



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA MINIMIZAR TIEMPOS MUERTOS EN LA EMPRESA CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C. - LIMA, 2022”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional
de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Autora:

Marcela Mesa Arroyave

Asesor:

Mg. Alfredo Fernando Temoche López

<https://orcid.org/0000-0002-5130-5694>

Lima - Perú

2023

INFORME DE SIMILITUD

Suficiencia Profesional

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

2

blog.hubspot.es

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo a mi esposo Renzo y mi hija Mariana. Por su paciencia, comprensión, empeño, fuerza y principalmente por su amor. Debo pedirles perdón porque han sufrido el impacto directo de las consecuencias del trabajo realizado. Realmente, ustedes me han ayudado a alcanzar el equilibrio que me permitió dar todo mi potencial, nunca dejaré de estar agradecida por ello. También quiero dedicarle este trabajo a mi madre Emelida y a mi hermana Isabela, por apoyarme y comprenderme en los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cordura, todo ello con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar le doy gracias a Dios, por haberme dado el valor y la fuerza para superar los obstáculos y las dificultades; y así culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza de todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional. Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes. Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con el amor. Gracias infinitas a ustedes por estar en mi vida. Por último, le agradezco a mi asesor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos.

TABLA DE CONTENIDO

INFORME DE SIMILITUD.....	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	84
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS.....	106
ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Deficiencias relacionadas con los tiempos muertos de la maquinaria pesada	61
Tabla 2. Frecuencias acumuladas y porcentajes relacionados con los tiempos muertos de la maquinaria pesada	62
Tabla 3. Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°01 durante el 2021.	68
Tabla 4. Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°02 durante el 2021.	70
Tabla 5. Costos fijos por tipo de mantenimiento preventivo.....	82
Tabla 6. Costos fijos anuales por efectuar mantenimiento preventivo en fechas programadas para excavadora N°1	83
Tabla 7. Costos fijos anuales por efectuar mantenimiento preventivo en fechas programadas para excavadora N°2	83
Tabla 8. Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°01 durante el 2022.	99
Tabla 9. Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°02 durante el 2022.	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Excavadora realizando trabajos de selección y acopio de roca.....	12
Figura 2. Organigrama de la empresa Constructora Renlop S.A.C.....	13
<i>Figura 3. Asesoramiento técnico en obras de ingeniería.....</i>	<i>15</i>
Figura 4. Características de seguridad de las excavadoras John Deere modelo 350GLC.....	24
Figura 5. Intervalos de mantenimiento para las excavadoras John Deere modelo 350GLC – Parte1.....	25
Figura 6. Intervalos de mantenimiento para las excavadoras John Deere modelos 350GLC – Parte2.....	26
<i>Figura 7. Diagrama de Ishikawa.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 8. Diagrama de Ishikawa Placa de Excavadora N° 01.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 9. Diagrama de Ishikawa Placa de Excavadora N° 02.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10. Mantenimiento total de las máquinas – enero 2021.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 11. Mantenimiento total de las máquinas – febrero 2021.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 12. Mantenimiento total de las máquinas – marzo 2021.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 13. Mantenimiento total de las máquinas – abril 2021.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 14. Mantenimiento total de las máquinas – mayo 2021.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 15. Mantenimiento total de las máquinas – junio 2021.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 16. Mantenimiento total de las máquinas – julio 2021.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 17. Mantenimiento total de las máquinas – agosto 2021.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 18. Mantenimiento total de las máquinas – septiembre 2021.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 19. Mantenimiento total de las máquinas – octubre 2021.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 20. Mantenimiento total de las máquinas – noviembre 2021.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21. Mantenimiento total de las máquinas – diciembre 2021.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 22. Diagrama de Pareto.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 23. Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2021.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 24. Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2021.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 25. Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2021.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 26. Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2021.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 27. Mantenimientos cada 10, 50, 100 horas.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 28. Tiempo promedio de mantenimientos cada 10, 50, 100 horas.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 29. Cada 250 horas – máquina, se realizará un PM1 (Preventive Maintenance 1).....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 30. Cada 500 horas – máquina, se realizará un PM2 (Preventive Maintenance 2).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 31. Cada 1000 horas – máquina, se realizará un PM3 (Preventive Maintenance 3).....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 32. Cada 2000 horas – máquina, se realizará un PM4 (Preventive Maintenance 4).....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 33. Mantenimiento total de las máquinas – enero 2022.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 34. Mantenimiento total de las máquinas – febrero 2022.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 35. Mantenimiento total de las máquinas – marzo 2022.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 36. Mantenimiento total de las máquinas – abril 2022.....</i>	<i>87</i>

<i>Figura 37.</i> Mantenimiento total de las máquinas – mayo 2022.....	88
<i>Figura 38.</i> Mantenimiento total de las máquinas – junio 2022	89
<i>Figura 39.</i> Mantenimiento total de las máquinas – julio 2022	89
<i>Figura 40.</i> Mantenimiento total de las máquinas – agosto 2022	90
<i>Figura 41.</i> Mantenimiento total de las máquinas – septiembre 2022.....	91
<i>Figura 42.</i> Mantenimiento total de las máquinas – octubre 2022.....	92
<i>Figura 43.</i> Mantenimiento total de las máquinas – noviembre 2022	93
<i>Figura 44.</i> Mantenimiento total de las máquinas – diciembre 2022	94
<i>Figura 45.</i> Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2022.	96
<i>Figura 46.</i> Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2022.	97

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo tiene por finalidad evidenciar que, mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, los tiempos muertos de la maquinaria pesada serán minimizados en la empresa Constructora Renlop S.A.C.

El estudio inició con la entrevista al personal involucrado directamente, buscando las causas de nuestro principal problema, los tiempos muertos de la maquinaria.

Para enfocar la principal causa del tiempo muerto de la maquinaria pesada, se han empleado herramientas como Ishikawa y Pareto. Por ello, se llevó el registro del historial de fallas suscitadas por la falta de mantenimiento de las máquinas durante el 2021. Posteriormente, mediante los manuales de operación y mantenimiento de la maquinaria pesada de la empresa, se logró diseñar un plan de mantenimiento preventivo, que tiene un enfoque relacionado a minimizar tiempos muertos de la maquinaria y priorizar el estado operativo de la misma. Los resultados corroboraron que la aplicación del plan, garantiza la minimización de los tiempos muertos de las máquinas, la vida útil del activo y por ende el incremento del rendimiento de las máquinas hasta en 99%.

Mediante la aplicación de las herramientas de ingeniería como la gestión de procesos y recursos, se ha contribuido a la mejora continua de la productividad en la empresa Constructora Renlop S.A.C.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, tiempos muertos, rendimientos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

La implementación de controles de ingeniería dentro de las obras de construcción no sólo tiene que ver con el proceso constructivo y la cadena de valor, sino que también con cada una de sus actividades auxiliares, entre ellas podemos calificar al área de mantenimiento de las máquinas, ya que mantenerla operativa es de vital importancia para garantizar los niveles de producción programados. Según Restrepo Avila (2022), se debe tener en cuenta que implementar un acertado plan de mantenimiento no implica saber con exactitud cuándo y cómo puede ocurrir una falla, sino reducir la posibilidad que se presente una falla que conlleva a paros operativos, siendo así, mediante un óptimo plan de mantenimiento se quiere contrarrestar el tiempo entre una falla y otra, reducir los costos operacionales y salvaguardando la vida útil de equipos y maquinaria.

En nuestro país algunos líderes organizacionales manifiestan que el principal objetivo de una empresa es la producción, y descuidan ciertas actividades paralelas como lo es el mantenimiento preventivo, que aportaría a una reducción de los costos operativos tal como lo dice Saldivia Sanz, (2012), “al tener un equipo o una flota de equipos que no se maneja adecuadamente los costos de operación aumentan, se pierde dinero y los costos de un proyecto aumentan”.

La Constructora Renlop - S.A.C. es una empresa que apuesta por la mejora continua de la organización, por ello su líder ha tenido la disposición de colaborar con el presente estudio para identificar los causales de las horas muertas de su maquinaria, y a partir de ello implementar un plan de mantenimiento preventivo que garantice el correcto funcionamiento de su maquinaria pesada y por consiguiente optimizar sus costos operativos.

Descripción de la Empresa

CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C. con RUC 20550016932. Es una empresa peruana situada en la ciudad de Lima, dedicada al sector construcción, la cual inició sus actividades el 20 de octubre del año 2012 y según a su Registro Nacional de Proveedores (2017) y actividades económicas se desempeña a ejecutar obras y servicios en la especialidad de edificaciones y afines, obras viales - puertos y afines, obras de saneamiento y afines, obras de represa – irrigación y afines.

CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C es una empresa seria, versátil y comprometida, que enfrenta los desafíos de hacer empresa y patria en el Perú, teniendo como misión ejecutar eficientemente obras y servicios de calidad a nuestros clientes. Buscando ser mejores cada día y tomando cualquier reto nuevo con tenacidad y fortaleza para garantizar su éxito, manteniendo un ambiente laboral favorable que promueva el desarrollo de nuestros colaboradores.

Así mismo tiene como visión futurista convertirse en la primera opción para los clientes en cuanto a servicios, obras de ingeniería y construcción en todo el Perú.

Ser una empresa líder y competitiva, promotora del desarrollo del país, altamente productiva, innovadora y plenamente humana, realizando proyectos con maquinaria moderna y tecnología de punta, manteniendo los más altos estándares de calidad a la par de nuestros clientes.

Dentro de sus fortalezas, destacan en primer lugar, la ejecución de defensas ribereñas, puentes, carreteras, edificios, entre otros. Participando y colaborando en diversas civiles de gran envergadura, teniendo consigo una experiencia comprobada en el ámbito de la construcción.

En segundo lugar, su atención personalizada. Esta fortaleza permite atender inquietudes, dudas y sugerencias conforme a la necesidad de cada cliente, teniendo en cuenta los principios de costo, tiempo y calidad en cada servicio y obra.

Y su tercera fortaleza, la asesoría técnica, para lo cual cuenta con un staff de profesionales altamente calificado, que priorizan necesidades de los clientes, brindando soluciones técnicas a precisión.

Por ello, se tiene como enfoque lograr y consolidarse en el ámbito nacional e innovar internacional en al ámbito de construcción, a través del desarrollo de procesos innovadores acorde a la ingeniería moderna y de precisión, garantizando a sus colaboradores, clientes y proveedores rentabilidad y producción en cada uno de los servicios prestados , sobresaliendo por la calidad de nuestros servicios y atención individualizada, contando con personal calificado que realiza su trabajo de manera eficiente y eficaz.



Figura 1. Excavadora realizando trabajos de selección y acopio de roca.

Organigrama

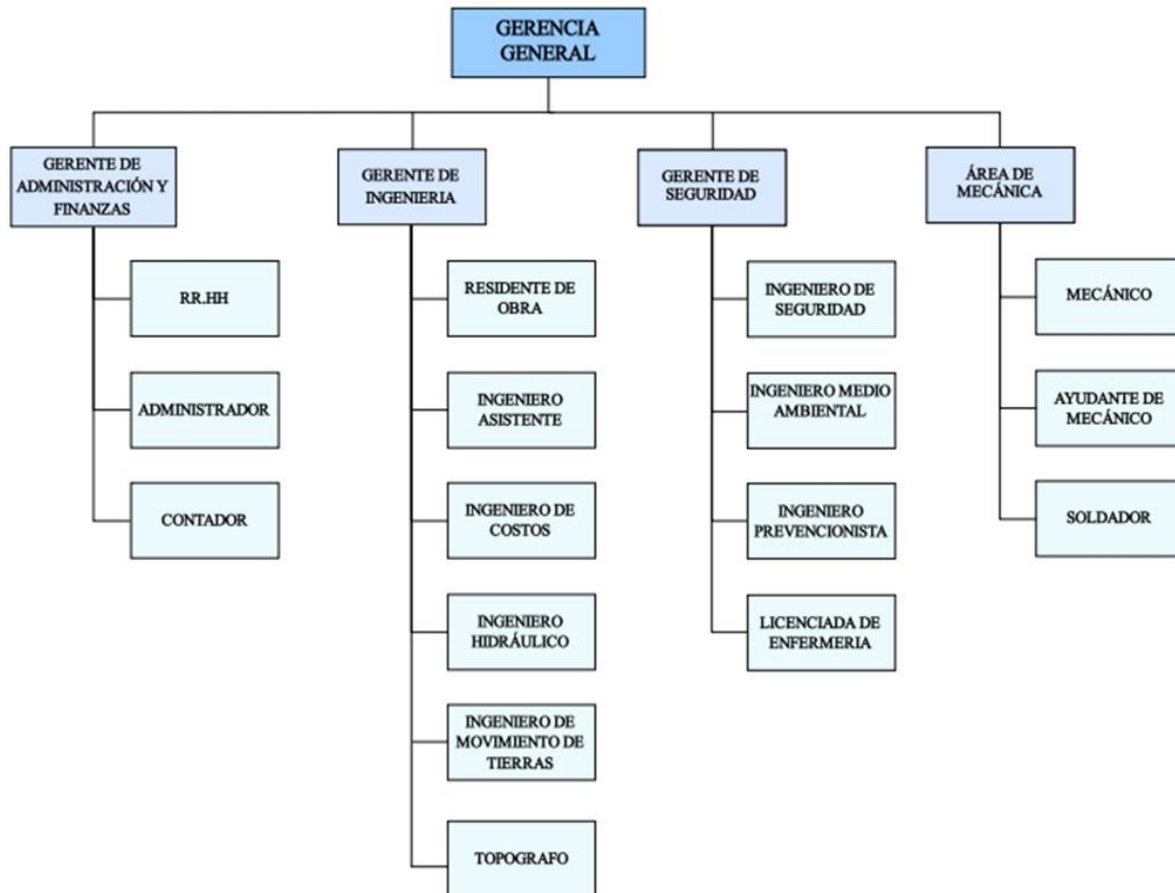


Figura 2. Organigrama de la empresa Constructora Renlop S.A.C

Estrategia Organizacional

La empresa, acorde a un entorno laboral moderno, competitivo y en el fiel cumplimiento de lograr sus estándares de ingeniería, enfoca su estrategia en alcanzar sus objetivos institucionales en corto, mediano y largo plazo, con la convicción de un aprendizaje constante y el crecimiento institucional a través de 4 pilares.

- **Modernidad.** La innovación constante en este mundo competitivo nos conlleva a mejorar nuestro enfoque ingenieril en cada área, cada proceso, cada colaborador día a día.

- **Diversificación.** Descubrir nuevas formas, nuevos productos, nuevos procesos, ampliar nuestra visión de cada operación en la empresa.
- **Superación.** Son las personas que a través de sus enfoques brindan nuevas e innovadoras ideas, desarrollando lo mejor de cada colaborador con trabajo en equipo y bien direccionado.
- **Calidad y satisfacción.** Es mediante la búsqueda de la eficiencia del trabajo realizado, evitar defectos en el producto final y, por tanto, obtener el máximo agrado por parte de nuestros clientes.

Productos y Servicios

Acorde a un mercado laboral competitivo la empresa realiza los siguientes servicios en el rubro de la construcción y con un enfoque sociable:

- Estudios de ingeniería y diseño.
- Elaboración de expedientes técnicos y perfiles.
- Asesoramiento técnico en estudios y obras de ingeniería.
- Levantamientos topográficos altimétricos y planimétricos.
- Construcción de reservorios y presas.
- Conformación de diques, defensas ribereñas, enrocados y muros de contención
- Construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos, trochas carrozables y carreteras.
- Limpieza y Descolmatación de canales, drenes y ríos.
- Instalación de tuberías HDPE.
- Ejecución de obras de Saneamiento y agua potable.
- Ejecución de obras de Edificio.



Figura 3. Asesoramiento técnico en obras de ingeniería.

Justificación teórica

A través del presente trabajo de investigación se tiene como fin desarrollar el pensamiento crítico, análisis y relacionar conceptos y experiencias suscitadas sobre las variables de estudio referente al “Diseño, aplicación y evaluación de un plan de mantenimiento preventivo” y por otro lado “Minimizar Tiempos Muertos” de la maquinaria pesada en la empresa constructora RENLOP S.A.C. – Lima.

Por lo antes mencionado, analizaremos las variables – indicadores de este trabajo de investigación, teniendo en consideración la mejora del proceso productivo y el minimizar los tiempos muertos en la maquinaria pesada, maximizando así la productividad laboral; por lo tanto obtener mayores ganancias.

Veremos que, mediante el diseño y aplicación de un adecuado plan de mantenimiento preventivo, la difusión y la capacitación constante al personal técnico operativo y la línea de mando, reduciremos considerablemente los tiempos muertos de las maquinarias, logrando obtener el incremento de la productividad de manera técnica y objetiva.

Analizaremos a partir de la recopilación de datos de campo las principales causales de tiempos muertos de la maquinaria pesada y mediante el estudio de los manuales de operación y mantenimiento; se diseñará un plan de mantenimiento preventivo que, tras su aplicación, se evaluará el rendimiento de la maquinaria para finalmente, estandarizar y recomendar acciones que nos permitan maximizar la producción de nuestros equipos en estudio.

Justificación práctica

Esta investigación tiene como aporte, el interés de minimizar los tiempos muertos de la maquinaria pesada en la Empresa Constructora RENOLP SAC – Lima, con la finalidad de mejorar el proceso productivo y así poder conseguir ganancias considerables y por consiguiente aportar a mejorar las condiciones de los que laboran en la empresa.

El modelo diseñado sirva como premisa, para que lo estudiado sea replicado en el área de mantenimiento de esta u otras empresas, haciéndolas más competitivas acorde a las exigencias que demanda el rubro de la construcción en la actualidad.

Justificación metodológica

A fin de optimizar la productividad y acorde a las necesidades del área de operaciones y producción de la empresa, se utilizará métodos técnicos científicos como la observación y de esta manera se realizará un análisis detallado de las causas raíces de tiempos muertos de la maquinaria pesada, determinando cuáles son los más recurrentes y las consecuencias que traen consigo.

Utilizaremos también la ingeniería de métodos, Pareto, Ishikawa y evaluación de rendimientos. Con la información recopilada y desde el punto de vista científico, se propondrá mejorar los procesos de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada optimizando su productividad.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Quien defiende este trabajo de investigación labora desde el año 2019 en la empresa CONSTRUCTORA RELOP SAC, y durante este tiempo he podido percibir las distintas teorías necesarias en el rubro empresarial y productivo.

Teorías sustentadas en estudios de autores mediante su experiencia vivida o la de su entorno más cercano. No obstante, he podido observar y analizar que si la fuente teórica no se aplica de manera correcta y efectiva no tiene relevancia alguna.

Por lo antes precisado, y de acuerdo a la teoría aprendida esta debe ser solo aplicada a una sola necesidad, ya que todas las realidades ante una problemática son distintas. Teniendo en cuenta que el dilema fundamental en la resolución de problemas de productividad y en general en el ámbito de la construcción de nuestro país, es saber cómo lidiar con ello y la resolución de problemas planteados frente a cada proceso productivo, determinado con ello el éxito.

Para la elaboración de este trabajo de suficiencia profesional, nos topamos con una realidad distinta a lo esperada dejando de lado prototipos propios y de nuestros colaboradores, permitiéndonos tener un panorama mucho más amplio de nuestro objeto de estudio. Llegando a definir que las teorías son aportes valiosos que nos permiten de una manera llegar a la solución más adecuada de nuestro problema de investigación planteado.

Se encontraron limitaciones respecto al análisis de la data, ya que en un inicio no había liderazgo en el área de mantenimiento y la información estaba desorganizada, es así que se tuvo como iniciativa gestionar y ordenar dicha información anterior; sabiendo que sería de vital importancia para desarrollo del presente estudio.

Antecedentes

Según (Abarca Bonilla, et al., 2022) tuvieron como objetivo realizar un mantenimiento preventivo de acuerdo con el cronograma establecido para el sistema de alimentación del vehículo Chevrolet Grand Vitara. Además, se llevaron a cabo pruebas de ruta al finalizar el mantenimiento para confirmar la fiabilidad del sistema de alimentación de combustible y el buen funcionamiento del vehículo. Como resultado principal, hallaron que el mantenimiento preventivo realizado en el sistema de alimentación de combustible del vehículo aseguró la confiabilidad del sistema al sustituir la bomba de gasolina y el filtro de aire, lo que resultó en una prolongación de la vida útil, una reducción en el consumo de combustible y una disminución de las emisiones contaminantes al medio ambiente. El programa de mantenimiento se basó en el kilometraje, y las pruebas de ruta confirmaron el correcto funcionamiento del automóvil.

Según (Alavedra Flores et al., 2016) afirman que todo sistema que opere bajo un mínimo de fallas es productivo. La investigación en la empresa Komatsu Maquinarias Perú S. A. consistió en el análisis de la situación actual de los equipos y determinó cuál es la relación entre la gestión de mantenimiento preventivo a través de sus indicadores y la disponibilidad. En conclusión el análisis arrojó un coeficiente de correlación del 79,1 %, lo que nos indica que existe un regular grado de relación entre las variables de disponibilidad MTBF y MTTR.

Según (Ballesteros Sanabria et al., 2020) diseñaron un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. El objetivo fue establecer un control minucioso para asegurar el correcto funcionamiento y la disponibilidad de los equipos utilizados en el proceso de trituración de la mina y proponer un plan de mantenimiento. Para lograr resultados óptimos, se propuso una filosofía moderna en la que el mantenimiento no sea considerado como un gasto, sino como una inversión a mediano plazo. Esto implica la participación activa de todo el personal de la

mina, quienes deben comprender la importancia de incorporar prácticas de mantenimiento adecuadas en sus labores diarias. En conclusión, la empresa mejoró el funcionamiento de los equipos, aumentando su vida útil y generó un aporte para el crecimiento de la misma.

según (Cruz Hernández et al., 2020) diseñaron un plan de mantenimiento preventivo para reducir costos. Para ello se realizó un diagnóstico, análisis y simulación de indicadores para cada herramienta, y se compararon con estándares de ingeniería utilizados a nivel global. En cuanto a la herramienta Plan de Mantenimiento Preventivo, la simulación arrojó un valor del 70.36% en comparación con el estándar del 85%, lo que indica una mejora con respecto a la situación actual. Los resultados revelan valores actuales, estándares y simulados que representan un ahorro del 92.59% en pérdidas relacionadas con los problemas identificados. Además, se observó un impacto económico positivo en los costos, con una TIR del 23%, un VAN de S/20,471.77 y un B/C de S/1.90, lo que confirma la viabilidad del proyecto.

Según (De Oliveira et al., 2023) desarrollaron un estudio de un plan de intervención de mantenimiento preventivo de máquinas enderezadoras basado en AHP. El propósito de este estudio fue establecer el intervalo adecuado para las acciones de mantenimiento preventivo en un equipo de producción fundamental dentro de una empresa siderúrgica ubicada en la región sudeste de Brasil. Después de analizar documentos y llevar a cabo entrevistas con expertos, se utilizó un método de jerarquización AHP para determinar la frecuencia óptima de mantenimiento, considerando criterios como la sustitución de piezas según su vida útil, las horas de inactividad debidas al mantenimiento preventivo, la confiabilidad del equipo y los costos de materiales y mano de obra. Se concluyó que un programa quincenal de mantenimiento preventivo era el más adecuado para el equipo en cuestión. Se aprobó un plan de implementación, y los resultados preliminares

indican que no ha habido una disminución en la disponibilidad del equipo, mientras que los costos de mantenimiento se mantienen por debajo del promedio histórico.

Según (Dui et al., 2022) desarrollaron su investigación sobre el mantenimiento preventivo de componentes con diferentes costos y cambios en la vida útil del sistema. En ese sentido, presentaron medidas para el mantenimiento preventivo de componentes, teniendo en cuenta su eficacia. A partir de estas medidas, se investigaron los costos estimados tanto para los componentes individuales como para el sistema en su conjunto. Se analizaron tres escenarios distintos de costos de mantenimiento que corresponden a diferentes estrategias de mantenimiento. Con las limitaciones de costos y recursos de mantenimiento en mente, como resultado de la investigación se seleccionaron de manera óptima los componentes que deben someterse a mantenimiento preventivo. Como ejemplo, mostraron la aplicación de este enfoque en un sistema hidráulico de una aeronave para ilustrar el método propuesto.

Según (Mago Ramos & Rocha Pachón, 2021) proponen un diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo en pequeñas industrias, las cuales no tuvieron la posibilidad de adoptar una estrategia de mantenimiento como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que permite identificar los equipos más críticos, mediante un análisis de criticidad, para el proceso y adoptar estrategias a fin de posibilitar la eliminación de la ocurrencia de fallas. La empresa busca optimizar métodos productivos. El estudio se complementó con un análisis financiero: cálculo de ROI y TIR. En conclusión, la aplicación de procedimientos teóricos y analíticos permitió verificar que los servicios que presta la empresa tienden a volverse más eficientes, demostrando con cifras la retribución económica que genera un plan de mantenimiento para este sector en específico.

Según (Martins et al., 2020) en su estudio tuvieron como objetivo aplicar una serie de métodos y filosofías para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo en una empresa que se dedica al desarrollo, producción y mantenimiento de transformadores de potencia y distribución. La metodología fue Investigación-Acción. Los logros obtenidos incluyen: (a) la creación y aplicación de un método para clasificar equipos críticos según su importancia para el proceso de producción; (b) la elaboración de un nuevo diagrama de flujo para la Gestión del Plan de Mantenimiento Preventivo; (c) la reducción del tiempo perdido en Mantenimiento Preventivo (PM); (d) una disminución del 66% en las fallas de equipos gracias a la implementación del Mantenimiento Autónomo (AM); (e) la introducción de nuevos indicadores clave de desempeño (KPI); (f) un aumento del 12% en las tasas de cumplimiento de los planes de mantenimiento. En conclusión, tuvieron como objetivo la mejora global del plan de mantenimiento preventivo, con la introducción de herramientas de mejora, con el fin de garantizar una mayor disponibilidad de los equipos, así como la reducción de residuos asociados a la función de mantenimiento.

Según (Moreano Castillo & Pérez Vega, 2020) abordaron un plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. El método empleado en la investigación involucró la recopilación de información existente en las instalaciones del hospital, con la identificación de los controles de mantenimiento ya implementados, lo cual sirvió como base para la formulación de la propuesta destinada a reducir las averías en los equipos. El resultado obtenido fue un plan de mantenimiento preventivo que simplifica las tareas de mantenimiento para los responsables y encargados de estas áreas, además de generar un ahorro económico en el mantenimiento del hospital.

Según (Quiroz Flores & Vega Alvites, 2022) hacen mención que la falta de entrega de pedidos debido a la baja capacidad de producción en empresas del sector plástico; generando

insatisfacción del cliente, repercutiendo de manera directa en las ganancias. Entre las principales causas de dichos problemas está el tiempo de inactividad de la producción, causado por altos tiempos de configuración y fallas de la máquina durante el proceso de producción. Para resolver estos problemas, proponen un modelo de manufactura esbelta que incluye las herramientas: 5S, SMED, TPM, Jidoka, el mantenimiento autónomo y preventivo, en las líneas. Los resultados que se obtuvieron después de la aplicación se logró reducir el porcentaje de pérdida de productos en un 0,77%, las paradas no programadas se redujeron en un 37% y por último, se una redujo un 48% en los tiempos de configuración.

