado en la máquina.

- Máquina con mando a distancia con cable: máquina con mando a distancia autopropulsada donde el manejo de la máquina se realiza mediante señales transmitidas a través de cables desde un dispositivo manejado por un operador, que se encuentra alejado de la máquina.
- Máquina con mando a distancia sin cable: máquina con mando a distancia autopropulsada donde el manejo de la máquina se realiza mediante señales transmitidas a través del aire desde un dispositivo manejado por un operador que se encuentra alejado de la máquina.

- **Familia de máquinas**

Grupo de máquinas diseñadas para un mismo tipo de trabajo

- **Topadora:** máquina autopropulsada sobre orugas o sobre ruedas con un equipamiento que posee un accesorio con una hoja que corta, desplaza y nivela materiales mediante el movimiento de avance de la máquina, o un accesorio montado utilizado para ejercer una fuerza de empuje.

- **Cargador:** máquina autopropulsada sobre orugas o sobre ruedas con un equipamiento montado en la parte frontal, diseñado principalmente para operaciones de carga (utilizando una cuchara), con la que la carga o excava mediante el movimiento de avance de la máquina.
- **Retroexcavadora:** máquina autopropulsada sobre orugas o sobre ruedas con un bastidor principal diseñado para soportar a la vez un equipo montado en la parte delantera y un equipo retro en la parte trasera (normalmente con estabilizadores).
- **Excavadora:** máquina autopropulsada sobre orugas, ruedas o patas con una superestructura capaz de girar 360° con un equipamiento montado, diseñada principalmente para excavar con una cuchara, sin que la estructura portante se desplace durante el ciclo de trabajo.
- **Zanjadora:** máquina autopropulsada sobre ruedas u orugas, con un equipamiento o accesorio delantero y/o trasero, diseñado principalmente para excavar zanjas en operación continua mediante el movimiento de la máquina.
- **Volcador:** máquina autopropulsada sobre ruedas u orugas con una caja abierta, que transporta, vuelva o esparce materiales y donde la carga se efectúa por medios externos al volcador.
- **Motoniveladora:** máquina autopropulsada sobre ruedas con una hoja regulable ubicada entre los ejes delantero y trasero, que

puede estar equipada con una hoja o con un escarificador que también pueden estar ubicados entre los ejes delantero y trasero.

- **Compactador de residuos:** máquina de compactación autopropulsada sobre ruedas con un equipamiento delantero con una hoja o accesorio de carga y ruedas provistas de elementos para triturar y compactar los residuos, y que también desplaza, nivela y carga suelos, residuos domésticos o sanitarios mediante su movimiento.
- **Compactador:** máquina autopropulsada o remolcada con un dispositivo de compactación que consiste en uno o más cilindros metálicos (tambores) o en neumáticos, que compacta materiales tales como piedra partida, tierra, mezclas asfálticas o gravas mediante la acción de rodadura y/o de vibración del dispositivo de compactación.
- **Modelo de máquina**

Tipo de máquina, donde la designación es dada por el fabricante a una familia de máquinas.
- **Máquina individual**

Máquina que posee un número de identificación único para cada máquina fabricada.

2.1.2 Aspectos Normativos

- A. Norma ISO 14224: Estándar ISO/DIS 14224-2004. Industria de Petróleo y Gas: Recolección de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento de Equipos. Contiene criterios para extenderse a otras actividades e industria.

Se recogió conceptos básicos de Mantenimiento.

- B. ISO 6165:2008 Maquinaria para movimiento de suelos; Tipos básicos – Identificación, términos y definiciones.

Se recogió conceptos de Maquinaria Pesada y Clasificación.

- C. Norma UNE-EN 13306 2011 Mantenimiento - Terminología del mantenimiento

Se utilizó los conceptos de la Simbología Técnica.

2.1.3 Simbología Técnica

En este punto se podrá encontrar algunas definiciones que serán útiles para la comprensión del presente informe.

- **Criticidad:** Índice numérico de la severidad de un fallo o de una avería combinado con la probabilidad o frecuencia de su ocurrencia.

- **Disponibilidad:** Aptitud de un elemento para encontrarse en un estado en que se puede realizar su función, cuando y como se requiera, bajo condiciones dadas.
- **Fallo:** Cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida.
- **Inspección:** Examen de conformidad mediante medición, observación o ensayos de las características relevantes de un elemento.
- **Mejora:** Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, destinadas a mejorar la fiabilidad y/o mantenibilidad y/o la seguridad (para las personas) de un elemento, sin que se produzca ningún cambio de su función original.
- **Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que se pueda desempeñar la función requerida.
- **Mantenimiento Correctivo:** Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que se pueda realizar una función requerida.
- **Mantenimiento Predictivo:** Mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.

- **Mantenimiento In Situ:** Mantenimiento que se realiza en el lugar donde el elemento está instalado normalmente.
- **Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.
- **Maquinaria Pesada:** Máquinas utilizadas en actividades de construcción o minería, con la finalidad de retirar parte de la capa del suelo, de forma de modificar el perfil de la tierra según los requerimientos del proyecto de ingeniería específico.
- **Parada:** Cese del funcionamiento programado con antelación, para actividades de mantenimiento o para otros fines.
- **Plan de Mantenimiento:** Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.
- **Reparación:** Acción física que se realiza para restablecer la función requerida de un elemento averiado.
- **Tarifa Variable:** Valor numérico expresado en dólar/hora la cual cubre todas las reparaciones del equipo sea programado o no programado.
- **Tiempo Operativo:** Intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en estado de funcionamiento.
- **Vida útil:** Intervalo de tiempo que comienza en un instante dado y termina en el instante en que se alcanza el estado limite.

2.2 Descripción de las Actividades Desarrolladas

Cargo y Funciones desempeñadas:

- **Puesto:** Practicante Mecánico de Equipo Pesado (marzo 2014 – febrero 2016)

Reporta a: Supervisor de Taller

Objetivo del Puesto:

- Apoyo en los mantenimientos preventivos de los equipos Komatsu.
- Apoyo en los mantenimientos correctivos de los equipos Komatsu.

- **Puesto:** Técnico Mecánico de Equipo Pesado (marzo 2016 – enero 2018)

Reporta a: Supervisor de Taller

Objetivo del Puesto:

- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos a los diferentes equipos que distribuye Komatsu Perú.
- Elaboración de listado de piezas de recambio y elaboración de informes técnicos.

- **Puesto:** Ingeniero de Proyectos (febrero 2018 – Actualidad)

Reporta a: Jefe de Cálculos y Simulaciones

Objetivo del Puesto:

Dar soporte al área para obtener la mejor oferta a través del:

- Cálculos para las propuestas técnicas y económicas.

- Elaboración de Cartillas de Mantenimiento haciendo uso del manual de fabricante.
- Elaboración de las tarifas de mantenimiento variable.
- Elaborar y actualizar la base de datos técnicos referentes a las propuestas de servicios de mantenimiento y sostenimiento de flota (listado de repuestos, costos de reparación, etc.)

Requisitos básicos determinados por la empresa

Educación: De preferencia profesional en Ingeniería Mecánica, mecatrónica, industrial o ramas afines.

Experiencia: Deseable 2 años en labores similares.

Conocimientos:

- Gerencia de Proyectos
- Conceptos de Maquinaria Pesada
- Office (intermedio)
- Habla y escribe en inglés (Nivel intermedio)

2.2.1 Etapas de las Actividades

Para la mejora del Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo del cargador Frontal WA380-6 Komatsu y obtención de resultados de este, las actividades fueron realizadas desde marzo del 2018 hasta febrero del 2021. Las actividades se clasificaron en etapas para un mejor orden y entendimiento, tal como se describe a continuación:

ETAPA 1: Ingeniería Preliminar

- Compilación de información técnica de los cargadores frontales.
- Selección del modelo más comercial de los cargadores frontales.
- Compilación de las especificaciones Técnicas del modelo comercial seleccionado.

ETAPA 2: Evaluación de criticidad del WA380-6

- Revisión y análisis de los formatos empleados en el plan de Inspección y Mantenimiento preventivo anterior.
- Historial de fallas.
- Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.

ETAPA 3: Plan de inspección y Mantenimiento Preventivo mejorado

- Plan de Inspección del modelo WA380-6.
- Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.
- Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.

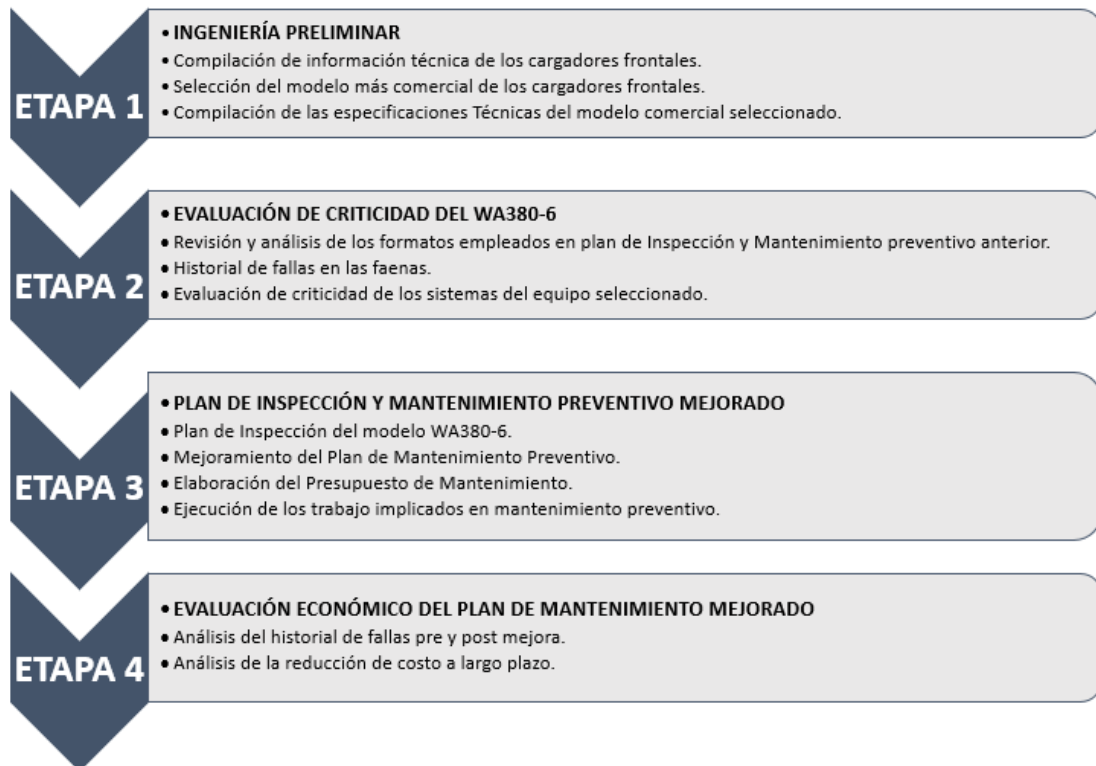
ETAPA 4: Evaluación Económico del plan de Mantenimiento mejorado

- Análisis del historial de fallas pre y post mejora.
- Análisis de la reducción de costo a largo plazo.

2.2.2 Diagrama de Flujo

El siguiente esquema muestra las actividades realizadas por etapa:

Figura 2-1: Diagrama de Flujo de las etapas



Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Cronograma de Actividades

El cronograma para la elaboración de la mejora se dio en 4 meses, la ejecución y obtención de resultados del mejoramiento de la Inspección y Plan de Mantenimiento de los Cargadores Frontales WA380-6 Komatsu se sigue dando en la actualidad tal como se muestra en el siguiente esquema:

Tabla 2-1: Cronograma de Actividades

ETAPAS DEL PROYECTO	2018																							
	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Semana 06	Semana 07	Semana 08	Semana 09	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24
ETAPA 1: Ingeniería Preliminar																								
Compilación de información técnica de los Cargadores Frontales.	■	■	■	■																				
Selección del modelo más comercial de los Cargadores Frontales.					■																			
Compilación de las especificaciones técnicas del modelo seleccionado.						■																		
ETAPA 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6																								
Revisión y análisis de los formatos empleados en el plan de Inspección y Mant. Preventivo anterior.							■	■																
Historial de fallas en las faenas.							■	■	■	■														
Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.									■	■	■													
ETAPA 3: Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo Mejorado																								
Plan de Inspección del modelo WA380-6.												■	■	■										
Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.															■	■								
Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.																	■	■	■	■	■	■	■	■
Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.																	■	■	■	■	■	■	■	■
ETAPA 4: Evaluación Económico del Plan de Mantenimiento mejorado																								
Análisis de de historial de fallas pre y post mejora.																								
Análisis de la reducción de costo a largo plazo.																								

