



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Propuesta de implementación de un sistema de
mantenimiento preventivo para reducir costos operativos de
una retroexcavadora 420F Chimbote – 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Silva Soto, Clever Moises (orcid.org/0000-0002-9077-2252)

ASESOR:

Mg. Zavaleta Zavaleta, Heber Augusto (orcid.org/0000-0003-3964-0198)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado sabiduría, fuerza, salud y guiado en todo este transcurso de mi carrera, por otorgarme fortaleza y dedicación para alcanzar todos mis metas planteadas.

A mi familia por haber sido parte esencial en mi vida, motivo por el cual a pesar de los obstáculos que he tenido han estado ahí para apoyarme incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por apoyarme mutuamente en todos los proyectos planteados en mi vida, por hacer de mí un hijo responsable, respetuoso y sobre todo en las metas que me he planteado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
Tabla 1. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS.....	15
4.1. Evaluar las especificaciones técnicas de la retroexcavadora 420F.....	15
4.2. Analizar el sistema actual de mantenimiento	18
4.3. Determinar el costo total por mes operando la retroexcavadora 420F ...	28
V.DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	33
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS.....	35
ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables y operacionalización	12
Tabla 2. Especificaciones generales de la retroexcavadora 420F.....	15
Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor de la máquina.....	17
Tabla 4. Criticidad de la retroexcavadora 420F	18
Tabla 5. Resumen de intervenciones técnicas en un periodo de 4 meses	20
Tabla 6. Resumen de % de fallas e intervenciones acumuladas.....	21
Tabla 7. Confiabilidad y disponibilidad de retroexcavadora 420F	22
Tabla 8. Mantenibilidad de retroexcavadora 420F.....	23
Tabla 9. Sistemas, hora de duración anual de retroexcavadora 420F.....	24
Tabla 10. Índice de cumplimiento de las actividades del PM	25
Tabla 11. Índice de cumplimiento de horas de mantenimiento de la maquinaria.....	26
Tabla 12. Manejabilidad y disponibilidad antes y después de ejecutar el plan de mantenimiento.....	27
Tabla 13. Resumen presupuestal por mes del plan de mantenimiento	28
Tabla 14. Costo de plan de mantenimiento por sistema.....	29
Tabla 15. Costo de plan de mantenimiento	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Retroexcavadora 420F	10
Figura 2: Resumen de intervenciones/fallas periodo 4 meses	20
Figura 3: Diagrama Pareto de fallas acumuladas.....	21
Figura 4: Mantenibilidad de la retroexcavadora.....	22
Figura 5: Confiabilidad y disponibilidad pre y post implementación PM	23
Figura 6: Resumen presupuestal Costo MO y Mantenimiento del PM	28

RESUMEN

El trabajo de investigación, materia de tesis, tuvo como objetivo principal, implementar un plan de mantenimiento para las retroexcavadoras 420F que permita reducir costos a la empresa Hidrocat. El trabajo investigativo ha sido considerado de tipo aplicativo y de diseño no experimental. Dentro de los resultados es de resaltar la mejora porcentual de la confiabilidad de la retroexcavadora del 68% a 97.90% y la disponibilidad del 79.57% a 94.5%, valores que están dentro de la excelencia en términos de indicadores de mantenimiento, respecto al periodo donde no se había implementado un plan de mantenimiento. Asimismo, se concluye que lo que permitió realizar el trabajo se debió al estudio de criticidad, con cuya ponderación, de acuerdo a la matriz correspondiente, se obtuvo un valor de 44 ubicándose en un rango crítico, lo cual condicionó al diseño e implementación del plan de mantenimiento.

Es rescatable también que, mediante el estudio de costos, se ha elaborado una comparación de costo ejecutado vs. costo programado, cuyos resultados reflejaron la recuperación en 12 meses.

Palabras clave: mantenimiento, plan, retroexcavadora, indicadores.

ABSTRACT

The main objective of the research work, thesis subject, was to implement a maintenance plan for the 420F backhoe loaders that allows the Hidrocat company to reduce costs. The investigative work has been considered of an application type and of a non-experimental design. Among the results, it is worth highlighting the percentage improvement in the reliability of the backhoe from 68% to 97.90% and the availability from 79.57% to 94.5%, values that are within excellence in terms of maintenance indicators, compared to the period where a maintenance plan had not been implemented. Likewise, it is concluded that what allowed the work to be carried out was due to the criticality study with whose weighting according to the corresponding matrix, a value of 44 was obtained, placing it in a critical range, which conditioned the design and implementation of the maintenance plan. .

It is also salvageable that, through the study of costs, a comparison of cost executed vs. programmed cost, whose results reflected recovery in 12 months.

Keywords: maintenance, plan, backhoe, indicators.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace algún tiempo, las máquinas retroexcavadoras fueron destinadas a ejercer variedades de trabajos dentro de los rubros como la agricultura, minería, industria pesquera; ya que fueron concebidas para poseer características esenciales para este tipo de trabajos denominados pesados. Debido a su gran fuerza, ha sido posible su adaptación a todo tipo de terrenos y gracias a su potencia hidráulica fueron diseñadas para excavar y cargar materiales diversos y en gran escala o peso. Así mismo, se ha comprobado que con estas máquinas se minimiza el tiempo en el trabajo, sobreesfuerzo en los obreros al momento de cargar material (arena, ripio, tanques de cemento, muros de prevención, tubos de PVC) para las obras. En el ámbito agrario, la máquina retroexcavadora fue concebida para realizar los pozos para el regadío tecnificado, como también al realizar la nivelación y lindero para las parcelas de sembrío.

Esta máquina ha tenido una alta demanda laboral porque fue diseñada con dos brazos (frontal y trasero) para las diferentes operaciones en el trabajo, ello ha contribuido a reemplazar la mano de obra por la técnica; sin embargo, la vida útil de esta maquinaria es limitada y las empresas hacen gastos o sobregastos elevados en mantenimientos y/o reparaciones del motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión, como también en compra de repuestos de la máquina, que han constituido los gastos de mantenimiento excesivo si no se ha realizado un control mediante una planificación para prevenir fallas irreparables o pérdida de la máquina misma.

La empresa HIDROCAT se instaló en Nuevo Chimbote-Independencia para desarrollar el alquiler de maquinaria retroexcavadoras 420F. Durante el periodo de pandemia 2020 y 2021 las maquinarias se encontraron varadas dentro del establecimiento generando corrosión en toda la estructura de la maquinaria y a su misma vez generando una gran pérdida económica. Las consecuencias de esta paralización eran de esperarse, pues al momento de realizar trabajos en campo sin la debida prevención de mantenimiento planificado, las maquinarias presentaron constantes fallas y paralizaciones intempestivas, pues no se realizaron las correcciones pertinentes para evitar estos problemas que han

generado gastos en insumos, repuestos, accesorios y tiempo de personal.

En respuesta al problema descrito líneas arriba, se formuló el siguiente enunciado: ¿De qué manera la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento preventivo influirá en la reducción de costos operativos de una retroexcavadora 420F en la empresa HIDROCAT?

En función a la formulación del problema, se planteó el siguiente objetivo general: Implementar un plan de mantenimiento para las retroexcavadoras 420F que permita reducir costos a la empresa Hidrocat; y para conseguirlo se tomaron en cuenta los sucesivos objetivos específicos: i) Evaluar las especificaciones técnicas de la retroexcavadora 420F; ii) Analizar el sistema actual de mantenimiento, para identificar los elementos críticos de la maquinaria; iii) Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para la retroexcavadora 420F y determinar nuevos indicadores post mejora; iv) Determinar el costo total mensual operando la retroexcavadora 420F.

Bajo estos planteamientos se consideró justificar el estudio en función del aspecto económico, pues trascenderá en ver una ganancia para la empresa ya que, una vez implementado el sistema del plan de mantenimiento, se evitará invertir en la compra de los repuestos, reparaciones del motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión y la mano de obra, innecesarias sin una adecuada planificación; en relación al aspecto tecnológico, el estudio se justifica porque se mejora el control de la máquina, completa trabajos sin paradas no planificadas, aumenta la confiabilidad y durabilidad de la retroexcavadora, ayuda a aumentar el rendimiento y la productividad en la industria que se trabaje; en término del punto social y laboral, la investigación se justifica porque es posible conseguir la satisfacción de los consumidores y demás personas interesadas, efectuando las exigencias determinadas y facilitando la operatividad y rendimiento de las máquinas; en lo que respecta a seguridad Industrial, con un buen plan de mantenimiento, se evitan accidentes inesperados debido a esta falla de la retroexcavadora que pueden provocar lesiones, accidentes e incluso la muerte del operador.

Con esto se constató la importancia de un sistema de mantenimiento preventivo en la retroexcavadora 420F y el beneficio que puede llegar a otorgar a la empresa, conductores y clientes.

II. MARCO TEÓRICO

En respaldo a lo incluido en la Introducción de la investigación, es menester incluir algunos antecedentes relacionados al tema, como los siguientes:

Velarde (2019), en su proyecto titulado “Gestión de mantenimiento para una flota de máquinas retroexcavadoras Caterpillar 420 F2”, propone mejorar la gestión del mantenimiento para la operación de retroexcavadoras Caterpillar 420f2 y promueve el compromiso de quienes dirigen la empresa. El lugar en el que se ejecutan el alzamiento de tierras, la maquina cargante tiene un papel importante ya que representa alrededor del 90% del costo total del proyecto, por lo que las organizaciones contienden en el mercado deben asegurarse de que sus costos de comercialización se reduzcan en el mantenimiento de dispositivos. Por ello se elabora un plan de mantenimiento para ampliar todo el equipamiento mecánico de la retroexcavadora Caterpillar 420f2 con programas de mantenimiento como: lineamientos y estándares, elaboración de un organigrama para los trabajadores del área de mantenimiento, instrucción de los trabajadores, realización de evaluaciones de activos fijos, generación de variados mandatos de trabajo, realización de legajos de revisión de mantenimiento y, finalmente, redacción de normas de mantenimiento para la realización. Esto nos dio un mejor control sobre la inspección de componentes que principalmente podrían fallar sino se inspeccionan adecuadamente.