Según (Silva Urbina et al., 2019) diseñaron un plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro (CIES) Centro de Industria, Empresa y Servicios, utilizando metodología de análisis de modo de efecto de falla (AMEF). En la primera etapa, se realizó la caracterización de los equipos, identificando y recopilando información técnica detallada para establecer las especificaciones técnicas de todos los equipos. En la segunda etapa, se clasificaron los equipos según su mantenibilidad y criticidad, dividiéndolos en equipos críticos y no críticos. En la tercera etapa, se realizó un análisis de modo de efecto de falla (AMEF) para los equipos clasificados como críticos. Una vez que se ha recopilado toda esta información, se crearon fichas técnicas detalladas de los equipos, que son fundamentales para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo de manera efectiva. Finalmente, con la ayuda de indicadores de mantenimiento, se buscó asegurar la mejora continua de los equipos, aumentando su fiabilidad y disponibilidad en el tiempo.

Según (Vázquez et al., 2023) en su estudio proponen la implementación de un programa de inspecciones regulares con el fin de llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los monopilotes en alta mar. Esta sugerencia se basa en un exhaustivo análisis de las normativas actuales aplicables tanto a la industria eólica marina como a otros sectores, así como en un

minucioso estudio de los daños más frecuentes en los monopilotes. Como resultado, se establecen cinco niveles de inspección, cada uno con su propio propósito principal, alcance de trabajo para cada componente de la cimentación, intervalos de tiempo y una selección de equipos y técnicas de prueba necesarios. Además, presentaron un programa de inspección completo diseñado para cubrir toda la vida útil de un monopilote.

Base teórica

Manual de la excavadora Jhon Deep

Según el manual de manejo y mantenimiento de John Deere, que es la marca de las máquinas en estudio, nos indica que se debe leer el manual detenidamente para informarse sobre el manejo y mantenimiento de la máquina. A continuación se mostrará las características de seguridad y comodidad del operador y seguidamente los intervalos de mantenimiento que han sido aplicados en el presente estudio.

Seguridad—Seguridad y comodidad del operador

Características de seguridad y comodidad del operador

TX1090067

Características de seguridad y comodidad del operador de la excavadora

Recordar que el operador es clave en la prevención de accidentes.

- 1. Cinturón de seguridad con retractores.** Los retractores del cinturón de seguridad ayudan a mantener los cinturones limpios y cómodos para su uso.
- 2. Protección de las ventanas.** La ventana fija con barras impide el contacto con el aguilón en movimiento.
- 3. Espejos retrovisores.** Los espejos retrovisores ofrecen al operador una vista de las actividades que se están en el costado de la excavadora.
- 4. Salida auxiliar.** La ventana delantera proporciona una vía de salida amplia si la puerta de la cabina queda obstruida en una situación de emergencia. La ventana trasera es una salida de emergencia auxiliar; también se provee una herramienta para la salida auxiliar.
- 5. Palanca de corte de control piloto.** Una palanca cerca del punto de salida de la cabina sirve para recordar al operador que desactive las funciones hidráulicas antes de salir de la máquina.
- 6. Escalones.** Los escalones anchos y antideslizantes facilitan la entrada y salida. Los escalones también pueden usarse para limpiar los zapatos.
- 7. Pasamanos.** Los pasamanos grandes y convenientemente colocados facilitan la entrada y salida del puesto del operador o de la zona de servicio.
- 8. Freno de giro.** El freno de giro se aplica automáticamente al dejar de girar el aguilón. Ayuda a sujetar la estructura superior cuando se transporta la máquina.
- 9. Protección contra derivación del arranque.** Las protecciones que cubren el arrancador ayudan a impedir el peligro de arrancar la máquina pasando por alto los dispositivos de seguridad.
- 10. Alarma de propulsión.** Advierte a las demás personas que la máquina está en avance o retroceso.
- 11. Protección del ventilador del motor.** Un protector del ventilador ubicado dentro del compartimiento del motor ayuda a impedir el contacto con las paletas del ventilador de accionamiento hidráulico.
- 12. Bocina.** La bocina estándar es útil al conducir la máquina o dar aviso a compañeros de trabajo.
- 13. Cabina con calefactor, desempañador y aire acondicionado.** El sistema de ventilación hace circular el aire exterior e interior a través de filtros para lograr un ambiente de trabajo limpio. El descongelador incorporado dirige el flujo de aire para lograr un desempañado/descongelamiento efectivo de las ventanas. El aire acondicionado provee un entorno de trabajo cómodo de temperatura controlada.
- 14. Espejo retrovisor de contrapeso.** El espejo retrovisor de contrapeso ofrece al operador una vista de las actividades que se están desarrollando detrás de la excavadora.
- 15. ROPS, FOPS y OPS.** Estructuras diseñadas para ayudar a proteger al operador, certificadas según normas de ISO y OSHA. También sirven para protección contra el sol y la lluvia.

TX1090067—UN—26JAN12

ER79617,0000D84 -63-26JAN12-1/1

Figura 4. Características de seguridad de las excavadoras John Deere modelo 350GLC

<i>Mantenimiento—Mantenimiento periódico</i>	
Intervalos de mantenimiento	
Modelo: 350GLC	PIN/Número de serie:
Indicación del cuentahoras de funcionamiento:	
INTERVALOS DE MANTENIMIENTO	
Dar servicio a la máquina en los intervalos especificados en esta tabla. Además, efectuar el mantenimiento de los componentes en los múltiplos de los intervalos originales. Por ejemplo, a las 500 horas de trabajo dar mantenimiento (de ser aplicable) a los componentes indicados debajo de 250, 100, 50, y 10 horas de trabajo o diariamente.	
MUESTREO DE FLUIDOS	
Se deben tomar muestras de fluido de cada sistema en su intervalo de cambio recomendado antes de vaciar el fluido. La toma regular de muestras de aceite prolongará la vida útil de la máquina.	
Según se requiera	
<input type="checkbox"/> Extracción y limpieza de la malla filtrante de entrada del depósito de combustible	<input type="checkbox"/> Revisión y ajuste de la holgura de las cadenas
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel del fluido lavaparabrisas	<input type="checkbox"/> Limpieza del cristal difusor de la cámara trasera
<input type="checkbox"/> Revisión y limpieza de la válvula de descarga de polvo del filtro de aire del motor	<input type="checkbox"/> Limpieza y apriete de los bornes de la batería
Cada 10 horas o diariamente	
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de aceite del depósito hidráulico	<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de aceite de motor
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de refrigerante del motor	
Cada 50 horas de trabajo o semanalmente	
<input type="checkbox"/> Vaciado de agua y sedimentos del sumidero del depósito de combustible	<input type="checkbox"/> Vaciado del filtro de combustible primario y separador de agua
<input type="checkbox"/> Vaciado del filtro de combustible auxiliar y separador de agua	<input type="checkbox"/> Vaciado del filtro de combustible final
<input type="checkbox"/> Engrase de pivotes de herramientas de trabajo	
Cada 100 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Inspección y apriete de tornillería de las cadenas de oruga	
Primeras 250 horas¹	
<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado del aceite motor y sustitución del filtro	
Cada 250 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de aceite de la caja de engranajes de giro	<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de aceite de la caja de engranajes de propulsión
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de aceite de la caja de engranajes de la bomba	<input type="checkbox"/> Vaciado de agua y sedimentos del depósito hidráulico
<input type="checkbox"/> Revisión del nivel de electrolito de la batería híbrida (si existe)	<input type="checkbox"/> Muestreo de aceite de motor
<input type="checkbox"/> Revisión y ajuste de la correa del aire acondicionado	<input type="checkbox"/> Engrase de juntas de pasadores del extremo delantero
Cada 500 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Revisión de los conductos de admisión de aire	<input type="checkbox"/> Engrase del rodamiento de giro
<input type="checkbox"/> Engrase del engranaje del rodamiento de giro	<input type="checkbox"/> Muestreo de combustible diésel
<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado del aceite motor y sustitución del filtro	<input type="checkbox"/> Muestreo del aceite de la caja de engranajes de giro
<input type="checkbox"/> Sustitución del filtro de combustible primario y separador de agua	<input type="checkbox"/> Muestreo del aceite hidráulico
Continúa en la siguiente página	
JK47244.000038D -63-19AUG20-1/2	
3-2-7	
041201 PN=149	

Figura 5. Intervalos de mantenimiento para las excavadoras John Deere modelo 350GLC – Parte I

Mantenimiento—Mantenimiento periódico	
<input type="checkbox"/> Sustitución de filtro de combustible auxiliar y separador de agua	<input type="checkbox"/> Muestreo del refrigerante del motor
<input type="checkbox"/> Sustitución del filtro de combustible final	<input type="checkbox"/> Muestreo del aceite de la caja de engranajes de propulsión
<input type="checkbox"/> Limpieza de filtros de aire fresco y de recirculación de la cabina (sustituir cada seis limpiezas)	<input type="checkbox"/> Muestreo del aceite de la caja de engranajes de la bomba
Cada 1000 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado de aceite de la caja de engranajes de giro	<input type="checkbox"/> Inspección de la correa serpentina
<input type="checkbox"/> Sustitución del filtro de aceite del depósito hidráulico	<input type="checkbox"/> Sustitución de los elementos del filtro de aire
<input type="checkbox"/> Sustitución del filtro de aceite de control	<input type="checkbox"/> Sustitución de la válvula de descarga de polvo del filtro de aire del motor
<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado de aceite de la caja de engranajes de la bomba	<input type="checkbox"/> Revisión del estado del refrigerante
<input type="checkbox"/> Retiro y limpieza del tubo de ventilación del cárter del motor	
Cada 2000 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Revisión y ajuste del juego de válvulas del motor	<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado de aceite de la caja de engranajes de propulsión
Cada 4000 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Sustitución del amortiguador de torsión de motor	
Cada 5000 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Vaciado y llenado de aceite del depósito hidráulico	<input type="checkbox"/> Sustitución del filtro de tapa de orificio de ventilación del depósito del sistema hidráulico
Cada 6000 horas de trabajo	
<input type="checkbox"/> Vaciado, enjuague y llenado del sistema de refrigeración del motor	
¹ Efectuar el mantenimiento inicial una vez transcurridas las primeras 250 horas de funcionamiento, y después en intervalos de 500 horas.	

Figura 6. Intervalos de mantenimiento para las excavadoras John Deere modelos 350GLC – Parte2

Diagrama de Ishikawa

Según (Dounce Villanueva et al., 2015) este diagrama se llama (diagrama de Ishikawa, causa - efecto o espina de pescado), ya que la gráfica del conjunto se asemeja a un esqueleto de pescado y cada espina significa una o más causas; su autor es un japonés llamado Kaoru Ishikawa. Este diagrama nos ayuda a conocer las causas que desencadenan la aparición de alguna consecuencia que nos interese analizar mediante una lluvia de ideas. Las principales causas básicas (personas, materiales, máquinas y métodos). Las cuales, son esenciales para seguir profundizando en el tema. A continuación, se mencionan los 8 pasos que se deben seguir para aplicar este principio:

1. Identificar el efecto que deseamos analizar y el objetivo por alcanzar. Listar las causas que originan el efecto, definiendo el valor de contribución de cada una de ellas.
2. Asignar al efecto completo el 100% y determinar el porcentaje relativo de contribución de la causa.
3. Ordenar las causas, de mayor a menor, con base en su contribución y llenarla tabla de datos.
4. Elaborar el diagrama de Pareto y con su apoyo analizar el problema.
5. Identificar las causas viables y tomar acciones correctivas en forma cuidadosa específica (cada acción vital por separado).
6. Identificar las causas importantes y tomar acciones globales.
7. Identificar las causas triviales y posponer su solución para cuando haya oportunidad de realizarla.

Diagrama de Pareto

Según (Rodríguez, 2022) conceptualiza que “el diagrama de Pareto es una herramienta gráfica donde los datos se ordenan de mayor a menor, lo que deja más claro qué aspectos deben resolverse primero para obtener una mejor optimización en el ámbito que se establezca. Se apoya en el principio de Pareto, que dice que el 80 % de las consecuencias son el resultado del 20 % de las causas. Se le identifica también como curva cerrada o distribución ABC, siendo su título atribuido al economista Vilfredo Pareto. Quien contribuyó significativamente al campo de la estadística, probabilidad y distribución, como la eficiencia de Pareto y el Principio de Pareto. Se plantea un diagrama de la siguiente manera:

- Identifica el problema que deseas analizar.
- Recaba los datos que te ayudarán a evaluar el problema.

- Vacía los datos en una tabla.
- Ordena los datos de mayor a menor y calcula sus porcentajes y acumulados.
- Haz una gráfica de barras con estos datos.
- Analiza cuáles son las causas o situaciones que aparecen al inicio de la gráfica.
- Monitorea el progreso de la solución que planteaste.

Mantenimiento

Según (Peralta Salvatierra, 2019) Menciona que los mantenimientos se basan en implementar varias técnicas y métodos al procedimiento para disminuir el riesgo de fallas en las máquinas y/o equipos y, así logra un buen funcionamiento durante el mayor tiempo posible para extender la vida útil de dichos equipos. Asimismo, menciona los 3 tipos de mantenimiento y la relación entre ellos:

- Correctivo: Solucionar problemas una vez que han ocurrido.
- preventivo: Evitar los problemas antes estos ocurran.
- Predictivo: Análisis del estado de los equipos y/o máquinas en operación.

Mantenimiento Correctivo

Según (Flores Velasco, 2021) son las operaciones que se ejecutan después de que ocurre una avería. La finalidad de este tipo de mantenimiento consiste en reparar las condiciones de funcionamiento de una maquina o equipo especifico después que se haya producido un fallo, mediante la reparación o sustitución de elementos o componentes, debido a desgaste, daño o rotura de éstos. En conclusión, este tipo de mantenimiento es el único que se ejerce en la mayoría de las industrias.

Mantenimiento preventivo

Según (Pérez Rondón, 2021) El mantenimiento preventivo implica llevar a cabo una serie de tareas y actividades planificadas en intervalos definidos con el propósito de asegurar que los activos de la empresa cumplan con su función en el entorno operativo y mejorar la eficiencia de las actividades. Su objetivo es evitar y anticipar posibles fallas en las máquinas o equipos, y puede incluir medidas como cambios, inspecciones y pruebas, llevadas a cabo en periodos de tiempo determinados por calendario o por la aplicación de dichos elementos.

Plan de mantenimiento preventivo

Según (Beltran Freite et al., 2014) Señalan que, “el plan de mantenimiento es un documento que contiene un conjunto de tareas de mantenimientos programados que deben realizar a la maquinarias o equipos, para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido en las actividades que se ejecutan para la conservación de dichas maquinaria, tales como limpieza, inspección, lubricación, entre otros.

Mantenimiento predictivo

Según (Miranda Salinas, 2020) El mantenimiento predictivo se basa en llevar a cabo evaluaciones, supervisiones, mediciones y observaciones no invasivas de las condiciones de operación de un equipo, a través de la tecnología a todas las partes de la maquinaria que podrían sufrir daños, descomposición o deterioro, permitiendo así prever posibles fallos graves. La mayoría de estas mediciones se efectúan mientras las máquinas están en funcionamiento y sin interferir en el proceso de producción.

Maquinaria pesada

Según (Komatsu, 2022) Indica que “El término “maquinaria pesada” se utiliza para describir a los equipos industriales que se usan en la construcción civil. Estos equipos también son

útiles en otras industrias como la minería o la agricultura. En términos sencillos, “maquinaria pesada” son las excavadoras, camiones articulados, tractores sobre orugas, etc. Su función es facilitar la ejecución de trabajos pesados como excavaciones, transporte de materiales, etc.”

Mantenimiento realizado

Según (Pérez Rondón, 2021) Es una serie de acciones para asegurarse de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados en un proceso industrial estén en las condiciones adecuadas para su funcionamiento óptimo según su diseño, construcción, instalación y puesta en marcha.

Rendimiento de la maquinaria

Lo indicado por (Sánchez Varela, 2018) “El rendimiento de maquinaria se define como el número de unidades de trabajo que realiza una máquina en una unidad de tiempo que depende directamente de las condiciones del sitio de trabajo, generalmente realizadas en una hora. La unidad de trabajo por lo general es por metro cúbico o por tonelada de tierra removida, transportada u otra actividad, representándose como m/h, m² /h, m³ /h o ton/h pero igualmente existen otras unidades para determinar el trabajo de máquinas especializadas”.

Rentabilidad

Según (Ripalda Larrain, 2017) Define que, “la rentabilidad hace referencia al beneficio, lucro, utilidad o ganancia que se ha obtenido de un recurso o dinero invertido. La rentabilidad se considera también como la remuneración recibida por el dinero invertido”.

Tareas de Mantenimiento Global

Según (Mendoza Bustamante, 2021) Menciona que la participación del operador es muy importante, ya que la máquina o equipo regularmente esta con el operario, y es una buena manera

de aprender más sobre el equipo que está operando. Las actividades que frecuentemente implican son:

- Desmantelamiento parcial del equipo
- Utilización de varias herramientas
- Reemplazo de varias piezas o componentes
- Alto nivel de habilidad del personal de mantenimiento preventivo
- Plan de mantenimiento
- Programación del equipo para una parada programada
- Pruebas del funcionamiento del equipo.

Tareas de rutina

Según (Mendoza Bustamante, 2021) Menciona que al realiza una rutina del mantenimiento preventivo nos ayuda a mantener el equipo o maquina en un perfecto estado de funcionamiento. La importancia de dicho mantenimiento es estar sistematizado, es decir hacer las actividades varias veces al mes de la misma manera. Las tareas de rutina del mantenimiento preventivo se pueden definir como las actividades sistemáticas para realizar: Limpieza, lubricación, inspección, prueba, ajuste, servicio y reparaciones menores.

Tiempo

Según (Cuatrecasas, 2022) El tiempo es la tercera de las grandes componentes de la competitividad y, en ocasiones, se convierte en la estrategia adoptada, cuando se trata de cubrir con rapidez una actividad productiva, aún a costa de otros aspectos, a sabiendas de que los consumidores lo valorarán positivamente. (p. 14).

Tiempo de parada

Según (González Sánchez & Patiño Villegas, 2019) Se refiere al período en que el equipo experimentó falta de actividad interrumpidas, los cuales también están relacionados con los períodos de mantenimiento o reparación.

Tiempos muertos

Según (Vázquez Barajas, 2017) Indica que, “se puede definir como tiempo muerto a aquel periodo de tiempo en el que algún sistema se encuentra fuera de operación debido a alguna falla o por estar en mantenimiento”.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Al ingresar y formar parte del capital humano de la empresa Constructora Renlop S.A.C., pude identificar que entre los trabajos que realizaban las máquinas dentro de obra, se encontraban las actividades de habilitación de accesos; desbroce y limpieza de cauces de ríos; transporte de material propio o préstamo; compactación de terrenos; carguío, transporte y descarga de roca; enrocado de uña y talud. Todas estas actividades forman parte de un tren de trabajo para realizar las defensas ribereñas. Básicamente las actividades anteriormente descritas son realizadas por maquinaria pesada, las mismas que deben ser operadas por personal calificado para garantizar el cumplimiento de las metas, sin embargo, el rendimiento de dos excavadoras durante el 2021, no fue el esperado ya que se encontraban tiempos muertos que se presentaban en ambas máquinas. Es así que, decido investigar las causas raíces, aplicando instrumentos como lo son las encuestas bimestrales al personal, mediante una lista de preguntas estratégicamente formuladas que fueron resueltas de manera anónima por 10 personas involucradas directamente con la producción y mantenimiento, los cuales se obtienen los datos que se llevan a un diagrama de Ishikawa, y posteriormente se realiza un análisis de datos, por medio de las frecuencias y haciendo uso de Pareto se denotan las causas más relevantes, entre ellas la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada, la falta de un historial de fallas, los mantenimientos correctivos, la ausencia de inspecciones diarias, representan en su conjunto el 81.63% las causas raíces de los tiempos muertos de la maquinaria pesada.

El diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo, como herramienta de ingeniería se desarrolló a partir del estudio de los manuales de operación y mantenimiento de las excavadoras Jhon Deere, es así que se considera que diariamente los operadores deben realizar inspecciones de rutina antes de iniciar sus labores, estas inspecciones quedan registradas en la lista de verificación

diaria, cada quince días y mensualmente también se deben hacer inspecciones dentro del horario de labores y las cuales no ocasionarían tiempos muertos ya que forman parte de las funciones de los mismos operadores. En cuanto a los Mantenimientos Preventivos según el horómetro se viene manejando los criterios que se indican en el manual y la configuración del tablero de cada una de las excavadoras teniendo así que los PM1 que se realizarán cada 250 horas- máquina, los PM2 serán cada 500 horas – máquina, los PM3 cada 1000 horas- máquina, PM4 cada 2000 horas-máquina, PM5 cada 4000 horas- máquina, PM6 cada 5000 horas – máquina y PM7 cada 6000 horas-máquina; cada uno de los intervalos de mantenimiento considera sus propios indicadores a inspeccionar y a realizar su mantenimiento, así mismo se considera los insumos a utilizar en cada intervalo de hora - máquina, la implementación en campo se realiza durante el año 2022, a través de la capacitación al personal involucrado, y al finalizar el año se comparan los rendimientos de las excavadoras y costos de tiempos muertos entre el año 2021 y 2022, concluyendo ser ventajosa la implementación de este Plan de Mantenimiento Preventivo para la empresa Constructora Renlop S.A.C.; para minimizar los tiempos muertos de las máquinas, al mismo tiempo que se prolonga la vida útil de las mismas y se cumple con los rendimientos esperados de la producción programada, y finalmente se traduce en la maximización de la producción; minimización de gastos operativos y logísticos; e incremento de las utilidades.

Diagrama de Ishikawa

Para analizar las causas raíces de nuestro problema principal, los tiempos muertos de la maquinaria pesada (excavadoras), durante enero del 2021 se realizó un Ishikawa, los factores involucrados fueron maquinaria, personal, medición, método y materiales aquí se llegó a detectar diferentes causas raíces, tras involucrarse en el proceso del día a día con cada uno del personal que

participa en la parte operacional y de mantenimiento de la empresa, a continuación se muestran las causas ordenadas metódicamente en el gráfico adjunto:

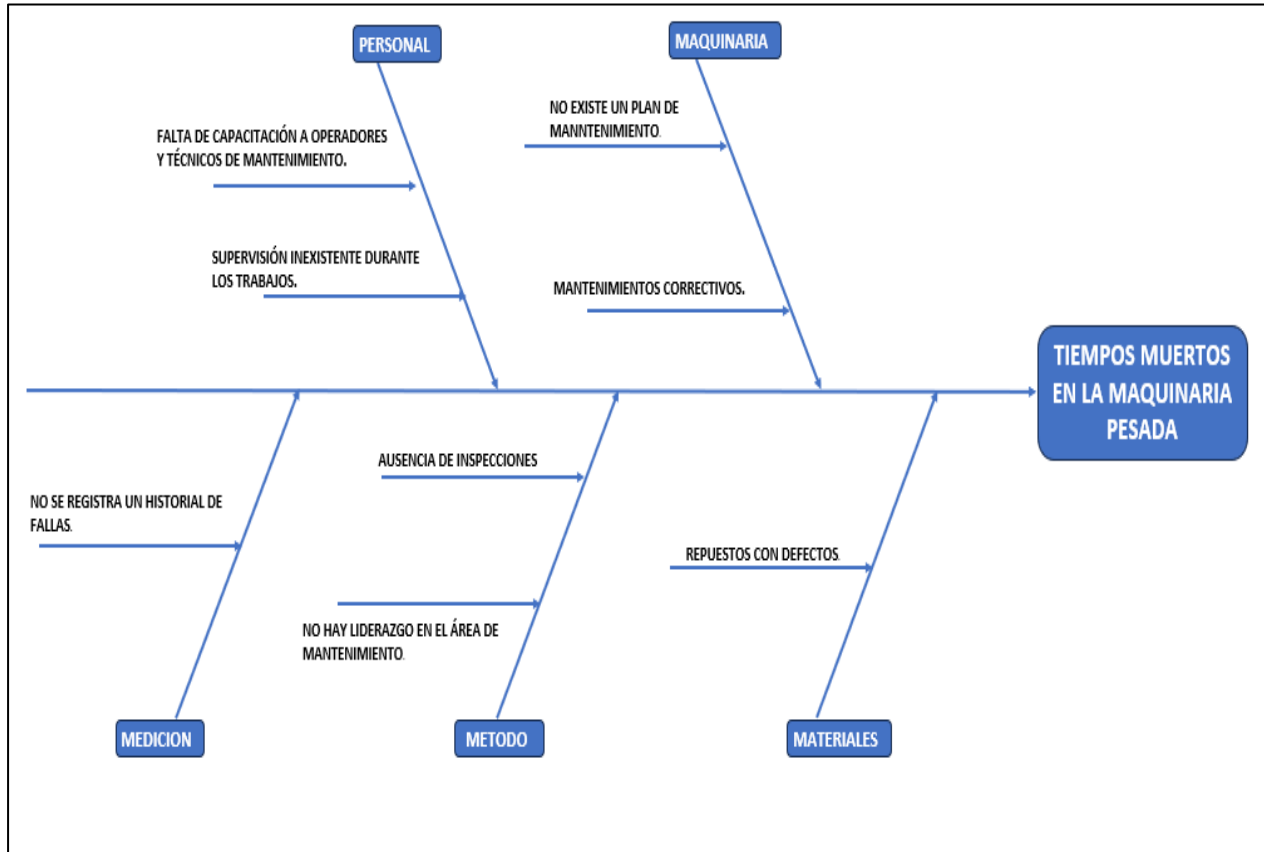


Figura 7. Diagrama de Ishikawa

Luego que se identificaron las causas raíces, se procedió a aplicar una encuesta teniendo como premisa las causas raíces identificadas en el Ishikawa, el instrumento se muestra en el ANEXO N° 1. Encuesta bimestral para estudio de realidad problemática, dicha encuesta se aplicó de manera anónima durante el 2021, al personal que ocupaba los siguientes puestos; gerente, residente, ingeniero de producción, jefe de maquinaria pesada, área de logística, dos operadores de excavadoras, mecánico, asistente de mecánico e ingeniero SSOMA; la finalidad era evidenciar que con la aplicación de algunas herramientas de gestión, se mejoraría y se solucionaría progresivamente el principal problema: los tiempos muertos de la maquinaria pesada.

Historial de Fallas 2021

Durante el 2021, se implementó un registro donde se muestra el historial de fallas para la excavadora N°01 de marca Jhon Deere modelo 350GLC serie F9350GXPMD808430, en el mismo sentido se llevó un historial de fallas para la excavadora N°02 de marca Jhon Deere modelo 350GLC serie F9350GXTND808542.



Figura 8. Diagrama de Ishikawa Placa de Excavadora N° 01



Figura 9. Diagrama de Ishikawa Placa de Excavadora N° 02

A continuación, se muestran las fallas registradas por mes durante el período del año 2021.