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2-2: Cronograma de Actividades

ETAPAS DEL PROYECTO	2018								2019											
	SETIEMB		OCTUBRE		NOVIEMB		DICIEMB		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	Semana 25 y 26	Semana 27 y 28	Semana 29 y 30	Semana 31 y 32	Semana 33 y 34	Semana 35 y 36	Semana 37 y 38	Semana 39 y 40	Semana 41 y 42	Semana 43 y 44	Semana 45 y 46	Semana 47 y 48	Semana 49 y 50	Semana 51 y 52	Semana 53 y 54	Semana 55 y 56	Semana 57 y 58	Semana 59 y 60	Semana 61 y 62	Semana 63 y 64
ETAPA 1: Ingeniería Preliminar																				
Compilación de información técnica de los Cargadores Frontales.																				
Selección del modelo más comercial de los Cargadores Frontales.																				
Compilación de las especificaciones técnicas del modelo seleccionado.																				
ETAPA 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6																				
Revisión y análisis de los formatos empleados en el plan de Inspección y Mant. Preventivo anterior.																				
Historial de fallas en las faenas.																				
Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.																				
ETAPA 3: Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo Mejorado																				
Plan de Inspección del modelo WA380-6.																				
Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.																				
Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.																				
Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.																				
ETAPA 4: Evaluación Económico del Plan de Mantenimiento mejorado																				
Análisis de de historial de fallas pre y post mejora.																				
Análisis de la reducción de costo a largo plazo.																				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2-3: Cronograma de Actividades

ETAPAS DEL PROYECTO	2019						2020													
	JULIO	AGOSTO	SETIEMB	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMB	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL										
	Semana 65 y 66	Semana 67 y 68	Semana 69 y 70	Semana 71 y 72	Semana 73 y 74	Semana 75 y 76	Semana 77 y 78	Semana 79 y 80	Semana 81 y 82	Semana 83 y 84	Semana 85 y 86	Semana 87 y 88	Semana 89 y 90	Semana 91 y 92	Semana 93 y 94	Semana 95 y 96	Semana 97 y 98	Semana 99 y 100	Semana 101 y 102	Semana 103 y 104
ETAPA 1: Ingeniería Preliminar																				
Compilación de información técnica de los Cargadores Frontales.																				
Selección del modelo más comercial de los Cargadores Frontales.																				
Compilación de las especificaciones técnicas del modelo seleccionado.																				
ETAPA 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6																				
Revisión y análisis de los formatos empleados en el plan de Inspección y Mant. Preventivo anterior.																				
Historial de fallas en las faenas.																				
Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.																				
ETAPA 3: Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo Mejorado																				
Plan de Inspección del modelo WA380-6.																				
Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.																				
Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.																				
Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.																				
ETAPA 4: Evaluación Económico del Plan de Mantenimiento mejorado																				
Análisis de de historial de fallas pre y post mejora.																				
Análisis de la reducción de costo a largo plazo.																				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2-4: Cronograma de Actividades

ETAPAS DEL PROYECTO	2020								2021											
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMB	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMB	ENERO	FEBRERO										
	Semana 105 y 106	Semana 107 y 108	Semana 109 y 110	Semana 111 y 112	Semana 113 y 114	Semana 115 y 116	Semana 117 y 118	Semana 119 y 120	Semana 121 y 122	Semana 123 y 124	Semana 125 y 126	Semana 127 y 128	Semana 129 y 130	Semana 131 y 132	Semana 133 y 134	Semana 135 y 136	Semana 137 y 138	Semana 139 y 140	Semana 141 y 142	Semana 143 y 144
ETAPA 1: Ingeniería Preliminar																				
Compilación de información técnica de los Cargadores Frontales.																				
Selección del modelo más comercial de los Cargadores Frontales.																				
Compilación de las especificaciones técnicas del modelo seleccionado.																				
ETAPA 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6																				
Revisión y análisis de los formatos empleados en el plan de Inspección y Mant. Preventivo anterior.																				
Historial de fallas en las faenas.																				
Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.																				
ETAPA 3: Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo Mejorado																				
Plan de Inspección del modelo WA380-6.																				
Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo.																				
Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.																				
Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.																				
ETAPA 4: Evaluación Económico del Plan de Mantenimiento mejorado																				
Análisis de de historial de fallas pre y post mejora.																				
Análisis de la reducción de costo a largo plazo.																				

Fuente: Elaboración Propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1 Planificación, ejecución y control de las etapas

Las etapas para la mejora en el Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo del Cargador Frontal WA380-6 Komatsu, fue dividido en actividades que se realizaron de manera secuencial y a su vez son evidenciadas tal como se muestra a continuación:

3.1.1 ETAPA 1: Ingeniería Preliminar

En esta etapa se recolectó toda la información técnica de los Cargadores Frontales Komatsu para Construcción que sirvió como base para mejorar el Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo de los mismos. A continuación, se detallará las actividades realizadas:

- **Compilación de información técnica de los cargadores frontales.**

La información técnica del Cargador Frontal Komatsu se encontró en los manuales del fabricante, estos manuales sirvieron para conocer los sistemas que conforman el equipo, a su vez también sirvió para entender la estructura y función que realizan los componentes contenidos en cada sistema.

Toda esta información nos sirvió como base para mejorar el Plan de Inspección.

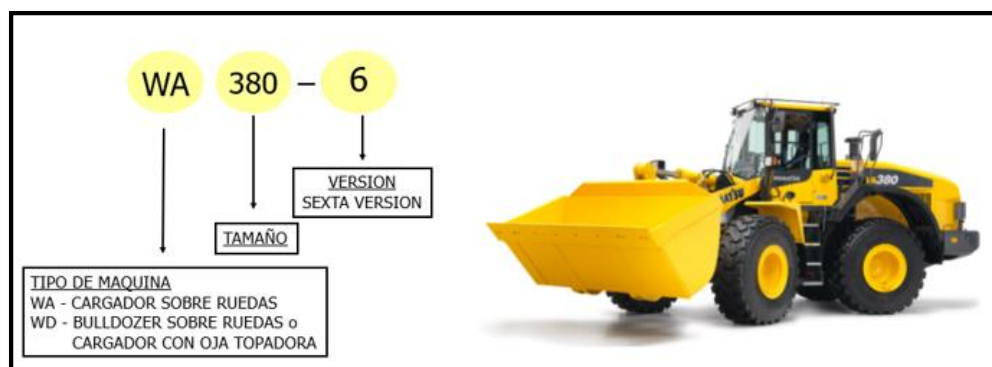
Es necesario mencionar que se trabajó principalmente con 3 manuales que son los necesarios para continuar con el proyecto:

- Manual de Operación y Mantenimiento (O&M); este manual brinda detalle acerca de la operación (desde como subir a la cabina del operador, forma de encender la máquina, controles, switch, etc.) y mantenimiento del equipo (listados de filtros y lubricantes), los cuales deberán obedecerse para usar la máquina con seguridad.
- Shop Manual; manual donde explica la estructura y función de los sistemas y componentes que conforman el equipo, códigos de falla, procedimientos de trabajo para montajes y desmontajes de componentes mayores, muestra también planos hidráulicos y eléctricos de todo el equipo.
- Part Books, o también conocido como manual de despiece, este manual ayudará a ubicar repuestos con su respectivo Números de Parte y cantidades por equipo.

Con la ayuda de los manuales antes mencionados se obtiene la siguiente información acerca de los cargadores frontales:

Nomenclatura del equipo:

Figura 3-1: Nomenclatura del Cargador Frontal Komatsu



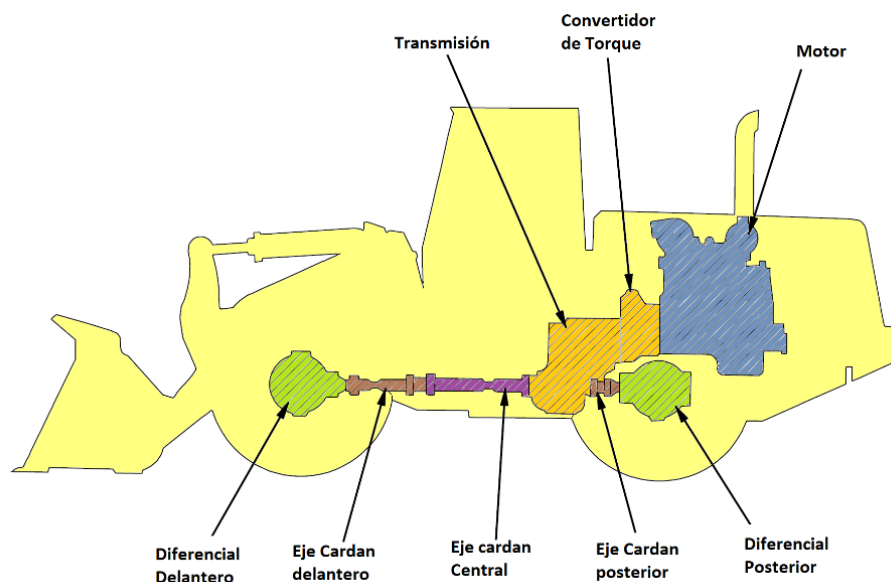
Fuente: Elaboración Propia

Explicaré el funcionamiento de cada sistema del Cargador frontal, empezando por el Sistema del Tren de Potencia que incluye convertidor de torque, transmisión, luego mencionaré algunos aspectos generales del sistema de dirección y sistema hidráulico.

Tren de Potencia: La potencia del motor es transmitida a través de la volante del motor al convertidor de torque, la turbina en el convertidor de torsión está conectado con el eje de entrada de la transmisión.

La potencia de salida de la transmisión es transmitida a través del eje cardan central, eje cardan delantero y eje cardan posterior, hacia el eje delantero y eje posterior. La potencia transmitida a los ejes delantero y posterior es reducida en velocidad por los diferenciales, a su vez es reducido en velocidad por los mandos finales del mecanismo de engranajes planetarios para finalmente transmitirlo a través del eje de rotación hacia las ruedas.

Figura 3-2: Componentes del Tren de Potencia del Cargador Frontal



Fuente: Shop Manual

El **Convertidor de torque** convierte la torsión transmitida de acuerdo con la fluctuación de la carga usando el aceite como medio y transmite la potencia hacia el eje de entrada de la transmisión. La potencia del motor también se transmite a través del engranaje motriz de la bomba del convertidor de torsión hacia la bomba de dirección, a la bomba del ventilador, a la bomba del tren de potencia y a la bomba del equipo de trabajo para propulsar las respectivas bombas.

El embrague hidráulico de la **Transmisión** se opera con la válvula direccional y con la válvula del cambio de marchas de la válvula de la transmisión para colocar a esta última en una de las 4 marchas de traslado de avance o retroceso.

La Bomba de dirección succiona el aceite hidráulico del tanque para entregar flujo hidráulico, enviándolo hacia la válvula de dirección, y que el operador pueda mover el timón, de esa manera se desplazan los spool, para usar la dirección del equipo mediante los cilindros.

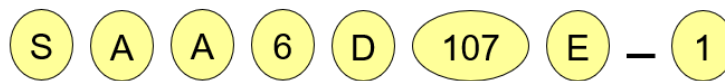
El **Sistema Hidráulico** está dividido en dos circuitos principales: circuito de trabajo y circuito de dirección. A continuación, se darán aspectos generales del sistema:

- La máxima presión en el circuito hidráulico es controlada mediante la válvula de alivio que se encuentra en la válvula de control del equipo de trabajo.

- El acumulador PPC está instalado en el circuito piloto PPC de tal manera que el brazo de levante pueda ser bajado lentamente a tierra cuando el motor está detenido.

El Cargador WA380-6 lleva un motor Komatsu SAA6D107E-1, cuya nomenclatura se muestra a continuación:

Figura 3-3: Nomenclatura del motor Komatsu



S = TURBOCARGADOR

AA = POST ENFRIADOR DE AIRE A AIRE

6 = NUMERO DE CILINDROS

D = DIESEL / CONFIGURACION EN LINEA

107 = DIAMETRO INTERNO DEL CILINDRO EN MILIMETROS (MM)

E = CONFORMA CON LAS REGULACIONES DE EMISIONES DEL EPA

1 = VERSION → PRIMERA VERSION



Fuente: Elaboración propia

En el **Sistema de Admisión y Escape** el aire pasa a través del filtro de aire (primario y secundario) hacia el turbocompresor, luego lo envía hacia el post enfriador, seguidamente al colector de admisión, el aire se introduce en los cilindros, el cual lo utiliza para la combustión.

Por otro lado, el compresor utiliza las energías de gases de escape para girar la rueda de la turbina, esta rueda hace rotar el eje impulsor del compresor que proporciona aire presurizado al motor para la combustión.

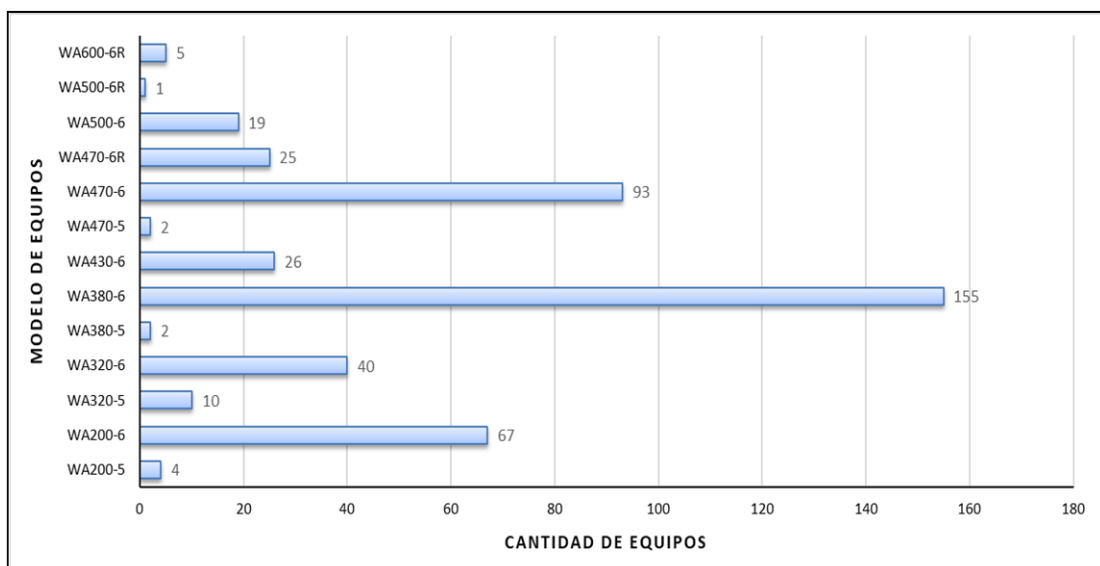
Con respecto al **Sistema de Combustible** el motor cuenta con 2 filtros de combustible, el primero es el filtro principal que es de 2 micras, y el segundo es el pre-filtro de combustible que es de 10 micras.