Rosales (2017) en su proyecto de investigación titulado “Mantenimiento Preventivo para Reducir los Tiempos de Entrega del Servicio CONSORCIO ALVAC JOHESA, CHIMBOTE – 2017” se diseña un programa de mantenimiento preventivo que reduce los tiempos de entrega del servicio dentro del consorcio ALVAC JOHESA. Se pretende cuantificar la calidad y con esto aumentar la confiabilidad y acceso de equipos y al establecer los días de mantenimiento en función de las horas de operación, también ayudamos a disminuir los percances y las contusiones de los empleados. El desarrollo, uso y reporte diario de listas de verificación ha permitido analizar la situación en la que se encuentra Alvac Johesa. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo puede reducir el tiempo de entrega del servicio en un 16 %, evitar averías en un 32 % reduciendo costos, aumenta la productividad a través de la disponibilidad y confiabilidad de la máquina y minimizar las tasas de accidentes.

Mayorca (2019) en su trabajo de investigación titulada: “PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARÍA PESADA EN UNA PYME UTILIZANDO EL RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)” refiere un estudio de la aplicación de los sistemas de mantenimiento en las empresas de alquiler de equipo pesado para el rubro minero. Se cree que la aplicación de RCM mejora la gestión del mantenimiento al reducir el desgaste prematuro del equipo a través de la implementación del mantenimiento preventivo y al mismo tiempo reduce el uso de suministros impropios en los programas de evaluación y adquisición de repuestos críticos. El sistema RCM aplicado en la empresa se posicionó como pilar para el incremento de la planificación comercial, planificación de mejora de repuestos y priorización de actividades críticas. La implementación de un programa de mantenimiento preventivo puede tener un efecto significativo en la disminución de los precios de mantenimiento. Esto reduce las reparaciones importantes (las que tienen el mayor efecto) y las paradas repentinas de productividad, lo que apoya a conservar un flujo de labor constante. Por lo tanto, todos los sistemas de mantenimiento se basan en la prevención de eventos. Se concluyó que el programa RCM propuesto utilizando el simulador fue efectivo para mantener un programa de mantenimiento preventivo del sistema de desgaste de la máquina y permitir el control de los equipos. Una implementación de 7 meses puede lograr más del 90 % de tiempo de actividad para cada máquina. Teniendo en cuenta los resultados productivos alcanzados y el impacto del OEE en los ingresos y la reducción de los costos de operación de la máquina, el análisis financiero nos permite concluir que el VAN del proyecto en su conjunto es de S/. 175.142 soles, que está por encima de la tasa de interés del mercado que es un 15%, lo que indica que la propuesta de mejora es viable. Finalmente, la tasa interna de retorno del proyecto es de 44,23%.

Los investigadores, Infantes & Yampi (2018), en su estudio titulado: “Estudio ergonómico y propuesta de mejora de la productividad en el cambio de Liners de una empresa especializada en mantenimiento de maquinaria y equipo, aplicando el software E-Lest”. Esta empresa de maquinaria metalúrgica especializada en los sectores minero e industrial, enfrenta problemas de rotación de personal que derivan en problemas mayores como la

insatisfacción de los clientes, costos por enfermedades profesionales y futuros costos por indemnizaciones, tampoco es adecuado para administrar el cumplimiento de la seguridad y la pérdida de contratos críticos, lo que requiere que la alta gerencia identifique y aborde lo que ya está afectando varias áreas del negocio. Para ello, se aplica el método Erest que examino los aspectos que impactan en él y determino cuál de ellos es el causante de los problemas para el adecuado progreso de la actividad del empleado en su ambiente profesional. Entonces resultó que el componente causante del problema es el factor de estrés físico, el peso con el que se realizaba el trabajo de, resultó que la solución a este factorera proceder con la ayuda de un elevador de mesa que ayuda con el peso y después se emanó a validar y analizar los efectos conseguidos mediante el método de Niosh, el cual permite establecer que el peso que lleva el mecánico es acorde con los datos actuales y propuestos no excedan los límites aceptables. Además, se propuso crear un tablero completo para ayudar a la empresa a monitorear lo que es correcto y disposición de mesas elevadoras en el lugar de tarea. Además, como medida de precaución, se sugirió a la empresa el uso de tapones para los oídos de seguridad en las máquinas para disminuir el ruido y las vibraciones a las que están expuestas en el lugar de las tareas.

Farfán (2019), en un proyecto de tesis titulado “Plan de Seguridad Industrial en el área del Taller de Mantenimiento de Equipos Pesados del terminal portuario de ECUAESTIBAS S.A en Guayaquil”, la implementación del Plan de Seguridad Industrial es un estudio técnico, ya que existe riesgos existentes en los talleres de mantenimiento de ECUAESTIBAS S.A. Con el objetivo de mejorar la gestión de la seguridad y salud en el trabajo según el sector de talleres de mantenimiento de tractocamiones, se mide los riesgos existentes en la empresa utilizando una matriz de riesgo nacional identificada en los Riesgos físicos, químicos, mecánicos, ergonómicos y psicosociales identificados por el Instituto Nacional Instituto para la Seguridad y Salud en el Trabajo y lo que han sido identificados como insignificantes y aceptables, se implementan controles para eliminarlos o reducirlos siempre tratando de eliminar el riesgo, es decir, tratar siempre con la fuente u origen del riesgo, a través de mecanismos como la formación, la

capacitación o la protección personal. El orden de los controles fue prevenir el origen, posteriormente la organización y luego la protección colectiva, e individual, formación del personal e indagación sobre los riesgos, sus consecuencias y cómo evitarlos o advertirlos. minimizándolos. Al finalizar la encuesta, se encontró que los riesgos mecánicos cubren el 39% del total de riesgos presentes, seguidos de los riesgos físicos que cubren el 9,9% de los riesgos. El análisis muestra que los riesgos se eliminan tan pronto como se elimina uno de los riesgos presentados como obstáculos. Se concluye que cuando una empresa aplica un plan de seguridad, los riesgos observados se reducen a tolerables e inoocuos, mientras que los de mediana importancia desaparecen.

Peralta (2017) en su proyecto de tesis titulado “Aplicación de un plan de mejora continua para reducir los costes de mantenimiento en la estación de bombeo española de la industria Pesquera Santa Priscila S.A.”. Se sabe que el presupuesto anual de las estaciones de bombeo en España es de \$ 24,161,76 dólares. Este proyecto de apoyo inmobiliario propone la implementación de la mejora continua para reducir los costos de mantenimiento. El proyecto mejorará los procedimientos, evitará fallas injustificadas de los equipos y dará como resultado un stock de repuestos que permitirá a IPSP S.A. Mediante el diagrama de Causa-efecto y de Pareto, que son herramientas de recolección de datos, se encontró otros factores que generan una problemática aumentando sus gastos. Estos son: Información incorrecta sobre los dispositivos en campo, falta de inventario de repuestos, confusión de estos últimos (no cuantificable). Tras la investigación, se descubrió que estos problemas estaban causando pérdidas adicionales significativas que no se contabilizaron, por un monto de \$49,176.00 por año. Sumando los costos adicionales anteriores y los costos de mantenimiento de la estación española, el promedio es de \$73,337.76 por año. Para reducir problemas y costos, es necesario contratar personal calificado, con la aprobación del gerente, quien brindará el apoyo necesario al departamento de mantenimiento, esto requiere el mismo equipo de trabajo ya mencionado. Esto maximiza los recursos existentes y mejora la operación de equipos y maquinaria dentro de los límites de la base española. Con la medición de estos resultados, se espera que el mismo modelo se utilice en otras

estaciones. Este plan está operativo con una inversión de \$25.940,90. Así que el resultado fue una mejor gestión del departamento de programas y mantenimiento en lugar de un tiempo de inactividad injustificado de la planta. Gracias a este método hemos podido mejorar el desempeño de cada equipo y estación de bombeo, así como el crecimiento de los recursos humanos, mejorando el funcionamiento de los equipos a mediano y largo plazo.

Velásquez (2019) en su proyecto de tesis titulado: “Plan de mantenimiento preventivo de vehículos y maquinaria pesada para la empresa de transporte y servicios de Colombia Trasercol S.A.S, Ubicada en San Martín-Cesar.” El presente informe tuvo como objetivo desarrollar un plan de mantenimiento preventivo de vehículos y equipo pesado para TRASERCOL S.A.S., empresa colombiana de transporte y servicios con sede en San Martín-César. Esto estableció registros de gestión adecuados para todas las actividades de mantenimiento preventivo que surjan. Por ello, se han implementado una serie de formatos que contribuyen significativamente a la gestión del mantenimiento preventivo, tales como: Hojas de vida, fichas técnicas, acciones de mantenimiento, instrucciones de trabajos, informes de mantenimiento, soporte de inspección y formatos de trabajos pre-operaciones, entre otros. Inicialmente, se exploraron áreas de mantenimiento para hacer un inventario de los equipos activos de la empresa, se realizaron inspecciones para verificar el estado actual, se elaboró la codificación y documentación de vehículos y máquinas, se referenciaron libros, catálogos y manuales con las recomendaciones de los fabricantes, para planificar de manera preventiva las actividades de mantenimiento en sus respectivos horarios, para después describir los procedimientos de mantenimiento preventivo para los aparatos de la compañía. Finalmente, se retomó la implementación del software de mantenimiento preventivo de la empresa para proporcionar la vigilancia de los equipos y proponer una lista mínima de repuestos a almacenar. Se realizó con éxito el suministro de repuestos y lubricantes para los equipos activos de la empresa.