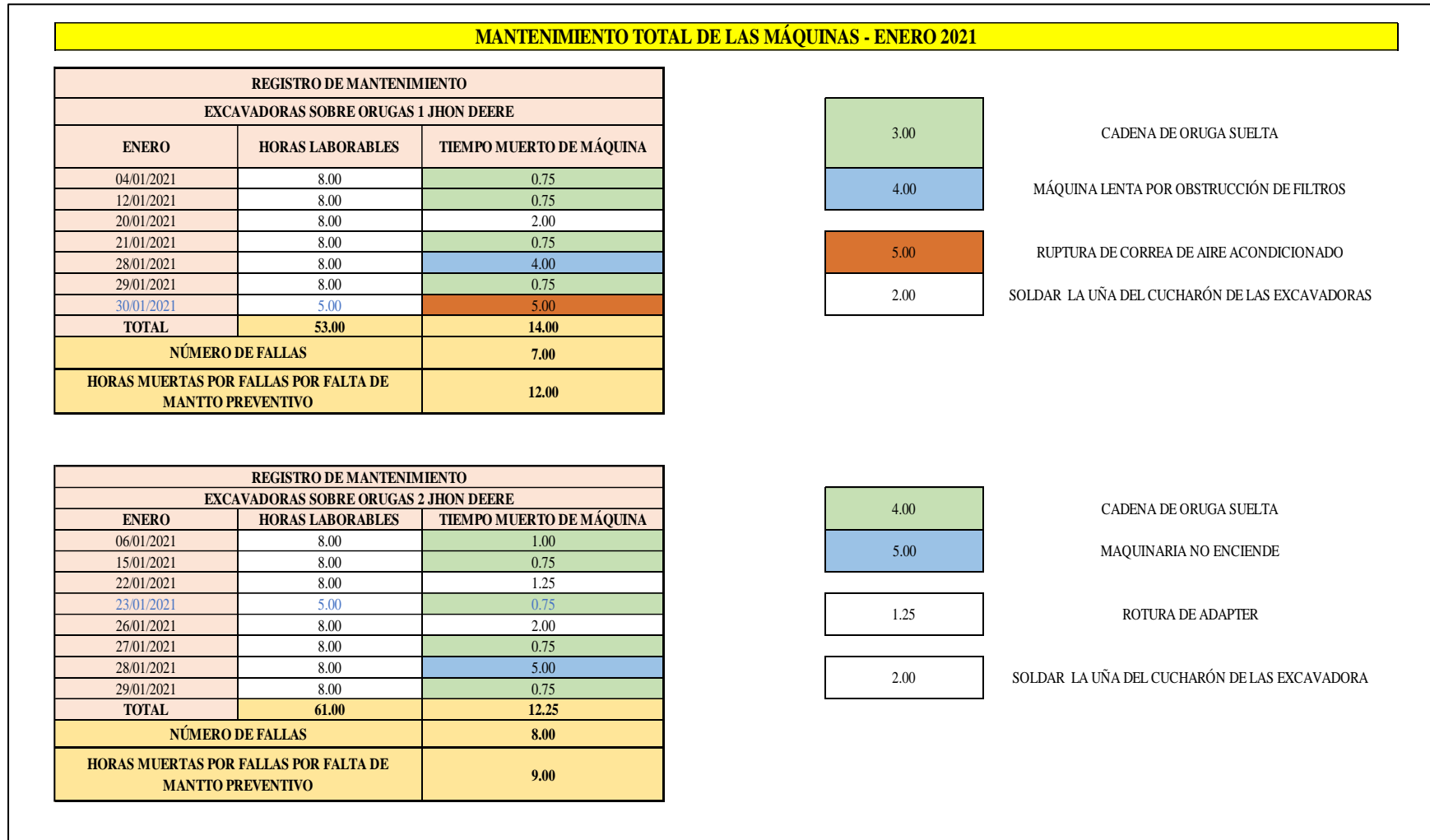


Figura 10. Mantenimiento total de las máquinas – enero 2021

Durante enero del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 14 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 14 horas- máquina pérdidas, 12 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante enero del 2021, se ha registrado un total de 8 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 12.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 12.25 horas- máquina pérdidas, 9 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

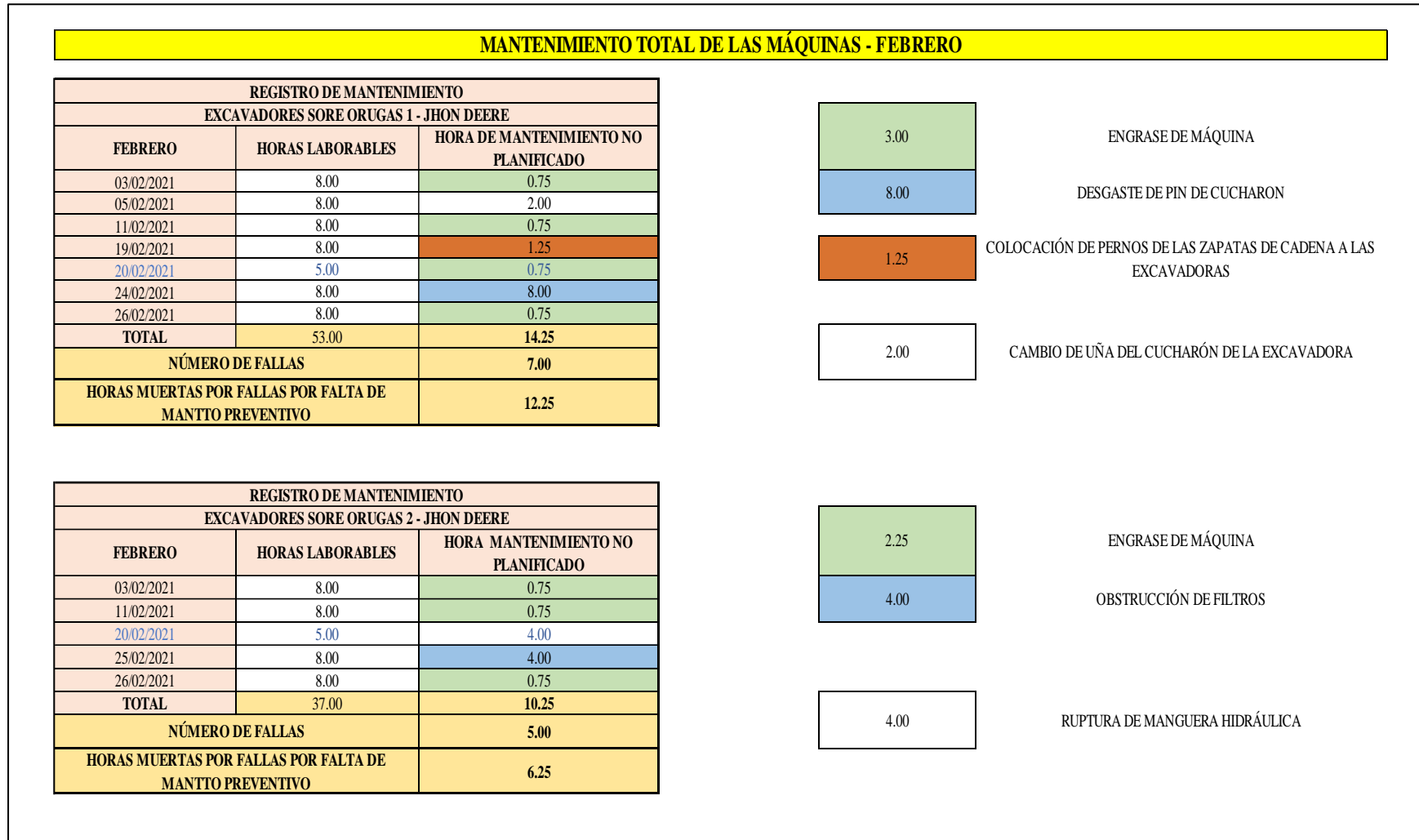


Figura 11. Mantenimiento total de las máquinas – febrero 2021

Durante febrero del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 14.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 14.25 horas- máquina pérdidas, 12.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante febrero del 2021, se ha registrado un total de 5 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 6.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

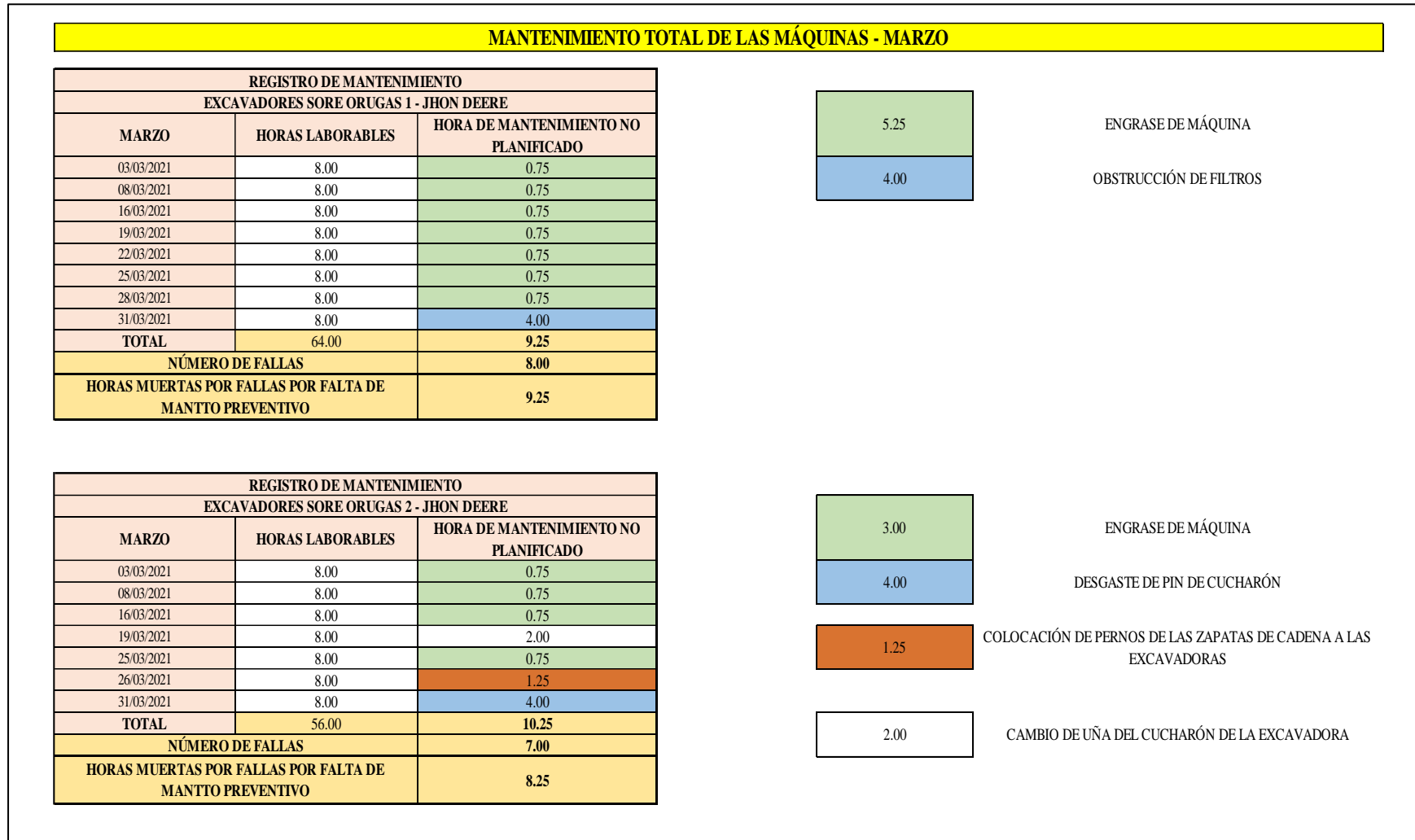


Figura 12. Mantenimiento total de las máquinas – marzo 2021

Durante marzo del 2021, se ha registrado un total de 8 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 9.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 9.25 horas- máquina pérdidas, la totalidad significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante marzo del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 8.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

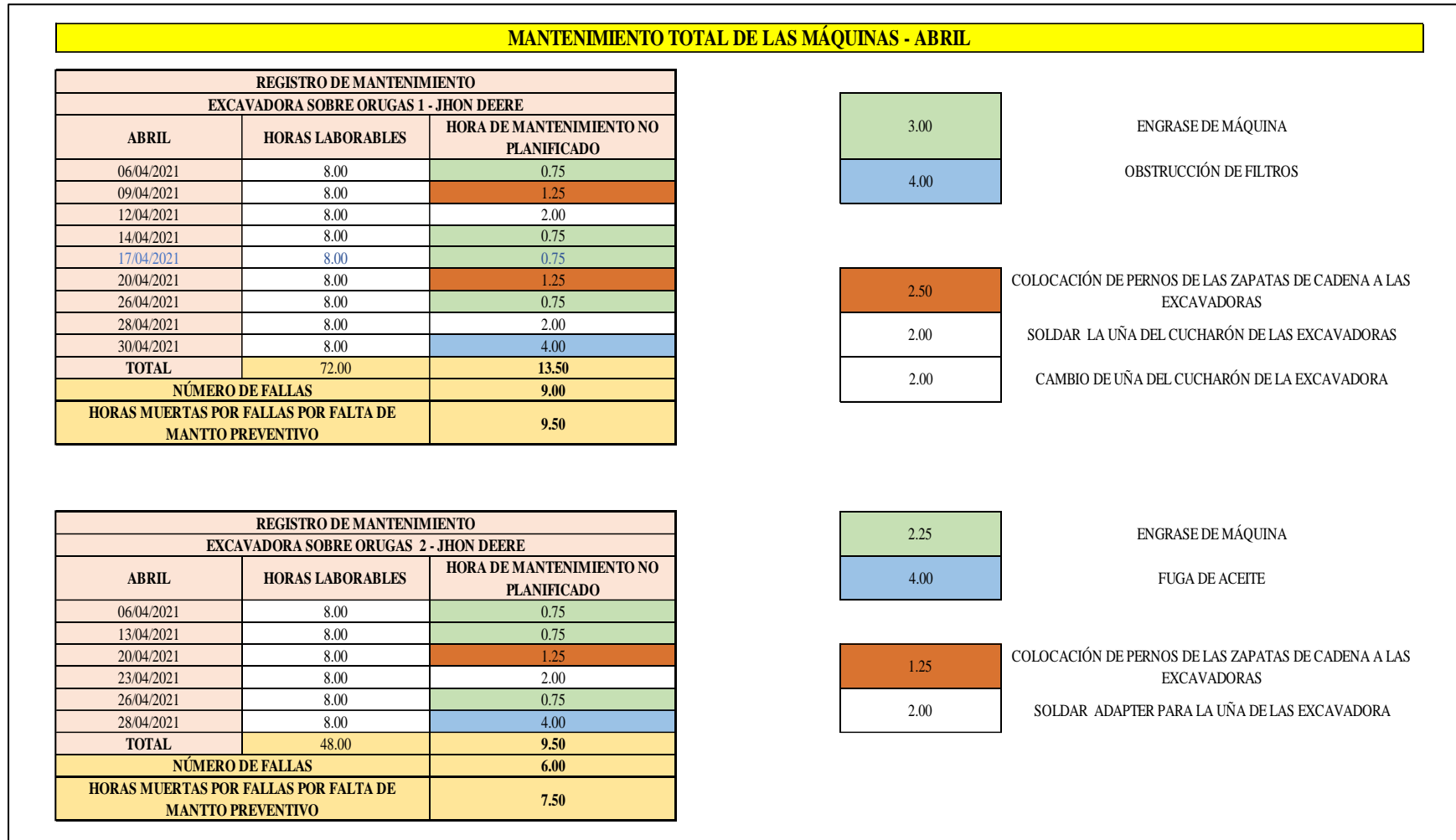


Figura 13. Mantenimiento total de las máquinas – abril 2021

Durante abril del 2021, se ha registrado un total de 9 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 13.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 13.50 horas- máquina pérdidas, 9.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante abril del 2021, se ha registrado un total de 6 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 9.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 9.50 horas- máquina pérdidas, 7.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

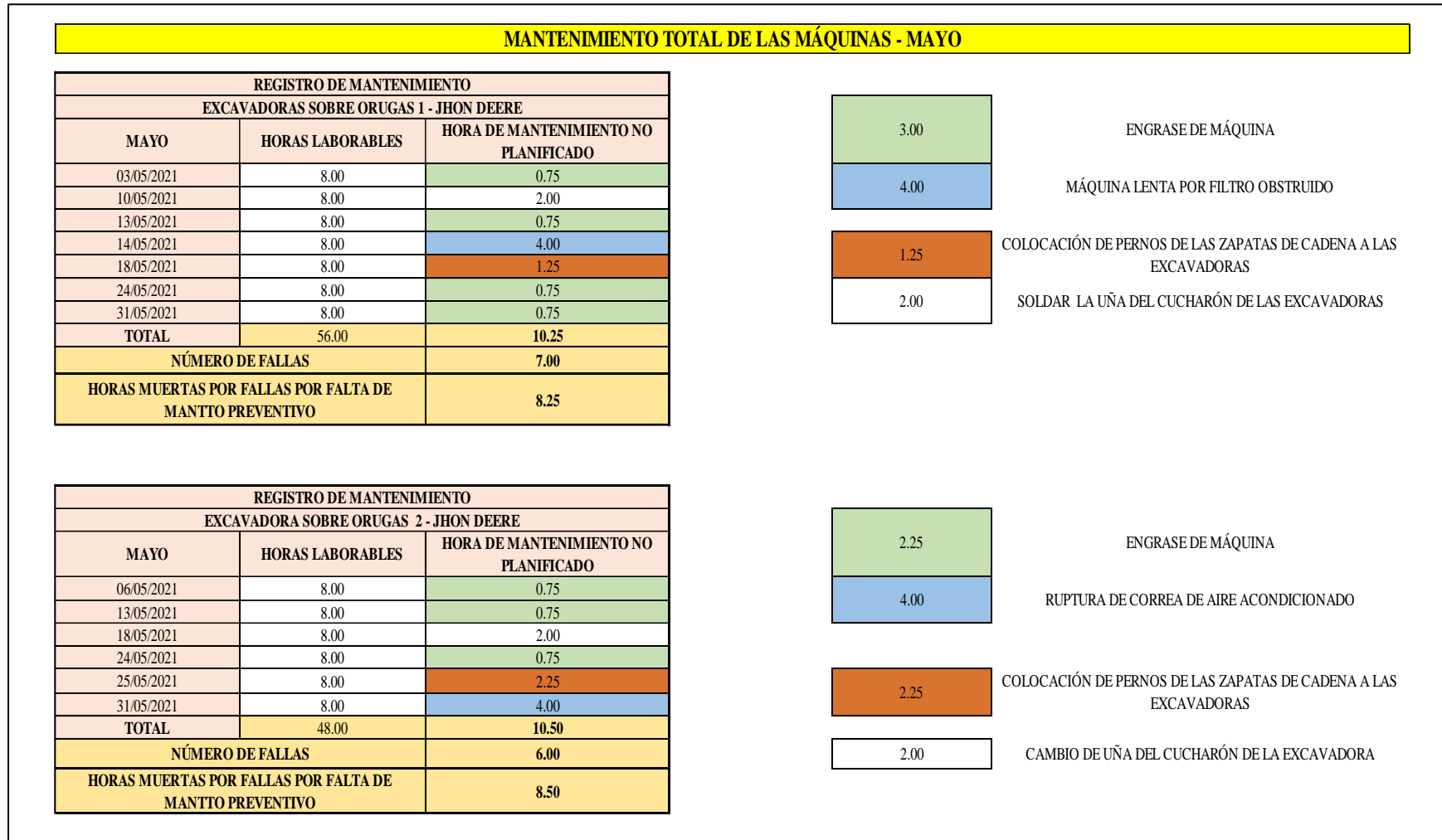


Figura 14. Mantenimiento total de las máquinas – mayo 2021

Durante mayo del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 8.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante mayo del 2021, se ha registrado un total de 6 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 10.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.50 horas- máquina pérdidas, 8.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

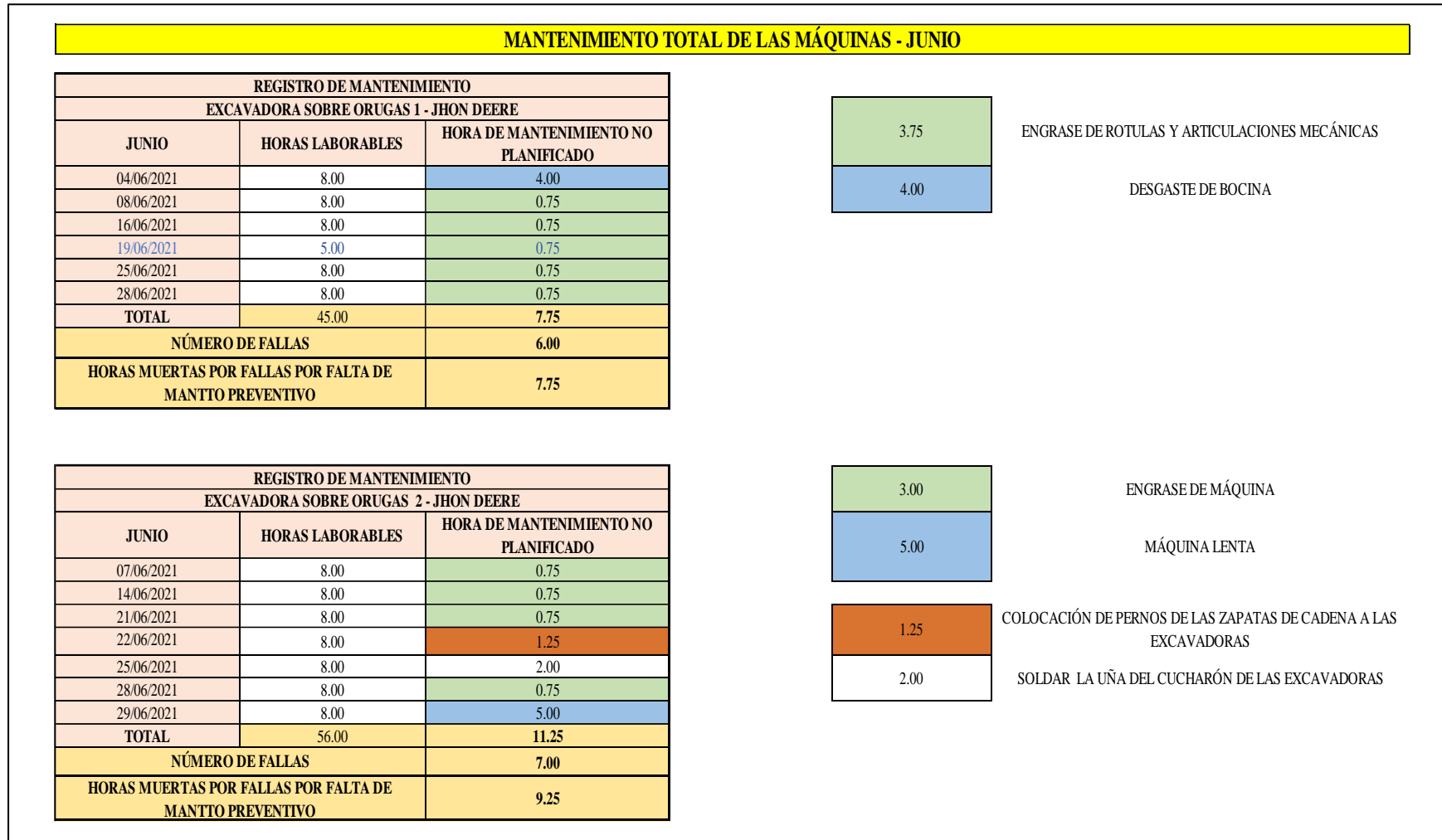


Figura 15. Mantenimiento total de las máquinas – junio 2021

Durante junio del 2021, se ha registrado un total de 6 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 7.75 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 7.75 horas- máquina pérdidas, la totalidad significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante junio del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 11.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 11.25 horas- máquina pérdidas, 9.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

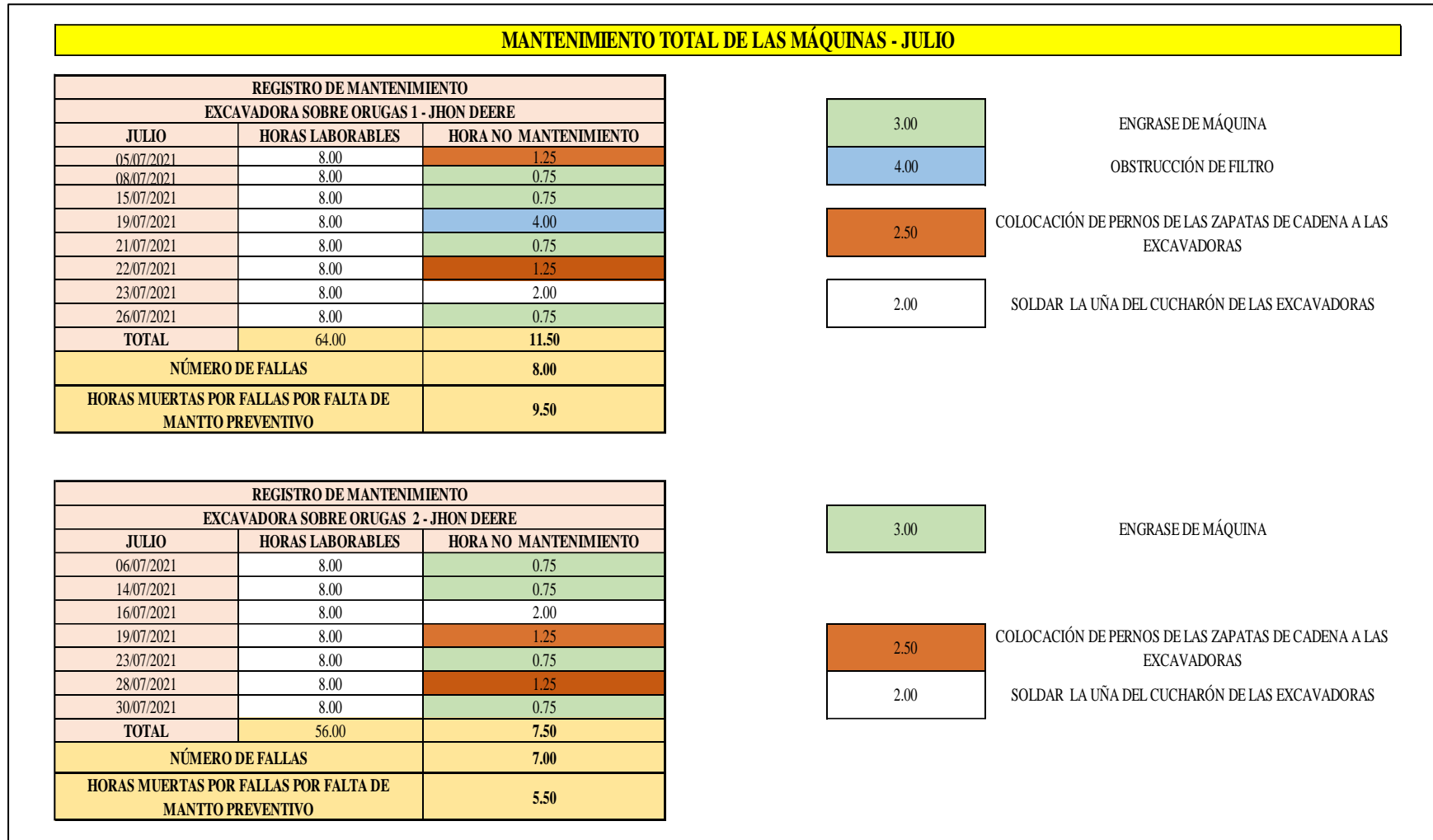


Figura 16. Mantenimiento total de las máquinas – julio 2021

Durante julio del 2021, se ha registrado un total de 8 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 11.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 11.50 horas- máquina pérdidas, 9.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante julio del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 7.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 7.50 horas- máquina pérdidas, 5.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