- **Selección del modelo más comercial de los cargadores frontales.**

Para determinar el modelo más comercial de los Cargadores Frontales Komatsu para Construcción, se descargó la data de equipos distribuidos a nivel nacional mediante la Plataforma Komtrax (Sistema de monitoreo satelital para equipos Komatsu que permite acceder de manera remota a la información de la operación de los equipos y conocer la condición de los componentes mayores).

Se tiene en total **449 Cargadores Frontales**, de los cuales el modelo **WA380-6** es el que presenta la mayor cantidad de unidades con **155** equipos. Para temas de análisis se tomará el modelo antes mencionado ya que es el más comercial por la cantidad de unidades en el territorio nacional.

Figura 3-4: Cantidad de Cargadores por modelo a Nivel Nacional



Fuente: Kontrax - Komatsu

- **Compilación de las especificaciones técnicas del modelo comercial seleccionado.**

Los cargadores frontales Komatsu son uno de los equipos más utilizados tanto en el sector construcción (construcción de carreteras, autopistas, proyectos inmobiliarios, etc.) como en el sector minería para cargar camiones mineros con materiales (piedra, arena, tierra, etc.); el modelo WA380-6 cuenta con 8.195 metros de largo, por 3.325 metros de alto y por 2.695 metros de ancho con un peso de 16,485 Kg. Viene con un cucharón de 3.3 m³ de volumen diseñado para una carga nominal de 5,280 Kg.

Para mayor detalle de las especificaciones técnicas del cargador WA380-6, se puede ver en los siguientes anexos:

Anexo 1a: Pesos y dimensionamiento del WA380-6.

Anexo 1b: Pesos, dimensionamiento y velocidades de traslado del WA380-6.

El Cargador WA380-6 cuenta con un motor Diesel de la marca Komatsu el cual, por nomenclatura del motor, lleva un turbocargador, post-enfriador enfriado por aire, 6 cilindros en línea donde el diámetro del cilindro es de 107 mm, motor ecológico según la clasificación del EPA (Environmental Protection Agency) y es de la versión 1.

Anexo 1c: Motor, tren de potencia, frenos y dirección del WA380-6

El sistema hidráulico tiene como componentes una válvula de control, donde dentro del mismo encontramos spool (carretes) que son los responsables en realizar los desplazamientos en los cilindros hidráulicos del equipo de trabajo

y los cilindros de la dirección, y un motor de pistones bidireccional de desplazamiento variable que tiene una capacidad de entrega de 28cm³/rev.

Para el Sistema Hidráulico se conoce que cuenta con 3 bombas de pistones de desplazamiento variable, como lo son la bomba de dirección, la bomba del equipo de trabajo y la bomba del ventilador y 2 bombas de engranajes que son la del tren de potencia y dirección de emergencia.

Además de las bombas también cuenta con 5 cilindros hidráulicos en total, 3 pertenecientes al equipo de trabajo (2 cilindros de levante y uno de volteo de cucharón) y 2 cilindros de dirección.

Anexo 1d: Sistema Hidráulico del WA380-6.

3.1.2 Etapa 2: Evaluación de Criticidad del WA380-6

- **Revisión y análisis de los formatos empleado en el plan de Inspección y Mantenimiento preventivo anterior.**

Hasta el mes de julio del 2018 se estaba empleando un formato de Inspección de equipo o también conocido como Check List lo cual se utilizaba en las diferentes maquinarias Komatsu (Cargador Frontal, Excavadora Hidráulica, Tractor sobre orugas y Motoniveladora), durante ese tiempo se han venido registrando varias fallas que, aunque eran nada complicadas generaba que el equipo se encuentre inoperativo por unos minutos y la confianza como marca se ponía en duda. El formato utilizado se puede observar en el siguiente anexo:

Ver Anexo 2: Inspección del Cargador Frontal anterior

La deficiencia de este formato se da en que al tener ítems que aplica para todos los equipos no se lograba realizar una inspección más detallada y así evitar que el equipo quede inoperativo para la solución de fallas que se presentaban.

En el caso de los mantenimientos preventivos se utiliza los listados de filtros y lubricantes ubicados en el Manual O&M, al igual que las cantidades y las frecuencias de cambio y/o reemplazo, claro está que la frecuencia de cambio de filtro de aire, strainer de aceite hidráulico y el respiradero del tanque de combustible dependerá de la Operación del equipo y las condiciones del trabajo a realizar.

A continuación, se presenta el listado de filtros con su respectiva cantidad y frecuencia dado por el manual O&M

Tabla 3-1: Listado de Filtros para el Cargador Frontal

WEAR PARTS LIST				
The parts in parentheses are to be replaced at the same time.				
In case of standard specification				
Item	Part No.	Part Name	Q'ty	Replacement frequency
Engine oil filter	6736-51-5142	Cartridge	1	EVERY 500 HOURS
Fuel prefilter	600-319-3610	Cartridge	1	
Fuel main filter	600-319-3750	Cartridge	1	EVERY 1000 HOURS
Transmission oil filter	714-07-28713	Cartridge	1	
Transmission strainer	56D-15-19311 (07000-75085)	Strainer (O-ring)	1 (1)	- EVERY 1000 HOURS
Hydraulic filter	423-60-45461 (07000-15195)	Element (O-ring)	1 (1)	EVERY 2000 HOURS
Hydraulic tank breather	423-60-35460	Element	1	
Air conditioner filter	Fresh	426-07-32441	Filter	
	Recirc	426-07-32441	Filter	1
PPC accumulator	425-62-23751 (07002-12034)	Accumulator (O-ring)	1 (1)	Every 2 years or every 4000 hours whichever comes first
Hydraulic oil strainer	22B-60-11160	Strainer	1	
Fuel tank breather	421-60-35170	Element	1	
Air cleaner	600-185-5100	Element ass'y	1	

Fuente: Manual O&M - Komatsu

También se tiene listado de lubricantes, con su respectiva cantidad específica y de relleno según muestra la siguiente tabla:

Tabla 3-2: Capacidad de relleno de los Lubricantes del WA380-6

Reservoir Capacity		Engine oil pan	Transmission case	Hydraulic system	Axle (front and rear) (each)	Cooling system	Fuel tank
		Specified	Liters	25.5	47	210	40
	US gal	6.7	12.4	47.6	10.6	8.0	79.3
Refill	Liters	23	38	139	40	-	-
	US gal	6.0	10.0	36.4	10.6	-	-

Fuente: Manual O&M - Komatsu

En la imagen anterior que corresponde a los lubricantes, aparecen dos tipos de cantidades, Especifico y Relleno, el primero corresponde a la cantidad total de aceite incluido el aceite del tanque y en la tubería, por lo general aplica para cuando se hacen reparaciones totales o también conocidos como overhall, donde se desmontan componentes, tuberías y mangueras; mientras que la capacidad de relleno significa la cantidad de aceite necesario para rellenar el sistema durante la inspección y el mantenimiento.

Para temas de cálculos en la cartilla de mantenimiento se toma la capacidad de relleno en unidades de Galones.

También está el tipo de lubricantes que utiliza cada sistema considerando la temperatura ambiente.

Anexo 3: Combustible, refrigerante y lubricantes para el WA380-6

De donde se toma los siguientes lubricantes por sistema de acuerdo con las temperaturas ambientales en los que trabajan los equipos Komatsu:

- Aceite del cárter de motor utiliza el aceite Komatsu SAE 15W40.
- Caja de transmisión utiliza el aceite TO10.
- Sistema hidráulico utiliza el aceite TO10.
- Los ejes del cargador utilizan el aceite AXO80.
- El sistema de enfriamiento utiliza el refrigerante AF-NAC.

Por recomendación del manual O&M, cuando el contenido de azufre en el combustible es menor de 0.5%, se debe cambiar la frecuencia del aceite del motor de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 3-3: Según contenido de azufre en el combustible

Contenido de azufre (%)	Intervalo de cambio de aceite
Menos de 0.5	500 horas
0.5 - 1.0	250 horas
1.0 en adelante	No recomendable (*)

Fuente: Manual O&M - Komatsu

Con toda la información anterior, y a su vez con análisis previos por parte de Komatsu al combustible distribuido a nivel nacional, se toma como intervalo de cambio de aceite del motor y filtro de aceite cada 250 horas ya que no se puede cambiar el lubricante sin cambiar el filtro, por lo que se tiene la siguiente tabla, el cual se basó Komatsu para sus Planes de mantenimiento preventivo en los Cargadores frontales WA380-6.

Tabla 3-4: Cartilla de Mantenimiento Preventivo anterior

	Item	N° parte	Código SAP	Cantidad	Frecuencia (horas)
FILTROS	ENGINE OIL FILTER	6736-51-5142	KT6736515142	1	500
	FUEL PREFILTER	600-319-3610	KT6003193610	1	500
	FUEL MAIN FILTER	600-319-3750	KT6003193750	1	1000
	TRANSMISSION OIL FILTER	714-07-28713	KT7140728713	1	1000
	TRANSMISSION STRAINER	56D-15-19311	KT56D1519311	1	1000
	ORING TRANSMISSION STRAINER	07000-75085	KT0700075085	1	1000
	HYDRAULIC FILTER	423-60-45461	KT4236045461	1	2000
	ORING HYDRAULIC FILTER	07000-15195	KT0700015195	1	2000
	HYDRAULIC TANK BREATHER	423-60-35460	KT4236035460	1	2000
	AIR CONDITIONER FILTER FRESH	426-07-32441	KT4260732441	1	2000
	AIR CONDITIONER FILTER RECIC	426-07-32441	KT4260732441	1	2000
	PPC ACCUMULATOR	425-62-23751	KT4256223751	1	4000
	ORING PPC ACCUMULATOR	07002-12034	KT0700212034	1	4000
	HYDRAULIC OIL STRAINER	22B-60-11160	KT22B6011160	1	2000
	FUEL TANK BREATHER	421-60-35170	KT4216035170	1	1000
	AIR CLEANER	600-185-5100	KT6001855100	1	250

	Sistema	Capacidad Relleno (Gal)	Presentacion (Gal)	Código SAP	Cantidad de baldes	Frecuencia (horas)
LUBRICANTES	ACEITE DE MOTOR	6.0	5	KHSYZZ15W40CN	1	250
	ACEITE DE MOTOR		1	KHSYZZ15W40MN	1	250
	ACEITE DE TRANSMISION	10.0	5	KT1400501H2	2	1000
	ACEITE DEL SISTEMA HIDRAULICO	36.4	5	KT1400501H2	8	2000
	ACEITE DEL EJE DELANTERO Y POSTERIOR	21.2	5	KHSYZZAXO80CN	5	2000
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	8	5	KT1400164H1	1	4000
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		1	KT1400164H1	3	4000

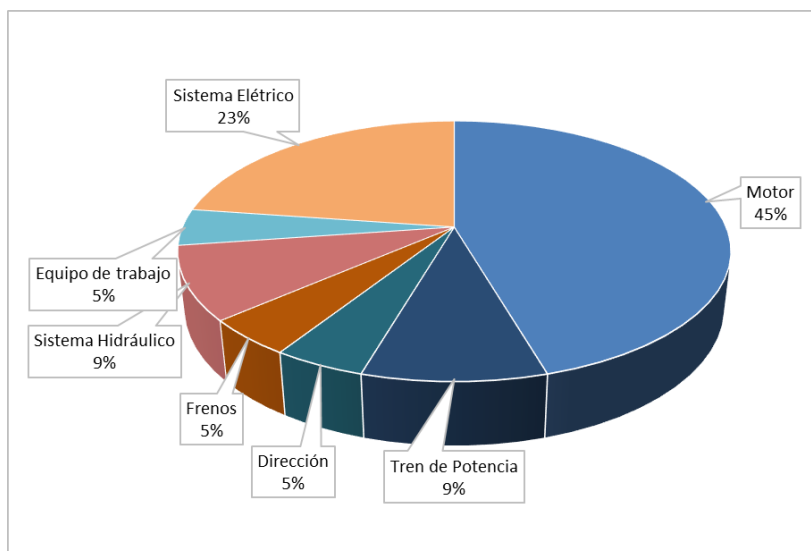
Fuente: Elaboración Propia

- **Historial de fallas en las faenas.**

Contar con un registro de reporte diario (también llamado bitácora), donde se detallan los trabajos realizados en los equipos es de gran importancia, ya que con la información que se recopile en ese registro podrá reducirse los tiempos de intervención para la solución de fallas recurrentes, a su vez deducir los métodos de prevención que sean necesarios para evitar que vuelva a suceder la falla logrando identificar la causa raíz.

