



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de  
cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de  
equipos, Lima 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Martinez Asmat, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-2493-4014)

San Martin Revilla, Andres Humberto (orcid.org/0000-0003-0821-8082)

**ASESOR:**

MSc. Ing. Gil Sandoval, Hector Antonio (orcid.org/0000-0001-5288-8281)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ  
2023

## DEDICATORIA

Primero siempre agradecer a Dios por alcanzar esta meta académica. Mis padres Armando y Carmen que en todo momento me alentaron a seguir adelante. A mis Hermanos Diego, Amalia y Manuel quienes siempre ven con orgullo mis avances y me dan el apoyo incondicional. A mi esposa Flor y a mi pequeño hijo en camino. A todas las personas que de alguna manera influyeron con palabras de aliento a lograr que este sueño sea una realidad.

En primer lugar, agradecer a Dios todopoderoso. Así mismo a mis padres: Humberto y Hortensia, a mi querido hijo: Andrés Antonio, quienes me dan fuerza para seguir adelante y por los que he podido cumplir este objetivo. A mi estimado amigo y ex jefe Ciro M. Castillejo, por brindarme herramientas, facilidades y oportunidades laborales que me han permitido perseverar y así poder terminar esta investigación. En especial a mi compadre Carlos H. Zavaleta y a mi amiga Karla J. Canales por su apoyo incondicional en los momentos de mayor dificultad. Gracias a todos y cada uno por su apoyo en el desarrollo de mi formación profesional.

**San Martín Revilla, Andrés Humberto**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la Virgen María, a la universidad Cesar Vallejo, a nuestro docente MSc. Ing. Gil Sandoval Héctor Antonio, por su excelente labor como docente y guía a través del periodo de formación académica. Un extendido agradecimiento a la empresa que nos permitió realizar el presente trabajo de tesis en sus instalaciones y poder tener la facilidad de información. A nuestra querida familia, por su apoyo, ánimos y comprensión. A nuestras amistades y personas que nos apoyaron para poder tener este importante logro.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, GIL SANDOVAL HECTOR ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023", cuyos autores son SAN MARTIN REVILLA ANDRES HUMBERTO, MARTINEZ ASMAT CARLOS ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 06 de Junio del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor:   | Firma  |
|---|--|
| GIL SANDOVAL HECTOR ANTONIO<br>DNI: 03684198<br>ORCID: 0000-0001-5288- 8281 | Firmado electrónicamente<br>por: HAGILS el 06-06-<br>2023 10:58:25 |

Código documento Trilce: TRI - 0544092





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MARTINEZ ASMAT CARLOS ALBERTO, SAN MARTIN REVILLA ANDRES HUMBERTO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

| <b>Nombres y Apellidos</b>  | <b>Firma</b>  |
|---|---|
| SAN MARTIN REVILLA ANDRES HUMBERTO<br><b>DNI:</b> 45244463<br><b>ORCID:</b> 0000-0003-0821-8082 | Firmado electrónicamente por: ASANMARTINR el 08-06-2023 11:12:39    |
| MARTINEZ ASMAT CARLOS ALBERTO<br><b>DNI:</b> 45077278<br><b>ORCID:</b> 0000-0002-2943-4014      | Firmado electrónicamente por: CMARTINEZAS788 el 08-06-2023 10:59:33 |