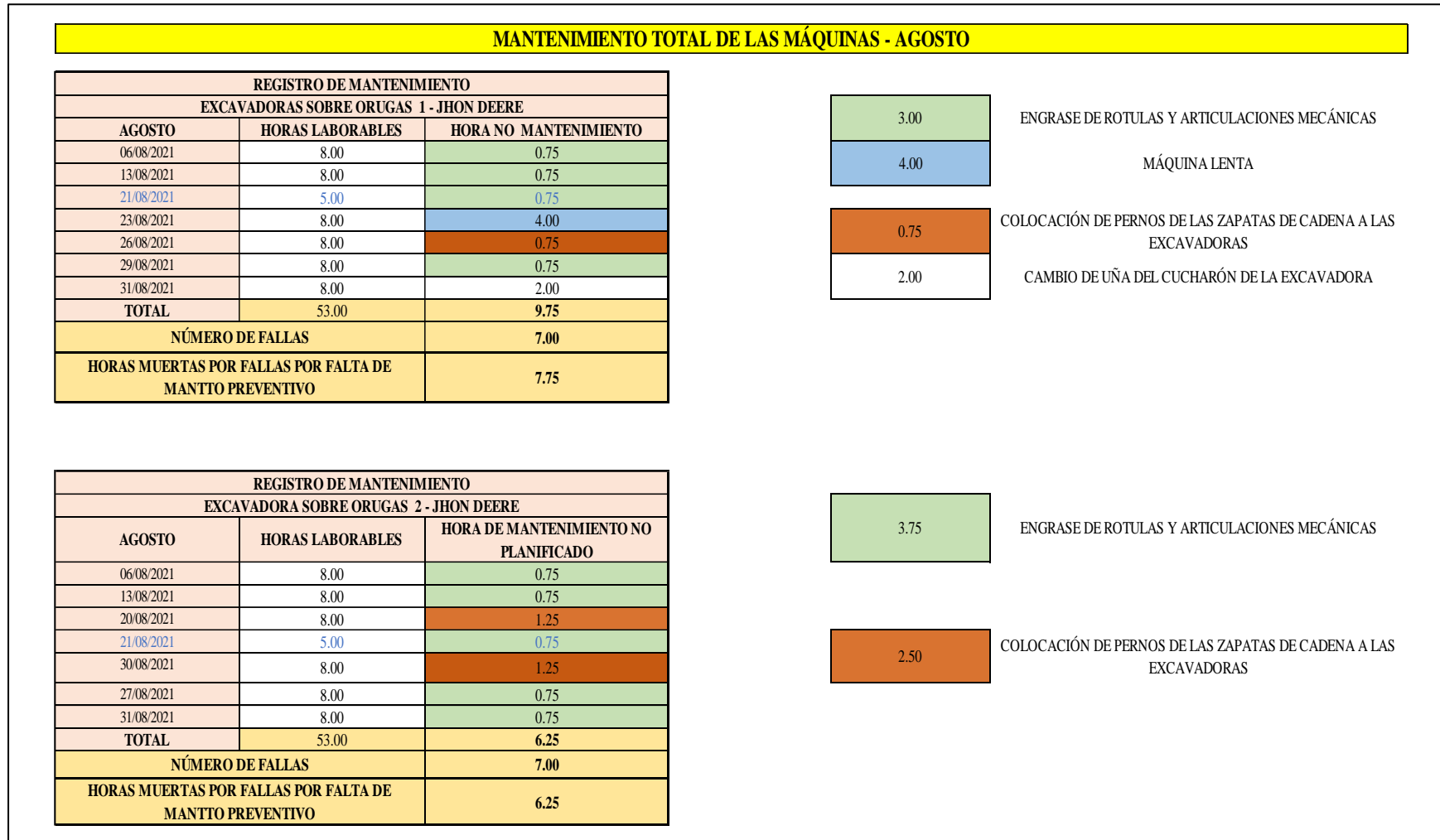


Figura 17. Mantenimiento total de las máquinas – agosto 2021

Durante agosto del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 9.75 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 9.75 horas- máquina pérdidas, 7.75 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante agosto del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 6.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 6.25 horas- máquina pérdidas, la totalidad significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

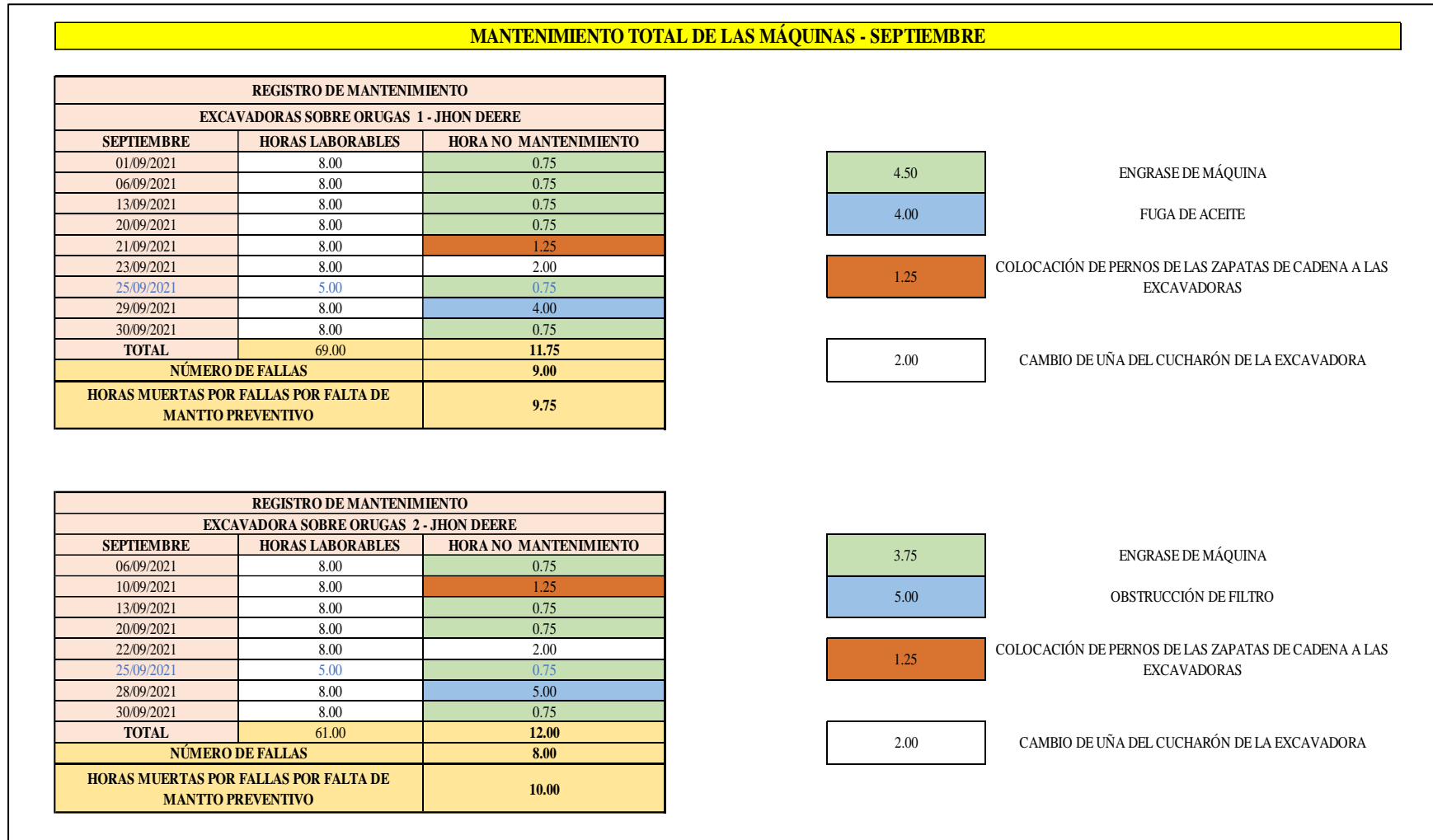


Figura 18. Mantenimiento total de las máquinas – septiembre 2021

Durante setiembre del 2021, se ha registrado un total de 9 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 11.75 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 11.75 horas- máquina pérdidas, 9.75 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante setiembre del 2021, se ha registrado un total de 8 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 12.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 12.00 horas- máquina pérdidas, 10.00 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

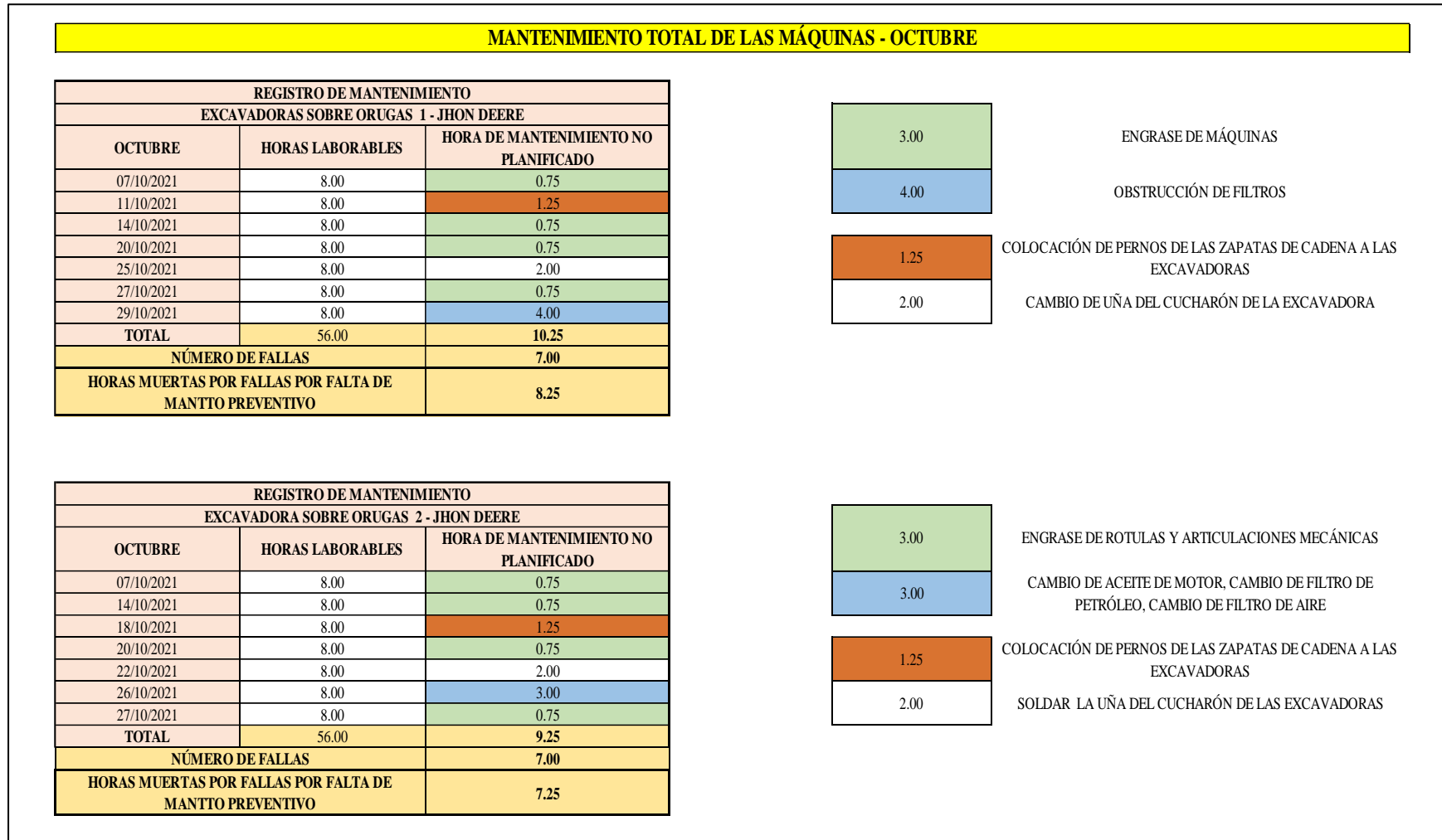


Figura 19. Mantenimiento total de las máquinas – octubre 2021

Durante octubre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 8.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante octubre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 9.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 9.25 horas- máquina pérdidas, 7.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

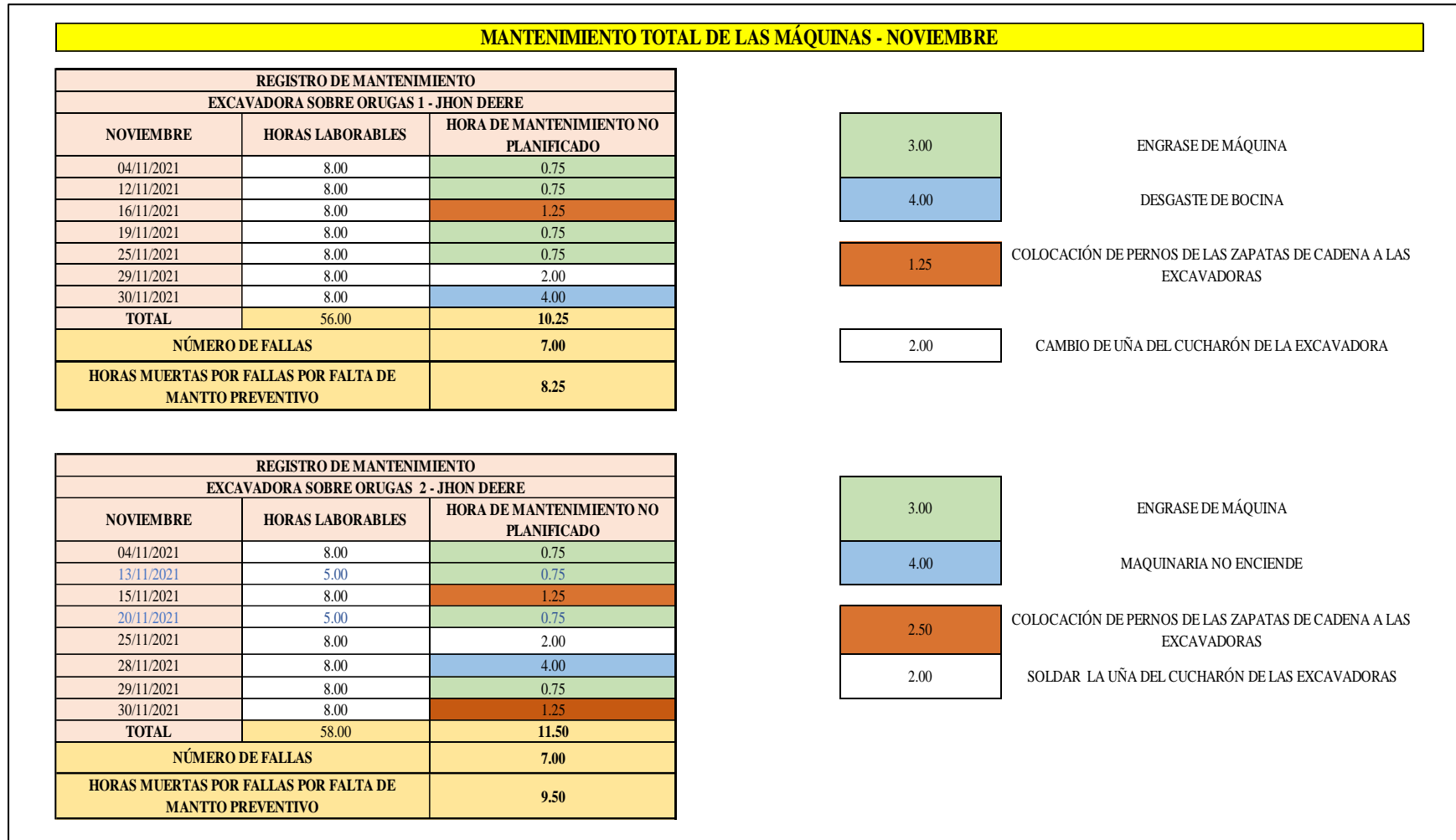


Figura 20. Mantenimiento total de las máquinas – noviembre 2021

Durante noviembre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 8.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante noviembre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 11.50 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 11.50 horas- máquina pérdidas, 9.50 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

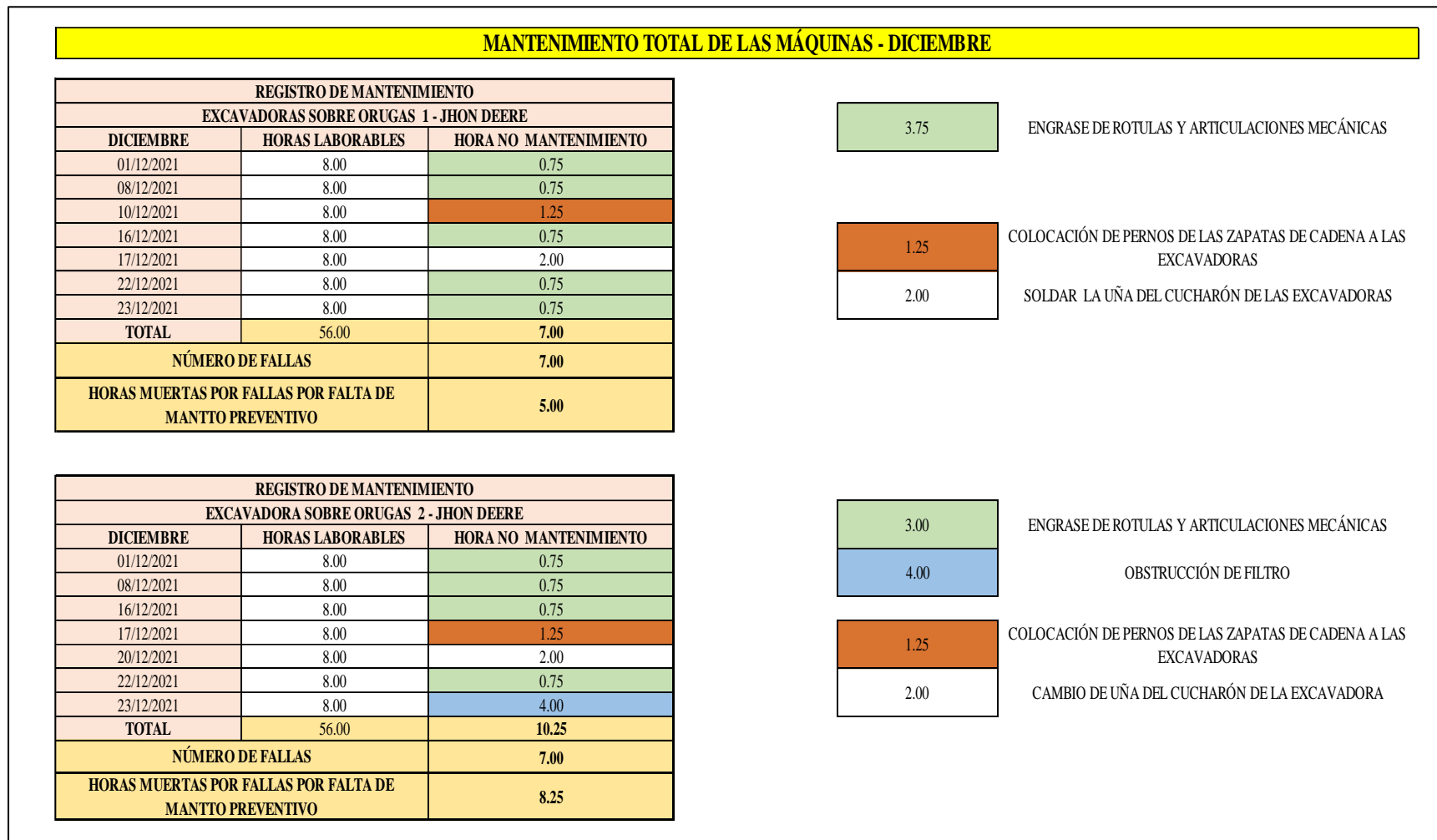


Figura 21. Mantenimiento total de las máquinas – diciembre 2021

Durante diciembre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 01, entre estas se muestra un total de 7.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 7.00 horas- máquina pérdidas, 5.00 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°01, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Durante diciembre del 2021, se ha registrado un total de 7 fallas para la excavadora N° 02, entre estas se muestra un total de 10.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, de las 10.25 horas- máquina pérdidas, 8.25 horas- máquina pérdidas significan fallas específicas que pudieron ser evitadas si se realizaba un mantenimiento preventivo, para distinguir las fallas por falta de mantenimiento preventivo se han resaltado en color según el problema reportado, y las fallas que involucran mantenimiento correctivo se encuentran indicadas con celdas de fondo color blanco, en el recuadro se aprecian las fechas específicas en que suscitaron las fallas durante el mes. Las fallas reportadas y el tiempo para solucionarlas significan tiempos muertos de la excavadora N°02, ya que se tenía una programación de los trabajos a realizar durante cada uno de los días, sin embargo, la producción se vio afectada al no tener operativa esta máquina.

Diagrama de Pareto

Al finalizar el año 2021 se elaboró un cuadro resumen con la finalidad de visualizar los resultados de las encuestas aplicadas bimestralmente, el cuadro incluyó las causas raíces identificadas anteriormente con Ishikawa y con ello se hizo un análisis de frecuencia con que el personal identificaba que tanto había mejorado o quedado en el mismo estado las causas raíces del problema. Para mayor entendimiento e interpretación de los datos, se recurrió a la herramienta de Pareto para poder identificar las causas raíces sobre las que se tenía que actuar y mejorar directamente.

La siguiente tabla muestra las causas raíces de los tiempos muertos.

Tabla 1

Deficiencias relacionadas con los tiempos muertos de la maquinaria pesada

Indicador	1er Bimestre ene - feb 2021	2do Bimestre mar - abril 2021	3ero Bimestre mayo - jun 2021	4to Bimestre jul - agosto 2021	5to Bimestre set - oct 2021	6to Bimestre nov - dic 2021	Total De Respuestas
No existe un plan de mantenimiento preventivo.	10	10	10	10	10	10	60
No se registra un historial de fallas.	10	10	10	10	10	10	60
Mantenimientos correctivos.	10	10	10	10	10	10	60
ausencia de inspecciones diarias.	10	10	10	10	10	10	60
Supervisión inexistente durante los trabajos.	4	3	3	2	2	2	16
Falta de capacitación a operadores y técnicos de mantenimiento	3	4	1	1	3	3	15
Repuestos con defectos.	3	3	1	2	2	2	13
No existe motivación.	2	1	1	2	1	3	10

Luego de identificar las causas raíces, se hizo el análisis de frecuencia de la tabla N°1 que se tomó a partir de los resultados de las encuestas bimestrales aplicadas al personal involucrado, estas frecuencias se han ordenado de mayor a menor siguiendo la metodología de Pareto y el acumulado de las mismas reflejará el 80% de las causas raíces que están relacionadas directamente a nuestro problema; los tiempos muertos de la maquinaria pesada.

En la tabla N°2 que a continuación se muestra; que la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo, la falta de un historial de fallas, los mantenimientos correctivos, la ausencia de inspecciones diarias, representan en su conjunto el 81.63% las causas raíces que se deben atender para minimizar los tiempos muertos de la maquinaria pesada.

Tabla 2

Frecuencias acumuladas y porcentajes relacionadas con los tiempos muertos de la maquinaria pesada

Indicador	Frecuencia	%	Acumulado Frecuencia	% Acumulado	80 - 20
No existe un plan de mantenimiento preventivo.	60	20.41%	60	20.41%	80%
No se registra un historial de fallas.	60	20.41%	120	40.82%	80%
mantenimientos correctivos.	60	20.41%	180	61.22%	80%
Ausencia de inspecciones diarias.	60	20.41%	240	81.63%	80%
Supervisión inexistente durante los trabajos.	16	5.44%	256	87.07%	80%
Falta de capacitación a operadores y técnicos de mantenimiento.	15	5.10%	271	92.18%	80%
Repuestos con defectos.	13	4.42%	284	96.60%	80%
No existe motivación.	10	3.40%	294	100.00%	80%

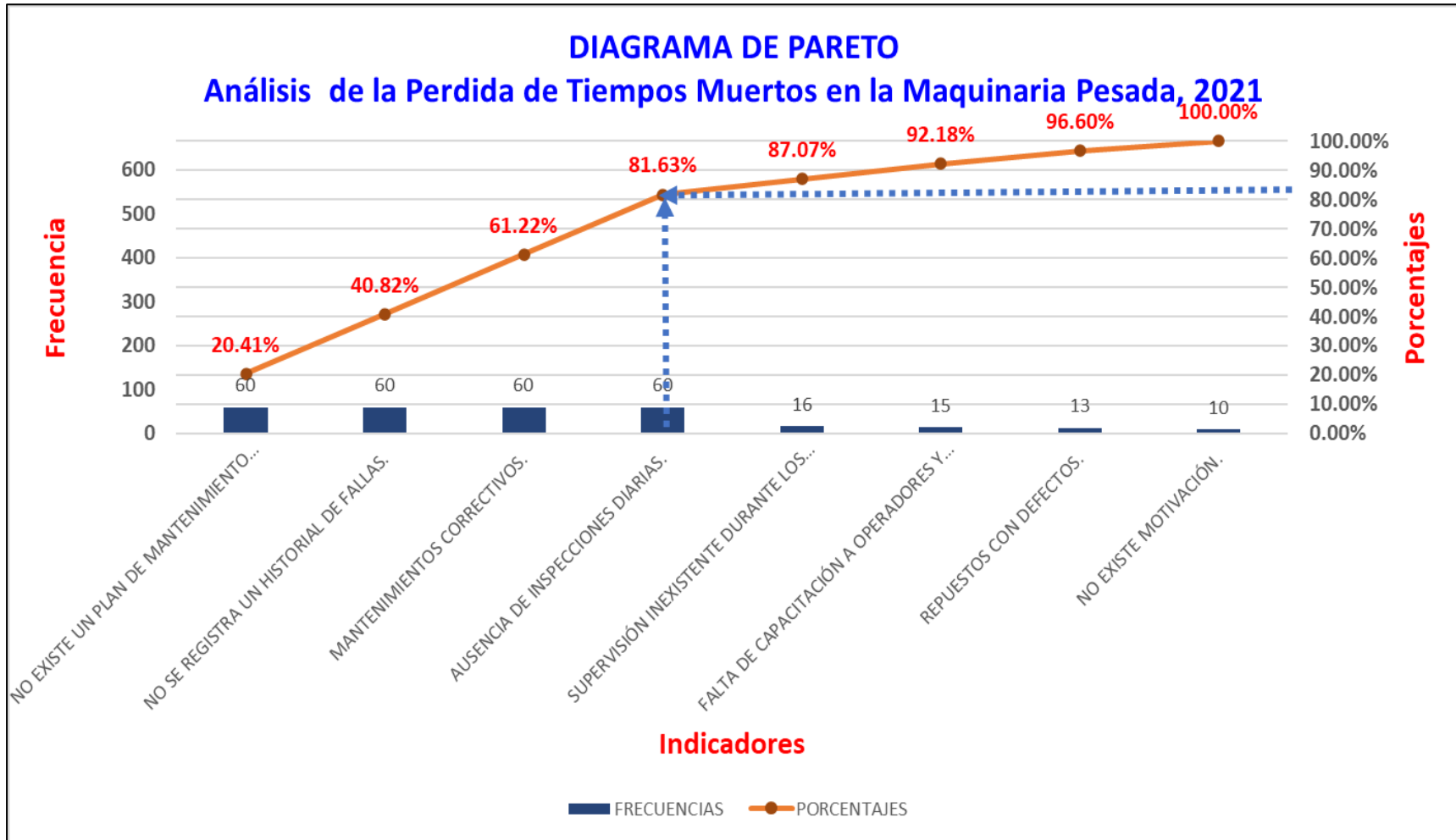


Figura 22. Diagrama de Pareto

Estimación del rendimiento de la maquinaria pesada durante el año 2021.