Según los reportes registrados por parte del área de Servicios Construcción, se hizo una clasificación de las fallas por sistemas del cargador WA380-6, dando como resultado según se muestra en la siguiente figura:

Figura 3-5: Fallas según el Sistema del Cargador Frontal



Fuente: Komatsu

Como se aprecia en la figura, a pesar de que en todos los sistemas del cargador frontal se reportan fallas, la mayor cantidad de estas últimas son producidas en el motor Diesel, para lo cual en la siguiente actividad se buscó detectar el agente interno o externo al motor causante de los reportes.

- **Evaluación de criticidad de los sistemas del equipo seleccionado.**

Previo a la mejora del Plan de Inspección y mantenimiento preventivo para el cargador frontal WA380-6 Komatsu, es importante realizar una evaluación de criticidad, el cual nos permite establecer prioridades en los sistemas del cargador, teniendo en consideración la contribución del riesgo total asociado al proceso.

Toda esta información servirá como base para la priorización de actividades dentro del plan de mantenimiento preventivo.

En la actividad anterior tenemos la información de que el 45% (mayor porcentaje) de fallas en el cargador frontal son producidas en el motor, es por ello por lo que se toman los sistemas del motor y se enumeran las fallas más recurrentes.

Tabla 3-5: Listado de fallas mas recurrentes en el sistema del motor.

SISTEMA	Sub Sistema	Componentes	Fallas Relevantes	
MOTOR	Sistema de Admisión y escape	Turbocompresor	Pérdida de potencia Alto retorno de gases al carter (blow by)	
		Aftercooler	Pérdida de potencia (obstrucción) Humo negro	
		Filtro de aire	Pérdida de potencia	
		Sistema de Lubricación	Bomba de lubricación	Baja presión de aceite de motor. Desgaste prematuro de componentes internos
	Enfriador de aceite		Contaminación del aceite de motor con refrigerante	
	Sistema de enfriamiento		Bomba de agua	Fuga de refrigerante por sello de bomba Recalentamiento de motor
		Termostato	Recalentamiento de motor	
		Radiadores	Recalentamiento del los sistemas de enfriamiento.	
	Sistema de combustible	Inyectores	Pérdida de potencia Baja presión en el sistema de alta. Humo negro, humo blanco	
			Bomba de inyección	Pérdida de potencia Baja presión en el rail.
			Filtros de Combustible	Pérdida de potencia, baja presión en el rail
		Common rail (válvula de alivio)	Baja presión en el rail No enciende el equipo.	
		Sistema Eléctrico	Alternador	Deterioro de la batería o carga insuficiente.
	Arrancador		No enciende el equipo.	
	Controlador		Enciende (ON) la luz de precaución del nivel de aceite de motor. No enciende el equipo.	
			Códigos de falla	
	Sensores		No enciende el equipo.	

Fuente: Komatsu

Donde se determinó que la mayor cantidad de incidencias ocurren el sistema de combustible. A su vez el reporte de los técnicos indicaba que los filtros de combustible se saturaban antes de su próximo mantenimiento, por lo que recomendaban disminuir la frecuencia de cambio en los filtros de combustible realizado en el mantenimiento preventivo.

Este reporte de fallas relevantes obtenido es el principal resultado de la falta de un formato de inspección más detallado del equipo, ya que las fallas producidas no eran complicadas de subsanar.

3.1.3 Etapa 3: Plan de Inspección y Mantenimiento Preventivo mejorado

- **Plan de Inspección del modelo WA380-6.**

Con la información recopilada en la etapa anterior (análisis de criticidad, historial de fallas, análisis de formatos empleado) y especificaciones técnicas del cargador WA380-6 (etapa I), se ha elaborado un nuevo formato de Inspección y un nuevo Plan de Mantenimiento preventivo más acorde a la realidad de los equipos.

Para evitar fallas menores producidas por no realizar una inspección más detallada, se realizó un formato de Inspección de tal modo que está clasificado por sistemas, entre los que tenemos:

- Panel de Instrumento y Sistema eléctrico.
- Motor.
- Sistema de enfriamiento.
- Convertidor de torque y toma de fuerza (PTO).
- Transmisión.
- Eje de salida, diferenciales y mandos finales.
- Dirección y sistema de control.
- Sistema de Freno.

- Guardas y protectores.
- Cabina.
- Equipo de trabajo.

Cada sistema cuenta con cierta cantidad de actividades a verificar por parte del personal técnico antes y después de realizar el mantenimiento preventivo.

Ver Anexo 4: Inspección de cargadores frontales mejorado

Gracias a este nuevo formato de inspección o también llamado Check List, se puede detectar fallas a tiempo, evitando así que el equipo quede inoperativo por varias horas para su respectivo levantamiento de observación, a su vez no solo se puede detectar, sino también prevenir futuras incidencias.

- **Mejoramiento del Plan de Mantenimiento Preventivo**

Con la ayuda del análisis de criticidad, donde se concluye que la baja calidad de combustible genera obstrucción temprana en el filtro y pre-filtro de combustible ocasionando desgaste prematuro en componentes internos del motor, a su vez teniendo en cuenta las observaciones por parte de los técnicos a cargo de los mantenimientos de los cargadores; se procedió a disminuir la frecuencia de reemplazo de los filtros (filtro de combustible, pre-filtro de combustible) a 250 horas, para así evitar que los filtros se obstruyan tempranamente, ocasionado que se reemplacen componentes tales como inyectores, bomba de combustible, turbocompresores por debajo del promedio de horas y así evitar elevados costos de reparación.

Tabla 3-6: Cartilla de Mantenimiento Preventivo mejorado del WA380-6

Modelo	Descripción	Código	Cant	PM 250 Ini	PM 250	PM 500	PM 1000	PM 2000	PM 4000	T.MATERIAL
WA380-6	ENGINE OIL FILTER	KT6736515142	1	X	X	X	X	X	X	FILTROS
WA380-6	FUEL PREFILTER	KT6003193610	1	X	X	X	X	X	X	FILTROS
WA380-6	FUEL MAIN FILTER	KT6003193750	1	X	X	X	X	X	X	FILTROS
WA380-6	TRANSMISSION OIL FILTER	KT7140728713	1				X	X	X	FILTROS
WA380-6	TRANSMISSION STRAINER	KT56D1519311	1				X	X	X	FILTROS
WA380-6	ORING TRANSMISSION STRAINER	KT0700075085	1				X	X	X	FILTROS
WA380-6	HYDRAULIC FILTER	KT4236045461	1					X	X	FILTROS
WA380-6	ORING HYDRAULIC FILTER	KT0700015195	1					X	X	FILTROS
WA380-6	HYDRAULIC TANK BREATHER	KT4236035460	1					X	X	FILTROS
WA380-6	AIR CONDITIONER FILTER FRESH	KT4260732441	1					X	X	FILTROS
WA380-6	AIR CONDITIONER FILTER RECIC	KT4260732441	1					X	X	FILTROS
WA380-6	PPC ACCUMULATOR	KT4256223751	1						X	FILTROS
WA380-6	ORING PPC ACCUMULATOR	KT0700212034	1						X	FILTROS
WA380-6	HYDRAULIC OIL STRAINER	KT22B6011160	1					X	X	FILTROS
WA380-6	FUEL TANK BREATHER	KT4216035170	1				X	X	X	FILTROS
WA380-6	AIR CLEANER	KT6001855100	1	X	X	X	X	X	X	FILTROS
WA380-6	PREMIUN ENGINE OIL 15W-40 (Bal. 5 Gln)	KHSYZZ15W40CN	1	X	X	X	X	X	X	LUBRICANTES
WA380-6	PREMIUN ENGINE OIL 15W-40 (Bal. 1 Gln)	KHSYZZ15W40MN	1	X	X	X	X	X	X	LUBRICANTES
WA380-6	POWERTRAIN OIL TO 10 (Bal. 5 Gln)	KT1400501H2	2				X	X	X	LUBRICANTES
WA380-6	POWERTRAIN OIL TO 10 (Bal. 5 Gln)	KT1400501H2	8					X	X	LUBRICANTES
WA380-6	AXLE OIL AXO80 (Bal. 5 Gln)	KHSYZZAXO80CN	5					X	X	LUBRICANTES
WA380-6	REFRIGERANTE AF-NAT [5 Gal]	KT1400166H1	1						X	LUBRICANTES
WA380-6	REFRIGERANTE AF-NAT [1 Gal]	KT1400164H1	3						X	LUBRICANTES

Fuente: Elaboración Propia

- **Elaboración del Presupuesto de Mantenimiento.**

Los Mantenimiento Preventivos o también conocidos como “PM” realizados por Komatsu, están clasificados en mantenimientos de 250, 500, 1000, 2000, 4000 horas, etc. Así que, si queremos referirnos al Mantenimiento Preventivo de 250 horas, también se puede mencionar como “PM250 horas”, bajo la misma analogía serán con los otros Mantenimientos según su horómetro.

Además, no solo se cotizan PM de horómetros fijos, sino que también PM con rangos de horas, para nuestro caso calculáremos el presupuesto del PM250 horas, PM500 horas, PM1000 horas, PM2000 horas, PM4000 horas, y un PM hasta las 25 000 horas (equipo que inicia operaciones) del cargador WA380-6.

En la actividad anterior se tiene los filtros y lubricantes que se utilizan en cada mantenimiento según el horómetro que corresponda; con dicha información, se puede presentar los siguientes presupuestos:

El presupuesto para el PM250 horas es de \$ 574.84 dólares los cuales está incluido el costo de los repuestos y costo de mano de obra, tal como se indica en la figura:

Tabla 3-7: Presupuesto de un Mantenimiento de 250 horas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM 250	\$ 210.00	4	\$ 276.87	2	\$ 88.02	\$ 574.89	1	\$ 210.00	\$ 364.89	\$ 574.89
							Sub Total:	\$ 210.00	\$ 364.89	\$ 574.89

Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del PM500 horas, el presupuesto es de \$ 574.89 dólares, no hay diferencia con el mantenimiento anterior (250 horas), ya que se realizan las mismas actividades y se reemplazan los mismos filtros y lubricantes.

Tabla 3-8: Presupuesto de un Mantenimiento de 500 horas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM 500	\$ 210.00	4	\$ 276.87	2	\$ 88.02	\$ 574.89	1	\$ 210.00	\$ 364.89	\$ 574.89
Sub Total:							\$ 210.00	\$ 364.89	\$ 574.89	

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto para el PM1000 horas es de \$ 1,347.05 dólares, el costo aumenta, ya que aumentan las actividades (más filtros, más lubricantes, por ende, mayor cantidad de horas en la ejecución de los trabajos)

Tabla 3-9: Presupuesto de un Mantenimiento de 1000 horas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM1000	\$ 420.00	8	\$ 628.87	4	\$ 214.18	\$ 1,263.05	1	\$ 420.00	\$ 843.05	\$ 1,263.05
Sub Total:							\$ 420.00	\$ 843.05	\$ 1,263.05	

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto para el PM2000 horas es de \$ 2,912.77 dólares, dicho costo incluye filtros, lubricantes y costo de mano de obra, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3-10: Presupuesto de un Mantenimiento de 2000 horas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM2000	\$ 672.00	14	\$ 1,125.30	17	\$ 1,115.47	\$ 2,912.77	1	\$ 672.00	\$ 2,240.77	\$ 2,912.77
Sub Total:							\$ 672.00	\$ 2,240.77	\$ 2,912.77	

Fuente: Elaboración Propia

Para finalizar el presupuesto de PM de horómetros fijos, tenemos el PM4000 horas, la cual nos da un costo de \$ 4,344.08 dólares, monto que incluye filtros, lubricantes y costo de mano de obra.

Tabla 3-11: Presupuesto de un Mantenimiento de 4000 horas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM 4000	\$ 756.00	16	\$ 2,322.11	21	\$ 1,265.97	\$ 4,344.08	1	\$ 756.00	\$ 3,588.08	\$ 4,344.08
Sub Total:							\$ 756.00	\$ 3,588.08	\$ 4,344.08	

Fuente: Elaboración Propia

Por último, tenemos el caso en el que se cotiza un PM hasta las 12 600 horas, dicho presupuesto es la suma de todos los PM que se realizan al equipo hasta el horómetro mencionado anteriormente, es bueno saber que cuando se realiza este tipo de cotizaciones lo que interesa es el CPH (Costo por hora) ya que el valor que resulte de la división entre la venta total y las horas, será una constante durante todo el ciclo de trabajo del equipo.

Se detalla los PM que incluyen el presupuesto total hasta el PM 12 600 horas:

PM250 inicial

PM 250 horas: 750h, 1250h, 1750h, 2250h, 2750h, 3250h, 3750h, 4250h, 4750h, 5250h, 5750h, 6250h, 6750h, 7250h, 7750h, 8250h, 8750h, 9250h, 9750h, 10250h, 10750h, 11250h, 11750h, 12250h.

PM 500 horas: 500h, 1500h, 2500h, 3500h, 4500h, 5500h, 6500h, 7500h, 8500h, 9500h, 10500h, 11500h, 12500h.