Torres (2018) en su trabajo de investigación titulada: “Propuesta de mejora en el proceso de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada en división usados, empresa FINNING S.A”, señala que la industria minera y de construcción chilena ha experimentado recientemente una severa recesión

económica en los últimos tres años, produciendo una interrupción en varios planes icónicos, particularmente en el sector de minera. Este proyecto de tesis trata sobre la mejora del proceso de reparación y mantenimiento de la maquinaria usada de Finning Caterpillar, relacionado en una mejora de la productividad, la eficiencia y el ahorro de costes. Esto aumenta la satisfacción de la clientela interna y externa. De este modo, analizamos el contexto actual en División Usados y con esta proposición reconstruimos el proceso de reparo y mantenimiento que reporta rentabilidad a la compañía, dejando de lado acciones adicionales sin valor y asegurando un funcionamiento positivo, eficiente y trabajo exitoso. La relación coste-beneficio atribuida en División Usados tiene una influencia significativa en este índice. En primer lugar, con nuestro proceso normal, se logró una tasa de cumplimiento promedio del 91 % y un margen bruto del 57 %. Esto lo convierte en un plan factible y ciertamente algo entre beneficios tangibles e intangibles. De esta forma, se finaliza que el estudio en División Unidas reduce sus costes con el tiempo y se resiste inicialmente al cambio cultural riguroso.

Luego de haber especificado algunos antecedentes, consideraremos a continuación teorías relacionadas con el tema, dentro del contexto de la investigación:

Según (Alavedra-Flores et al., 2018) el mantenimiento es el conjunto de actividades que permiten al equipo operar de manera segura, eficiente y de la manera más económica. Según los criterios de diseño y los escenarios de trabajo, tiende a evitar fallas inesperadas. Incluye el seguimiento y revisión del estado actual de los equipos, instalaciones y otros activos no relacionados con la fabricación para garantizar que funcionen correctamente en todo momento. Dado que actualmente hay muchas industrias diferentes, variedad de condiciones, máquinas, etc.

La necesidad de planificación se ha determinado a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta las condiciones, las prioridades y la forma de mantenimiento. La conservación, vigilancia y cuidados necesarios para evitar en lo posible averías prematuras o repararlas lo antes posible para evitar el deterioro de los equipos con el paso del tiempo y el uso. Con esta definición, los servicios de mantenimiento buscan asegurar cuatro objetivos básicos: disponibilidad, confiabilidad, vida útil y costo.

El mantenimiento preventivo ayuda a extender la vida útil del equipo, reduce el tiempo de inactividad innecesario y, en última instancia, reduce los costos de sustento a largo tiempo. Se basa en las participaciones que advierten fallas y reducen la posibilidad de falla del equipo o máquina en la que se trabaja. En otras palabras, es un modelo de mantenimiento planeado que se ejecuta inclusive cuando el equipo se conserva en su capacidad operativa. Algunos son tan simples como la limpieza del filtro HVAC, la inspección visual, la lubricación regular, pero además implican programas de inspección más complejos, programas de calibración y/o medición, detección de fugas de gas y otros controles regulares (Figuroa, 2020).

Figuroa (2020) considera que las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Reduce el tiempo de ocio, con lo que respecta a economías y ganancia para la empresa, pues mediante las medidas preventivas, se logra evitar la paralización de actividades.
- Mínima escasez en las reparaciones repetitivas, por ende, menor aglomeración de la fuerza de labores de mantenimiento y equipo.
- Cambios y paros imprevistos del mantenimiento programado que suele ser menos costoso, debido a que se logra tener un mejor control de los trabajadores, materiales y equipos. Teniendo un instrumento normativo, permitirealizar mantenimientos preventivos y programados.
- Disminuye gastos de sueldo por tiempo extra de los colaboradores de mantenimiento causados por las reparaciones inesperadas, ya que, al poseer un mantenimiento programado, evitará contrato de personal de manera imprevista.

Estas son las ventajas más importantes que considero se materializaran, luego de aplicar las medidas del mantenimiento preventivo.

Para (Ramírez Mieles, 2021) las desventajas del mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Impide establecer de manera exacta el nivel de devaluación o desgaste de las piezas que constituyen los diferentes equipos, pues según el autor, el mantenimiento preventivo, no es exacto.
- En caso de presentarse una falla, el tiempo medio de reparación es extenso. Bajo estas afirmaciones, las desventajas no tienen grado considerable de afectación la empresa, sino todo lo contrario, buscan garantizar la calidad.

Ipesa (2020), menciona que una retroexcavadora es un dispositivo con una cuchara de carga en la parte delantera. Esta cuchara posee una gran capacidad de carga y puede empujar, nivelar, recoger y cargar una variedad de materiales.

Al mismo tiempo, la parte posterior del dispositivo tiene un brazo de perforación para taladrar. En promedio, este suele tener una profundidad de perforación de 4 metros. Sin embargo, este brazo se puede extender hasta 7 metros.

Este diseño integral combina dos funciones diferentes en un solo dispositivo y logre que la excavadora ejecute una variedad de trabajos. En general, estos tienden a caer en las áreas de agricultura, construcción y soluciones viales.



Figura 1: *Retroexcavadora 420f Caterpillar*

Fuente: Google Imágenes

Asimismo, en la investigación debemos tener en cuenta conceptos relacionados con el tema como, por ejemplo, a los indicadores de mantenimiento que son marcadores que nos dan una visión del estado de un equipo y dan opción para proponer mejoras a estos indicadores que dan como respuesta la reducción de costos y de los tiempos necesarios de reparación. (Torres, 2005)

El tiempo medio de reparación (MTTR) es el tiempo medio que se tarda en reparar un dispositivo. MTTR está ligada íntimamente a la mantenibilidad, generalmente define la capacidad de la máquina o equipo en restaurarse a su condición original con el equipo funcionando normalmente sin averías. (SMRP, 2017).

$$MTTR = \frac{\text{Horas de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

El tiempo medio entre fallas (MTBF) es la cantidad de tiempo que el equipo estuvo en funcionamiento antes de la falla y es el promedio entre las horas de operación y la cantidad de fallas reportadas durante un período de tiempo específico. (SMRP, 2017)

$$MTBF = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

Disponibilidad según la definición de la (SMRP, 2017) es una cantidad en unidades porcentuales de tiempo que un equipo o máquina esté realizando con normalidad un trabajo en comparación con el tiempo de trabajo programado.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Confiabilidad, es la posibilidad de que una máquina y/o equipo logre realizar su función solicitada durante un intervalo de tiempo determinado y bajo situaciones de uso definidas.

La confiabilidad es citada por medio de la expresión:

$$C(t) = \left(e^{\frac{-\lambda \cdot TTP}{100}} \right) * 100\%$$

Dónde:

- C(t): Confiabilidad (%)
- TTP: Tiempo total de estudio (Hrs).
- λ : Tasa de fallas $\left(\frac{\text{Fallas}}{\text{Hr}} \right)$.

Y se expresa:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Para (Blas Galvan, 2016) la mantenibilidad, es grado de facilidad en la reparación de un equipo o máquina para ser puesto nuevamente en servicio. La mantenibilidad es citada por medio de la expresión:

$$M(t) = \left(1 - e^{\frac{-\mu \cdot TTP}{100}} \right) * 100\%$$

Dónde:

- M(t): Mantenibilidad (%)
- TTP: Tiempo total de estudio (Hrs).
- μ : Tasa de reparaciones $\left(\frac{\text{reparaciones}}{\text{Hr}} \right)$.

Y se expresa:

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de nivel aplicativo, porque se relacionará las variables para evaluar el efecto positivo que tiene el plan de mantenimiento en la retroexcavadora 420f.

3.1.2. Diseño de investigación

El presente estudio de investigación es de diseño no experimental.

3.2. Variables y operacionalización

- Variable independiente: Mantenimiento preventivo
- Variable dependiente: Reducción de costos.
- Operacionalización de variables: Ver Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

- **Población:** La población considerada en el presente estudio, estuvo conformada por todas las retroexcavadoras 420F de la empresa Hidrocat.
- **Muestra:** La muestra estará conformada por las retroexcavadoras Caterpillar 420f, las cuales son 4 unidades para realizar el plan de mantenimiento.
- **Muestreo:** Para el estudio se utilizó un muestreo no probabilístico intencional, pues se está seleccionando quién conforma la muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos serán recopilados por medio de la encuesta a los trabajadores de la empresa. De esta manera, procesaremos la información de sus saberes acerca del mantenimiento preventivo. Para recolectar la información sobre el mantenimiento de la máquina y reporte de los defectos que se han venido

presentando, se recopilará de los historiales de las máquinas que se encuentran en la empresa.

3.5. Procedimientos

Primero, se solicitará el permiso presentando un documento en el cual nos autorice la entrada al establecimiento y así iniciar con el trabajo de investigación sobre el plan de mantenimiento de la máquina.

Luego, se realizará una encuesta al personal de mantenimiento como a los operarios de la máquina sobre cuánto tiempo es la parada de la máquina y cada cuanto tiempo vienen sucediendo el hecho. Se va a inspeccionar cuáles son las fallas y desgastes de la máquina.

Finalmente, se planteará el plan de mantenimiento para ver los resultados que queremos con respecto a nuestro objetivo planteado.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de la información y para hallar el estado situacional de la maquinase realizará de la siguiente manera.

- Determinar las fallas de la máquina.
- Inspeccionar los componentes de mayor desgaste de la máquina.
- Evaluación de los niveles de fluidos.
- Realizar una encuesta para los trabajadores.