Las programaciones de los trabajos en campo consideran una jornada laboral de 8 horas promedio, y un total de 24 días laborados en el mes, obteniendo un total de 192 horas – máquinas programadas en cada mes.

Considerando que las excavadoras tienen poco horometraje debido a que tienen menos de 3 años de uso, sus rendimientos deberían bordear el 100% y cumplir con las programaciones.

De las Figuras (10, 11, 12, 13, 14, 15,16,17, 18, 19, 20 y 21) se están tomando los totales de los números de fallas y tiempos muertos por cada mes del año 2021, teniendo en cuenta los siguientes indicadores: fallas por mantenimiento correctivo y fallas por falta de mantenimiento preventivo. El tiempo que se tarda en reparar cualquiera de estos tipos de falla, se está considerando un tiempo muerto de la máquina, puesto que deja de realizar los trabajos programados durante el día que suscitan las fallas. En ese sentido, las horas laboradas están siendo menores a las programadas, afectando la ruta crítica de la programación de la obra.

En las siguientes tablas se muestran los rendimientos mensuales de las excavadoras, donde se podrá apreciar los rendimientos reales, los cuales están por debajo de lo esperado. (Bordeando 100% por tratarse de excavadoras con menos de 3 años de uso).

EXCAVADORA #01- SERIE F9350GXPMD808430																								
INDICADOR	Ene-21		Feb-21		Mar-21		Abr-21		May-21		Jun-21		Jul-21		Ago-21		Set-21		Oct-21		Nov-21		Dic-21	
	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO
FALLAS POR NO APLICAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	6.00	12.00	6.00	12.25	8.00	9.25	7.00	9.50	6.00	8.25	6.00	7.75	7.00	9.50	6.00	7.75	8.00	9.75	6.00	8.25	6.00	8.25	6.00	5.00
FALLAS POR CORREGIR CON MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	2.00	4.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
TOTAL	7.00	14.00	7.00	14.25	8.00	9.25	9.00	13.50	7.00	10.25	6.00	7.75	8.00	11.50	7.00	9.75	9.00	11.75	7.00	10.25	7.00	10.25	7.00	7.00
HORAS PROGRAMADAS DE TRABAJO		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00
HORAS LABORADAS DE TRABAJO		178.00		177.75		182.75		178.50		181.75		184.25		180.50		182.25		180.25		181.75		181.75		185.00
RENDIMIENTO MENSUAL DE LA MÁQUINA		92.71		92.58		95.18		92.97		94.66		95.96		94.01		94.92		93.88		94.66		94.66		96.35

Figura 23. Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2021.

EXCAVADORA #02 - SERIE F9350GXTND808542																								
INDICADOR	Ene-21		Feb-21		Mar-21		Abr-21		May-21		Jun-21		Jul-21		Ago-21		Set-21		Oct-21		Nov-21		Dic-21	
	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO
FALLAS POR NO APLICAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	6.00	9.00	5.00	6.25	6.00	8.25	5.00	7.50	4.00	8.50	6.00	9.25	6.00	5.50	7.00	6.25	7.00	10.00	6.00	5.25	6.00	9.50	6.00	8.25
FALLAS POR CORREGIR CON MANTENIMIENTO CORRECTIVO	2.00	3.25	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
TOTAL	8.00	12.25	6.00	10.25	7.00	10.25	6.00	9.50	5.00	10.50	7.00	11.25	7.00	7.50	7.00	6.25	8.00	12.00	7.00	7.25	7.00	11.50	7.00	10.25
HORAS PROGRAMADAS DE TRABAJO		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00
HORAS LABORADAS DE TRABAJO		179.75		181.75		181.75		182.50		181.50		180.75		184.50		185.75		180.00		184.75		180.50		181.75
RENDIMIENTO MENSUAL DE LA MÁQUINA		93.62		94.66		94.66		95.05		94.53		94.14		96.09		96.74		93.75		96.22		94.01		94.66

Figura 24. Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2021.

Interpretación

Las horas - máquinas laboradas al año resultan de las horas - máquinas programadas menos el total de tiempo muerto (hrs.) al año, tal como lo muestra la siguiente formula.

$$\text{Hrs. - máq laboradas al año} = \text{Hrs. máq. programadas al año} - \text{Total tiempo muerto (hrs.)}$$

Para la excavadora N° 01, tenemos un total anual de 2 174.5 horas- máquina laboradas en el año 2021.

Para la excavadora N° 02, tenemos un total anual de 2 185.25 horas- máquina laboradas en el año 2021.

El rendimiento anual para las excavadoras se ha calculado a partir de las horas - máquina laboradas en el año 2021 sobre las horas – máquinas programadas en el año 2021 multiplicadas por 100, tal como lo muestra la siguiente formula.

$$\text{Rendimiento anual de máq.} = \frac{\text{hrs. máq. laboradas}}{\text{hrs. máq. programadas}} \times 100$$

Para la excavado N° 01 se tiene un rendimiento de:

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°01} = \frac{2\ 174.5}{2\ 304} \times 100$$

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°01} = 94.38\%$$

Para la excavado N° 02 se tiene un rendimiento de:

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°02} = \frac{2\ 185.25}{2\ 304} \times 100$$

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°02} = 94.85\%$$

Costos anuales de horas muertas de las excavadoras.

Durante el año 2021, la excavadora N°01 presenta un total de 89 fallas, de las cuales 78 de ellas son fallas por no aplicar mantenimiento preventivo y 11 de las mismas son fallas que se debieron solucionar con mantenimiento correctivo, en tal sentido se aprecia que hay 129.5 horas – máquinas pérdidas, lo que se traduce en tiempo muerto de la máquina. El total de tiempos muertos ocasionados por fallas por no aplicar mantenimiento preventivo es de 107.5 horas-máquina, y el total de tiempo muerto por fallas por solucionar con mantenimiento correctivo es de 22 horas – máquina tal como los muestra la tabla a continuación.

Tabla 3

Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°01 durante el 2021.

Resumen Anual 2021		
Indicador	enero - diciembre 2021	
	Numero De Fallas	Tiempos Muerto (Hrs.)
Fallas Por No Aplicar Mantenimiento Preventivo	78	107.5
Fallas Por Corregir Con Mantenimiento Correctivo	11	22
Total	89	129.5

Para un mejor entendimiento de la Tabla 3, se adjunta la figura 22, en la que se aprecia de manera concisa el número de fallas como también los tiempos muertos que estas ocasionan; se relacionan principalmente al hecho de no aplicar un mantenimiento preventivo a la excavadora N°01.

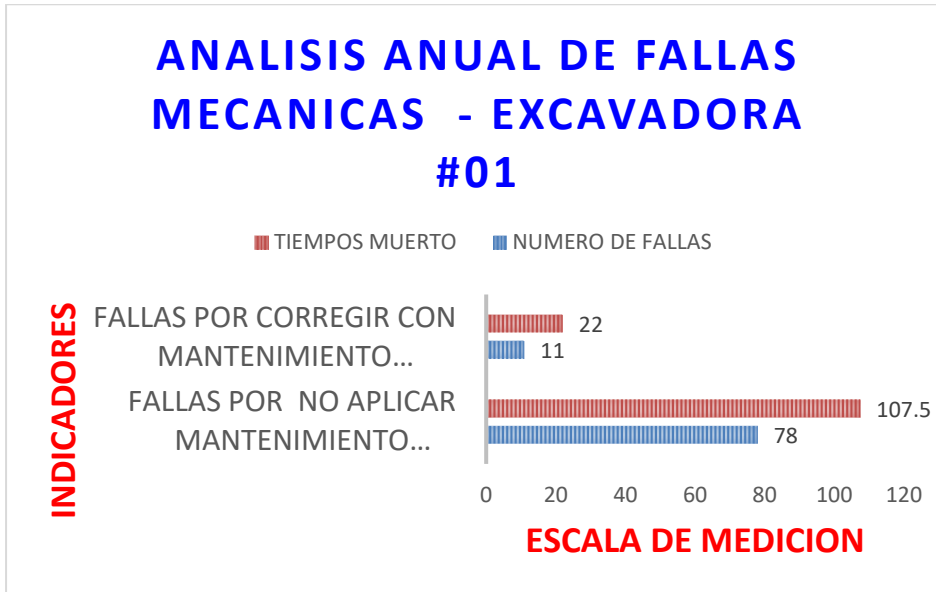


Figura 25. Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2021.

Las excavadoras Jhon Deere modelo 350 GLC, tiene 271 HP de potencia nominal neta según su ficha técnica, por tanto, su costo de alquiler por hora – máquina oscila a nivel nacional aproximadamente entre los 400.00 soles sin I.G.V.

Tomando como referencia las 129.5 horas -máquina de tiempo muerto anual indicados en la Tabla 3 y multiplicados por el costo de la hora máquina que son 400.00 soles, se obtiene un total de 51 800.00 soles que se han dejado de percibir durante el año 2021, debido principalmente a no aplicar un plan de mantenimiento preventivo de la excavadora.

Para la excavadora N°02 presenta un total de 82 fallas, de las cuales 70 de ellas son fallas por no aplicar mantenimiento preventivo y 12 de las mismas son fallas que se debieron solucionar con mantenimiento correctivo, en tal sentido se aprecia que hay 118.75 horas – máquinas pérdidas, lo que se traduce en tiempo muerto de la máquina. El total de tiempos muertos ocasionados por fallas por no aplicar mantenimiento preventivo es de 93.5 horas-máquina, y el total de tiempo muerto por fallas por solucionar con mantenimiento correctivo es de 25.25 horas – máquina tal como los muestra la tabla a continuación.

Tabla 4

Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°02 durante el 2021.

Indicador	Resumen Anual 2021	
	enero - diciembre 2021	
	Numero De Fallas	Tiempos Muerto (Hrs.)
Fallas Por No Aplicar Mantenimiento Preventivo	70	93.5
Fallas Por Corregir Con Mantenimiento Correctivo	12	25.25
Total	82	118.75

Para un mejor entendimiento de la Tabla 4, se adjunta la figura 23, en el que se aprecia de manera concisa el número de fallas como también los tiempos muertos que estas ocasionan; se relacionan principalmente al hecho de no aplicar un mantenimiento preventivo a la excavadora N°02.

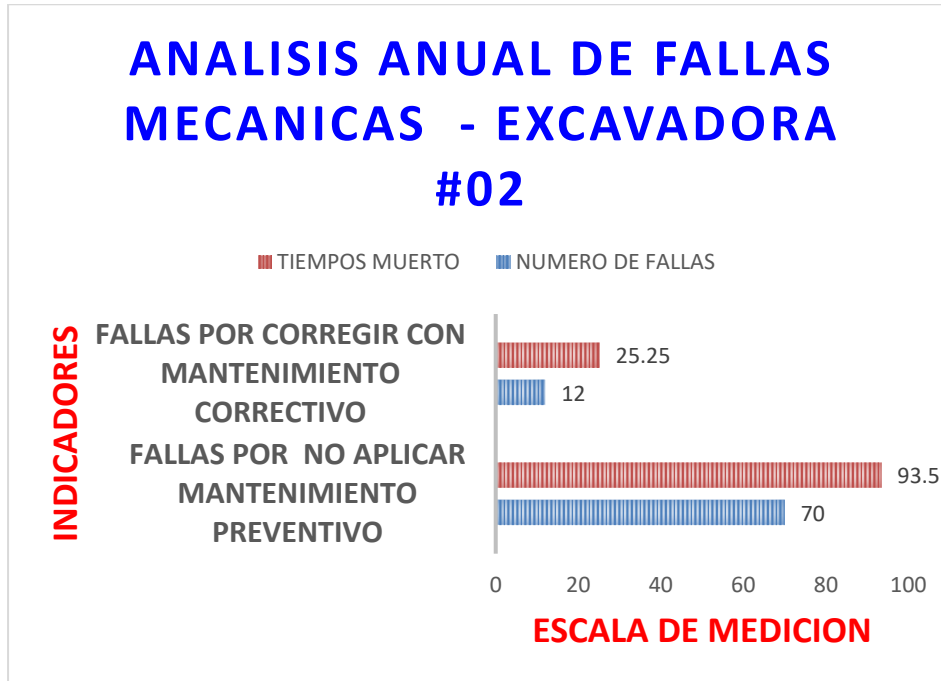


Figura 26. Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2021.

Las excavadoras Jhon Deere modelo 350 GLC, tiene 271 HP de potencia nominal neta según su ficha técnica, por tanto, su costo de alquiler por hora – máquina oscila a nivel nacional aproximadamente entre los 400.00 soles sin I.G.V.

Tomando como referencia las 118.75 horas - máquina de tiempo muerto anual indicados en la Tabla 04 y multiplicados por el costo de la hora máquina que son 400.00 soles, se obtiene un total de 47 500.00 soles que se han dejado de percibir durante el año 2021 debido principalmente a no aplicar un plan de mantenimiento preventivo de la excavadora.

Plan de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada.

Habiendo analizado anteriormente que la principal causa raíz de los tiempos muertos de la maquinaria pesada (excavadoras) ha sido la inexistencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo, se procedió a revisar los manuales de operación y mantenimiento con la finalidad de identificar

los intervalos de tiempo en los que se realizará el mantenimiento preventivo y cuáles serán los indicadores que se deberán considerar a inspeccionar en cada intervalo de tiempo.

Es así que, a inicios del año 2022, se desarrolla y se implementa el Plan de Mantenimiento Preventivo ANEXO N° 2 y paralelo a ello se realizó un cuadro logístico de los insumos que se necesitarán en cada uno de los intervalos de tiempo.

La difusión y capacitación del Plan de Mantenimiento Preventivo al personal involucrado fue la primera actividad realizada, para que todos se involucren con la herramienta de ingeniería que se aplicaría y poder manejar los mismos criterios, con la única finalidad de minimizar los tiempos muertos de la maquinaria.

La excavadora N° 01 inicia el año 2022 con un horómetro de 5730 y la excavadora N°02 inicia el año 2022 con un horómetro de 8670, a partir de estos datos se proyectarán los intervalos de mantenimiento preventivo según lo indicado en el manual.

En tal sentido podemos indicar que a necesidad se realizará la extracción y limpieza de la malla filtrante de entrada de depósito de combustible, la revisión de nivel de fluido lavaparabrisas, revisión y limpieza de la válvula de descarga de polvo de filtro de aire de motor, revisión y ajuste de la holgura de la cadena, limpieza de cristal difusor de la cámara trasera y limpieza y apriete de los bornes de la batería, estas actividades serán realizadas por el operador de la excavadora como parte de sus funciones y dentro de la jornada laboral.

Cada 10 horas - máquina o a diario, se revisará el nivel de aceite en el depósito hidráulico, se revisará el refrigerante del motor y se revisará el nivel de aceite del motor, estas actividades serán realizadas por el operador de la excavadora como parte de sus funciones y dentro de la jornada laboral.

Cada 50 horas - máquina o semanalmente se vaciará el agua y sedimentos del sumidero del depósito de combustible, se procederá con el vaciado del filtro de combustible auxiliar y separador de agua, se engrasará los pivotes de herramientas de trabajo, se vaciará el filtro de combustible primario y separador de agua y finalmente, se vaciará el filtro de combustible final, estas actividades serán realizadas por el operador de la excavadora como parte de sus funciones y dentro de la jornada laboral o en su defecto las realizará el asistente de mecánica.

Cada 100 horas - máquina o quincenalmente, se inspeccionará y apretará la tornillería de las cadenas oruga, esta actividad la realizará el asistente de mecánica.

Al mes se tiene un promedio de 5.67 horas- hombre realizando estas actividades como parte del Plan de mantenimiento preventivo.

DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 10 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS
	A NECESIDAD	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL
HOROMETRO		5730	5780	5830
EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA DE LA MALLA FILTRANTE DE ENTRADA DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE	X			
REVISIÓN DE NIVEL DEL FLUIDO LAVAPARABRISAS	X			
REVISIÓN Y LIMPIEZA DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DE POLVO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR	X			
REVISIÓN Y AJUSTE DE LA HOLSURA DE LA CADENA	X			
LIMPIEZA DE CRISTAL DIFUSOR DE LA CÁMARA TRASERA	X			
LIMPIEZA Y APRIETE DE LOS BORNES DE LA BATERÍA	X			
REVISIÓN DEL NIVEL DEL ACEITE EN EL DEPÓSITO HIDRÁULICO		X		
REVISIÓN DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR		X		
REVISIÓN DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR		X		
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL SUMIDERO DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE			X	
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA			X	
ENGRASE DE PIVOTES DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO			X	
VACIADO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA			X	
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL			X	
INSPECCIÓN Y APRIETE DE TORNILLERÍA DE LAS CADENAS DE ORUGA				X

Figura 27. Mantenimientos cada 10, 50, 100 horas.

DIARIO SEMANAL QUINCENAL	DÍAS	SEMANAS	QUINCENA
	24	4	2
	INTERVALOS DE MANTTO.	DURACIÓN (HRS)	TOTAL
	10 HORAS	0.17	4
	50 HORAS	0.25	1
	100 HORAS	0.33	0.67
	DURACIÓN DE MANTTO. PREVENTIVO MESUAL	5.67	

Figura 28. Tiempo promedio de mantenimientos cada 10, 50, 100 horas.

Cada 250 horas – máquina, se realizará un PM1 (Preventive Maintenance 1), se revisará el nivel de aceite de la caja de engranajes de giro, se revisará el nivel de aceite de la caja de engranaje de la bomba, se revisará el nivel de electrolito de la batería híbrida (si existe), se revisará y ajustará la correa del aire acondicionado, se revisará el nivel de aceite de la caja de engranaje de propulsión, se vaciará el agua y sedimentos del depósito hidráulico, se realizará el muestreo del aceite del motor y se engrasarán las juntas de pasadores del extremo delantero, estas actividades serán realizadas por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM1 el personal tardará una hora – hombre en realizar las actividades descritas líneas arriba.

	PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
DESCRIPCIÓN	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HORÓMETRO	5980	6230	6480	6730	6980	7230	7480	7730	7980	8230	8480
REVISIÓN DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO	X		X		X		X		X		X
REVISIÓN DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA	X		X		X		X		X		X
REVISIÓN DEL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERÍA HÍBRIDA (SI EXISTE)	X		X		X		X		X		X
REVISIÓN Y AJUSTE DE LA CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO	X		X		X		X		X		X
REVISIÓN DE NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSIÓN	X		X		X		X		X		X
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL DEPOSITO HIDRÁULICO	X		X		X		X		X		X
MUESTREO DE ACEITE MOTOR	X		X		X		X		X		X
ENGRASE DE JUNTAS DE PASADORES DEL EXTREMO DELANTERO	X		X		X		X		X		X

Figura 29. Cada 250 horas – máquina, se realizará un PM1 (Preventive Maintenance 1).

Cada 500 horas – máquina, se realizará un PM2 (Preventive Maintenance 2), se revisará los conductos de admisión de aire, se engrasará el engranaje de rodamiento de giro, se vaciará y llenará el aceite de motor y se sustituirá el filtro, se sustituirá el filtro de combustible primario y separador de agua, se engrasará el rodamiento de giro, se realizará muestreo del combustible diesel, se muestreará el aceite de la caja de engranaje de giro, se muestreará el aceite hidráulico, se sustituirá el filtro de combustible auxiliar y separador de agua, se sustituirá el filtro de combustible final, se limpiará el filtro de aire fresco y de recirculación de la cabina, se muestreará el refrigerante del motor, se muestreará el aceite de la caja de engranajes de propulsión y se muestreará el aceite de la caja de engranajes de la bomba; estas actividades serán realizadas por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM2 el personal tardará dos horas-hombre en realizar las actividades descritas líneas arriba.

DESCRIPCIÓN	PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HORÓMETRO	5980	6230	6480	6730	6980	7230	7480	7730	7980	8230	8480
REVISIÓN DE CONDUCTOS DE ADMISIÓN DE AIRE		X				X				X	
ENGRASE DEL ENGRANAJE DEL RODAMIENTO DE GIRO		X				X				X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE MOTOR Y SUSTITUCIÓN DEL FILTRO		X				X				X	
SUSTITUCIÓN DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA		X				X				X	
ENGRASE DEL RODAMIENTO DE GIRO		X				X				X	
MUESTREO DEL COMBUSTIBLE DIESEL		X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE GIRO		X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE HIDRÁULICO		X				X				X	
SUSTITUCIÓN DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA		X				X				X	
SUSTITUCIÓN DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL		X				X				X	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE FRESCO Y DE RECIRCULACIÓN DE LA CABINA (SUSTITUIR CADA SEIS LIMPIEZAS)		X				X				X	
MUESTREO DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR		X				X				X	
MUESTREO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE PROPULSIÓN		X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE LA BOMBA		X				X				X	

Figura 30. Cada 500 horas – máquina, se realizará un PM2 (Preventive Maintenance 2)

Cada 1000 horas – máquina, se realizará un PM3 (Preventive Maintenance 3), se vaciará y llenará el aceite de la caja de engranaje de la bomba, se sustituirá los elementos de filtros de aire, se sustituirá el filtro de aceite de control, se vaciará y llenará el aceite de la caja de engranaje de la bomba, se retirará y limpiará el tubo de ventilación del carter del motor, se inspeccionará la correa serpentina, se sustituirá los elementos del filtro de aire, se sustituirá la válvula de descarga de polvo del filtro de aire del motor, se revisará el estado del refrigerante; estas actividades serán realizadas por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM3 el personal tardará tres horas - hombre en realizar las actividades descritas líneas arriba.

DESCRIPCIÓN	PM3
	CADA 1000 HORAS
	CADA 4 MESES
HORÓMETRO	6730
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA	X
SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE	X
SUSTITUCIÓN DEL FILTRO DE ACEITE DE CONTROL	X
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA	X
RETIRO Y LIMPIEZA DE TUBO DE VENTILACIÓN DEL CARTER DEL MOTOR	X
INSPECCIÓN DE LA CORREA SERPENTINA	X
SUSTITUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE	X
SUSTITUCIÓN DE LA VÁLVULA DE DESCARGA DE POLVO DEL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR	X
REVISIÓN DEL ESTADO DE REFRIGERANTE	X

Figura 31. Cada 1000 horas – máquina, se realizará un PM3 (Preventive Maintenance 3)

Cada 2000 horas – máquina, se realizará un PM4 (Preventive Maintenance 4), se revisará y ajustará el juego de válvulas del motor, se vaciará y llenará el aceite de la caja de engranaje de propulsión; estas actividades serán realizadas por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM4 el personal tardará cuatro horas - hombre en realizar las actividades descritas líneas arriba.

	PM4
DESCRIPCION	CADA 2000 HORAS
	CADA 8 MESES
HORÓMETRO	7730
REVISIÓN Y AJUSTE DEL JUEGO DE VÁLVULAS DEL MOTOR	X
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSIÓN	X

Figura 32. Cada 2000 horas – máquina, se realizará un PM4 (Preventive Maintenance 4)

Cada 4000 horas – máquina, se realizará un PM5 (Preventive Maintenance 5), se sustituirá el amortiguador de torsión del motor; esta actividad será realizada por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM5 el personal tardará una hora - hombre en realizar la actividad descrita líneas arriba.

Cada 5000 horas – máquina, se realizará un PM6 (Preventive Maintenance 6), se vaciará y se llenará el aceite del depósito hidráulico, se sustituirá el filtro de tapa de orificio de ventilación del depósito del sistema hidráulico; estas actividades serán realizadas por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM6 el personal tardará dos horas - hombre en realizar las actividades descritas líneas arriba.

Cada 6000 horas – máquina, se realizará un PM7 (Preventive Maintenance 7), se vaciará, enjuagará y llenará el sistema de refrigeración del motor; esta actividad será realizada por el personal de mantenimiento de manera programada fuera del horario laboral, de tal manera que no se afecte la programación de la producción, lo que supondrá unos costos extra en cuanto a los costos de mano de obra tanto del mecánico y su ayudante. Para realizar un PM7 el personal tardará una hora - hombre en realizar la actividad descrita líneas arriba.

Costos fijos de Mantenimiento Preventivo de Excavadoras

Durante el año 2022, se llegaron a efectuar un total de (6 PM1, 3 PM2, 1 PM3 y 1PM4) para ambas excavadoras, para lograr efectuar estos mantenimientos preventivos según el Plan demandaron un total de 19 horas - hombre extras para cada una de las excavadoras, lo que se traduce en total 946.97 soles de costo fijo en lo que respecta a mano de obra y logística (equipos, transporte, herramientas), no se está considerando los costos de los insumos puesto que los precios son variables en el mercado nacional.

Es decir, el costo fijo de mantenimiento está dado por el costo hora – hombre extra del mecánico más el costo hora – hombre extra del ayudante de mecánico y se está considerando un factor logístico de 50% con relación a los costos hora- hombre extras del mecánico y su ayudante.

En la empresa Constructora Renlop S.A.C. se considera que el mecánico gana 16.25 soles la hora – hombre normal, es decir, dentro de su jornada laboral, y el ayudante de mecánica percibe 10.00 soles por hora – hombre normal. En Perú se calculan las dos primeras horas extras con un sobrecargo de 25% con respecto al costo de la hora normal y desde la tercera hora en adelante, el cargo es de 35%. A continuación, se mostrará la siguiente Tabla 5 dónde se mostrarán los costos fijos de mantenimiento preventivo, por cada tipo, ya sea PM1, PM2, PM3 o PM4.

Tabla 5

Costos fijos por tipo de mantenimiento preventivo

Indicador	Cantidad	Costo Fijo	Costo Fijo	Costo Fijo	Costo Fijo
		Por Realizar PM1	Por Realizar PM2	Por Realizar PM3	Por Realizar PM4
Costo Por Hora -Mecánico Normal	S/ 16.25	S/ 20.31	S/ 40.63	S/ 62.56	S/ 84.50
Costo Por Hora -Ayudante De Mecánico Normal	S/ 10.00	S/ 12.50	S/ 25.00	S/ 38.50	S/ 52.00
Factor De Logística	0.5	S/ 16.41	S/ 32.81	S/ 50.53	S/ 68.25
Total		S/ 49.22	S/ 98.44	S/ 151.59	S/ 204.75

Tomando como referencia la Tabla 5 Costos fijos por tipo de mantenimiento preventivo, se adjunta la Tabla 6 de costos fijos anuales de mantenimiento preventivo para la excavadora N° 01, aquí se detalla que dicho costo bordea los 946.97 soles al año, además se detallan las fechas en que fueron ejecutados estos mantenimientos según su tipo de mantenimiento con respecto a los intervalos de tiempo.

Tabla 6

Costos fijos anuales por efectuar mantenimiento preventivo en fechas programadas para excavadora N° 1.