PM 1000 inicial

PM 1000 horas: 3000h, 5000h, 7000h, 9000h, 11000h.

PM 2000 horas: 2000h, 6000h, 10000h.

PM 4000 horas: 4000h, 12000h.

PM 8000 horas: 8000h.

Tabla 3-12: Presupuesto de un Mantenimiento hasta las 12 600 horas

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM 250 Inicial	\$ 210.00	4	\$ 276.87	2	\$ 88.02	\$ 574.89	1	\$ 210.00	\$ 364.89	\$ 574.89
PM 1000 Inicial	\$ 504.00	8	\$ 628.87	4	\$ 214.18	\$ 1,347.05	1	\$ 504.00	\$ 843.05	\$ 1,347.05
PM 250	\$ 210.00	4	\$ 276.87	2	\$ 88.02	\$ 574.89	24	\$ 5,040.00	\$ 8,757.36	\$ 13,797.36
PM 500	\$ 210.00	4	\$ 276.87	2	\$ 88.02	\$ 574.89	13	\$ 2,730.00	\$ 4,743.57	\$ 7,473.57
PM 1000	\$ 420.00	8	\$ 628.87	4	\$ 214.18	\$ 1,263.05	5	\$ 2,100.00	\$ 4,215.25	\$ 6,315.25
PM 2000	\$ 672.00	14	\$ 1,125.30	17	\$ 1,115.47	\$ 2,912.77	3	\$ 2,016.00	\$ 6,722.31	\$ 8,738.31
PM 4000	\$ 756.00	16	\$ 2,322.11	21	\$ 1,265.97	\$ 4,344.08	2	\$ 1,512.00	\$ 7,176.16	\$ 8,688.16
PM 8000	\$ 840.00	16	\$ 2,322.11	21	\$ 1,265.97	\$ 4,428.08	1	\$ 840.00	\$ 3,588.08	\$ 4,428.08
							Sub Total:	\$ 14,952.00	\$ 36,410.67	\$ 51,362.67

Fuente: Elaboración Propia

El costo para el PM hasta las 12 600 horas es de \$ 51,362.67 dólares.

- **Ejecución de los trabajos implicados en mantenimiento preventivo.**

Las ordenes de trabajo son formatos diseñados por el área de Servicios Construcción y emitidas por el planificador, en cada OT se describe las actividades específicas (Tipo de PM) a ejecutar por el personal técnico.

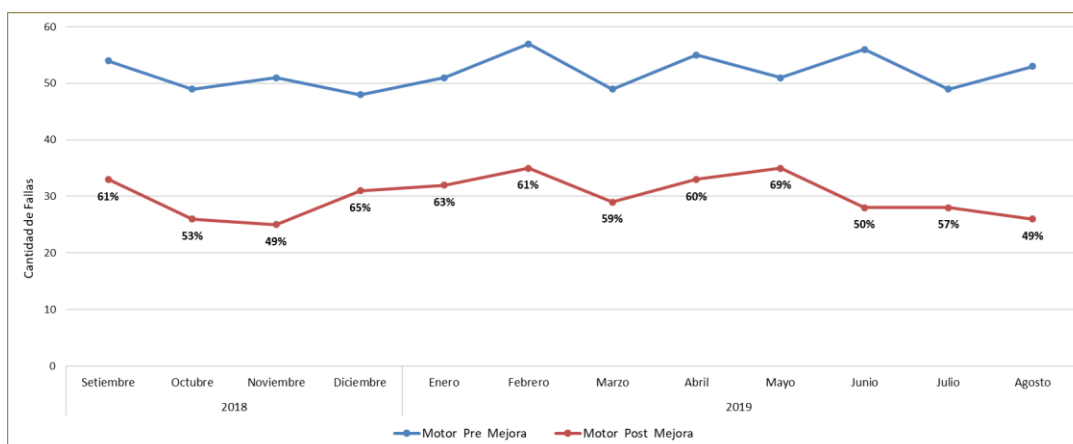
Las OT se empiezan a dar semanalmente, estas llegan al supervisor de campo para que el personal técnico las ejecute en el lugar donde se encuentre el equipo, en el caso que el equipo sea atendido por una falla, está deberá ser reportada por escrito al supervisor, para el levantamiento de este.

3.1.4 Etapa 4: Evaluación Económica del plan de mantenimiento mejorado

- **Análisis del historial de fallas pre y post mejora.**

Luego de 8 semanas en que los equipos trabajan aplicando la mejora en la Inspección y Plan de Mantenimiento Preventivo, se solicitó nuevamente el historial de fallas al área de Servicios Construcción para poder compararlo con respecto a los equipos que continúan operando bajo plan de inspección y mantenimiento preventivo anterior, dando como resultado la siguiente figura:

Figura 3-6: Comparativo de fallas pre y post mejora



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, la cantidad de fallas de los equipos a los que se le aplicó la mejora de inspección y plan de mantenimiento han disminuido en promedio en 40% con respecto a los equipos con los que continúan con la inspección y plan de mantenimiento anterior.

- **Análisis de la reducción de costo a largo plazo.**

Para realizar el análisis de la reducción de costo a largo plazo, es necesario realizar una Tarifa Variable donde se incluirán los CPH de los presupuestos de Mantenimiento Preventivo pre y post mejora bajo las mismas condiciones para realizar las comparaciones de los factores que influyen en la cotización formal hacia el cliente.

Se obtuvo el presupuesto del Plan de Mantenimiento que se utilizaba antes de la mejora, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3-13: Presupuesto de Mantenimiento anterior hasta las 12 600 horas

COSTOS DE MANTENIMIENTO										
Modelo: WA380-6 Serie: 66105-UP										
Tipo de Mantenimiento	Costos en Dolares (\$)									
	Mano de Obra	Filtros		Lubricantes		Total Unitario	Total de PM's	Total MO	Total Repuestos	Total
		Cant.	Precio	Cant.	Precio					
PM 250 Inicial	\$ 168.00	2	\$ 147.33	2	\$ 88.02	\$ 403.35	1	\$ 168.00	\$ 235.35	\$ 403.35
PM 1000 Inicial	\$ 462.00	8	\$ 628.87	4	\$ 214.18	\$ 1,305.05	1	\$ 462.00	\$ 843.05	\$ 1,305.05
PM 250	\$ 168.00	2	\$ 147.33	2	\$ 88.02	\$ 403.35	24	\$ 4,032.00	\$ 5,648.40	\$ 9,680.40
PM 500	\$ 168.00	3	\$ 212.13	2	\$ 88.02	\$ 468.15	13	\$ 2,184.00	\$ 3,901.95	\$ 6,085.95
PM 1000	\$ 378.00	8	\$ 628.87	4	\$ 214.18	\$ 1,221.05	5	\$ 1,890.00	\$ 4,215.25	\$ 6,105.25
PM 2000	\$ 630.00	14	\$ 1,125.30	17	\$ 1,115.47	\$ 2,870.77	3	\$ 1,890.00	\$ 6,722.31	\$ 8,612.31
PM 4000	\$ 714.00	16	\$ 2,322.11	21	\$ 1,265.97	\$ 4,302.08	2	\$ 1,428.00	\$ 7,176.16	\$ 8,604.16
PM 8000	\$ 798.00	16	\$ 2,322.11	21	\$ 1,265.97	\$ 4,386.08	1	\$ 798.00	\$ 3,588.08	\$ 4,386.08
Sub Total:								\$ 12,852.00	\$ 32,330.55	\$ 45,182.55

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar se obtuvo un presupuesto total de \$ 45,182.55 dólares, valor que incluye los costos de filtros, lubricantes y mano de obra hasta las 12 600 horas. Ahora si dividimos el Presupuesto total con la cantidad de horas totales, obtendremos **el CPH del Plan de Mantenimiento anterior**.

Presupuesto Total: \$ 45,182.55

Horas totales: 12 600 horas

$$CPH = \frac{\text{Presupuesto Total (\$)}}{\text{Horas Totales}} \rightarrow CPH = \frac{45,182.55}{12\,600} = \mathbf{3.59 \$/hora}$$

De la misma manera se realiza la obtención del **CPH del Plan de Mantenimiento mejorado**

Presupuesto Total: \$ 51,362.67

Horas totales: 12 600 horas

$$CPH = \frac{\text{Presupuesto Total (\$)}}{\text{Horas Totales}} \rightarrow CPH = \frac{51,362.67}{12\,600} = \mathbf{4.08 \$/hora}$$

Al igual que en los presupuestos de mantenimiento preventivo, para el cálculo de la Tarifa variable, se hará bajo 2 escenarios, el primero antes de la mejora y el segundo, aplicando la mejora de inspección y plan de mantenimiento.

Se hará un listado de componentes y sistemas que se veían afectados directamente con la falta de inspección detallada y el anterior plan de mantenimiento:

Tabla 3-14: TBO Útil de los Componentes críticos del motor antes de la mejora

Elemento	Clasificación	Cantidad / Equipo	Frecuencia de Cambio o Reparación (horas)
FUEL INJECTOR	MENOR	6	3000
WATER PUMP	MENOR	1	5000
FUEL INJECTION PUMP	MENOR	1	4000
FUEL PIPING CLAMP & CAP	MISCELANEOS	1	4000
TURBOCHARGER	MENOR	1	4000
ALTERNATOR-60A	MENOR	1	6500
STARTING MOTOR-5.5KW	MENOR	1	6500

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la figura anterior, los componentes que se veían afectados directamente por el plan de mantenimiento anterior son los inyectores, bomba de agua, bomba de combustible, las mangueras de la bomba de combustible y el turbocargador ya que la calidad de combustible a Nivel Nacional ocasionaba que los filtros de combustible se saturaran, y el desgaste de los componentes internos sea mayor al esperado.

Por otro lado, las inspecciones realizadas antes de la mejora implicaban en realizar las reparaciones del alternador, arrancador y sistema eléctrico del equipo bajo las frecuencias dadas en el cuadro anterior.

Durante el tiempo en el que se estuvo obteniendo los resultados después de implantar la mejora en la inspección y plan de mantenimiento preventivo del cargador frontal WA380-6, los componentes y sistemas que se veían afectados por temas de inspección y calidad de combustible, en promedio mejoraron sus frecuencias de reemplazo y/o reparación, tal como se observa en el siguiente cuadro.

Tabla 3-15: TBO de los componentes críticos del motor post mejora

Elemento	Clasificación	Cantidad / Equipo	Frecuencia de Cambio o Reparación (horas)
FUEL INJECTOR	MENOR	6	5500
WATER PUMP	MENOR	1	6500
FUEL INJECTION PUMP	MENOR	1	6500
FUEL PIPING CLAMP & CAP	MISCELANEOS	1	5000
TURBOCHARGER	MENOR	1	5000
ALTERNATOR-60A	MENOR	1	7000
STARTING MOTOR-5.5KW	MENOR	1	7000

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla anterior, las frecuencias de reparación y/o reemplazo de los componentes aumentaron. Con todos los datos obtenidos en el presupuesto de planes de mantenimiento, y los nuevos TBO de los componentes, pasamos a realizar el nuevo cálculo de la tarifa variable.

El CPH obtenido luego de realizar Tarifa Variable es de 12.99 \$/hora, este resultado era lo que se esperaba bajo la inspección y plan de mantenimiento anterior, a una proyección a 2.5 años (tomados por semestres), considerando 5040 horas anuales (aproximadamente 14 horas diarias de trabajo)

Tabla 3-16: TV del WA380-6 a una proyección de 3 años antes de la mejora

Concepto	Tarifa Variable - Costo por hora operacional (CpH)					Promedio
	0	2521	5041	7561	10081	
	2520	5040	7560	10080	12600	
MENOR	0.00	4.25	2.97	7.75	5.99	4.19
MISCELANEOS	0.28	4.19	0.38	10.31	10.94	5.22
PM	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58	3.58
TOTAL CPH KOMATSU COSTO	3.86	12.02	6.93	21.64	20.51	12.99

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos con las frecuencias de cambio de los inyectores, bomba de combustible, turbo, bomba de agua, generado con el nuevo plan de inspección y plan de mantenimiento preventivo, generó que el mantenimiento al sistema eléctrico sea más prolongado obteniéndose la nueva TV.

Tabla 3-17: TV del Cargador WA380-6 a una proyección de 5 años post mejora

Concepto	Tarifa Variable - Costo por hora operacional (CpH)					Promedio
	0	2521	5041	7561	10081	
	2520	5040	7560	10080	12600	
MENOR	0.00	0.63	3.89	4.14	4.66	2.66
MISCELANEOS	0.28	4.19	0.38	6.72	10.60	4.43
PM	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07
TOTAL CPH KOMATSU COSTO	4.35	8.89	8.34	14.93	19.33	11.17

Fuente: Elaboración Propia

Donde claramente se observa una disminución en el CPH, haré unos pequeños cálculos para poder determinar cuándo se está ahorrando con la mejora de la inspección y plan de mantenimiento preventivo:

$$\text{Ahorro} = (\text{CPH}_{\text{anterior}} - \text{CPH}_{\text{actual}}) * \text{Horas Totales}$$

$$\text{Ahorro} = (12.99 - 11.17) \text{ \$/hora} * 12\ 600 \text{ horas}$$

$$\text{Ahorro} = 1.82 \text{ \$/hora} * 12\ 600 \text{ horas}$$

$$\text{Ahorro} = \$ 22,932.00 \text{ dólares por equipo.}$$

3.2 Evaluación Técnico – Económico

La realización de la mejora en la Inspección y Plan de mantenimiento Preventivo fue con el apoyo de personal técnico calificado en la ejecución de los trabajos asignados, a su vez de Ingenieros especialista para la revisión de manuales y posibles propuestas.