Código documento Trilce: INV - 1223612

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| CARÁTULA.....  | i    |
| DEDICATORIA.....   | ii   |
| AGRADECIMIENTO.....                                      | iii  |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....             | iv   |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....         | v    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS.....                                | vi   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                    | vii  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                   | viii |
| RESUMEN.....   | x    |
| ABSTRACT.....  | xi   |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                     | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                   | 4    |
| III. METODOLOGÍA.....                                    | 11   |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación.....                  | 11   |
| 3.2 Variables y operacionalización.....                  | 12   |
| 3.3 Población, muestra y muestreo.....                   | 15   |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 16   |
| 3.5 Procedimientos.....                                  | 28   |
| 3.6 Método de análisis de datos.....                     | 58   |
| 3.7 Aspectos Éticos.....                                 | 58   |
| IV. RESULTADOS.....                                      | 60   |
| V. DISCUSIÓN.....  | 75   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                    | 80   |
| VII. RECOMENDACIONES.....                                | 82   |
| REFERENCIAS.....   | 83   |
| ANEXOS.....  | 91   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabla 1.  | Validez de contenido de juicio de expertos de variable independiente . | 18 |
| Tabla 2.  | Validez de contenido de juicio de expertos de variable dependiente.... | 19 |
| Tabla 3.  | Tabulación de juicio de expertos.....                                  | 19 |
| Tabla 4.  | Prueba Binomial Juez 1,2,3 .....                                       | 20 |
| Tabla 5.  | Muestra de la disponibilidad.....                                      | 21 |
| Tabla 6.  | Prueba de Normalidad .....   | 21 |
| Tabla 7.  | Prueba T Student de muestras relacionadas .....                        | 22 |
| Tabla 8.  | Indicadores de la variable independiente (Pre test) .....              | 34 |
| Tabla 9.  | Indicadores de la variable: Mantenimiento Preventivo-Post Test .....   | 35 |
| Tabla 10. | Índice de inspecciones antes y después.....                            | 36 |
| Tabla 11. | Tiempos de Mantenimiento antes y después.....                          | 37 |
| Tabla 12. | Comparativo del cumplimiento de Mantenimiento.....                     | 38 |
| Tabla 13. | Estimación de la confiabilidad General .....                           | 39 |
| Tabla 14. | Estimación de fallas.....  | 39 |
| Tabla 15. | Indicadores de la variable disponibilidad (Pre test) .....             | 40 |
| Tabla 16. | Tabla indicadores de la variable Disponibilidad (Post Test) .....      | 41 |
| Tabla 17. | Disponibilidad antes y después .....                                   | 42 |
| Tabla 18. | Tabla Confiabilidad antes y después .....                              | 43 |
| Tabla 19. | Tabla Mantenibilidad antes y después .....                             | 44 |
| Tabla 20. | Cronograma para implementar el mantenimiento preventivo .....          | 45 |
| Tabla 21. | Cronograma de capacitación .....                                       | 45 |
| Tabla 22. | Personal que participo en la capacitación .....                        | 46 |
| Tabla 23. | Programa de mantenimiento preventivo de cargador frontal 950GC.....    | 52 |
| Tabla 24. | Cálculo del indicador del Mant. Preventivo .....                       | 53 |
| Tabla 25. | Costo de capacitador y asistente .....                                 | 55 |
| Tabla 26. | Beneficio Proyectado Nómina y Maquinaria .....                         | 55 |
| Tabla 27. | Costo Etapa Inicial y Etapa de implementación .....                    | 56 |
| Tabla 28. | Flujo de caja .....  | 57 |
| Tabla 29. | Disponibilidad pre test, post test y diferencia .....                  | 60 |
| Tabla 30. | Confiabilidad pre test, post test y diferencia.....                    | 61 |
| Tabla 31. | Mantenibilidad pre test, post test y diferencia .....                  | 62 |
| Tabla 32. | Prueba de normalidad - Disponibilidad .....                            | 63 |
| Tabla 33. | Tabla T de student de muestras emparejadas - Disponibilidad.....       | 65 |
| Tabla 34. | Tabla T de student – Disponibilidad (Tamaño o Efecto).....             | 65 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 35. | Comparativo Media y Mediana - Disponibilidad .....          | 66 |
| Tabla 36. | Prueba de Normalidad - Confiabilidad .....                  | 67 |
| Tabla 37. | Tabla T de student – Confiabilidad (Tamaño o Efecto) .....  | 69 |
| Tabla 38. | Comparativo Media y Mediana - Disponibilidad .....          | 69 |
| Tabla 39. | Tabla T de student - Confiabilidad .....                    | 70 |
| Tabla 40. | Prueba de Normalidad - Mantenibilidad .....                 | 71 |
| Tabla 41. | Tabla T de student - Mantenibilidad .....                   | 73 |
| Tabla 42. | Tabla T de student – Mantenibilidad (Tamaño o Efecto) ..... | 73 |
| Tabla 43. | Comparativo Media y Mediana - Mantenibilidad .....          | 74 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <i>Figura 1.</i>  | Proceso de Mejora .....  | 28 |
| <i>Figura 2.</i>  | Mapa ubicación de la empresa .....                                   | 29 |
| <i>Figura 3.</i>  | Organigrama General .....  | 30 |
| <i>Figura 4.</i>  | Equipo cargador frontal Caterpillar 950GC .....                      | 33 |
| <i>Figura 5.</i>  | Porcentaje de inspecciones inicial y final. ....                     | 36 |
| <i>Figura 6.</i>  | Diferencia del porcentaje de mantenimiento inicial y final. ....     | 37 |
| <i>Figura 7.</i>  | Porcentaje de mantenimiento cumplidos inicial y final. ....          | 38 |
| <i>Figura 8.</i>  | Diferencia disponibilidad inicial y final. ....                      | 42 |
| <i>Figura 9.</i>  | Diferencia confiabilidad inicial y final. ....                       | 43 |
| <i>Figura 10.</i> | Diferencia Mantenibilidad inicial y final. ....                      | 44 |
| <i>Figura 11.</i> | Charla con Personal .....  | 47 |
| <i>Figura 12.</i> | Capacitación de personal – Mantenimiento Preventivo.....             | 47 |
| <i>Figura 13.</i> | DAP mantenimiento preventivo .....                                   | 48 |
| <i>Figura 14.</i> | DAP Limpieza de cargador frontal 950GC .....                         | 48 |
| <i>Figura 15.</i> | DAP Limpieza de cargador frontal 950GC .....                         | 49 |
| <i>Figura 16.</i> | Cargador frontal 950GC .....   | 49 |
| <i>Figura 17.</i> | Pre y post test de las dimensiones del Mant. Preventivo .....        | 53 |
| <i>Figura 18.</i> | Comparativo del indicador pre y post test del Mant. Preventivo ..... | 54 |
| <i>Figura 19.</i> | Pre y post test de la disponibilidad y sus dimensiones.....          | 54 |
| <i>Figura 20.</i> | Disponibilidad - Media y Mediana Pre y Post Test .....               | 60 |
| <i>Figura 21.</i> | Confiabilidad - Media y Mediana Pre y Post Test.....                 | 61 |
| <i>Figura 22.</i> | Mantenibilidad - Media y Mediana Pre y Post Test .....               | 62 |
| <i>Figura 23.</i> | Diferencia Confiabilidad inicial y final .....                       | 64 |
| <i>Figura 24.</i> | Diferencia disponibilidad inicial y final. ....                      | 66 |
| <i>Figura 25.</i> | Diferencia Confiabilidad inicial y final. ....                       | 68 |
| <i>Figura 26.</i> | Diferencia Confiabilidad inicial y final. ....                       | 69 |
| <i>Figura 27.</i> | Significancia de la Confiabilidad .....                              | 70 |
| <i>Figura 28.</i> | Gráfica de Normalidad de la Mantenibilidad. ....                     | 72 |
| <i>Figura 29.</i> | Diferencia Confiabilidad inicial y final. ....                       | 74 |