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación, se realizará de manera confiable, de acuerdo a la ética de un profesional con datos verídicos sobre el problema situacional con elcual se está realizando el proyecto.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluar las especificaciones técnicas de la retroexcavadora 420F

Tabla 2. Especificaciones generales de la retroexcavadora 420F

Magnitud	C	Unidad
Peso	11	T
Ancha cuchara	2.262	m
Tracción	-	A/H
Anchura, transporte	2.322	m
Fuera de rotura	51.1	kN
Max. Alcance lateral	5.612	m
Altura de vertido máx.	2.746	m
Fabr. del motor	Caterpillar	-
Rendimiento de motor	70	kW
Revoluciones	1400	rpm
Diámetro x carrera	105x127	mm
Neumático estándar	11L-16 (12 ply) F- 3/19.5L-24 (12 ply) R4 ATU	-

Capacidad cuchara	0.96	m ³
Longitud de transporte	7.169	m
Altura de transporte	3.577	m
Fuerza de rotura - excavadora	62.66	kN
Profundidad de excavación	4.36	m
Velocidad	40	km/h
Modelo de motor	3054C DIT	-
Cilindrada	4.4	l
Par máximo	438	Nm

Fuente: Catálogo CAT_ Retroexcavadora 420F

De acuerdo a lo observado, en lo que respecta al mercado de la construcción se ha dado mucha importancia a los requerimientos de una mayor producción a menores costos, por ello es preferida la Retroexcavadora 420F, ya que tiene características y tecnología de punta, las cuales demuestran su eficacia. Cada una de ellas permite el ahorro de combustible, seguridad en el trabajo y la reducción de costos en operaciones de la máquina.

Respecto al motor, la máquina posee un motor de 70 kW de potencia, a su vez que posee una característica llamada *Eco Mode*, la cual es una opción para el autocontrol de consumo de combustible que permite un ahorro del 10%, que representa un plus económico, por lo que siempre debe calibrarse este componente, a la hora de realizar el mantenimiento correspondiente.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor de la máquina

Modelo del motor	Cat C4.4 ACERT	
Potencia bruta		
SAE J1995	76 kW	102 hp
ISO 14396	74 kW	100 hp
Potencia neta nominal a 2200 rpm		
SAE J1349	69 kW	93 hp
ISO 9249/EEC 80/1269	70 kW	94 hp
Potencia máxima neta a 1800 rpm		
SAE J1349	71 kW	95 hp
ISO 9249	72 kW	97 hp
EEC 80/1269	72 kW	94 hp
Calibre	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"
Cilindrada	4,4 L	268 pulg ³
Reserva de par neta a 1400 rpm: SAE J1349	46 %	
Par máximo neto a 1400 rpm	438 Nm	323 lb-pie

Fuente: Catálogo de motor Cat C4.4 ACERT

Respecto a los modos de tracción, la máquina posee un selector de tracción en tres modos que logran ser activados o desactivados desde el panel de la retroexcavadora:

- 4WD + 4W
- 2WD + 4W
- 2WD + 2W

Cada modo de tracción permite al que realiza la operación poseer mejores tipos de maniobras en diversos ambientes y terrenos accidentados, atribuyendo seguridad en el lugar. Esto también permite el menor desgaste de cada rueda y

transmisión, lo que a fin de cuentas reduce cada costo de operación y el mantenimiento a realizar.

4.2. Analizar el sistema actual de mantenimiento

Estudio de criticidad de la retroexcavadora 420F

De acuerdo a la matriz de criticidad correspondiente (Anexo 2), se realizó el cálculo de criticidad de la retroexcavadora 420F en el período de julio a octubre de 2022, cuyas ponderaciones se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. Criticidad de la retroexcavadora 420F

Parámetros de Criticidad	U
F	4
IO	4
FO	2
SAH	2
CM	1
C	11
Criticidad total	44
Criticidad	C

Cálculo de criticidad

Dónde:

- F: frecuencia de fallas
- IO: Impacto operacional
- FO: Flexibilidad operacional
- SAH: Impacto en Seguridad Ambiental y Humana
- CM: Costo de mantenimiento
- C: Consecuencia de fallas.

Así:

$$C = (IO \times FO) + CM + SAH$$

$$C = (4 \times 2) + 1 + 2$$

$$\text{Consecuencia} = 11$$

$$\text{Críticidad total} = F \times C$$

$$\text{Críticidad total} = 4 \times 11$$

$$\text{Críticidad total} = 44$$

Interpretación. De acuerdo a la matriz correspondiente (Anexo 2) se observa la criticidad de la retroexcavadora previamente al implementar un plan de mantenimiento. Como en la retroexcavadora se obtuvo una criticidad total con un valor mayor a 40, se determina que se encuentra en un nivel crítico, por ende, el plan se viable y aplicable para esta maquinaria.

Selección de criticidad (*ver Anexo 2*) (Améndola, 2018):

- Si la criticidad total es mayor o igual a 40 se encuentra en un rango crítico.
- Si la criticidad total es mayor o igual a 25 y menor o igual a 39, se encuentra en un rango semi-crítico.
- Si la criticidad total es mayor o igual a 0 y menor o igual a 24, se encuentra en un rango no crítico.

Diagnóstico de estado inicial de criticidad de la retroexcavadora 420F

Se inició con la recolección de datos de todas las fallas comprendidas en un rango de 4 meses desde julio a octubre del 2022, seleccionado los días hábiles pormes, cuya consideración se hizo por 26 días con 6 horas/día, lo que permitió determinar la criticidad total de la retroexcavadora y se registró cada falla ocurrida durante cada período.

Respecto a los datos que se obtuvieron en los 4 meses, se realizó un resumen apreciándose en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resumen de intervenciones técnicas en un periodo de 4 meses

Mes	Intervenciones	%
Julio	9	30
Agosto	8	26.7
Setiembre	7	23.3
Octubre	6	20
Total	30	100

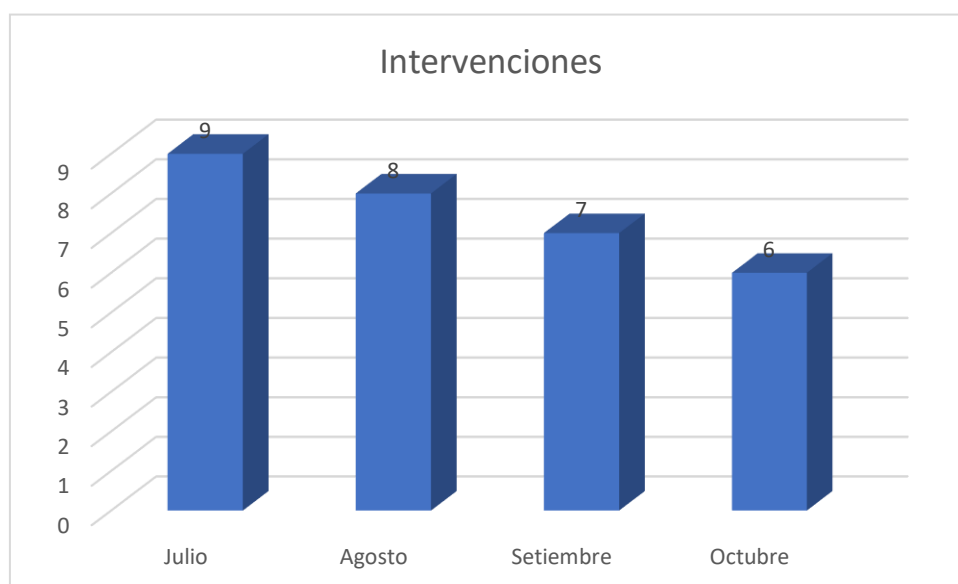


Figura 2: Resumen de intervenciones/fallas periodo 4 meses

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 2, se puede observar que en el mes de julio fue donde se presentaron mayor fallas e intervenciones técnicas con un número de 9 de ellas, contrariamente al mes de octubre donde se presentaron menos fallas e intervenciones técnicas con un número de 6 de ellas.

Tabla 6. Resumen de % de fallas e intervenciones acumuladas

Mes	Intervenciones	%	% acumulado
Julio	9	30	30
Agosto	8	26.7	56.7
Setiembre	7	23.3	80
Octubre	6	20	100
Total	30	100	-

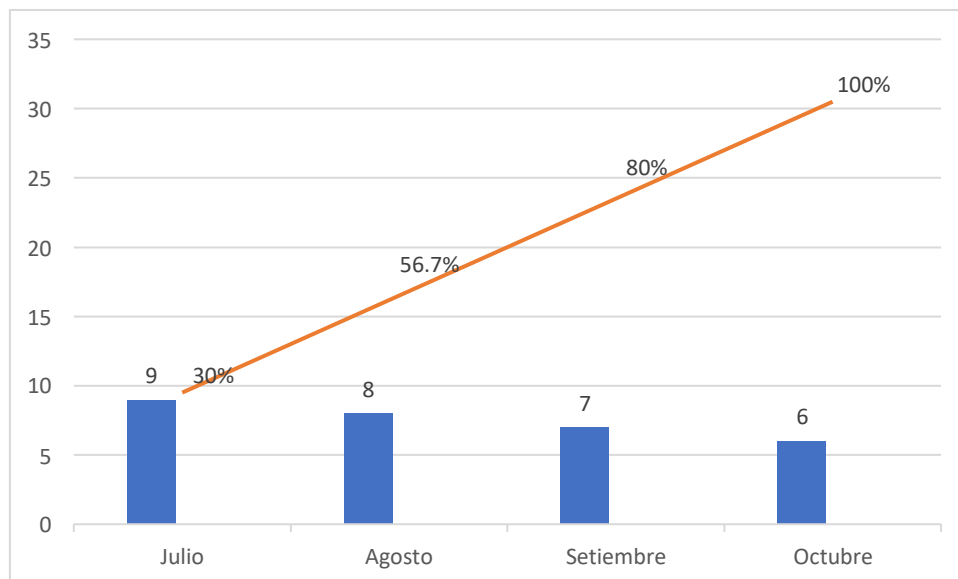


Figura 3: Diagrama Pareto de fallas acumuladas

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 3, se indica que la retroexcavadora 420F en el rango de 4 meses desde el mes de julio a agosto presenta el 56.7% de fallas acumuladas, julio a setiembre un 80% de las fallas acumuladas.

Confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad previamente al aplicar plan de mantenimiento

En las condiciones iniciales y tal como se ilustró en la criticidad, tenemos un escenario de trabajo para la retroexcavadora de 4 meses desde julio a octubre del 2022, seleccionado los días hábiles por mes, cuya consideración se hizo por 26 días con 6 horas/día, que corresponden a un tiempo total de estudio de 624 horas, bajo la distribución de períodos de mantenibilidad señalada en la siguiente tabla 7:

Tabla 7. Mantenibilidad de retroexcavadora 420F

Mes	Número de fallas	Horas de reparación
Julio	9	32
Agosto	8	46
Setiembre	7	13.5
Octubre	6	36
Total	30	127.5

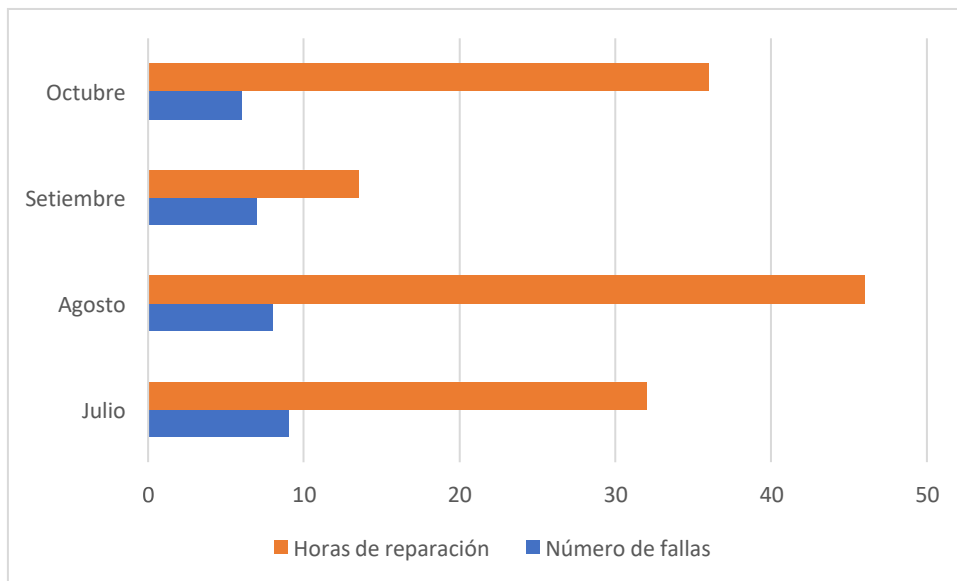


Figura 4: Mantenibilidad de la retroexcavadora

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 4, se puede observar que no necesariamente el mes con mayor número de fallas consta de mayores horas de reparación, por ejemplo, el mes de setiembre respecto a octubre con 7 fallas técnicas con 13.5 horas de reparación y 6 fallas técnicas con 36 horas de reparación, respectivamente; y, que el promedio de horas de reparación es 127.5, para un total de 30 fallas.

A continuación, se determina la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de la maquinaria en el rango de periodo de 4 meses entre julio y octubre del 2022, de acuerdo a los indicadores de MTBF, MTTR, λ , μ .

Tabla 8. Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de retroexcavadora 420F

Hrs. de Operac.	N° de fallas	MTBF	DISPONIBILIDAD
496.5	30	16.55	79.57%
Hrs. De Paraliz.	N° de fallas	MTTR	
127.5	30	4.25	
λ			CONFIABILIDAD
1/MTBF	0.06042		68%
μ			MANTENIBILIDAD
1/MTTR	0.23529		77%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De acuerdo a las expresiones indicadas en el Marco Teórico, se ha determinado los valores de MTBF y MTTR, así como λ y μ para el cálculo de los indicadores de Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad iniciales, con valores de 127.5 Hrs. de paralización y $(26 \text{ días/mes} * 6 \text{ hrs/día} * 4 \text{ meses}) = 496.5$ Hrs. de operación en el período escogido.

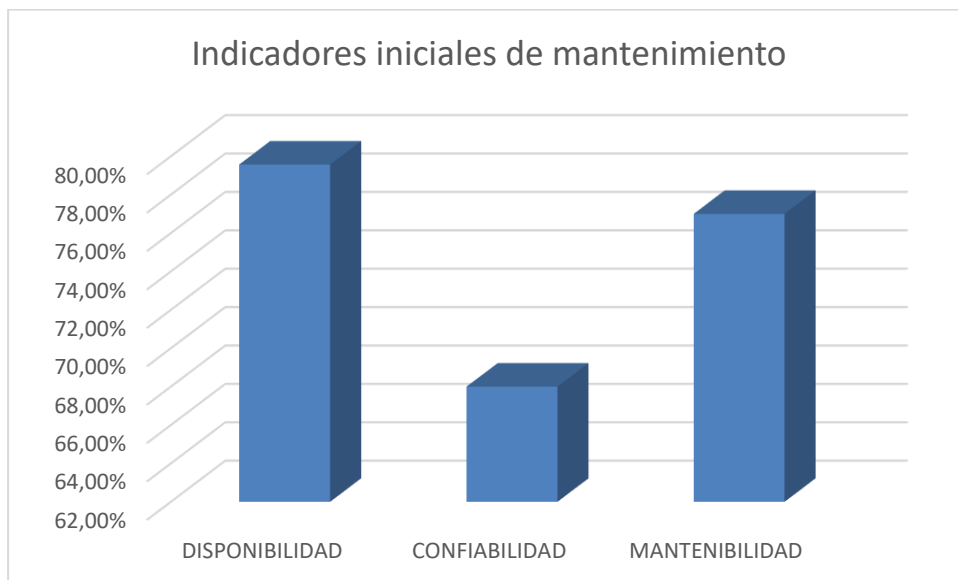


Figura 5: Indicadores de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.

Diseño del programa de mantenimiento preventivo para la retroexcavadora 420F

A continuación, se observan los sistemas principales de la unidad, número de actividades de mantenimiento de cada uno por la duración de todo un año.

Tabla 9. Sistemas, hora de duración anual de retroexcavadora 420F

Sistema	Número de actividades	Duración de MP (horas)
Sistema eléctrico	16	18.5
Sistema hidráulico	40	16.5
Motor	68	68.5
Elementos de corte	14	22
Cabina de operador	7	5.5
Tren de rodaje rodamiento	27	35
Sistema de mando de giro	13	16
Implementos	22	37
Total	207	249

Fuente: Dpto. de Mantenimiento de la empresa HIDROCAT

Interpretación. De la tabla 9 se aprecia un total de 207 actividades con un total de 249 horas de duración de las actividades del plan de mantenimiento por implementar donde el motor requiere de mayor de número de actividades con un total de 68 de ellas y la cabina de operador con un número de 7 de ellas.

Indicadores de cumplimiento post-implementación del plan de mantenimiento en la retroexcavadora 420F

Son datos que ayudan a medir el cumplimiento de cada actividad programada, con el objetivo final de la correcta implementación del plan de mantenimiento.

Tabla 10. Índice de cumplimiento de las actividades del PM

Mes	Actividades ejecutadas	Actividades programadas	Porcentaje de actividades cumplidas
Enero	-	21	-
Febrero	-	7	-
Marzo	-	19	-
Abril	16	18	89 %
Mayo	12	14	86 %
Junio	18	19	95 %
Julio	15	16	94 %
Agosto	13	14	93 %
Setiembre	22	25	88 %
Octubre	-	9	-
Noviembre	-	14	-
Diciembre	-	31	-

El porcentaje de actividades cumplidas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades programadas}} \times 100$$

Interpretación: De la tabla 32 se detalla que el mes de junio con el 95 % de actividades cumplidas es el mayor porcentaje de ello respecto al menor porcentaje de cumplimiento el mes de mayo con un 86 %.

Tabla 11. Índice de cumplimiento de horas de mantenimiento de la maquinaria

Mes	Horas programadas	Horas planificadas	Porcentaje de horas cumplidas
Enero	-	26.5	-
Febrero	-	7.5	-
Marzo	-	23.5	-
Abril	21	21.5	98 %
Mayo	15	16	94 %
Junio	22	23.5	94 %
Julio	17	19	89 %
Agosto	15	15.5	97 %
Setiembre	30	31.5	95 %
Octubre	-	10.5	-
Noviembre	-	18	-
Diciembre	-	36	-

El porcentaje de horas cumplidas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{\text{Horas programadas}}{\text{Horas planificadas}} \times 100$$

Interpretación. De la tabla 33 se muestra que el mes de abril con el 98 % de horas cumplidas es el mayor porcentaje de ello respecto al menor porcentaje de cumplimiento el mes de julio con un 89 %; siendo el promedio de cumplimiento referencial de 94.5% que consideraremos como eficiencia para las horas de operación.

Manejabilidad y disponibilidad de la retroexcavadora 420F pre y post implementación del plan de mantenimiento.

Tabla 12. Manejabilidad y disponibilidad antes y después de ejecutar el plan de mantenimiento

CONDICIONES INICIALES				CONDICIONES POST PLAN			
Hrs. de Operac.	N° de fallas	MTBF	DISPONIBILIDAD	Hrs. de Operac.	N° de fallas	MTBF	DISPONIBILIDAD
496.5	30	16.55	79.57%	589.68	2	294.84	94.50%
Hrs. De Paraliz.	N° de fallas	MTTR		Hrs. De Paraliz.	N° de fallas	MTTR	
127.5	30	4.25		34.32	2	17.16	
			CONFIABILIDAD				CONFIABILIDAD
1/MTBF	0.06042		68%	0.00339			97.90%
			MANTENIBILIDAD				MANTENIBILIDAD
1/MTTR	0.23529		77%	0.05828			30.49%

Fuente: Elaboración propia.