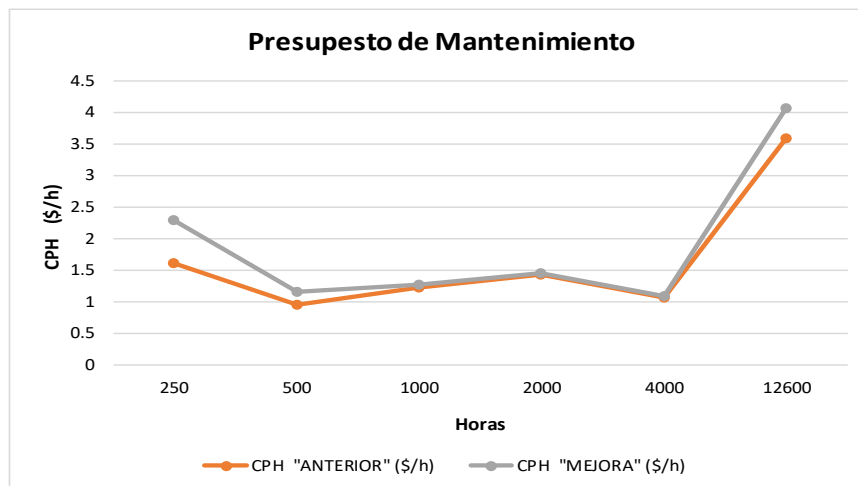
El resultado obtenido se puede evidenciar mediante el siguiente cuadro:

Tabla 3-18: Cuadro Comparativo del CPH del Mantenimiento Pre y Post mejora

HOROMETRO (Horas)	PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO ANTERIOR		PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO MEJORADO	
	MONTO TOTAL "ANTERIOR" (\$)	CPH "ANTERIOR" (\$/h)	MONTO TOTAL "MEJORA" (\$)	CPH "MEJORA" (\$/h)
250	403.35	1.61	574.89	2.30
500	468.15	0.94	574.89	1.15
1000	1,221.05	1.22	1,263.05	1.26
2000	2,870.77	1.43	2,912.77	1.46
4000	4,302.08	1.08	4,344.08	1.09
12600	45,182.55	3.59	51,362.67	4.08

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3-7: Comparativo del CPH del mantenimiento Pre y Post mejora



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3-19: Cuadro Comparativo del CPH de la Tarifa Variable Pre y Post mejora

TARIFA VARIABLE DE CORRECTIVOS DEL CARGADOR WA380-6 HASTA LAS 12600 HORAS		
Items	CPH "ANTERIOR" (\$/h)	CPH "MEJORA" (\$/h)
Menores	4.19	2.66
Miscelaneos	5.22	4.43
PM	3.59	4.08
CPH TOTAL	12.99	11.17

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 3-18 se puede observar que el CPH de correctivos menores del cargador frontal WA380-6 hasta las 12 600 horas disminuye en 1.82 (\$/h), que equivale a un monto total de \$ 22,932.00 dólares

3.3 Análisis de Resultados

- De acuerdo con la Figura 3-6, se evidencia una disminución de fallas de los cargadores frontales donde se aplicó la mejora en la inspección y plan de mantenimiento con respecto a los cargadores frontales que continuaron con el plan anterior. El % de fallas disminuyó en 40% como promedio, esto debido al uso de un formato de inspección más detallado y disminuyendo la frecuencia de cambio de los filtros de combustible del plan de mantenimiento preventivo.
- En la Tabla 3-14 se puede observar que la frecuencia de cambio y/o reparación de los componentes del motor aumentó, reflejándose en mayor magnitud con los inyectores y bomba de combustible ya que son los componentes implicados directamente al sistema de combustible y todo ello debido a la disminución en la frecuencia de cambio en el filtro y pre-filtro de combustible.

- En la Tabla 3-17, se evidencia que el presupuesto del plan de inspección y mantenimiento preventivo mejorado en los horómetros de 250h, 500h, 1000h, 2000h, 4000h es mayor con respecto al presupuesto del plan de inspección y mantenimiento preventivo anterior. Para los cargadores analizados en este informe trabajando 14 horas/día durante 2.5 años alcanzaron un horómetro de 12 600 horas obteniendo un gasto adicional de 0.49 \$/hora.
- En la Tabla 3-18 se evidencia que, a pesar de haber aumentado el presupuesto del plan de inspección y mantenimiento preventivo mejorado, el CPH de la Tarifa Variable (Correctivos) para el horómetro de 12 600 horas disminuye en 1.82 \$/hora equivalente en \$22,932.00 dólares, esto debido a que el tiempo de vida útil de los componentes del motor aumentó, ocasionado que se reemplace y/o repare menos veces bajo el mismo rango de tiempo.

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El objetivo propuesto fue mejorar el plan de inspección y mantenimiento preventivo, obteniendo un aumento del CPH en el mantenimiento preventivo mejorado de 0.49 \$/hora con respecto al plan anterior que fue de 3.59 \$/hora, esto debido a dos razones, la primera como consecuencia al aumento en una hora en el tiempo de ejecución de los mantenimientos, y la segunda a la reducción de frecuencias en el cambio de filtro y prefiltro de combustible de 500

a 250 horas. Así mismo se obtuvo a largo plazo una reducción en el CPH en los mantenimientos correctivos realizados hasta las 12 600 horas (2.5 años), lo que nos lleva finalmente a una reducción de gastos de \$ 22,932.00 por equipo.

4.2 Conclusiones

- Al mejorar el plan de inspección y mantenimiento preventivo del Cargador Frontal WA380-6 Komatsu se logró reducir el número de paradas no programadas debido a fallas, obteniendo así una mejor imagen como empresa hacia el cliente.
- Se seleccionó el modelo más comercial de los cargadores frontales y se compiló la información técnica de operación y mantenimiento del equipo seleccionado.
- Se logró revisar y analizar el plan de inspección y mantenimiento preventivo anterior con información técnica e historial de fallas para identificar los sistemas críticos del cargador frontal seleccionado.
- Se realizó la mejora en el plan de Inspección y mantenimiento preventivo para su posterior ejecución y control respectivo.
- Con la ejecución del mejorado plan de inspección y mantenimiento preventivo se logró reducir a largo plazo los gastos en los mantenimientos correctivos hasta las 12 600 horas en \$22,932.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar analizando el historial del cargador frontal WA380-6 con el nuevo plan de mantenimiento preventivo para mejorar o modificar las cartillas de mantenimiento.
- Se recomienda capacitar constantemente al personal técnico en actividades de mantenimiento con la finalidad de seguir minimizando los tiempos de paradas no planificadas.
- Se recomienda extender dicho informe a las demás familias de equipos Komatsu para la construcción tales como las excavadoras hidráulicas, tractores sobre orugas, motoniveladoras y retroexcavadoras
- Cumplir con las recomendaciones del fabricante dadas en el manual de Operación y Mantenimiento para el correcto funcionamiento del equipo y reducir las paradas no planificadas.

VI. BIBLIOGRAFIA

MORA, Luis. (2009) Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Alfaomega Grupo.

Editor, 2009. ISBN 978-9586827690.

MORROW, L. C. "Manual de Mantenimiento Industrial", Tomo I.

Decimocuarta Edición. Editorial CECSA. México, 1986.

CASTLES, John G. "Mantenimiento Preventivo Industrial". Editorial

McGraw-Hill. New York, 1971.

DOMÍNGUEZ B., Guillermo León. "La Termografía Herramienta de Mantenimiento Predictivo". ACIEM Cundinamarca. Segundas Jornadas.

Nacionales de Mantenimiento. Bogotá. Septiembre de 1983.

GARCIA PALENCIA, Oliverio. "Gestión moderna del Mantenimiento Industrial".

Ediciones de la U, 2012. ISBN 978-958-762-051-1.

Operation and Maintenance Manual WA380-6 Komatsu.

Shop Manual WA380-6 Komatsu.

Parts Books WA380-6 Komatsu.

ANEXOS

Anexo 1: Especificaciones técnicas Cargador Frontal WA380-6.

Anexo 1a: Pesos y dimensionamiento.

Anexo 1b: Peso, dimensionamiento y velocidades de traslado.

Anexo 1c: Motor, tren de potencia, frenos y dirección.

Anexo 1d: Sistema Hidráulico.

Anexo 2: Inspección anterior del cargador frontal.

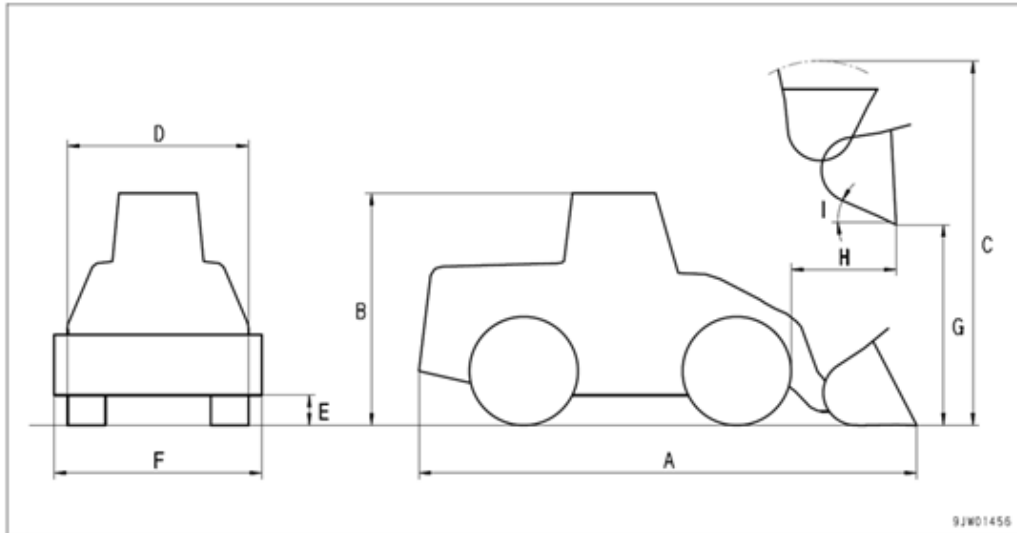
Anexo 3: Combustible, refrigerante y lubricantes del WA380-6.

Anexo 4: Inspección de cargadores frontales mejorado.

Anexo 1a

Specification dimension drawing

(WA380-6)



9JW01455

Check item		Unit	WA380-6 (In P-mode)	
Machine weight (With BOC)		kg	16,485	
Normal load		kg	5,280	
Bucket capacity (Heaped, with BOC)		m ³	3.3	
Engine model name		—	Komatsu SAA6D107E-1 Diesel engine	
Engine rated output		kW (HP) /rpm	143 (192) /2,100	
• Net [ISO 14396]				142 (191) /2,100
• Net [ISO 9249/SAE J1349] (*1)				143 (192) /2,100
• Gross [SAE J1995] (*2)			143 (192) /2,100	
A	Overall length (with BOC)	mm	8,195	
B	Overall height	mm	3,325	
C	Overall height with bucket lifted up	mm	5,535	
D	Overall width	mm	2,695	
E	Minimum ground clearance	mm	390	
F	Bucket width	mm	2,905	
G	Dumping clearance (*3)	Bucket tip/BOC tip	2,970/2,885	
H	Dumping reach (*3)	Bucket tip/BOC tip	1,165/1,210	
I	Bucket dump angle (max. height)	deg.	49	
Min. turning radius	Bucket tip/BOC tip	mm	7,190/7,220	
	Center of outside tire	mm	6,320	
Tolerable drawbar pull load		kN (kg)	115 (11,700)	
Travel speed	1st (Forward/reverse)	km/h	6.0/6.5	
	2nd (Forward/reverse)		10.6/11.3	
	3rd (Forward/reverse)		18.6/19.9	
	4th (Forward/reverse)		31.1/33.0	

*1: Indicates the value at the minimum speed of cooling fan.

*2: Indicates the value of the engine alone (without cooling fan).

*3: Indicates the value at the 45° bucket dump angle.

★ The engine rated output is indicated in the net value and gross value. Gross denotes the rated output measured of an independent engine. While, net denotes the value measured of an engine under the conditions that are essentially the same as that it will be exposed on a machine.