Tipo De Mantenimiento	Fechas Programadas	Duración (Hrs.)	Costo Parcial Por Tipo De Mantenimiento
PM1	4/02/2022	1.00	49.22
	1/04/2022	1.00	49.22
	3/06/2022	1.00	49.22
	5/08/2022	1.00	49.22
	1/10/2022	1.00	49.22
	2/12/2022	1.00	49.22
PM2	4/03/2022	2.00	98.44
	1/07/2022	2.00	98.44
	4/11/2022	2.00	98.44
PM3	6/05/2022	3.00	151.59
PM4	2/09/2022	4.00	204.75
Costo Fijo Anual Para Realizar Mantenimiento Preventivo			946.97

Tabla 7

Costos fijos anuales por efectuar mantenimiento preventivo en fechas programadas para excavadora N°02.

Tipo De Mantenimiento	Fechas Programadas	Duración (Hrs.)	Costo Parcial Por Tipo De Mantenimiento
PM1	4/02/2022	1.00	49.22
	1/04/2022	1.00	49.22
	3/06/2022	1.00	49.22
	5/08/2022	1.00	49.22
	1/10/2022	1.00	49.22
	2/12/2022	1.00	49.22
PM2	4/03/2022	2.00	98.44
	1/07/2022	2.00	98.44
	4/11/2022	2.00	98.44
PM3	6/05/2022	3.00	151.59
PM4	2/09/2022	4.00	204.75
Costo Fijo Anual Para Realizar Mantenimiento Preventivo			946.97

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Historial de Fallas 2022

Al igual que en el año 2021, durante el año 2022 se llevó un registro del historial de fallas tanto para la excavadora N°01 como para la excavadora N° 02, tras implementar el Plan de Mantenimiento Preventivo para ambas excavadoras, se puede observar que las fallas que presentan las excavadoras durante el año 2022 están relacionadas con mantenimientos correctivos, a continuación, visualizaremos el detalle por cada mes del año 2022.

MANTENIMIENTO TOTAL DE LAS MÁQUINAS - ENERO 2022						
REGISTRO DE MANTENIMIENTO						
EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS 1 JHON DEERE						
ENERO	HORAS LABORABLES	HORAS DE MANTENIMIENTO				
15/01/202	8.00	2.00				
TOTAL	8.00	2.00				
NÚMERO DE FALLAS		1.00				
HORAS MUERTAS POR MANTTO CORRECTIVO		2.00				
<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2.00</td> <td style="padding-left: 20px;">SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL DERECHO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA</td> </tr> </table>			2.00	SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL DERECHO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA		
2.00	SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL DERECHO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA					
REGISTRO DE MANTENIMIENTO						
EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS 2 JHON DEERE						
ENERO	HORAS LABORABLES	HORAS DE MANTENIMIENTO				
07/02/2022	8.00	1.25				
23/02/2022	8.00	2.00				
TOTAL	16.00	3.25				
NÚMERO DE FALLAS		2.00				
HORAS MUERTAS POR MANTTO CORRECTIVO		3.25				
<table border="0"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">1.25</td> <td style="padding-left: 20px;">RUPTURA DE MANGUERA (BOMBÍN)</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2.00</td> <td style="padding-left: 20px;">SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL IZQUIERDO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA</td> </tr> </table>			1.25	RUPTURA DE MANGUERA (BOMBÍN)	2.00	SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL IZQUIERDO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA
1.25	RUPTURA DE MANGUERA (BOMBÍN)					
2.00	SOLDAR PARTE INTERNA LATERAL IZQUIERDO DEL CUCHARÓN DE LA EXCAVADORA					

Figura 33. Mantenimiento total de las máquinas – enero 2022

Durante enero del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo

que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante enero del 2022, se ha registrado un total de 2 fallas para la excavadora N° 02, solucionar estas fallas demandó un total de 3.25 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 3.25 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

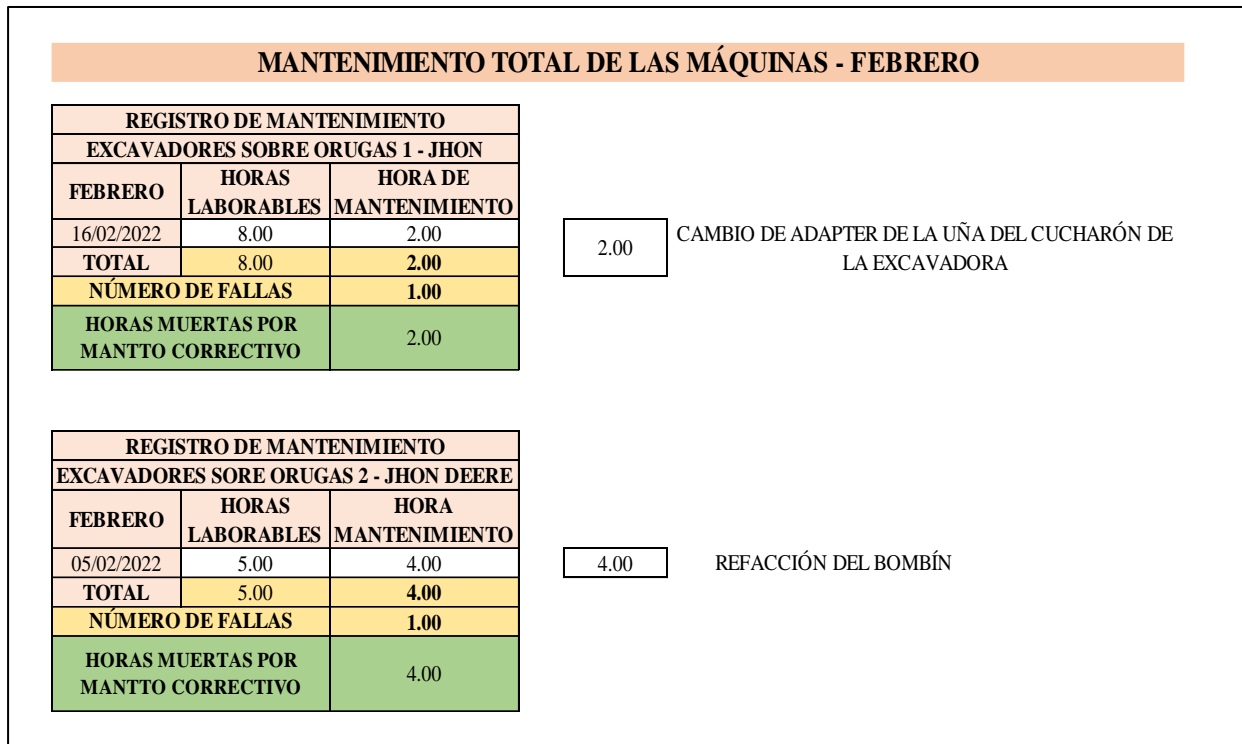


Figura 34. Mantenimiento total de las máquinas – febrero 2022

Durante febrero del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante febrero del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 4.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo

que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 4.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

MANTENIMIENTO TOTAL DE LAS MÁQUINAS - MARZO		
REGISTRO DE MANTENIMIENTO		
EXCAVADORES SORE ORUGAS 2 - JHON DEERE		
MARZO	HORAS LABORABLES	HORA DE MANTENIMIENTO
23/03/2022	8.00	2.00
TOTAL	8.00	2.00
NÚMERO DE FALLAS		1.00
HORAS MUERTAS POR MANTTO CORRECTIVO		2.00

2.00	RUPTURA DE MANGUERA EN EL MOTOR
------	---------------------------------

Figura 35. Mantenimiento total de las máquinas – marzo 2022

Durante marzo del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

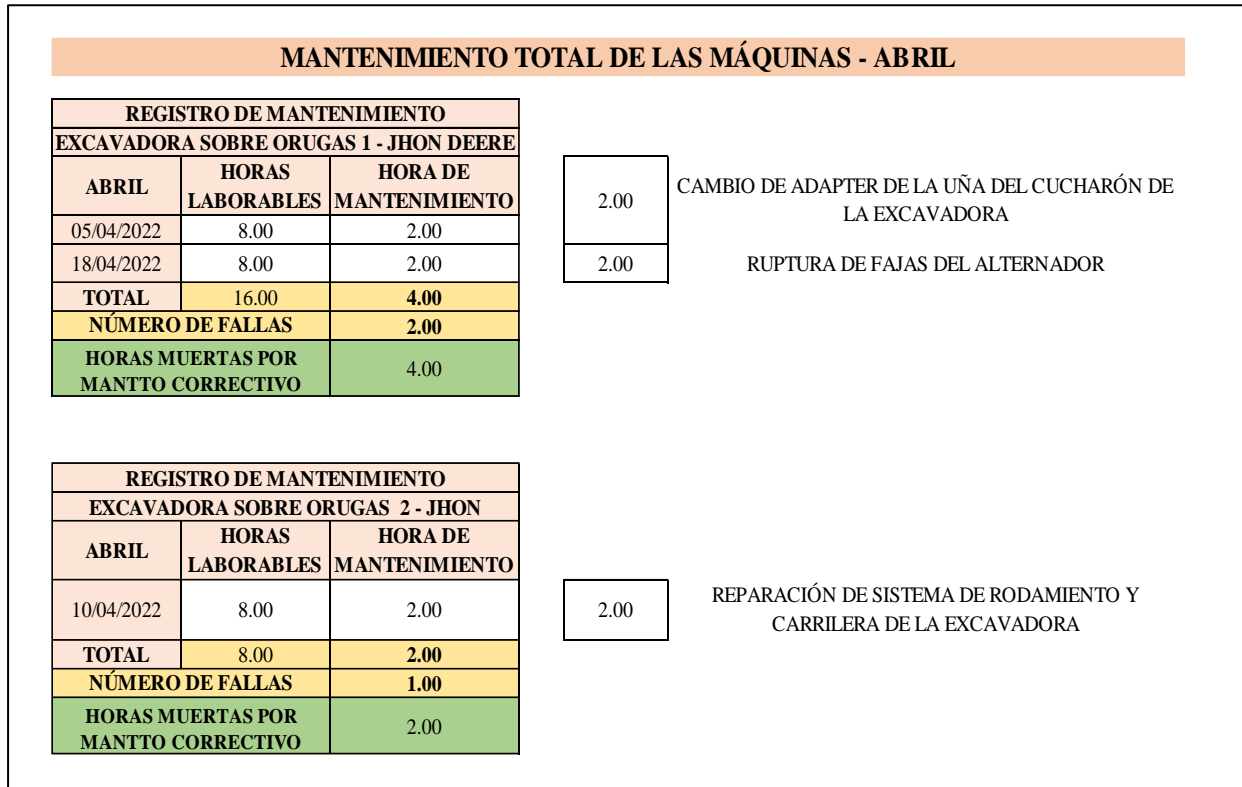


Figura 36. Mantenimiento total de las máquinas – abril 2022

Durante abril del 2022, se ha registrado un total de 2 fallas para la excavadora N° 01, solucionar estas fallas demandó un total de 4.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 4.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante abril del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

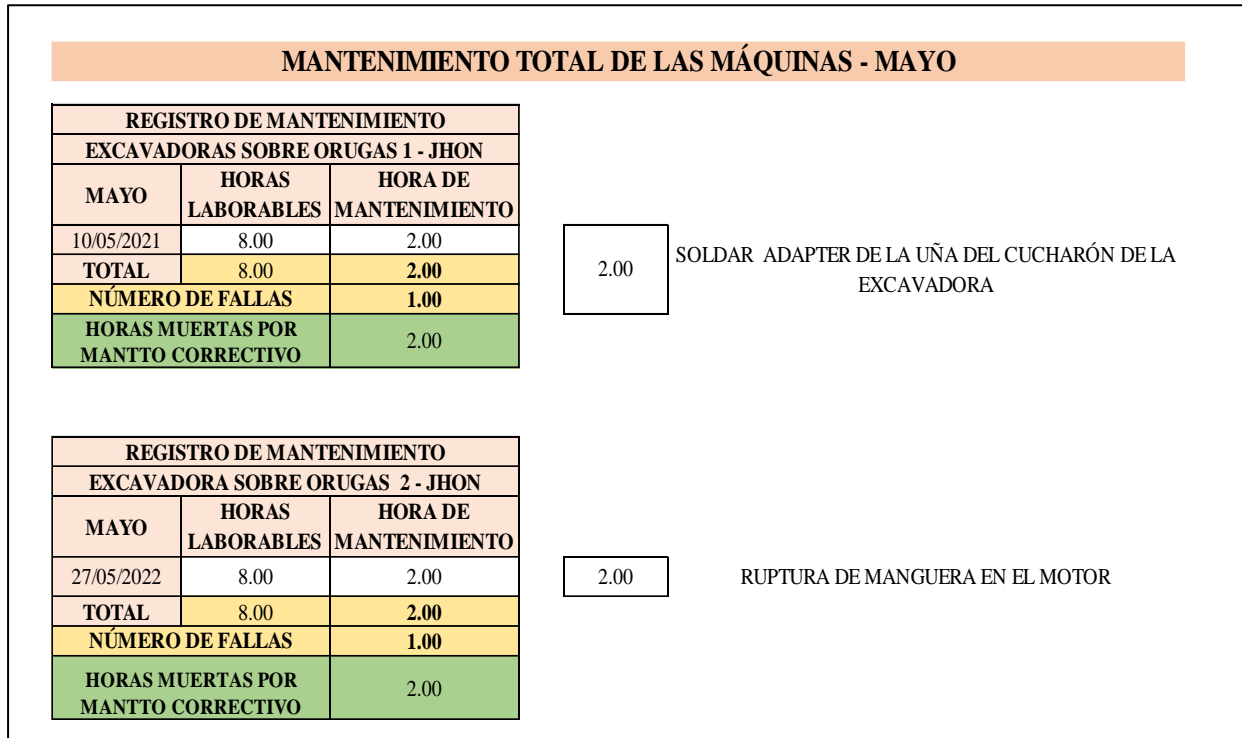


Figura 37. Mantenimiento total de las máquinas – mayo 2022

Durante mayo del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante mayo del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

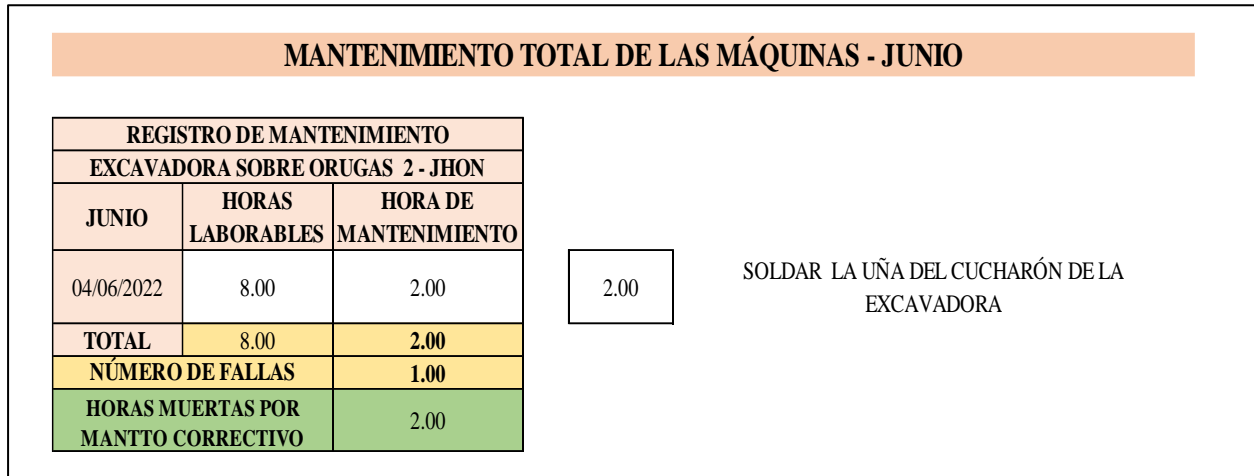


Figura 38. Mantenimiento total de las máquinas – junio 2022

Durante junio del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

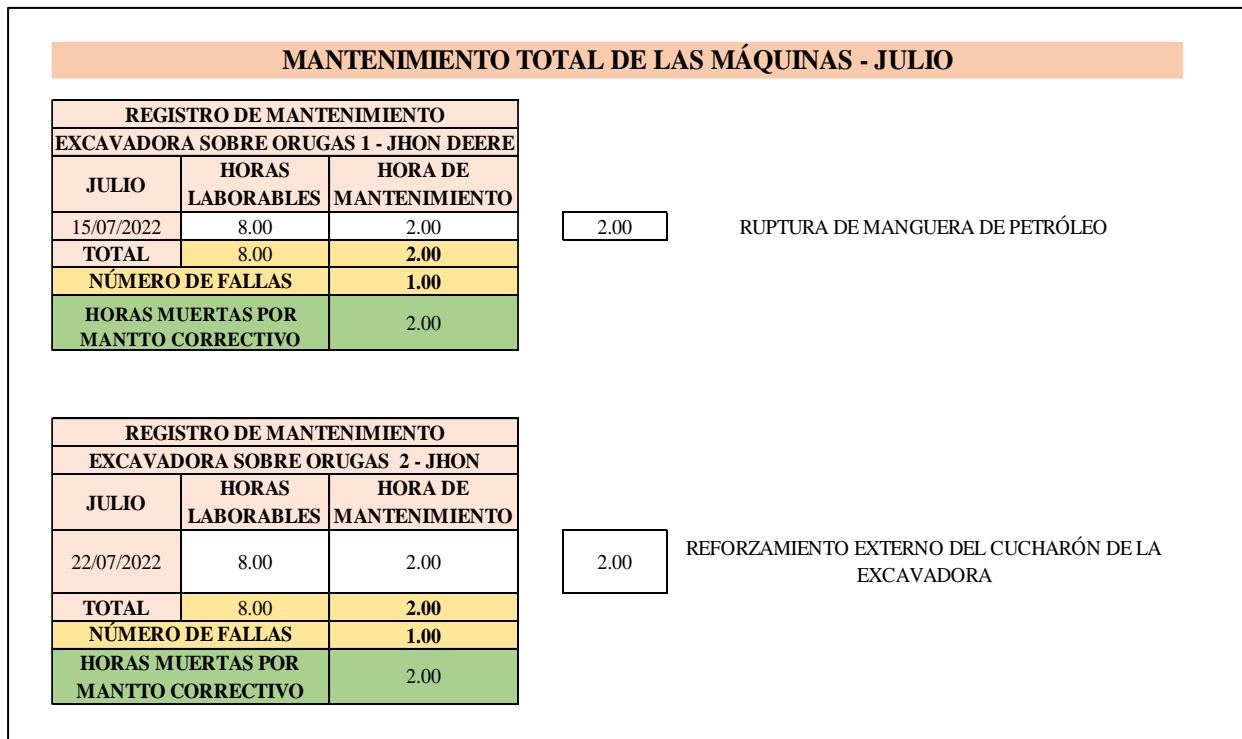


Figura 39. Mantenimiento total de las máquinas – julio 2022

Durante julio del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante julio del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

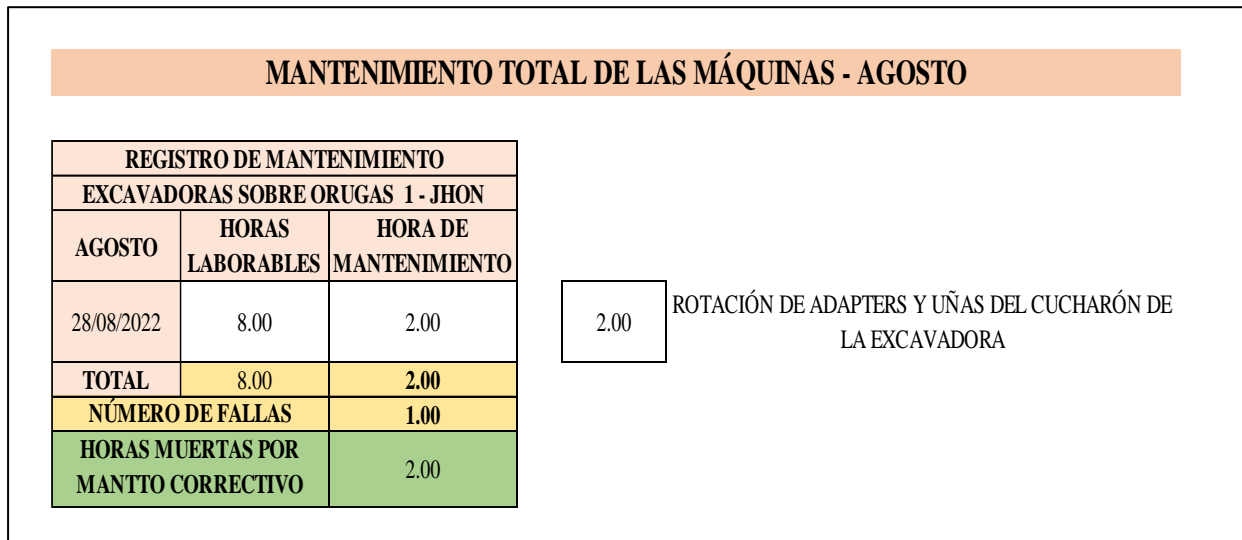


Figura 40. Mantenimiento total de las máquinas – agosto 2022

Durante agosto del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

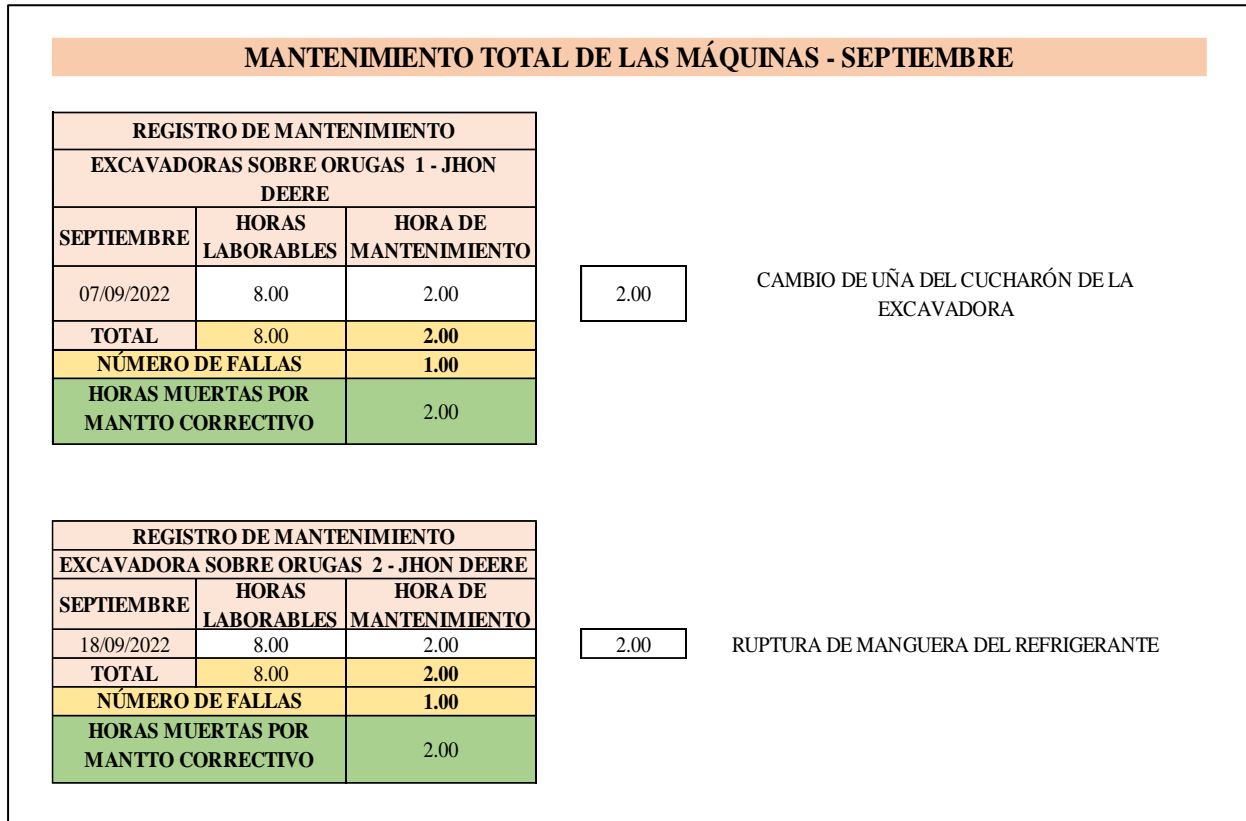


Figura 41. Mantenimiento total de las máquinas – septiembre 2022

Durante setiembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante setiembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

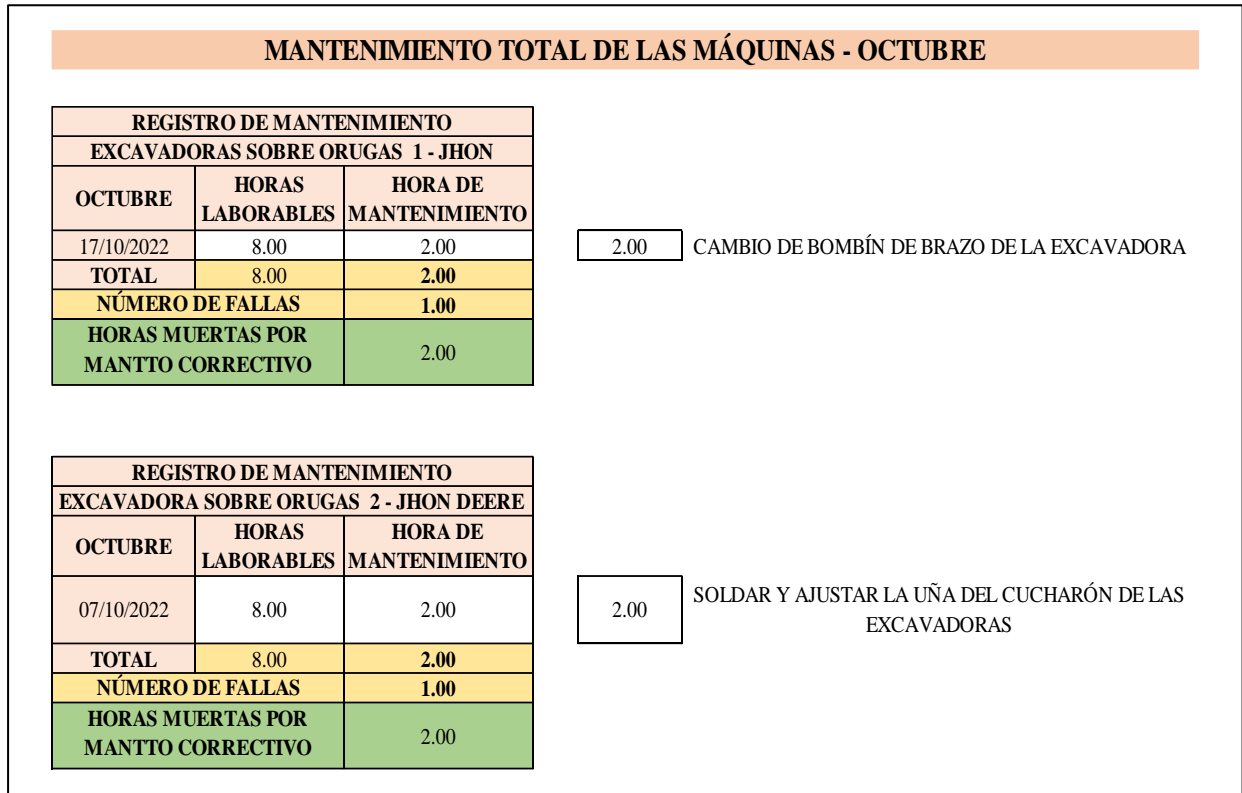


Figura 42. Mantenimiento total de las máquinas – octubre 2022

Durante octubre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante octubre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