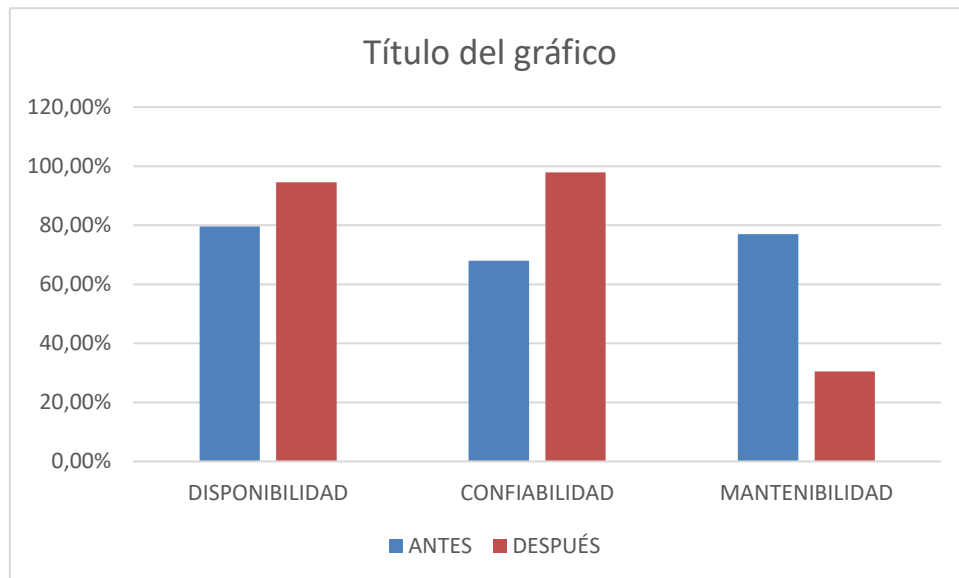


Figura 6: Confiabilidad y disponibilidad pre y post implementación PM

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 6, se aprecia que la diferencia de la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad entre la pre y post implementación del plan de mantenimiento es de 14.93 %, 29.9% y - 46.51% respectivamente.

4.3. Determinar el costo total por mes operando la retroexcavadora 420F

En la siguiente tabla se muestra un resumen por mes en el rango de 4 meses desde julio a octubre del 2022 del costo de mano de obra y total de mantenimiento.

Tabla 13. Resumen presupuestal por mes del plan de mantenimiento

Mes	Costo de MO	Mantenimiento
Julio	810 soles	1940 soles
Agosto	920 soles	1810 soles
Setiembre	335 soles	720 soles
Octubre	785 soles	1545 soles
Total	2850 soles	6015 soles

Fuente: Elaboración propia

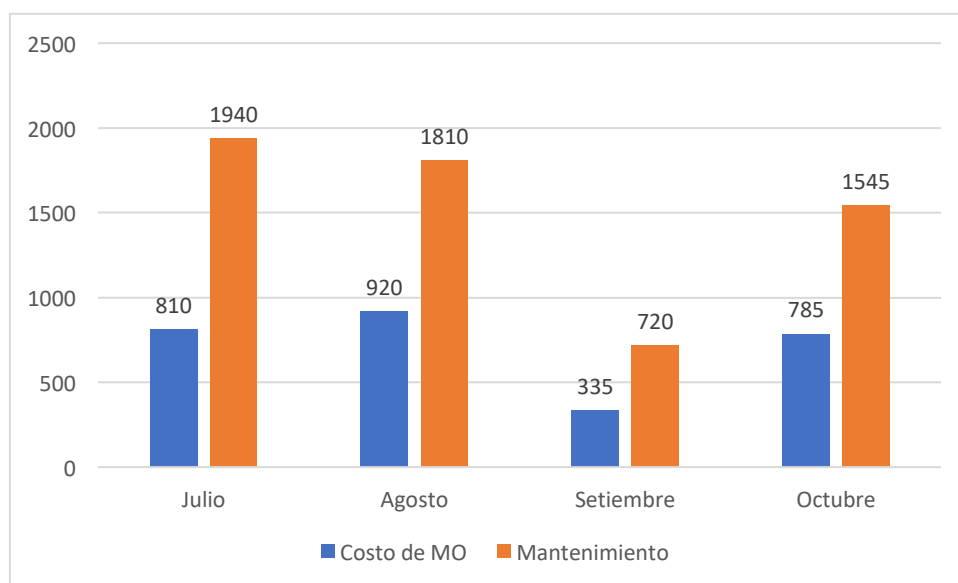


Figura 6: Resumen presupuestal Costo MO y Mantenimiento del PM

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la figura 5, se muestra el costo de MO y mantenimiento en los meses julio, agosto, setiembre y octubre, en el mes de julio hubo el costo de mantenimiento con un valor de 1940 soles y el menor costo de mantenimiento con un valor de 720 soles.

Tabla 14. Costo de plan de mantenimiento por sistema

Sistema	Costo de MP
Sistema eléctrico	1200 soles
Sistema hidráulico	3790 soles
Motor	3743 soles
Elementos de corte	1000 soles
Cabina de operador	115 soles
Tren de rodaje rodamiento	2340 soles
Sistema de mando de giro	750 soles
Implementos	2040 soles
Total	14978 soles

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 36 donde se observan los sistemas de la retroexcavadora con sus respectivos costos, el sistema hidráulico cuenta con el mayor costo siendo el valor de, 3790 soles y la cabina de operador con el menor valor de 115 soles.

Tabla 15. Costo de plan de mantenimiento

Mes	Costo ejecutado	Costo programado	Porcentaje de costos cumplidos
Enero	-	1757 soles	-
Febrero	-	410 soles	-
Marzo	-	1481 soles	-
Abril	1370 soles	1481 soles	93 %
Mayo	870 soles	957 soles	91 %
Junio	1157 soles	1355 soles	85 %
Julio	1200 soles	1212 soles	99 %
Agosto	820 soles	936 soles	88 %
Setiembre	1678 soles	1842 soles	91 %
Octubre	-	775 soles	-
Noviembre	-	975 soles	-
Diciembre	-	1963 soles	-

El porcentaje de costos cumplidos se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% = \frac{\text{Costo ejecutado}}{\text{Costo programado}} \times 100$$

Interpretación. De la tabla 37 se muestra que el mes de julio con el 99 % de costos cumplidos es el mayor porcentaje de ello respecto al menor porcentaje de cumplimiento el mes de junio con un 85 %.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, se ha llegado a establecer una propuesta de implementación del sistema de mantenimiento preventivo para reducir costos operativos de la retroexcavadora 420F, determinándose hallazgos importantes al evaluar las especificaciones técnicas de este tipo de unidades consideradas aptas para una mayor producción a menores costos en el mercado de la construcción, pues el motor tiene una potencia de 70 Kw, con característica Eco Mode que permite catalogarla como una máquina económica en el consumo de combustible; en el modo de tracción al tener un sistema de tres modos permite mejor maniobrabilidad en diferentes tipos de terrenos y contribuye a un menor desgaste de cada rueda, con el consecuente ahorro económico. Al analizar el sistema actual de mantenimiento se ha determinado el grado de criticidad de la retroexcavadora muestreada con valores mayores a 40 en la ponderación respectiva que determina el nivel crítico de la unidad, por lo que fue intervenida frecuentemente con técnicas de mantenimiento correctivo. Se ha realizado, consecuentemente el estudio muestral de 4 meses críticos de la unidad y calculado los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad iniciales, los mismos que arrojaron valores muy bajos e inaceptables del orden de **79.57%**, **68.00%** y **77.00%**, respectivamente; por lo tanto, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento preventivo, desarrollando primero un programa para los diversos sistemas componentes de la retroexcavadora, en función de la duración de actividades a realizar para que proporcionalmente al promedio de índices de cumplimiento de dichos porcentajes, se realice la proyección correspondiente, así el promedio de porcentaje de actividades cumplidas correspondió al 94.5% que reflejará el incremento en el período de operatividad de la máquina e inversamente, del $100 - 94.5\% = 5.5\%$ reflejará en la disminución del período de reparaciones en un lapso igual al inicial, de 4 meses. Bajo ese esquema se ha proyectado el nuevo escenario de indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad post implementación del plan de mantenimiento, comprobándose que los nuevos valores están dentro del índice recomendado como eficientes,

los mismos que ahora son de 94.50%, 97.90% y 30.49%, respectivamente.

Como principal fortaleza del estudio se considera el cumplimiento de la mejora de costos que ascienden al 91.17% en promedio, comparativo entre los costos ejecutados vs. costos programados; y, como deficiencia, se podría incluir la falta de índices de tiempos diarios y horarios fehacientes en la historia del equipo que otorgarían mayor precisión en el estudio de indicadores.

Respecto a la discusión con los antecedentes incluidos en la investigación, se ha podido establecer que:

- Velarde (2019) en su tesis titulada “Gestión de mantenimiento para una flota de máquinas retroexcavadoras Caterpillar 420 F2” tuvo pensado una óptima gestión para el plan de mantenimiento actual de la retroexcavadora 420F, contrariamente en nuestra tesis se planteó la implementación de un plan de mantenimiento preventivo tomando en cuenta la encuesta realizada a los operarios en una máquina diferente, siendo esta la retroexcavadora 420F
- Rosales (2017) en su tesis titulada ““Mantenimiento Preventivo para Reducir los Tiempos de Entrega del Servicio CONSORCIO ALVAC JOHESA, CHIMBOTE – 2017” logró reducir el tiempo de entrega del servicio en un 16% con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, evitando también así las averías en un 32%, respecto a nuestros resultados se obtuvo un aumento del 13% de confiabilidad y un 7% de disponibilidad respecto al periodo donde no se había implementado un plan de mantenimiento.
- Torres (2018) en su trabajo de investigación titulada “Propuesta de mejora en el proceso de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada en división usados, empresa FINNING”. S.A” logró una tasa de cumplimiento promedio del 91% y un margen bruto del 57%, mientras que en nuestra tesis realizada se obtuvo un cumplimiento de actividades de 93, 91, 85, 99, 88 y 91% en el periodo de los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y setiembre respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