★ Following shows the rated output (net) at the maximum cooling fan speed.
133 kW (179 HP) /2,100 rpm

★ BOC: Abbreviation for Bolt-On Cutting edge

Anexo 1b

Specifications

(WA380-6)

Machine model name		WA380-6		
Serial number		65001 and up		
Weight	Machine weight	kg	16,485	
	Machine weight (Front wheel) in SAE travel posture	kg	7,595	
	Machine weight (Rear wheel) in SAE travel posture	kg	8,890	
Performance	Bucket capacity (Heaped)	m ³	3.3	
	Operating load	kg	5,280	
	Travel speed (Forward 1st) (Forward 2nd) (Forward 3rd) (Forward 4th) (Reverse 1st) (Reverse 2nd) (Reverse 3rd) (Reverse 4th)	km/h	E-mode	P-mode
			5.1	6.0
			8.8	10.6
			15.4	18.6
		km/h	25.1	31.1
			5.5	6.5
			9.4	11.3
			16.3	19.9
	Maximum drawbar pull (Forward) (Reverse)	kN (kg)	26.5	33.0
			130 {13,200} 119 {12,100}	181 {18,400} 165 {16,860}
	Gradeability	deg.	25	
	Min. turning radius (Center of outside tire)	mm	6,320	
Turning radius (Teeth edge/BOC tip) SAE travel posture	mm	7,190/7,220		
Dimension	Overall length (With BOC)	mm	8,195	
	Overall width (Machine body)	mm	2,695	
	Bucket width (With BOC)	mm	2,905	
	Overall height (Cab top)	mm	3,325	
	Overall height with bucket lifted up	mm	5,535	
	Wheelbase	mm	3,300	
	Tread	mm	2,160	
	Minimum ground clearance	mm	390	
	Max. hinge pin height	mm	4,030	
	Dumping clearance (*1) (Teeth edge/BOC tip)	mm	2,970/2,885	
	Dumping reach (*1) (Teeth edge/BOC tip)	mm	1,165/1,210	
	Steering angle	deg.	35	
	Bucket tilt-back angle (Operating posture) (Max. height)	deg.	50	
			66	
	Bucket tilt-forward angle (Max. height)	deg.	49	
	Digging depth, 10° (Teeth edge/Edge tip)	mm	310/360	

*1: Indicates the value at the 45° bucket dump angle.

★ BOC: Abbreviation for Bolt-On Cutting edge

Anexo 1c

Machine model name		WA380-6		
Serial number		65001 and up		
Engine	Model name		SAA6D107E-1	
	Model		4-cycle, water-cooled, in-line vertical, direct injection type with turbocharger and air-cooled aftercooler	
	No. of cylinders – bore x stroke	mm	6 – 107 x 124	
	Total piston displacement	ℓ (cc)	6.69 (6,690)	
	Performance (In P-mode)	Flywheel horsepower		
		• Net [ISO 9249/SAE J1349] (*1)	kW (HP) /rpm	142 {191} /2,100
		• Gross [SAE J1995] (*2)		143 {192} /2,100
		Max. torque (*2)	Nm (kgm) /rpm	941 {96} /1,450
		Min. fuel consumption ratio	g/kWh {g/HPh}	224 {167}
		High idle speed	rpm	2,230 ± 50
Low idle speed	rpm	850 ± 25		
Starting motor			24 V, 5.5 kW	
Alternator			24 V, 60 A	
Battery (*3)			12 V, 136 Ah x 2 pcs	
Power train	Torque converter		3-element, 1-stage, 1-phase	
	Transmission		Counter-shaft, helical and spur gear constant-mesh type, multi-disc type, hydraulic type, modulating	
	Reduction gear unit		Spiral bevel gear type and oil bath lubrication type	
	Differential system		Straight bevel gear type	
	Final drive		Planetary gear single reduction type and oil bath lubrication type	
Wheel and axle	Drive wheel		Front and rear wheel drive	
	Front axle		Fixed frame, semi-float type	
	Rear axle		Center pin supporting, semi-float type	
Tires	Size		20.5-25-16PR	
	Rim size		17.00-25WTB	
	Tire inflation pressure (Front wheel) (Rear wheel)	kPa {kg/cm ² }	340 {3.4} 340 {3.4}	
Brake	Main	Braking method	4-wheel brake, independent front and rear wheel brakes	
		Type of brake	Enclosed wet disc type	
		Drive method	Hydraulic drive	
		Operating method	With hydraulic booster	
	Parking	Braking method	Transmission output shaft brake	
		Type of brake	Wet disc type	
	Drive method	Driven with spring, hydraulically released type		
Steering	Steering method		Articulated chassis type	
	Drive method		Hydraulic drive	

*1: Indicates the value at the minimum speed of cooling fan.

*2: Indicates the value of the engine alone (without cooling fan).

*3: The battery capacity (Ah) indicates the 5-hour rate value.

★ The engine rated output is indicated in the net value and gross value. Gross denotes the rated output measured of an independent engine. While, net denotes the value measured of an engine under the condition essentially the same as that when it is installed on machine.

★ Following shows the rated output (net) at the maximum cooling fan speed.
133 kW {179 HP} /2,100 rpm

Anexo 1d

Anexo 1d				
Hydraulic system	Hydraulic pump	Power train pump		
		• Type	Gear type	
		• Delivery	cm ³ /rev	80.2
		Steering pump		
		• Type		Variable displacement, swash plate, piston type
		• Delivery	cm ³ /rev	63
	Work equipment pump			
	• Type		Variable displacement, swash plate, piston type	
	• Delivery	cm ³ /rev	90	
	Cooling fan pump			
	• Type		Variable displacement, swash plate, piston type	
	• Delivery	cm ³ /rev	30	
	Emergency steering pump			
	• Type		Gear type	
	• Delivery	cm ³ /rev	21	
Cylinder	Steering cylinder	Type	Double-acting piston type	
		Cylinder bore	mm	75
		Piston rod outside diameter	mm	45
		Stroke	mm	442
		Max. distance between centers of pins	mm	1,209
		Min. distance between centers of pins	mm	767
	Lift cylinder	Type		Double-acting piston type
		Cylinder bore	mm	130
		Piston rod outside diameter	mm	90
		Stroke	mm	713
		Max. distance between centers of pins	mm	2,050
		Min. distance between centers of pins	mm	1,337
	Bucket cylinder	Type		Double-acting piston type
		Cylinder bore	mm	150
		Piston rod outside diameter	mm	90
		Stroke	mm	535
		Max. distance between centers of pins	mm	1,690
		Min. distance between centers of pins	mm	1,155

Anexo 2

USE OF FUEL, COOLANT AND LUBRICANTS ACCORDING TO AMBIENT TEMPERATURE

Reservoir	Fluid Type	Ambient Temperature										Recommended Komatsu Fluids
		-22 -30	-4 -20	14 -10	32 0	50 10	68 20	86 30	104 40	122 °F 50 °C		
Engine Oil Pan	Engine oil	(Note.1)										Komatsu EOS0W30
		(Note.1)										Komatsu EOS5W40
		(Note.1)										Komatsu EO10W30-DH
		(Note.1)										Komatsu EO15W40-DH
		(Note.1)										Komatsu EO30-DH
Transmission case	Power train oil (Note.2)	(Note.1)										TO10
Hydraulic System	Power train oil	(Note.1)										TO10
	Hydraulic oil	(Note.1)										HO46-HM
	Engine oil	(Note.1)										Komatsu EO10W30-DH
		(Note.1)										Komatsu EO15W40-DH
Axle	Axle oil (Note.3)	(Note.1)										AXO80
	Power train oil (Note.4)	(Note.1)										TO50
Pin / Bushing Grease fitting	Hyper grease (Note.5)	(Note.1)										G2-T, G2-TE
	Lithium EP grease	(Note.1)										G2-LI
Cooling system	SUPERCOOLANT (AF-NAC) (Note.6)	(Note.1)										AF-NAC
Fuel tank	Diesel fuel	(Note.1)										ASTM D975 No.1-D S15 ASTM D975 No.1-D S500
		(Note.1)										ASTM D975 No.2-D S15 ASTM D975 No.2-D S500

Anexo 3

	CHECK LIST INICIAL INSPECCIÓN GENERAL - KOMATSU	Versión:	00
		Código:	OMAO_PR_002_FR_011
		Página	1/2

OS:		Máquina:	
Fecha de Inspección		Supervisor:	
Técnico:			


DATOS DE LA MÁQUINA

Modelo máquina _____ Serie de la Máquina _____
 Modelo del Motor _____ Serie del Motor _____
 Horómetro _____

Elemento a Inspeccionar	Check	Observaciones
ESCALERAS DE ACCESO Y PASAMANOS		
CADENAS		
RODILLOS SUPERIORES		
NEUMATICOS		
RUEDA DE GUIA		
RODILLOS INFERIORES		
GUARDAS Y PROTECTORES		
SEGMENTOS DE SPROCKET		
CARCAZA DE MANDO FINAL		
BARRA EQUALIZADORA		
CILINDRO HIDRAULICO DE DIRECCION		
EJE PIVOTE		
CILINDROS HIDRÁULICOS DE LEVANTE DE HOJA		
CILINDROS HIDRÁULICOS DE TILT DE HOJA		
EQUIPO DE TRABAJO DELANTERO		
VENTILADOR		
RADIADOR		
DEPOSITO DE EXPANSIÓN		
TAPA DEL RADIADOR		
FAJAS EN V		
ALTERNADOR		
ARRANCADOR		
TUBO DE ESCAPE Y SILENCIADOR		
TURBO CARGADOR		
EJE CARDAN		
DAMPER		
BOMBAS y PTO		
CILINDROS HIDRÁULICOS DE LEVANTE DE RIPPER		
CILINDROS HIDRÁULICOS DE TILT DE RIPPER		

Leyenda	
✓	Conforme
✗	No Conforme
N.A.	No Aplica

Anexo 3

	CHECK LIST INICIAL INSPECCIÓN GENERAL - KOMATSU	Versión: 00
		Código: OMAO_PR_002_FR_011
		Página 2/2

Elemento a Inspeccionar	Check	Observaciones
EQUIPO DE TRABAJO TRASERO		
SOPORTE DE EQUIPO DE TRABAJO		
TANQUE DE COMBUSTIBLE		
COLADOR DE TANQUE DE COMBUSTIBLE		
ESPEJOS		
BATERIAS		
ROPS		
LLAVE CORTACORRIENTE		
CABINA DEL OPERADOR		
ASIENTO DEL OPERADOR		
CINTURÓN DE SEGURIDAD		
PALANCA DE CONTROL DE TRASLADO		
PALANCA DE SEGURIDAD DE OPERACIÓN		
PEDAL DE FRENO		
INTERRUPTORES		
PANEL MONITOR		
PARADA DE EMERGENCIA		
CLAXÓN Y ALARMA DE MOVIMIENTO		
JOYSTICK		
POTENCIOMETRO DE ACELERACIÓN		
AIRE ACONDICIONADO		
CAJA DE FUSIBLES		
LAMPARA DE SALÓN		
RADIO		
EXTINTOR		
LUCES DE TRABAJO DELANTERAS		
LUCES DE TRABAJO TRASERAS		
LUCES DE TRABAJO ADICIONALES		
LUCES DIRECCIONALES (aplica a equipos con neumáticos)		
LUCES DE PARADA (aplica a equipos con neumáticos)		

Observaciones Adicionales

X	No Conforme
N.A.	No Aplica

Anexo 4

KOMATSU MITSUI	CHECK LIST CARGADOR FRONTAL	Versión: 00	
		Código: OSAL_PR_001_FR_007	
		Página: 1/9	

OS:		Máquina:	CARGADORES FRONTALES
Fecha de Inspección		Supervisor:	
Técnico:			

DATOS DE LA MÁQUINA			
Modelo máquina		Serie de la Máquina	
Modelo del Motor		Serie del Motor	
Horómetro			

1. PANEL DE INSTRUMENTOS Y SISTEMA ELECTRICO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		INTERRUPTORES (chapa de contacto, luces, precalentador, etc.).....mal funcionamiento, rotos	
		LAMPARAS TESTIGOS (precaución, peligro, carga, etc.)..... indicación, rotos	
		INDICADORES (medidor de presión, temperatura de agua, temperatura hidráulica, etc.).....respuesta, rotos.	
		MEDIDORES (amperímetro, servicio, tacómetro, etc.).....respuesta, rotos	
		PANEL MONITOR.....mal funcionamiento, rotos.	
		DISPOSITIVO DE CONTROL ELECTRÓNICO.....indicación, mal funcionamiento	
		LAMPARA DE SALÓN..... roto, faltante	
		PEDALES (acelerador, freno de servicio, freno con Cut-off).....mal funcionamiento, rotos, sueltos	
		FUSIBLES & CABLEADO.....desconectado, perdido, roto, pelado.	
		BATERIA.....nivel electrolito, gravedad específica	
		FAJA EN V & POLEAS.....seltas, desgastadas, rajadas, resacas	
		ALTERNADOR..... ruidos extraños, mal funcionamiento, escobillas desgastadas.	
		ARRANCADOR.....ruidos extraños, mal funcionamiento, escobillas desgastadas.	
		CODIGOS DE SERVICIOS.....mal funcionamiento, roto, códigos:.....	
		CODIGOS DE FALLA.....mal funcionamiento, rotos, códigos:.....	