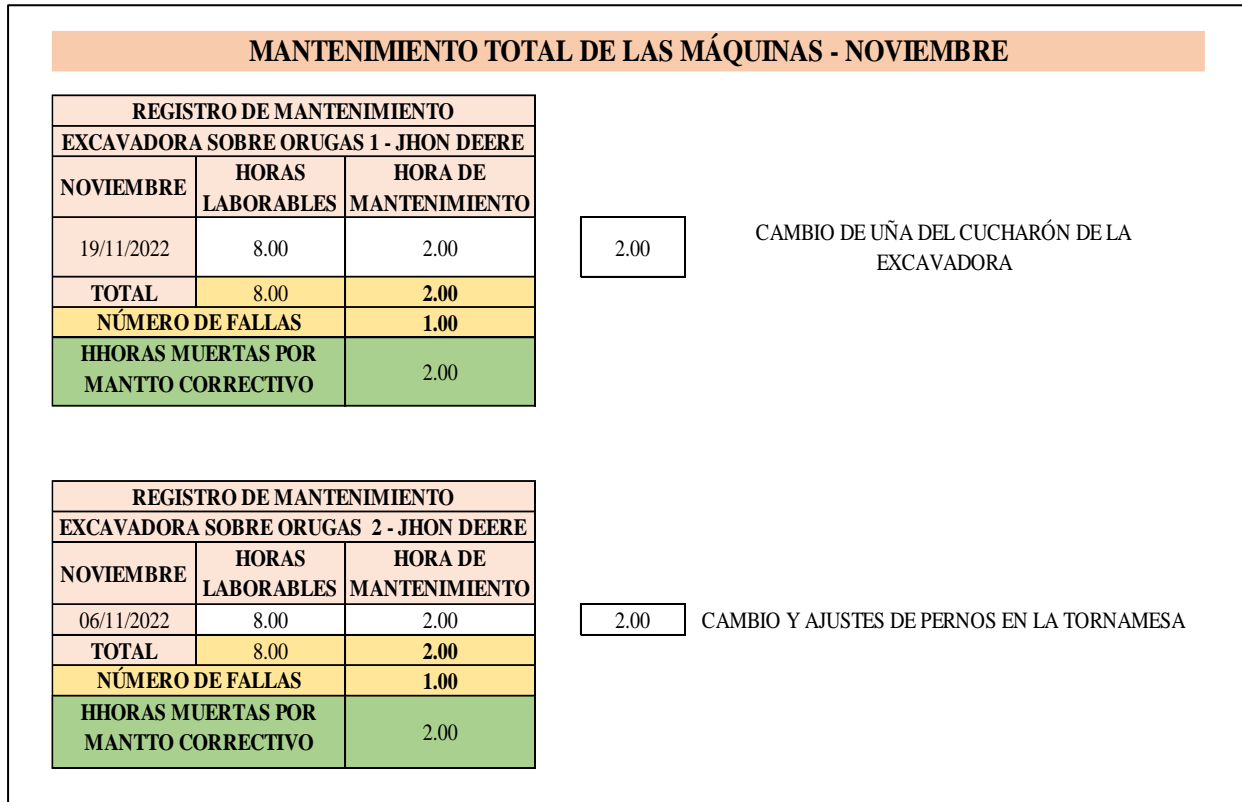


Figura 43. Mantenimiento total de las máquinas – noviembre 2022

Durante noviembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante noviembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

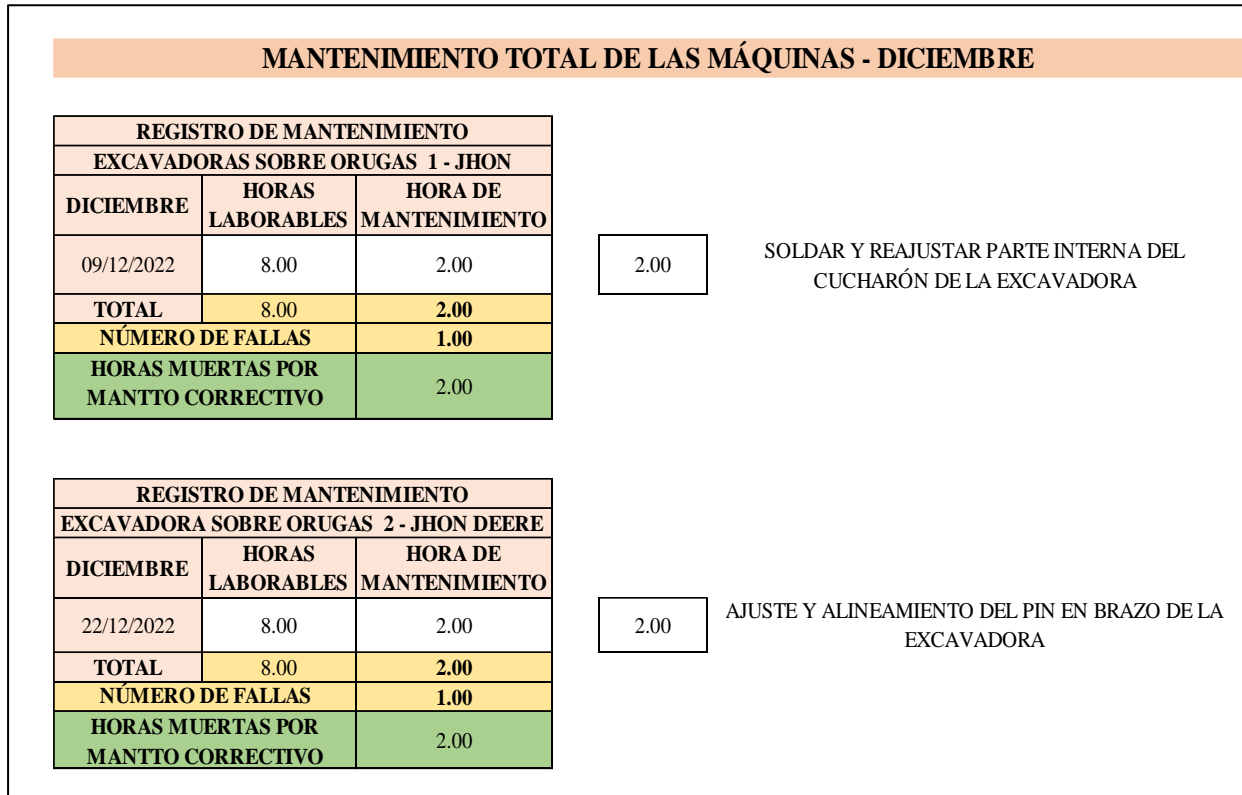


Figura 44. Mantenimiento total de las máquinas – diciembre 2022

Durante diciembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 01, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Durante diciembre del 2022, se ha registrado un total de 1 falla para la excavadora N° 02, solucionar esta falla demandó un total de 2.00 horas- máquina pérdidas ya que la máquina tuvo que ser enviada a taller para su reparación, la totalidad de estas 2.00 horas - máquina pérdidas significan fallas relacionadas con mantenimiento correctivo.

Estimación del rendimiento de la maquinaria pesada durante el año 2022

Las programaciones de los trabajos en campo consideran una jornada laboral de 8 horas promedio, y un total de 24 días laborados en el mes, obteniendo un total de 192 horas – máquinas programadas en cada mes durante el año 2022.

Considerando que las excavadoras tienen poco horometraje debido a que tienen menos de 3 años de uso, sus rendimientos deberían bordear el 100% y cumplir con las programaciones.

De las Figuras (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44) se están tomando los totales de los números de fallas y tiempos muertos por cada mes del año 2022, teniendo en cuenta que las fallas que se presentan en las excavadoras deben ser solucionadas con mantenimiento correctivo, ya que en este período ya ha sido implementado el Plan de mantenimiento Preventivo, por tanto, no debería haber fallas relacionadas a este. El tiempo que se tarda en reparar este tipo de falla, se está considerando un tiempo muerto de la máquina, puesto que deja de realizar los trabajos programados durante el día que suscitan las fallas. En ese sentido, las horas laboradas están siendo menores a las programadas la programación de la obra.

En las siguientes tablas se muestran los rendimientos mensuales de las excavadoras, donde se podrá apreciar los rendimientos reales de las excavadoras durante el año 2022 tras la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo de la maquinaria pesada en la empresa Constructora Renlop S.A.C. bordeando 100% por tratarse de excavadoras con menos de 3 años de uso)

EXCAVADORA #01 - SERIE F9350GXPMD808430																								
INDICADOR	Ene-22		Feb-22		Mar-22		Abr-22		May-22		Jun-22		Jul-22		Ago-22		Set-22		Oct-22		Nov-22		Dic-22	
	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO
FALLAS POR CORREGIR CON MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
TOTAL	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
HORAS PROGRAMADAS DE TRABAJO		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00
HORAS LABORADAS DE TRABAJO		190.00		190.00		188.00		192.00		190.00		192.00		190.00		190.00		190.00		190.00		190.00		190.00
RENDIMIENTO MENSUAL DE LA MÁQUINA		98.96		98.96		97.92		100.00		98.96		100.00		98.96		98.96		98.96		98.96		98.96		98.96

Figura 45. Rendimiento de la Excavadora N°1 durante el año 2022.

EXCAVADORA #02 - SERIE F9350GXTND808542																								
INDICADOR	Ene-22		Feb-22		Mar-22		Abr-22		May-22		Jun-22		Jul-22		Ago-22		Set-22		Oct-22		Nov-22		Dic-22	
	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO	NUMERO DE FALLAS	TIEMPOS MUERTO
FALLAS POR CORREGIR CON MANTENIMIENTO CORRECTIVO	2.00	3.25	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
TOTAL	2.00	3.25	1.00	4.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00
HORAS PROGRAMADAS DE TRABAJO		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00		192.00
HORAS LABORADAS DE TRABAJO		188.75		188.00		190.00		190.00		190.00		190.00		190.00		192.00		190.00		190.00		190.00		190.00
RENDIMIENTO MENSUAL DE LA MÁQUINA		98.31		97.92		98.96		98.96		98.96		98.96		98.96		100.00		98.96		98.96		98.96		98.96

Figura 46. Rendimiento de la Excavadora N°2 durante el año 2022.

Interpretación

Las horas - máquinas laboradas al año resultan de las horas - máquinas programadas menos el total de tiempo muerto (hrs.) al año, tal como lo muestra la siguiente formula.

$$\text{Hrs. - máq laboradas al año} = \text{Hrs. máq. programadas al año} - \text{Total tiempo muerto (hrs.)}$$

Para la excavadora N° 01, tenemos un total anual de 2 282 horas - máquina laboradas en el año 2022.

Para la excavadora N° 02, tenemos un total anual de 2278.75 horas - máquina laboradas en el año 2022.

El rendimiento anual para las excavadoras se ha calculado a partir de las horas - máquina laboradas en el año 2022 sobre las horas – máquinas programadas en el año 2022 multiplicadas por 100, tal como lo muestra la siguiente formula

$$\text{Rendimiento anual de máq.} = \frac{\text{hrs. máq. laboradas}}{\text{hrs. máq. programadas}} \times 100$$

Para la excavado N° 01 se tiene un rendimiento de:

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°01} = \frac{2\ 282}{2\ 304} \times 100$$

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°01} = 99.05$$

Para la excavado N° 02 se tiene un rendimiento de:

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°02} = \frac{2\ 278.75}{2\ 304} \times 100$$

$$\text{Rendimiento anual de máq. N°02} = 98.90$$

Costos de hora muerta de la maquinaria en el 2022.

Durante el año 2022, la excavadora N°01 presenta un total de 11 fallas, la totalidad de ellas deben ser solucionadas con mantenimiento correctivo, puesto que ya se implementó el Plan de Mantenimiento Preventivo, ya que ninguna de estas fallas está relacionada por deficiencias en este,

aun así las fallas que demandan mantenimiento correctivo tienen un total 22.00 horas – máquinas pérdidas, lo que se traduce en tiempo muerto de la máquina. A continuación, se presenta la Tabla 8, donde se muestra el resumen anual de fallas y tiempos muertos para la excavadora N°01.

Tabla 8

Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°01 durante el 2022.

Resumen Anual 2021		
Indicador	enero - diciembre 2021	
	Numero De Fallas	Tiempos Muerto (Hrs. – Máq.)
Fallas Por Corregir Con		
Mantenimiento Correctivo	11	22
Total	11	22

Las excavadoras Jhon Deere modelo 350 GLC, tiene 271 HP de potencia nominal neta según su ficha técnica, por tanto, su costo de alquiler por hora – máquina oscila a nivel nacional aproximadamente entre los 400.00 soles sin I.G.V.

Tomando como referencia las 22.00 horas – máquina de tiempo muerto anual indicados en la Tabla 8 y multiplicados por el costo de la hora máquina que son 400.00 soles, se obtiene un total de 8 800.00 soles que se han dejado de percibir durante el año 2022, debido a las fallas que se demandaron mantenimiento correctivo para la excavadora N° 01.

Durante el año 2022, la excavadora N°02 presenta un total de 12 fallas, la totalidad de ellas deben ser solucionadas con mantenimiento correctivo, puesto que ya se implementó el Plan de Mantenimiento Preventivo, debido a que ninguna de estas fallas está relacionada por deficiencias en este, aun así las fallas que demandan mantenimiento correctivo demandan 25.25 horas – máquinas pérdidas, lo que se traduce en tiempo muerto de la máquina. A continuación, se presenta

la Tabla 9, donde se muestra el resumen anual de fallas y tiempos muertos para la excavadora N°02.

Tabla 9

Resumen anual de fallas y tiempos muertos de la excavadora N°02 durante el 2022.

Indicador	Resumen Anual 2021	
	enero - diciembre 2021	
	Numero De Fallas	Tiempos Muerto (Hrs. – Máq.)
Fallas Por Corregir Con Mantenimiento Correctivo	12	25.5
Total	12	25.25

Las excavadoras Jhon Deere modelo 350 GLC, tiene 271 HP de potencia nominal neta según su ficha técnica, por tanto, su costo de alquiler por hora – máquina oscila a nivel nacional aproximadamente entre los 400.00 soles sin I.G.V.

Tomando como referencia las 25.25 horas – máquina de tiempo muerto anual indicados en la Tabla 9 y multiplicados por el costo de la hora máquina que son 400.00 soles, se obtiene un total de 10 100.00 soles que se han dejado de percibir durante el año 2022, debido a las fallas que se demandaron mantenimiento correctivo para la excavadora N° 02.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A través de Ishikawa se identificó las causas raíces de los tiempos muertos, los factores asociados al estudio estuvieron enfocados en el personal, maquinaria, medición, método y materiales, determinando la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada; no registra un historial de fallas, los continuos mantenimientos correctivos, la ausencia de inspecciones diarias, la supervisión inexistente durante los trabajos, la falta de capacitación a operadores y técnicos de mantenimiento, la presencia de repuestos con defectos y falta de motivación.

A través de la aplicación de Pareto se identificó la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo, la falta de un historial de fallas, los mantenimientos correctivos, la ausencia de inspecciones diarias, representan en su conjunto el 81.63% las causas raíces de los tiempos muertos de la maquinaria pesada.

Durante el año 2021 para la excavadora N° 01, se tiene registrado un total de 89 fallas, 78 de estas fallas ocurrieron por no aplicar mantenimiento preventivo y 11 necesitaron ser solucionadas con mantenimiento correctivo. En el mismo año, para la excavadora N° 02, se tiene registrado un total de 82 fallas, 70 de estas fallas ocurrieron por no aplicar mantenimiento preventivo y 12 necesitaron ser solucionadas con mantenimiento correctivo. Tras la aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo durante el año 2022, para la excavadora N°01, se tiene registrado un total de 11 fallas que necesitaron ser solucionadas con mantenimiento correctivo, mientras que la excavadora N° 02, registró un total de 12 fallas que fueron atendidas con mantenimiento correctivo. Por tanto, se evidencia la minimización de fallas tras aplicar el Plan de Mantenimiento Preventivo.

De la conclusión anterior se toma el número de fallas ocurridas para cada excavadora, este total de fallas significaron horas – máquina pérdidas, lo que se traduce en tiempos muertos; es así que durante el año 2021 la excavadora N°01 presenta 129.5 horas- máquinas pérdidas, y un rendimiento anual de 94.38%, mientras que la excavadora N°02 presenta 118.75 horas – máquinas pérdidas, y un rendimiento anual de 94.85%. Para el año 2022, tras la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se tiene que la excavadora N° 01 presenta 22 horas – máquinas pérdidas y un rendimiento anual de 99.05%, mientras que la excavadora N°02 presentó 25.25 horas- máquina pérdidas y un rendimiento de 98.90%. Por tanto, se evidencia que, a través de la aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo hay una minimización de las horas máquina - pérdidas (tiempo muerto) y una maximización del rendimiento de ambas excavadoras para el año 2022 en relación al año 2021.

Según la matriz de Servicio de Mantenimiento Preventivo, se indica que para realizar un Plan de Mantenimiento Preventivo se necesita un total de 81 insumos según el ANEXO N° 3, entre ellos; filtros de aceite de motor, filtros de combustible primario y final kit, filtros de combustible y separador de agua auxiliar, elementos de filtro de aceite del depósito hidráulico, filtros de aire primario, filtros de aire secundario, válvulas de descarga de polvo, elementos de filtro de aceite de control piloto, empaquetaduras de cubierta de balancines, amortiguadores de torsión, filtros de tapa de respiradero del depósito hidráulico, filtros de aire fresco de cabina, John Deere Cool – Gard -II premezclado, aceite de motor John Deere Plus – 50 II, aceite de la transmisión API GL-5 caja de engranajes de giro, aceite de la transmisión API GL-5 caja de engranajes de propulsión (ambos) y aceite hidráulico Hitachi SUPER EX 46hn.

Según los manuales de mantenimiento de John Deere, se tienen siete tipos de intervalos para realizar el Mantenimiento Preventivo de las excavadoras, el PM1 (Preventive Maintenance

1) se realizará cada 250 horas – máquina trabajadas, el PM2 (Preventive Maintenance 2) se realizará cada 500 horas – máquina trabajadas, el PM3 (Preventive Maintenance 3) se realizará cada 1000 horas – máquina trabajadas, el PM4 (Preventive Maintenance 1) se realizará cada 2000 horas – máquina trabajadas, el PM5 (Preventive Maintenance 5) se realizará cada 4000 horas – máquina trabajadas, el PM6 (Preventive Maintenance 6) se realizará cada 5000 horas- máquina trabajadas y el PM7 (Preventive Maintenance 7) se realizará cada 6000 horas – máquina trabajadas.

Recomendaciones

- Se deberá mantener una constante planificación y control en los mantenimientos preventivos. Aunque ya se haya implementado un plan de mantenimiento preventivo, siempre se puede encontrar nuevas oportunidades de mejora. Los diagramas de Pareto e Ishikawa son de gran utilidad como herramientas de calidad y de ellos nos podemos apalancar para encontrar oportunidades de mejora. Por ello se recomienda la búsqueda constante de herramientas de ingeniería que ayuden a complementar el plan ya aplicado.
- Capacitar de manera constante a los colaboradores en los métodos ya aprendidos del tema de mantenimiento preventivo y sobre todo la búsqueda constante de herramientas para minimizar significativamente los tiempos muertos, con la intención de mejorar la productividad dentro de la empresa Constructora Renlop S.A.C. La inversión en el aprendizaje y reclutamiento de personal apto, desde la gerencia hasta la parte técnica, contribuirá a la correcta toma y ejecución de decisiones para cumplir con la programación y realización de estos mantenimientos, y esto se verá reflejado en el aumento de la productividad y utilidades para la empresa Constructora Renlop S.A.C.

- Se deberá continuar con el Plan de Mantenimiento Preventivo para el período 2023 ya que la proyección realizada en el presente trabajo abarca hasta el PM7 (Preventive Maintenance 7), y luego de ello se deberá seguir actualizando para los años siguientes, estandarizar el plan de mantenimiento preventivo, deberá formar parte de la cultura organizacional de la empresa Constructora Renlop S.A.C.

Al concluir el presente trabajo de investigación puedo dar fe que me involucré directamente con el área de mantenimiento de la empresa Constructora Renlop S.A.C, esto ha contribuido positivamente a mi formación profesional y personal, de esta experiencia puedo dar a conocer las siguientes lecciones aprendidas.

- Los controles de ingeniería muchas veces los aprendemos teóricamente sin embargo no los aplicamos directamente en la práctica, muchas veces por falta de conocimiento, tal vez porque no contamos con los recursos necesarios para aplicarlos o simplemente porque tenemos miedo o resistencia al cambio, en esta oportunidad se ha comprobado que haciendo una revisión de los manuales de operación y mantenimiento se han podido diseñar el Plan de Mantenimiento Preventivo y adaptarlo a las necesidades de la empresa Constructora Renlop S.A.C. obteniendo resultados satisfactorios para la misma.
- Los controles administrativos o de gestión forman parte importante dentro de la política de la empresa, difundirlos y aplicarlos en todo nivel jerárquico construye la cultura organizacional de la empresa, permitiendo estandarizar procesos relacionados con la cadena de valor, para finalmente maximizar la producción y por consiguiente incrementar la rentabilidad.

- El planeamiento que involucra objetivos medibles en el tiempo, la ejecución y puesta en marcha de este plan, el seguimiento de los resultados y progresos nos darán una retroalimentación para finalmente actuar sobre lo que aún falta mejorar y tomar decisiones sobre nuevas estrategias a aplicar, esta evaluación es cíclica que tiene por finalidad mejorar los procesos y la relación entre estos.

REFERENCIAS

- Abarca Bonilla, A., Mazon Buñay, B., & Flores Zavala, A. (2022). Mantenimiento preventivo del sistema de alimentación de combustible del vehículo Chevrolet Grand Vitara SZ v6. 593 - *digital Publisher CEIT*, 7(Extra 6-1), 381–389.
- Alavedra Flores, C., Gastelu Pinedo, Y., Méndez Orellana, G., Minaya Luna, C., Pineda Ocas, B., Prieto Gilio, K., Ríos Mejía, K., & Moreno Rojo, C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, 34, 11–26.
- Ballesteros Sanabria, S. L., Gómez Palomino, N. A., & Robles Silva, W. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo del proceso de trituración para la industria minera. *Revista Matices Tecnológicos Sección*, 12, 45–51.
- Beltran Freite, M. A., Fuentes Polo, B. Y., & Martinez Ramirez, K. (2014). *Definición De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para Los Equipos Clasificados Como Críticos E Identificación De Las Fallas Mecánicas De Mayor Impacto En La Planta De Producción De Itacol S.A Barranquilla* [UNIVERSIDAD DE LA COSTA].
<http://hdl.handle.net/11323/4857>
- Cruz Hernández, A., Iparraguirre Guillén, D. D., Lozano Vega, E., Parimango Guevara, L. Y., & Castillo Cabrera, R. (2020). Diseño de plan de mantenimiento preventivo, kardex, vsm y balance de línea para reducir costos. *Revista Científica Ingeniería Ciencia, Tecnología e Innovación*, 7(2), 84–92.
- Cuatrecasas, L. (2022). *Manual de organización e ingeniería de la producción y gestión*
https://www.profiteditorial.com/wp-content/uploads/2021/12/9788418464102_FRONTAL-400x565.jpg *operaciones.*

- PROFIT editorial. <https://www.profiteditorial.com/libro/manual-de-organizacion-e-ingenieria-de-la-produccion-y-gestion-de-operaciones/>
- De Oliveira, U. R., Hilda Anatiely, D. de S., Menezes, C. A. G., & Martins Rocha, H. (2023). Plan de intervención de mantenimiento preventivo de máquinas enderezadoras basado en AHP: un estudio de caso en una empresa siderúrgica de Brasil. *Oper Manag Res.* <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00368-x>
- Dounce Villanueva, E., Dounce Pérez-Tagle, J. F., & López de León, C. (2015). *La productividad en el mantenimiento industrial* (3a. Ed). Grupo Editorial Patria. https://www.academia.edu/38584763/03_ED_DOUCEN_VILLANUEVA_ENRIQUE_LA_PRODUCCTIVIDAD_EN_EL_MANTENIMIENTO_INDUSTRIAL_pdf
- Dui, H., Zhang, C., Tian, T., & Wu, S. (2022). Mantenimiento preventivo de componentes con diferentes costos y cambios en la vida útil del sistema. *Reliability Engineering & System Safety*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108755>
- Flores Velasco, F. (2021). “Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Disponibilidad De Los Equipos En La Empresa Choco Museo—Cusco 2020” [Universidad Andina del Cuzco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4209>
- Gonzáles Sánchez, J., & Patiño Villegas, J. (2019). *Los gastos operativos y la utilidad de la empresa de servicios Tannaño S.A.C. del distrito de Carabayllo, año 2015* [Universidad de Ciencias y Humanidades]. [https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/417/Gonzales_J_Pati% c3% b1o_JA_tesis_contabilidad_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/417/Gonzales_J_Pati%c3%b1o_JA_tesis_contabilidad_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Komatsu. (2022). *Lo que debes saber sobre la maquinaria pesada: Definición y tipos*. Komatsu. <https://www.komatsulatioamerica.com/colombia/maquinaria-pesada-definicion-y-tipos/>

- Mago Ramos, M. G., & Rocha Pachón, S. (2021). Diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Granitos y Mármoles Acabados SAS. *Ciencia y Poder Aéreo*, 16(2), 98–111. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.703>
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Mejora de la gestión del mantenimiento preventivo en una empresa de soluciones energéticas. *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021)*, 51, 1551–1558. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- Mendoza Bustamante, D. R. (2021). *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para Reducir las Paradas Imprevistas del Sistema de Producción de Vapor y Agua Caliente para los Servicios Usuarios del Hospital Regional de Ayacucho*. [Aplicada, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5281>
- Miranda Salinas, Y. R. (2020). “*Implementación De Un Plan De Mantenimiento Predictivo Por Análisis De Vibraciones En Equipos Rotativos Críticos En La Central Termoeléctrica Santo Domingo De Los Olleros*” [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/25115>
- Moreano Castillo, F. R., & Pérez Vega, E. (2020). Plan de mantenimiento preventivo para la mejora del índice de falla de un sistema de transporte neumático. *Dominio de las Ciencias*, 6(4), 307–323.
- Peralta Salvatierra, G. (2019). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica AR&ML Constructores E.I.R.L., San Juan de Lurigancho, 2019* [Universidad Nacional Del Callao].

http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4583/PERALTA_FIME_MAESTRIA_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*.

Ediciones

USTA.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Quiroz Flores, J. C., & Vega Alvites, M. L. (2022). Revisión del modelo de gestión de la producción de manufactura esbelta bajo el enfoque de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia en las pymes de la industria del plástico: Un caso de estudio. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(2), 143–156.

Ripalda Larrain, B. H. (2017). *Definir la rentabilidad de la empresa Venta de Computadoras y Repuestos, periodo 2013 y 2014* [UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ].

<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/195>

Rodríguez, J. (2022). Diagrama de Pareto: Qué es, para qué sirve, cómo hacerlo y ejemplos.