- La matriz de criticidad de la retroexcavadora 420F permitió obtener la criticidad total con un valor de 44 donde se ubicó en el rango crítico, ya que la criticidad fue mayor o igual a 40, esto condicionó al diseño e implementación de un plan de mantenimiento.
- El primer diagnóstico que se realizó, determinó que la primera confiabilidad de la retroexcavadora 420F fue de 68%, demostrando un bajo nivel de confiabilidad, y, por tanto, no era conveniente mantenerla.
- La implementación del plan de mantenimiento aumentó la confiabilidad de la retroexcavadora 420F de 68% a un 97.90% y la disponibilidad de la retroexcavadora 420F de 79.57% a un 94.5% obteniendo las diferencias entre ellos de 11.57% y 14.93% respectivamente.
- Respecto al plan de mantenimiento se calculó un costo ejecutado de 7 095 soles y un costo programado de 12 702 soles en un periodo de 12 meses.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar la implementación del plan de mantenimiento cada rango de tiempo con el fin de revisar sistemáticamente cada falla funcional respecto al total de requerimientos de la operatividad de la retroexcavadora 420F y establecer una óptima disponibilidad, lo que genera mantenibilidad y confiabilidad, tomando en cuenta cada estándar programado por la administración del plan de mantenimiento.
- Se recomienda mantener monitoreadas cada falla que sucede a menudo en la retroexcavadora 420F con el fin de mejorar el mantenimiento anualmente, detallando cada orden de trabajo ejecutado en el sistema y pudiendo realizar un análisis periódicamente, analizando cada criterio técnico y económico, significando la disminución a gran nivel de los costos que no son necesarios en la producción, así logrando facilitar una correcta organización en el sector administrativo, pudiendo así decidir adecuadamente para cada compra de los repuestos.
- Se recomienda tomar en cuenta la integración de la herramienta AMEF en la retroexcavadora cuando se encuentre en estado crítico, mejorando cada indicador y así teniendo una mejor competencia en el sector, así también en los seguimientos de las actividades, controles y evaluaciones de cumplimiento del mantenimiento y un mejor rendimiento en la máquina.
- Se recomienda siempre capacitar al personal autorizado y asignado al plan de mantenimiento, resultando en el compromiso de cada encargado con el fin de promover las habilidades y liderazgo en ellos, los cuales se reflejan en la disponibilidad de la retroexcavadora 420F, donde se obtendrán resultados económicos eficientes por tenerlo operativa.
- Se recomienda el uso de la maquinaria Retroexcavadora cat 420e, el cual nos va a permitir tener un mejor sistema de mantenimiento preventivo, reducir los costos de mantenimiento, ya que una maquinaria usada sus costos son más altos.

REFERENCIAS

- Aguilar Otero, J., Torres Arcique, R., & Magaña-Jiménez, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*. <https://www.redalyc.org/pdf/482/48215094003.pdf>
- Infantes, J., & Yampi, L. (2018). *Estudio ergonómico y propuesta de mejora de la productividad en el cambio de liners de una empresa especializada en mantenimiento de maquinaria y equipo, aplicando el software E - Lest*. Arequipa : Repositorio Universidad de Arequipa.
- Mayorca, R. (2019). *PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE MAQUINARÍA PESADA EN UNA PYME UTILIZANDO EL RCM*. Lima : Repositorio de Ciencias Aplicadas.
- Rosales, Y. (2017). *Mantenimiento preventivo para disminuir los tiempos en la entrega de servicios consorcio Alvac Johesa, Chimbote – 2017*. Chimbote: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Toapanta, F. (2019). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO CAMINERO Y VEHICULOS QUE DISPONE EL GOBIERNO MUNICIPAL DE TENA, PROVINCIA DE NAPO*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Velarde, A. (2019). *Gestión de mantenimiento de una flota de máquinas retroexcavadora Caterpillar 420F2*. Arequipa: Repositorio Institucional Continental.
- Alavedra-Flores, C., Gastelu-Pinedo, Y., Méndez-Orellana, G., Minaya-Luna, C., Pineda-Ocas, B., Prieto-Gilio, K., Ríos-Mejía, K., & Moreno-Rojo, C. (2018). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 0(034), 11. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2016.n034.529>

- Chapoñan Seminario, F. M. (2017). Aplicación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad del simulador de maquinaria pesada caterpillar de Ferreyros S.A., Callao, 2017. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31542>
- Espinoza Gamarra, C. F. (2018). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital de Curahuasi. *Universidad Tecnológica del Perú*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/1295>
- FIGUEROA, A. (2020). *UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA - PDF Free Download*. <https://docplayer.es/209339096-Universidad-antonio-ruiz-de-montoya.html>
- Gavilánes Peralta, D. F. (2017). *Aplicación de un plan de mejora continua que reduzca los gastos de mantenimiento en la estación de bombeo España de Industrial Pesquera Santa Priscila S.A.* [BachelorThesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24548>
- Guerrero Alvarado, M. E., & Requejo Bustamante, E. R. (2018). Gestión de compras para reducir los costos de importación de polipropileno en formas primarias provenientes de Brasil en la empresa Atlántica S.R.L., Lambayeque en el período 2015-2017. *Universidad de San Martín de Porres – USMP*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4555>
- IPESA. (2020, agosto 19). ¿Qué es una retroexcavadora? Guía básica. *Blog de maquinaria pesada | IPESA*. <https://www.ipesa.com.pe/blog/retroexcavadora-guia-basica/>
- López Correa, R. M. (2017). Propuesta de mejora del proceso de gestión de inventarios, utilizando el método de reposición ROP y la clasificación ABC, en la cadena de suministro de la empresa minera Colquisiri S.A. Lima, 2017. *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11306>

Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*. 16.

Ramírez Mieles, C. A. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo en la empresa Aplimec Ltda*. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/27599>

Rizzo Velasquez, M. (2019). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHICULOS Y MAQUINARIA PESADA PARA LA EMPRESA DE TRANSPORTE Y SERVICIOS DE COLOMBIA TRASERCOL S.A.S, UBICADA EN SAN MARTIN-CESAR*. [Thesis]. <http://repositorio.ufpso.edu.co/jspui/handle/123456789/2475>

Scotland Farfán, L. G. (2019). *Plan de seguridad industrial en el área del taller de mantenimiento de maquinaria pesada del Terminal Portuario ECUAESTIBAS S.A de la ciudad de Guayaquil*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15665>

Torres Leiva, R. A. (2018). *Propuesta de mejora en el proceso de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada en división usados, empresa Finning S.A*. [Thesis, Universidad Andrés Bello]. <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/16974>

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables:

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente: Mantenimiento preventivo	Según Chapoñan (2017) es una serie de actividades planeadas previamente	Según Espinoza (2018) señala que en la variable de mantenimiento preventivo se	Rendimiento	Número de paradas Horas de paradas.	Razón
	que se ejecutan para contrarrestar las causas conocidas como fallas potenciales de aquellas Funciones	realizan reportes de cada cuanto una máquina sufre fallas durante el trabajo que realiza.	Vida útil	Mayores horas de trabajo	
Variable dependiente: Reducir costos	De acuerdo a Guerrero & Requejo (2018) es el proceso que llevan a cabo diferentes empresas con el objetivo de minimizar sus gastos e incrementar sus ganancias.	Según el tesisista, López (2017) señala que en la variable de reducir costos se realiza las comparaciones de un antes y un después de todos los gastos realizados.	Balances	Menor compra de repuestos Ganancias Menos gastos	Razón

Anexo 2. Criterio de puntaje

Criterios para determinar criticidad	Puntaje
Frecuencia de falla	
Mayor o igual a 26 fallas /6 meses	4
15 – 25 fallas /6 meses	3
5 – 14 fallas /5 meses	2
4 fallas /6 meses	1
Impacto operacional	
Parada total de la empresa	10
Parada del subsistema y tiene recuperación en otros sistemas	8
Parada del sistema sin afectar a otros subsistemas	6
Impacta a niveles de producción o calidad	4
Repercute en costos operacionales asociados a indisponibilidad	2
No genero ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1
Flexibilidad operacional	
No existe opción de producción y no existe repuesto	4
Hay opción de repuesto compartida	2
Repuesto disponible	1
Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a 27 432 soles	2
Menor a 27 432 soles	1
Impacto en la seguridad ambiental y humana	
Afecta a la seguridad humana tanto externa como internamente	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1

Anexo 3. Matriz de criticidad

Frecuencia de fallas	4	SC	C	C	C	C
	3	SC	SC	C	C	C
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	NC	SC	C
			5	15	25	35
		Consecuencia				

Anexo 4: Intervalos, tiempos y actividades del plan de mantenimiento

Actividad programada	Intervalos (HORAS)	Realizada c/ tiempo (HORAS)									
		5	20	50	200	600	750	1000	2000	4000	10000
Revisar el nivel del líquido refrigerante.	5	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Revisar el nivel de aceite del motor.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Revisar el nivel de aceite hidráulico.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Revisar el nivel de combustible.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Revisar el nivel de aceite de transmisión.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar que no existan ruidos anormales en el motor		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar fugas del motor(visualmente).		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar el estado de los neumáticos.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar los pernos rotos en las llantas.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar las bandas (condición y tensión).		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar las conexiones de la batería.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar el sistema de alumbrado (faros).		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar el estado de los frenos.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar el estado de los frenos de parqueo.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar que los indicadores del tablero estén funcionando correctamente.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar los extintores manuales.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Verificar el estado del cucharón.	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	