2. MOTOR			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ACEITE DE CARTER DE MOTOR.....nivel, deterioro del aceite	
		ELEMENTO & CUERPO DEL FILTRO DE ACEITE.....fugas de aceite, reemplazo periódico	
		LINEA DE ACEITE.....fugas, deformación, deterioros y daños	
		ELEMENTO DEL FILTRO DE AIRE (indicador de polvo).....saturado, roto, indicación	
		MULTIPLE DE ESCAPE Y SILENCIADOR.....fugas, suelto, rajaduras	
		TURBO CARGADOR (pernos de montaje).....fugas de aceite y gases, suelto	
		RESPIRADERO DE MOTOR.....saturado, reemplazo periódico	
		BLOCK Y CULATA.....fugas de aceite, agua y gases; rajaduras	
		TAPA, COLADOR DE TANQUE, RESPIRADOR Y CAÑERIAS DE COMBUSTIBLES.....sedimentos y agua, fugas	
		CUERPO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE.....fugas, mezcla con agua, sedimentos, deformación	
		ELEMENTO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE.....reemplazo periódico	
		INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE(inyectores y bomba).....fugas	
		AYUDA PARA ARRANQUE RÁPIDO.....mal funcionamiento	
		PEDAL DE ACELACION.....mal funcionamiento	
		VELOCIDAD DEL MOTOR(ralentí, mínimo).....arranque & apagar, velocidad.....r.p.m.	
		VELOCIDAD DEL MOTOR(máximas).....respuesta, velocidad.....r.p.m.	
		VELOCIDAD DEL MOTOR (calado).....performance, sonido, humos, velocidad.....r.p.m.	
		HUMOS DE ESCAPE.....excesivos (blanco, negro o azul)	
		PRESIÓN DE ACEITE.....excesivo (alta o baja).....kg/cm2	

Anexo 4

KOMATSU MITSUI	CHECK LIST CARGADOR FRONTAL	Versión: 00	
		Código: OSAL_PR_001_FR_007	
		Página: 2/9	

2. MOTOR			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		BLOW-BY (PRESIÓN DE GASES DEL CARTER DE MOTOR).....excesivo..... mmH ₂ O	

3. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		TAPA DEL RADIADOR.....sello desgastado, roturas, pérdidas	
		REFRIGERANTE (protección anticongelante).....nivel, punto de congelamiento.....°C(°F)	
		FAJAS EN V Y POLEAS.....desgastadas, resacas, sueltas	
		BOMBA DE AGUA.....fugas de agua, sonido	
		PALETA DEL VENTILADOR (rejilla y concentrador).....deformación, roturas, pérdidas	
		MOTOR DEL VENTILADOR.....fugas	
		LINEAS Y MANGUERAS DE AGUA (abrazaderas).....fugas, roturas, sueltas	
		RESISTOR DE CORROSIÓN.....reemplazo periódico	
		PANAL DEL RADIADOR Y RADIADOR DE ACEITE.....obstruido, fugas de agua & aceite, daños en el panel	
		TUBERÍA DE REBOSE DEL RADIADOR.....excesivo flujo de agua	
		TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE.....sobre calentamiento o congelamiento.....°C(°F)	
		DEPOSITO DE EXPANSIÓN.....nivel, excesivo líquido, fugas, suelto, roturas	
		TAPA DEL RADIADOR.....sello desgastado, roturas, pérdidas	
		REFRIGERANTE (protección anticongelante).....nivel, punto de congelamiento.....°C(°F)	
		FAJAS EN V Y POLEAS.....desgastadas, resacas, sueltas	
		BOMBA DE AGUA.....fugas de agua, sonido	
		PALETA DEL VENTILADOR (rejilla y concentrador).....deformación, roturas, pérdidas	
		MOTOR DEL VENTILADOR.....fugas	
		LINEAS Y MANGUERAS DE AGUA (abrazaderas).....fugas, roturas, sueltas	
		RESISTOR DE CORROSIÓN.....reemplazo periódico	

4. CONVERTIDOR DE TORQUEY TOMA DE FUERZA (PTO)			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		LINEA DE ACEITE, VALVULAS Y MANGUERAS.....fugas de aceite	
		EJE DE SALIDA (junta universal).....lubricación, pernos sueltos	
		ENFRIADOR DE ACEITE.....fugas de agua y aceite	
		TEMPERATURA DE ACEITE DE CONVERTIDOR DE TORQUE.....respuesta, sobre calentamiento.....°C(°F)	
		VALVULA REGULADORA.....mal funcionamiento, presión.....kg/cm ²	
		PRUEBA.....respuesta, velocidad, ruidos	
		ACEITE.....nivel, deterioro	
		RESPIRADERO.....obstruido	
		AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES.....fugas, ralladuras	

5. TRANSMISIÓN			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ACEITE.....nivel y aceite deteriorado	
		ELEMENTO DEL FILTRO DE ACEITE.....reemplazo periódico	
		LINEAS DE ACEITE, BOMBA, VALVULAS Y CARCAZA.....fugas de aceite	
		BOMBAS.....ruidos, performance, fugas de aceite	
		P.T.O. Carcaza.....nivel, fugas de aceite	
		RESPIRADERO.....obstruido, limpieza periódica	
		SOLENOIDES DE CONTROL.....suelos, rotos, operativos	
		SOPORTES (montaje).....pernos sueltos, desgaste	
		PALANCA DE DIRECCIÓN Y DE CAMBIOS.....posición, juego	
		VÁLVULA DE CONTROL.....mal funcionamiento, presión.....kg/cm ²	

Anexo 4

	CHECK LIST CARGADOR FRONTAL	Versión: 00 Código: OSAL_PR_001_FR_007 Página: 3/9
---	--	--

5. TRANSMISIÓN			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		PRUEBA.....subir y bajar cambios, ruido, golpes, enganchar	

6. EJE DE SALIDA, DIFERENCIAL Y MANDO FINAL			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		EJE DE SALIDA.....lubricación, pernos sueltos	
		ACEITE(eje y mando final).....nivel, aceite deteriorado	
		RESPIRADERO.....limpieza periódica	
		CARCAZA DEL EJE Y MANDO FINAL.....fugas de aceite, roturas	
		TUERCAS, PERNOS Y TAPON.....suelto, dañados, perdidos	
		PRUEBA.....ruidos	

7. DIRECCIÓN Y SISTEMA DE CONTROL			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		VOLANTE DE DIRECCIÓN Y ORBITROLL.....FUGAS Y NIVEL DE ACEITE, JUEGO.....MM	
		CONTROL DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....LUBRICACIÓN, PERNOS SUELTOS, DOBLADURAS	
		LÍNEAS DE ACIETE, VÁLVULAS Y BOMBA.....FUGAS	
		CILINDROS DE DIRECCIÓN.....FUGAS DE ACEITE, PICADURA DE DIRECCIÓN	
		VOLANTE.....RESPUESTA, VELOCIDAD DE GIRO.....SEG.	
		VÁLVULA DE CONTROL, BOMBA.....RUIDOS, PRESIÓN.....KG/CM ²	
		PRUEBA.....RUIDOS, GOLPES, JUEGOS	
		VOLANTE DE DIRECCIÓN Y ORBITROLL.....FUGAS Y NIVEL DE ACEITE, JUEGO.....MM	
		CONTROL DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.....LUBRICACIÓN, PERNOS SUELTOS, DOBLADURAS	
		LÍNEAS DE ACIETE, VÁLVULAS Y BOMBA.....FUGAS	
		CILINDROS DE DIRECCIÓN.....FUGAS DE ACEITE, PICADURA DE DIRECCIÓN	
		VOLANTE.....RESPUESTA, VELOCIDAD DE GIRO.....SEG.	
		VÁLVULA DE CONTROL, BOMBA.....RUIDOS, PRESIÓN.....KG/CM ²	
		PRUEBA.....RUIDOS, GOLPES, JUEGOS	

8. SISTEMA DE FRENO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ACUMULADORES.....carga, roturas, fugas	
		ACEITE.....nivel, aceite deteriorado	
		RESPIRADERO.....limpieza periódica	
		RESERVORIO DE ACEITE.....fugas de aceite, roturas	
		PEDAL DE FRENO.....juego, suelto, dañados, perdidos, mal funcionamiento	
		LÍNEAS DE ACEITE.....fugas, suelto	
		FRENO DE PARQUEO.....respuesta, ruidos, sueltos	
		PRUEBA FRENO DE PARQUEO.....mal funcionamiento	
		PRUEBA.....ruidos, respuesta, distancia	

9. ESTRUCTURA, ARTICULACIÓN Y NEUMÁTICO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ESTRUCTURA DELANTERA Y TRASERA.....pernos y tuercas sueltas, rajaduras	
		SOPORTES.....lubricación, pernos y tuercas sueltas, rajaduras	
		RUEDAS DELANTERAS.....cortes, desgaste *derecho.....mm *izquierdo.....mm	
		RUEDAS DELANTERASpresión de aire *derecho.....kg/cm ² *izquierdo.....kg/cm ²	
		RUEDAS TRASERAS.....cortes, desgaste *derecho.....mm *izquierdo.....mm	
		RUEDAS TRASERASpresión de aire *derecho.....kg/cm ² *izquierdo.....kg/cm ²	

Anexo 4

	CHECK LIST CARGADOR FRONTAL	Versión: 00 Código: OSAL_PR_001_FR_007 Página: 4/9
---	--	--

10. GUARDAS Y PROTECTORES			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		GUARDA DEL RADIADOR Y COMPARTIMENTO DE MOTOR.....daños, perdidos	
		CABINA.....daños, rajaduras, pernos sueltos	
		ASIENTO DEL OPERADOR.....roto	
		TANQUE DE COMBUSTIBLE.....fugas, daños, grifo de purga	

11. CABINA Y ESTRUCTURA GIRATORIA			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ASIENTO DEL OPERADOR.....roto	
		CABINA DEL OPERADOR.....daños, rotura, pernos sueltos	
		COMPARTIMIENTO DE MAQUINARIA.....daños, rotura, pernos sueltos	
		ESTRUCTURA GIRATORIA Y PROTECTORES.....rotura, deformación, perdidos	

12. EQUIPO DE TRABAJO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		CUCHARÓN.....daños, rotura, desgastados	
		DIENTES Y CUCHILLAS.....pernos y tuercas sueltos, desgastes, perdidos	
		AGUILÓN Y BRAZO.....daños, roturas, rajaduras	
		SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....daños, mal funcionamiento	
		PINES Y BOCINAS.....juegos, lubricación	

13. SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO DE TRABAJO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ACEITE HIDRÁULICO.....nivel, aceite deteriorado	
		ELEMENTO DEL FILTRO DE ACEITE.....reemplazo periódico	
		LINEAS DE ACEITE, TANQUE Y VALVULAS.....fugas de aceite, daños	
		CILINDRO HIDRÁULICO (pistón).....fugas de aceite, ralladuras, deformación	
		VALVULA DE CONTROL Y BOMBA HIDRÁULICO.....ruidos, presión.....kg/cm ²	
		PALANCAS DE CONTROL.....posición, juego, fuerza de operación.....kg	
		CILINDROS DE AGUILON, BRAZO Y CUCHARÓN.....fugas de aceite, picaduras, ralladuras, deformaciones	
		PALANCAS DE CONTROL.....juego, posición, fuerza de operación.....kg	
		VELOCIDAD DE LOS CILINDROS.....velocidad * Brazo : Subir.....seg. / Bajar:.....seg. * Cucharón: Cargar.....seg./ Descargar.....seg.	
		CAIDA DE LOS CILINDROS.....caída * Brazo... ..mm/15min * Cucharón.....mm/15min	
		CUCHARÓN.....daños, rajaduras, desgaste.....mm	
		DIENTES Y PORTA DIENTES DEL CUCHARÓN.....pernos y tuercas sueltos, perdidos, desgaste.....mm	
		CUCHILLAS, CANTONERAS, ESQUINERAS.....desgaste.....mm	
		SISTEMA TIPO Z.....lubricación, daños., rajaduras	
		ACCIONAMIENTO CUCHARÓN Y BRAZO..... lubricación, daños., rajaduras	
		PINES Y BOCINAS DE EQUIPO DE TRABAJO.....juego, lubricación	

14. SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO DE TRABAJO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		ESCALERAS DE ACCESO Y PASAMANOS.....suelos, dañados	
		CINTURÓN DE SEGURIDAD.....daños , mal funcionamiento	
		CLAXÓN Y ALARMA DE RETROCESO.....mal funcionamiento, perdida	
		ESPEJOS.....rotos, daños, sueltos, perdidos	
		SEGURO DE ARTICULACIÓN.....daños, barra y pin perdidos	

Anexo 4

	CHECK LIST CARGADOR FRONTAL	Versión: 00 Código: OSAL_PR_001_FR_007 Página: 5/9
---	--	--

14. SISTEMA DE CONTROL DEL EQUIPO DE TRABAJO			
Bien	Mal	Elemento a Inspeccionar	Observaciones
		SEGURO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....mal funcionamiento	
		SEGURO DE PALANCA DE TRANSMISIÓN.....mal funcionamiento	
		ROPS.....daños, rajaduras, pernos y tuercas sueltas	
		CABINA (seguro de puerta y limpia parabrisas).....vidrio roto, mal funcionamiento	
		AIRE ACONDICIONADO.....ruidos de ventilador, fugas de gas, mal funcionamiento	
		EXTINTOR.....reemplazo periódico	
		CONECTORES.....suelos o desconectados	
		SENSOR.....suelos, mal funcionamiento	
		GUARDA DE PROTECCIÓN.....daños, deformación	
		CABLEADO.....doblado, desconectados	
		LUCES DIRECCIONALES Y DE PARADA.....rotas	
		LUCES DE EMERGENCIA.....rotas	

INSPECCION DEL EQUIPO	
Observaciones	Recomendaciones