HubSpot. <https://blog.hubspot.es/sales/como-hacer-diagrama-pareto>

Sánchez Varela, D. (2018). *Estimación de rendimiento y productividad de equipo y mano de obra de un proyecto vial con declaratoria de emergencia* [Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Construcción]. <https://hdl.handle.net/2238/10487>

Silva Urbina, I., Rodríguez Pineda, M., Acosta Roza, R., & Gómez Monsalve, P. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF. *Mundo FESC*, 9(18), 36–46.

Vázquez Barajas, P. E. (2017). *Prototipo De Aplicación Para La Gestión De Datos De Tiempos*

Muertos En Una Empresa [Universidad Autónoma De Ciudad Juárez].

<http://hdl.handle.net/20.500.11961/4920>

Vázquez, K., Rodríguez, R. R., & Esteban, M. D. (2023). Propuesta de programa de inspecciones

periódicas para el mantenimiento preventivo de monopilotes marinos. *Ocean Engineering*,

277. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114262>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Encuesta.



CONSTRUCTORA
RENLOP S.A.C.

MANTENIMIENTO

ENCUESTA MENSUAL PARA ESTUDIO DE REALIDAD PROBLEMÁTICA

EMPRESA		FECHA:
ÁREA LABORAL		
PUESTO DE TRABAJO		HORA:

ENCUESTA PARA APLICAR A LOS MECÁNICOS, GERENCIA, PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA.


1. ¿Existe un plan de mantenimiento preventivo en su empresa?
a) SI b) NO
2. ¿La empresa ha realizado alguna capacitación de mantenimiento preventivo a operadores y técnicos?
SI b) NO
3. ¿Existe registros diarios de la inspección de la maquinaria?
a) SI b) NO
4. ¿Se realizan inspecciones diarias de la maquinaria?
a) SI b) NO c) DE VEZ EN CUANDO
5. ¿La logística es oportuna en abastecimiento de los repuestos?
a) SI b) NO
6. ¿Los repuestos adquiridos son de calidad?
a) SI b) NO
7. ¿Los operadores están calificados para realizar sus labores?
a) SI b) NO
8. ¿Existe un historial de fallas de la maquinaria?
a) SI b) NO
9. ¿Existe liderazgo en el área de mantenimiento?
a) SI b) NO c) DE VEZ EN CUANDO
10. ¿Es frecuente el reporte de mantenimiento correctivo?
a) SI b) NO
11. ¿Existe supervisión durante los trabajos de mantenimiento?
a) SI b) NO
12. ¿Se ha estandarizado un plan de mantenimiento preventivo?
a) SI b) NO
13. ¿El abastecimiento de petróleo es oportuno para la demanda que requieren las maquinas?
a) SI b) NO
14. ¿Se improvisa soluciones para la reparación de las maquinas?
a) SI b) NO


INDICA ALGÚN DE INTERÉS QUE TE GUSTARÍA QUE SE HABLE EN LAS CHARLAS DIARIAS:

.....


¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!

ANEXO N° 2. Matriz de intervalos de mantenimiento de las Excavadoras N° 1 y N° 2.

		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE														
		Tipo de Excavadora: Sobre orugas				Modelo: 350 GLC				Fecha: 01/01/2022						
Empresa: Constructora Renlop S.A.C.		Serie: F9350GXPM808430														
TIPO DE MANTENIMIENTO						PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 10 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS	PRIMERAS 250 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	A NECESIDAD	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	PRIMER MES DE TRABAJO	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HOROMETRO		5730	5780	5830	N/A	5980	6230	6480	6730	6980	7230	7480	7730	7980	8230	8480
EXTRACCION Y LIMPIEZA DE LA MALLA FILTRANTE DE ENTRADA DE DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	X															
REVISION DE NIVEL DEL FLUIDO LAVAPARABRISAS	X															
REVISION Y LIMPIEZA DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR	X															
REVISION Y AJUSTE DE LA HOLGURA DE LA CADENA	X															
LIMPIEZA DE CRISTAL DIFUSOR DE LA CAMARA TRASERA	X															
LIMPIEZA Y APRIETE DE LOS BORNES DE LA BATERIA	X															
REVISION DEL NIVEL DEL ACEITE EN EL DEPOSITO HIDRAULICO		X														
REVISION DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR		X														
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR		X														
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL SUMIDERO DEL DEPOSITO DE COMBUSTIBLE			X													
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA			X													
ENGRASE DE PIVOTES DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO			X													
VACIADO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA			X													
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL			X													
INSPECCION Y APRIETE DE TORNILLERIA DE LAS CADENAS DE ORUGA				X												
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DE FILTRO					X											
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO						X		X		X		X		X		X
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA						X		X		X		X		X		X
REVISION DEL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERIA HIBRIDA (SI EXISTE)						X		X		X		X		X		X
REVISION Y AJUSTE DE LA CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO						X		X		X		X		X		X
REVISION DE NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION						X		X		X		X		X		X
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL DEPOSITO HIDRAULICO						X		X		X		X		X		X
MUESTREO DE ACEITE MOTOR						X		X		X		X		X		X
ENGRASE DE JUNTAS DE PASADORES DEL EXTREMO DELANTERO						X		X		X		X		X		X


		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE														
Tipo de Excavadora: Sobre orugas						Modelo : 350 GLC								Fecha 01/01/2022		
Empresa: Constructora Renlop S.A.C.						Serie: F9350GXPMD808430										
TIPO DE MANTENIMIENTO						PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 10 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS	PRIMERAS 250 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	A NECESIDAD	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	PRIMER MES DE TRABAJO	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HOROMETRO		5730	5780	5830	N/A	5980	6230	6480	6730	6980	7230	7480	7730	7980	8230	8480
REVISION DE CONDUCTOS DE ADMISION DE AIRE							X				X				X	
ENGRASE DEL ENGRANAJE DEL RODAMIENTO DE GIRO							X				X				X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DEL FILTRO							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA							X				X				X	
ENGRASE DEL RODAMIENTO DE GIRO							X				X				X	
MUESTREO DEL COMBUSTIBLE DIESEL							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE GIRO							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE HIDRAULICO							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL							X				X				X	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE FRESCO Y DE RECIRCULACION DE LA CABINA (SUSTITUIR CADA SEIS LIMPIEZAS)							X				X				X	
MUESTREO DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR							X				X				X	
MUESTREO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE PROPULSION							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE LA BOMBA							X				X				X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA									X							
SUSTICION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE									X							
SUSTICION DEL FILTRO DE ACEITE DE CONTROL									X							
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA									X							
RETIRO Y LIMPIEZA DE TUBO DE VENTILACION DEL CARTER DEL MOTOR									X							
INSPECCION DE LA CORREA SERPENTINA									X							
SUSTITUCION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE									X							
SUSTITUCION DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DEL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR									X							
REVISION DEL ESTADO DE REFRIGERANTE									X							
REVISION Y AJUSTE DEL JUEGO DE VALVULA S DEL MOTOR													X			
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION													X			
SUSTITUCION DEL AMORTIGUADOR DE TORSION DEL MOTOR																
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DEL DEPOSITO HIDRAULICO																
SUSTITUCION DEL FILTRO DE TAPA DE ORIFICIO DE VENTILACION DEL DEPOSITO DEL SISTEMA HIDRAULICO																
VACIADO, ENGUAJE Y LLENADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR																


EJECUTADO

		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE												
Tipo de Excavadora:		Modelo :					350 GLC					Fecha		
Empresa:		Serie:					F9350GXPMD808430					01/01/2022		
TIPO DE MANTENIMIENTO		PM3	PM1	PM2	PM1	PM5	PM1	PM2	PM1	PM6	PM1	PM2	PM1	PM7
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 4000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 5000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 6000 HORAS
	A NECESIDAD					CADA 16 MESES				CADA 20 MESES				CADA 24 MESES O 2 AÑOS
HOROMETRO		8730	8980	9230	9480	9730	9980	10230	10480	10730	10980	11230	11480	11730
EXTRACCION Y LIMPIEZA DE LA MALLA FILTRANTE DE ENTRADA DE DESOPOSITO DE COMBUSTIBLE	X													
REVISION DE NIVEL DEL FLUIDO LAVAPARABRISAS	X													
REVISION Y LIMPIEZA DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR	X													
REVISION Y AJUSTE DE LA HOLGURA DE LA CADENA	X													
LIMPIEZA DE CRISTAL DIFUSOR DE LA CAMARA TRASERA	X													
LIMPIEZA Y APRIETE DE LOS BORNES DE LA BATERIA	X													
REVISION DEL NIVEL DEL ACEITE EN EL DEPOSITO HIDRAULICO														
REVISION DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR														
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR														
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL SUMIDERO DEL DEPOSITO DE COMBUSTIBLE														
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA														
ENGRASE DE PIVOTES DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO														
VACIADO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA														
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL														
INSPECCION Y APRIETE DE TORNILLERIA DE LAS CADENAS DE ORUGA														
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DE FILTRO														
REVISION DEL NIVEL DE ACIETE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO			X		X		X		X		X		X	
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA			X		X		X		X		X		X	
REVISION DEL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERIA HIBRIDA (SI EXISTE)			X		X		X		X		X		X	
REVISION Y AJUSTE DE LA CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO			X		X		X		X		X		X	
REVISION DE NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION			X		X		X		X		X		X	
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL DEPOSITO HIDRAULICO			X		X		X		X		X		X	
MUESTREO DE ACEITE MOTOR			X		X		X		X		X		X	
ENGRASE DE JUNTAS DE PASADORES DEL EXTREMO DELANTERO			X		X		X		X		X		X	

		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE												
Tipo de Excavadora:		Modelo :						350 GLC				Fecha	01/01/2022	
Empresa:		Serie:						F9350GXPMD808430						
TIPO DE MANTENIMIENTO		PM3	PM1	PM2	PM1	PM5	PM1	PM2	PM1	PM6	PM1	PM2	PM1	PM7
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 4000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 5000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 6000 HORAS
	A NECESIDAD					CADA 16 MESES				CADA 20 MESES				CADA 24 MESES O 2 AÑOS
HOROMETRO		8730	8980	9230	9480	9730	9980	10230	10480	10730	10980	11230	11480	11730
REVISION DE CONDUCTOS DE ADMISION DE AIRE				X				X				X		
ENGRASE DEL ENGRANAJE DEL RODAMIENTO DE GIRO				X				X				X		
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DEL FILTRO				X				X				X		
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA				X				X				X		
ENGRASE DEL RODAMIENTO DE GIRO				X				X				X		
MUESTREO DEL COMBUSTIBLE DIESEL				X				X				X		
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE GIRO				X				X				X		
MUESTREO DEL ACEITE HIDRAULICO				X				X				X		
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA				X				X				X		
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL				X				X				X		
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE FRESCO Y DE RECIRCULACION DE LA CABINA (SUSTITUIR CADA SEIS LIMPIEZAS)				X				X				X		
MUESTREO DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR				X				X				X		
MUESTREO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE PROPULSION				X				X				X		
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE LA BOMBA				X				X				X		
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA		X												
SUSTICION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE		X												
SUSTICION DEL FILTRO DE ACEITE DE CONTROL		X												
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA		X												
RETIRO Y LIMPIEZA DE TUBO DE VENTILACION DEL CARTER DEL MOTOR		X												
INSPECCION DE LA CORREA SERPENTINA		X												
SUSTITUCION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE		X												
SUSTITUCION DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DEL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR		X												
REVISION DEL ESTADO DE REFRIGERANTE		X												
REVISION Y AJUSTE DEL JUEGO DE VALVULAS DEL MOTOR														
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION														
SUSTITUCION DEL AMORTIGUADOR DE TORSION DEL MOTOR						X								
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DEL DEPOSITO HIDRAULICO										X				
SUSTITUCION DEL FILTRO DE TAPA DE ORIFICIO DE VENTILACION DEL DEPOSITO DEL SISTEMA HIDRAULICO										X				
VACIADO, ENGAUJE Y LLENADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR														X

PENDIENTE

 CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C.		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE														
Tipo de Excavadora:		Sobre orugas				Modelo :		350 GLC				Fecha:		01/01/2022		
Empresa:		Constructora Renlop S.A.C.				Serie:		F9350GXTND808542								
TIPO DE MANTENIMIENTO						PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 10 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS	PRIMERAS 250 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	A NECESIDAD	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	PRIMER MES DE TRABAJO	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HOROMETRO		8670	8720	8770	N/A	8920	9170	9420	9670	9920	10170	10420	10670	10920	11170	11420
EXTRACCION Y LIMPIEZA DE LA MALLA FILTRANTE DE ENTRADA DE DESOPOSITO DE COMBUSTIBLE	X															
REVISION DE NIVEL DEL FLUIDO LAVAPARABRISAS	X															
REVISION Y LIMPIEZA DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR	X															
REVISION Y AJUSTE DE LA HOLGURA DE LA CADENA	X															
LIMPIEZA DE CRISTAL DIFUSOR DE LA CAMARA TRASERA	X															
LIMPIEZA Y APRIETE DE LOS BORNES DE LA BATERIA	X															
REVISION DEL NIVEL DEL ACEITE EN EL DEPOSITO HIDRAULICO		X														
REVISION DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR		X														
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR		X														
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL SUMIDERO DEL DEPOSITO DE COMBUSTIBLE			X													
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA			X													
ENGRASE DE PIVOTES DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO			X													
VACIADO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA			X													
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL			X													
INSPECCION Y APRIETE DE TORNILLERIA DE LAS CADENAS DE ORUGA				X												
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DE FILTRO					X											
REVISION DEL NIVEL DE ACIETE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO						X		X		X		X		X		X
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA						X		X		X		X		X		X
REVISION DEL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERIA HIBRIDA (SI EXISTE)						X		X		X		X		X		X
REVISION Y AJUSTE DE LA CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO						X		X		X		X		X		X
REVISION DE NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION						X		X		X		X		X		X
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL DEPOSITO HIDRAULICO						X		X		X		X		X		X
MUESTREO DE ACEITE MOTOR						X		X		X		X		X		X
ENGRASE DE JUNTAS DE PASADORES DEL EXTREMO DELANTERO						X		X		X		X		X		X

 CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C.		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE														
Tipo de Excavadora:		Sobre orugas				Modelo :		350 GLC				Fecha:		01/01/2022		
Empresa:		Constructora Renlop S.A.C.				Serie:		F9350GXTND808542								
TIPO DE MANTENIMIENTO						PM1	PM2	PM1	PM3	PM1	PM2	PM1	PM4	PM1	PM2	PM1
DESCRIPCION	SEGÚN LO REQUIERA	CADA 10 HORAS	CADA 50 HORAS	CADA 100 HORAS	PRIMERAS 250 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 2000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS
	A NECESIDAD	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	PRIMER MES DE TRABAJO	MENSUAL	BIMESTRAL		CADA 4 MESES				CADA 8 MESES			
HOROMETRO		8670	8720	8770	N/A	8920	9170	9420	9670	9920	10170	10420	10670	10920	11170	11420
REVISION DE CONDUCTOS DE ADMISION DE AIRE							X				X				X	
ENGRASE DEL ENGRANAJE DEL RODAMIENTO DE GIRO							X				X				X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DEL FILTRO							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA							X				X				X	
ENGRASE DEL RODAMIENTO DE GIRO							X				X				X	
MUESTREO DEL COMBUSTIBLE DIESEL							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE GIRO							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE HIDRAULICO							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA							X				X				X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL							X				X				X	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE FRESCO Y DE RECIRCULACION DE LA CABINA (SUSTITUIR CADA SEIS LIMPIEZAS)							X				X				X	
MUESTREO DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR							X				X				X	
MUESTREO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE PROPULSION							X				X				X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE LA BOMBA							X				X				X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA									X							
SUSTICION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE									X							
SUSTICION DEL FILTRO DE ACEITE DE CONTROL									X							
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA									X							
RETIRO Y LIMPIEZA DE TUBO DE VENTILACION DEL CARTER DEL MOTOR									X							
INSPECCION DE LA CORREA SERPENTINA									X							
SUSTITUCION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE									X							
SUSTITUCION DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DEL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR									X							
REVISION DEL ESTADO DE REFRIGERANTE									X							
REVISION Y AJUSTE DEL JUEGO DE VALVULA S DEL MOTOR													X			
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION													X			
SUSTITUCION DEL AMORTIGUADOR DE TORSION DEL MOTOR																
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DEL DEPOSITO HIDRAULICO																
SUSTITUCION DEL FILTRO DE TAPA DE ORIFICIO DE EVENTILACION DEL DEPOSITO DEL SISTEMA HIDRAULICO																
VACIADO, ENGUAJE Y LLENADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR																


EJECUTADO


		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE												
Tipo de Excavadora:		Modelo :			350 GLC			Fecha:		01/01/2022				
Empresa:		Serie:			F9350GXTND808542									
TIPO DE MANTENIMIENTO	PM3	PM1	PM2	PM1	PM5	PM1	PM2	PM1	PM6	PM1	PM2	PM1	PM7	
DESCRIPCION	CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 4000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 5000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 6000 HORAS	
HOROMETRO	11670	11920	12170	12420	12670	12920	13170	13420	13670	13920	14170	14420	14670	
EXTRACCION Y LIMPIEZA DE LA MALLA FILTRANTE DE ENTRADA DE DESOPOSITO DE COMBUSTIBLE														
REVISION DE NIVEL DEL FLUIDO LAVAPARABRISAS														
REVISION Y LIMPIEZA DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DE FILTRO DE AIRE DE MOTOR														
REVISION Y AJUSTE DE LA HOLGURA DE LA CADENA														
LIMPIEZA DE CRISTAL DIFUSOR DE LA CAMARA TRASERA														
LIMPIEZA Y APRIETE DE LOS BORNES DE LA BATERIA														
REVISION DEL NIVEL DEL ACEITE EN EL DEPOSITO HIDRAULICO														
REVISION DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR														
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE MOTOR														
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL SUMIDERO DEL DEPOSITO DE COMBUSTIBLE														
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA														
ENGRASE DE PIVOTES DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO														
VACIADO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA														
VACIADO DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL														
INSPECCION Y APRIETE DE TORNILLERIA DE LAS CADENAS DE ORUGA														
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DE FILTRO														
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO		X		X		X		X		X		X		
REVISION DEL NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA		X		X		X		X		X		X		
REVISION DEL NIVEL DE ELECTROLITO DE LA BATERIA HIBRIDA (SI EXISTE)		X		X		X		X		X		X		
REVISION Y AJUSTE DE LA CORREA DEL AIRE ACONDICIONADO		X		X		X		X		X		X		
REVISION DE NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION		X		X		X		X		X		X		
VACIADO DE AGUA Y SEDIMENTOS DEL DEPOSITO HIDRAULICO		X		X		X		X		X		X		
MUESTREO DE ACEITE MOTOR		X		X		X		X		X		X		
ENGRASE DE JUNTAS DE PASADORES DEL EXTREMO DELANTERO		X		X		X		X		X		X		

		INTERVALOS DE MANTENIMIENTO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE												
Tipo de Excavadora:					Modelo :			350 GLC						
Empresa:					Serie:			F9350GXTND808542			Fecha:		01/01/2022	
TIPO DE MANTENIMIENTO		PM3	PM1	PM2	PM1	PM5	PM1	PM2	PM1	PM6	PM1	PM2	PM1	PM7
DESCRIPCION		CADA 1000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 4000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 5000 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 500 HORAS	CADA 250 HORAS	CADA 6000 HORAS
						CADA 16 MESES				CADA 20 MESES				CADA 24 MESES O 2 AÑOS
HOROMETRO		11670	11920	12170	12420	12670	12920	13170	13420	13670	13920	14170	14420	14670
REVISION DE CONDUCTOS DE ADMISION DE AIRE				X				X					X	
ENGRASE DEL ENGRANAJE DEL RODAMIENTO DE GIRO				X				X					X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE MOTOR Y SUSTITUCION DEL FILTRO				X				X					X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO Y SEPARADOR DE AGUA				X				X					X	
ENGRASE DEL RODAMIENTO DE GIRO				X				X					X	
MUESTREO DEL COMBUSTIBLE DIESEL				X				X					X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE GIRO				X				X					X	
MUESTREO DEL ACEITE HIDRAULICO				X				X					X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE AUXILIAR Y SEPARADOR DE AGUA				X				X					X	
SUSTITUCION DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE FINAL				X				X					X	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE FRESCO Y DE RECIRCULACION DE LA CABINA (SUSTITUIR CADA SEIS LIMPIEZAS)				X				X					X	
MUESTREO DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR				X				X					X	
MUESTREO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE PROPULSION				X				X					X	
MUESTREO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJES DE LA BOMBA				X				X					X	
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA		X												
SUSTITUCION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE		X												
SUSTITUCION DEL FILTRO DE ACEITE DE CONTROL		X												
VACIADO Y LLENADO DE ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE LA BOMBA		X												
RETIRO Y LIMPIEZA DE TUBO DE VENTILACION DEL CARTER DEL MOTOR		X												
INSPECCION DE LA CORREA SERPENTINA		X												
SUSTITUCION DE LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DE AIRE		X												
SUSTITUCION DE LA VALVULA DE DESCARGA DE POLVO DEL FILTRO DE AIRE DEL MOTOR		X												
REVISION DEL ESTADO DE REFRIGERANTE		X												
REVISION Y AJUSTE DEL JUEGO DE VALVULAS DEL MOTOR														
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DE LA CAJA DE ENGRANAJE DE PROPULSION														
SUSTITUCION DEL AMORTIGUADOR DE TORSION DEL MOTOR						X								
VACIADO Y LLENADO DEL ACEITE DEL DEPOSITO HIDRAULICO										X				
SUSTITUCION DEL FILTRO DE TAPA DE ORIFICIO DE EVENTILACION DEL DEPOSITO DEL SISTEMA HIDRAULICO										X				
VACIADO, ENGUAJE Y LLENADO DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DEL MOTOR														X

PENDIENTE

ANEXO N° 3. Matriz de servicios de mantenimiento Preventivo de las Excavadoras N° 1 y N° 2.

 CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C.		SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE																								
Tipo de Excavadora: Empresa:		Sobre orugas										Modelo :		350 GLC										Fecha:		01/01/2022
		Constructora Renlop S.A.C.										Serie:		F9350GXPM808430												
CODIGO	DESCRIPCION	PM 1	PM 2	PM 1	PM 3	PM 1	PM 2	PM 1	PM 4	PM 1	PM 2	PM 1	PM 3	PM 1	PM 2	PM 1	PM 5	PM 1	PM 2	PM 1	PM 6	PM 1	PM 2	PM 1	PM 7	TOTAL UNIDAD
		250 hrs	500 hrs	750 hrs	1000 hrs	1250 hrs	1500 hrs	1750 hrs	2000 hrs	2250 hrs	2500 hrs	2750 hrs	3000 hrs	3250 hrs	3500 hrs	3750 hrs	4000 hrs	4250 hrs	4500 hrs	4750 hrs	5000 hrs	5250 hrs	5500 hrs	5750 hrs	6000 hrs	
	HOROMETRO	5980	6230	6480	6730	6980	7230	7480	7730	7980	8230	8480	8730	8980	9230	9480	9730	9980	10230	10480	10730	10980	11230	11480	11730	
DZ101884	Filtro de aceite motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
RE525523	Filtro de combustible primario y final kit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
AT365869	Filtro de combustible y separador de agua auxiliar (*)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
FYA00033065	Elemento de filtro de aceite del deposito hidraulico				1				1				1				1				1				1	2
AT330975	Filtro de aire primario				1				1				1				1				1				1	2
AT330980	Filtro de aire secundario				1				1				1				1				1				1	2
M89679	Valvula de descarga de polvo				1				1				1				1				1				1	2
4630525	Elemento de filtro de aceite de control piloto								1				1				1				1				1	1
R527884	Empaquetadura de cubierta de balancines								1								1								1	1
RE57604	Amortiguador de torsion																1									0
RE520465	Amortiguador de torsion																1									0
4437838	Filtro de tapa de respiradero del deposito hidraulico																				1					0
4500686R	Filtro de aire fresco de cabina								1								1								1	1
FYA00001490R	Filtro de aire recirculado de cabina								1								1								1	1
TY26576R	Jhon Deere Cool-Gard - II premezclado																								5	0
TY26679	Aceite Motor John Deere Plus -50 II	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22
TY26816	Aceite de la transmision API GL-5 caja de engranajes de giro				1				1				1				1				1				1	2
	Aceite de la transmision API GL-5 caja de engranajes de propulsion (ambos)								1								1								1	1
2908-050	Aceite hidraulico Hitachi SUPER EX 46hn																				10					0
MATERIA	Materiales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
EJECUTADO																										
PENDIENTE																										

 CONSTRUCTORA RENLOP S.A.C.		SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - EQUIPO DE CONSTRUCCION JHOON DERRE																											
Tipo de Excavadora:		Sobre orugas												Modelo :		350 GLC										Fecha:		01/01/2022	
Empresa:		Constructora Renlop S.A.C.												Serie:		F9350GXTND808542													
CODIGO	DESCRIPCION	PM 1	PM 2	PM 1	PM 3	PM 1	PM 2	PM 1	PM 4	PM 1	PM 2	PM 1	PM 3	PM 1	PM 2	PM 1	PM 5	PM 1	PM 2	PM 1	PM 6	PM 1	PM 2	PM 1	PM 7	TOTAL UNIDAD			
		250 hrs	500 hrs	750 hrs	1000 hrs	1250 hrs	1500 hrs	1750 hrs	2000 hrs	2250 hrs	2500 hrs	2750 hrs	3000 hrs	3250 hrs	3500 hrs	3750 hrs	4000 hrs	4250 hrs	4500 hrs	4750 hrs	5000 hrs	5250 hrs	5500 hrs	5750 hrs	6000 hrs				
	HOROMETRO	8920	9170	9420	9670	9920	10170	10420	10670	10920	11170	11420	11670	11920	12170	12420	12670	12920	13170	13420	13670	13920	14170	14420	14670				
DZ101884	Filtro de aceite motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11			
RE525523	Filtro de combustible primario y final kit	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11			
AT365869	Filtro de combustible y separador de agua auxiliar (*)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11			
FYA00033065	Elemento de filtro de aceite del deposito hidraulico				1				1				1				1				1				1	2			
AT330975	Filtro de aire primario				1				1				1				1				1				1	2			
AT330980	Filtro de aire secundario				1				1				1				1				1				1	2			
M89679	Valvula de descarga de polvo				1				1				1				1				1				1	2			
4630525	Elmento de filtro de aceite de control piloto								1				1				1				1				1	1			
R527884	Empaquetadura de cubierta de balancines								1								1								1	1			
RE57604	Amortiguador de torsion																1									0			
RE520465	Amortiguador de torsion																1									0			
4437838	Filtro de tapa de respiradero del deposito hidraulico																				1					0			
4500686R	Filtro de aire fresco de cabina								1								1								1	1			
FYA00001490R	Filtro de aire recirculado de cabina								1								1								1	1			
TY26576R	Jhon Dree Cool-Gard - II premezclado																								5	0			
TY26679	Aceite Motor John Deere Plus -50 II	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22			
TY26816	Aceite de la transmision API GL-5 caja de engranajes de giro				1				1				1				1				1				1	2			
	Aceite de la transmision API GL-5 caja de engranajes de propulsion (ambos)								1								1								1	1			
2908-050	Aceite hidraulico Hitachi SUPER EX 46hn																				10					0			
MATERIA	Materiales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11			
EJECUTADO																													
PENDIENTE																													