Verificar la estructura de la máquina.		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Lubricar partes móviles.	20		L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cambiar filtro de aire primario.			C	C	C	C	C	C	C	C	C
Drenar el agua y sedimentos del tanque de combustible.			D	D	D	D	D	D	D	D	D
Lubricar los cojinetes del cilindro de dirección.			L	L	L	L	L	L	L	L	L
Verificar la presión de inflado de los neumáticos.	50			V	V	V	V	V	V	V	V
Cambiar filtro de aire secundario.				C	C	C	C	C	C	C	C
Verificar el ajuste de pernos de las ruedas.				V	V	V	V	V	V	V	V
Cambiar el aceite de motor.	200				C	C	C	C	C	C	C
Cambiar el filtro de aceite.					C	C	C	C	C	C	C
Cambiar los filtros de combustible.					C	C	C	C	C	C	C
Checar y ajustar todos los pernos de las bases de la transmisión.					V	V	V	V	V	V	V
Engrasar las crucetas del cardán.					L	L	L	L	L	L	L
Checar el desgaste del freno de servicio y de parqueo (si es necesario regular).					V	V	V	V	V	V	V
Chequear el nivel de electrolito de las baterías.					V	V	V	V	V	V	V
Revisar y limpiar todo los respiradores y desfogues de la máquina.					P	P	P	P	P	P	P
Limpiar el alojamiento y tubería del filtro de aire.					P	P	P	P	P	P	P
Inspeccionar, ajustar y reemplazar la correa del					I	I	I	I	I	I	I

acondicionador de aire.										
Lubricar los cojinetes de oscilación del eje.				L	L	L	L	L	L	L
Lubricar los cojinetes de bolas (central).				L	L	L	L	L	L	L
Verificar el nivel de aceite de los mandos finales.				V	V	V	V	V	V	V
Revisar que no existan fugas (aceite, refrigerante y combustible).				V	V	V	V	V	V	V
Verificar el nivel del aceite de transmisión.				V	V	V	V	V	V	V
Verificar el nivel del aceite del sistema hidráulico.				V	V	V	V	V	V	V
Verificar el nivel de aceite de la diferencial delantera y posterior.				V	V	V	V	V	V	V
Limpiar los contactores del sistema eléctrico de la máquina.				P	P	P	P	P	P	P
Cambiar el aceite hidráulico.					C					
Cambiar el aceite de transmisión.					C					
Cambiar el filtro hidráulico.					C					
Cambiar el aceite de los diferenciales.					C					
Cambiar el aceite de los mandos finales.					C					
Verificar el estado y reemplazar si es necesario las bujías de precalentamiento.					V					
Checar y reajustar los pernos que soportan las bases del motor.					I					

Revisar que los pernos y abrazadera de sujeción del escape que no estén flojos o sueltos.					V					
Revisar y apretar si es necesario lo soportes de los ejes y transmisión.					V					
Limpia el respiradero del cárter.					P					
Revisar la calibración de las válvulas de admisión y escape.					I					
Revisar el estado de la tapa del radiador.					I					
Cambiar los neumáticos.	750					C				
Checar que no existan fugas, cortes o fricción que provoquen la rotura de las mangueras hidráulicas.							V	V	V	V
Verificar la operación y buen estado de las pastillas de freno y de bloqueo y si es necesario sustitúyalas.							V	V	V	V
Verificar daños y grietas en los neumáticos.							V	V	V	V
Ajustar las tuercas de las ruedas.							I			
Verificar la correcta lubricación de los bujes, ejes y rodamientos.							V	V	V	V
Verificar el estado de las cuchillas y de la estructura del Cucharón y si es necesario arreglar.							V	V	V	V
Desmontar y verificar el estado de los inyectores, si están en mal estado, sustitúyalos.	2000							I	V	I
Verificar y medir la compresión del motor de combustión.								V	V	V

Desmontar y verificar el estado del motor de arranque, si está en mal estado, reemplácelo.								V	V	V
Desmontar y verificar el estado del alternador, si está en mal estado, reemplácelo.								V	V	V
Verificar estado y revisar el juego axial del rotor del turbo cargador, si se encuentra en mal estado, sustitúyalo.								V	V	V
Verificar el estado de las poleas de la bomba de agua, alternador y cigüeñal, si están en mal estado, reemplácelas.								V	V	V
Verificar el estado del dämper (caucho ubicado en la polea del cigüeñal), si está en mal estado, cámbielo.								V	V	V
Verificar estado de enfriadores y si es necesario reemplace (si existe).								V	V	V
Verificar el estado de la batería, si es necesario, cámbiela.								V	V	V
Recoger muestras de aceite del motor, transmisión, sistema hidráulico para detectar el desgaste de los elementos.								R	R	R
Revisar la compresión y realizar la prueba de fugas del motor de combustión.									V	V
Desmante y compruebe en el banco el estado de los inyectores, si están en mal estado, sustitúyalos.	4000								I	I
Drenar y limpiar el sistema de refrigeración.									D	D

Verificar el estado del termostato del motor, si está en mal estado, reemplácelo.										V	V
Inspeccione el estado del pin central y de los bujes, si está en mal estado reemplazarlos.										I	I
Desmontar, inspeccionar y reparar si es necesario los mandos finales.										V	V
Inspeccionar los ejes y bujes de los brazos.										I	I
Verificar desgaste de las chapas de biela y bancada.										V	V
Verificar el ajuste de los pernos de la culata.										V	V
Verificar la presión de aceite de la bomba hidráulica.										V	V
Verificar presión de aceite de la transmisión (con la máquina encendida).										V	V
Verificar la presión de la bomba de aceite del motor.										V	V
Reparación del motor de combustión	10000										A

Nomenclatura	Actividad
A	Reparar
C	Cambiar
D	Drenar
R	Recoger
I	Inspeccionar, ajustar o comprobar
L	Lubricar
P	Limpiar
V	Verificar, sustituir o revisar

Anexo 5. Encuesta realizada para identificar el tipo de mantenimiento y sus descripciones.

ENCUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TIPO DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA HIDROCAT NUEVO CHIMBOTE

Todo lo respondido será tratado de forma confidencial y solo lo manejará el encargado del trabajo de investigación y en anonimato.

Sexo:

Hombre ()

Mujer ()

Prefiero no decirlo ()

Rango de edad:

18 a 36 años ()

37 a 55 años ()

56 años a más ()

****Marque la respuesta que considere correcta: SI, NO***

N°	Descripción	SI	NO
01	Existe un plan de mantenimiento claramente definido		
02	La estructura Organizacional del plan de mantenimiento permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz		
03	Cree Usted que sea necesario un cambio en la estructura del plan de mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo		
04	Los mecánicos encargados del mantenimiento de la maquinaria en la empresa están preparados de una forma correcta para realizar cualquier arreglo		
05	El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa recibe una preparación constante		

06	Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento		
07	Este presupuesto es suficiente para dicha actividad		
08	Los recursos humanos empleados para el mantenimiento de la maquinaria son suficientes		
09	El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento		
10	Se planifica la paralización de la maquinaria para darle su respectivo mantenimiento		
11	Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria		
12	Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria		
13	Se brindó una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección		
14	Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento		
15	La empresa otorga las facilidades y recursos necesarios para la actualización en lo referente al mantenimiento de su maquinaria		
16	Se realiza algún tipo de evaluación al personal que labora en el departamento de mantenimiento		
17	Se justifica el costo de mantenimiento respecto de los resultados que se obtienen		
18	La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas		
19	Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento		

Anexo 6. Evaluación de la encuesta realizada

Pregunta 1. Sexo

Sexo	U	%
Masculino	12	100%
Femenino	0	0%
Prefiere no decirlo	0	0%
Total	12	100%

Pregunta 2. Edad

Edad	U	%
18 a 36 años	12	100%
37 a 55 años	0	0%
56 a más	0	0%
Total	12	100%

Pregunta 3. Existe un plan de mantenimiento claramente definido

Pregunta	U	%
SI	0	0%
NO	12	100%
Total	12	100%

Pregunta 4. La estructura Organizacional del plan de mantenimiento permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz

Pregunta	U	%
SI	0	0%
NO	12	100%
Total	12	100%

Pregunta 5. Cree usted que sea necesario un cambio en la estructura del plan de mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo

Pregunta	U	%
SI	10	83%
NO	2	17%
Total	12	100%

Pregunta 6. Los mecánicos encargados del mantenimiento de la maquinaria en la empresa están preparados de una forma correcta para realizar cualquier arreglo

Pregunta	U	%
SI	1	8%
NO	11	92%
Total	12	100%

Pregunta 7. El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa recibe una preparación constante

Pregunta	U	%
SI	1	8%
NO	11	92%
Total	12	100%

Pregunta 8. Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	0	0%
NO	12	100%
Total	12	100%

Pregunta 9. Este presupuesto es suficiente para dicha actividad

Pregunta	U	%
SI	0	67%
NO	12	33%
Total	12	100%

Pregunta 10. Los recursos humanos empleados para el mantenimiento de la maquinaria son suficientes

Pregunta	U	%
SI	8	67%
NO	4	33%
Total	12	100%

Pregunta 11. El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	10	83%
NO	2	17%
Total	12	100%

Pregunta 12. Se planifica la paralización de la maquinaria para darle su respectivo mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	11	92%
NO	1	8%
Total	12	100%

Pregunta 13. Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria

Pregunta	U	%
SI	0	0%
NO	12	100%
Total	12	100%

Pregunta 14. Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria

Pregunta	U	%
SI	0	0%
NO	12	100%
Total	12	100%

Pregunta 15. Se brindó una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección

Pregunta	U	%
SI	11	92%
NO	1	8%
Total	12	100%

Pregunta 16. Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	12	100%
NO	0	0%
Total	12	100%

Pregunta 17. La empresa otorga las facilidades y recursos necesarios para la actualización en lo referente al mantenimiento de su maquinaria

Pregunta	U	%
SI	10	83%
NO	2	17%
Total	12	100%

Pregunta 18. Se realiza algún tipo de evaluación al personal que labora en el departamento de mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	1	8%
NO	11	92%
Total	12	100%

Pregunta 19. Se justifica el costo de mantenimiento respecto de los resultados que se obtienen

Pregunta	U	%
SI	10	83%
NO	2	17%
Total	12	100%

Pregunta 20. La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas

Pregunta	U	%
SI	10	83%
NO	2	17%
Total	12	100%

Pregunta 21. Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento

Pregunta	U	%
SI	1	8%
NO	11	92%
Total	12	100%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ZVALETA ZVALETA HEBER AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento preventivo para reducir costos operativos de una retroexcavadora 420F Chimbote – 2022", cuyo autor es SILVA SOTO CLEVER MOISES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Febrero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ZVALETA ZVALETA HEBER AUGUSTO DNI: 17865439 ORCID: 0000-0003-3964-0198	Firmado electrónicamente por: HZVALETAZ el 12- 02-2023 01:01:29

Código documento Trilce: TRI - 0532654