## RESUMEN

El objetivo fue analizar la aplicación del mantenimiento preventivo en la causación de la mejora de la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023. De enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño preexperimental, nivel explicativo. La variable independiente fue el mantenimiento preventivo y la variable dependiente la disponibilidad, la población conformada por 02 cargador frontal Caterpillar 950GC con sus registros semanales de mantenimiento y sus indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, información de 12 semanas pre-test entre agosto, septiembre y octubre del 2022 y 12 semanas post-test entre enero, febrero y marzo del 2023. Los instrumentos fueron: ficha de registro de mantenimiento, reporte de MTBF, MTTR y disponibilidad. El muestreo fue por conveniencia, se obtuvo el aumento de la disponibilidad en un 10.6%, la confiabilidad en un 21 % y mantenibilidad de 2.2 horas, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se aplicó el análisis inferencial en los tres casos con la prueba de Wilcoxon, se calculó la significancia de la hipótesis general y las específicas con un resultado menor al 0.05 tal aceptando las hipótesis nulas. Para conservar los resultados hay que seguir cumpliendo las actividades realizadas en la tesis.

**Palabras Clave:** Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y mantenimiento preventivo.

## **ABSTRACT**

The objective was to analyze the application of preventive maintenance in causing the improvement of the availability of the Caterpillar 950GC front loader in an equipment rental company, Lima 2023. Quantitative approach, applied type, pre-experimental design, explanatory level. The independent variable was preventive maintenance and the dependent variable was availability, the population made up of 10 Caterpillar 950GC front loaders with their weekly maintenance records and their indicators of availability, reliability and maintainability, information from 12 pre-test weeks between August and September. and October 2022 and 12 weeks post-test between January, February and March 2023. The instruments were: maintenance record sheet, MTBF report, MTTR and availability. The sampling was for convenience, the increase in availability was obtained by 19%, reliability by 28% and maintainability of 22 hours, the Shapiro Wilk normality test was performed, the inferential analysis was applied in the three cases with the Wilcoxon test, the significance of the general hypothesis and the specific ones with a result of less than 0.05 were calculated, accepting the null hypotheses. In order to preserve the results, it is necessary to continue fulfilling the activities carried out in the thesis.

Keywords: Reliability, availability, maintainability and preventive maintenance.

## I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo (PM) es una forma eficaz de mejorar los deterioros de la máquina, esta busca mejorar la fiabilidad del sistema y la calidad del producto (Gholizadeh, Chaleshigar y Fazlollahtabar, 2022). La gestión óptima del mantenimiento, la reducción significativa de los costes y la mejora de la fiabilidad aumentan la vida útil de los equipos y, por lo tanto, aumentan el retorno de los costes de inversión y permiten una rentabilidad superior a la inversión fija (Qarahasanlou, Ataei y Shakorshahabi, 2021).

Como el equipo es un activo crítico para las empresas mineras, es necesaria una política de mantenimiento adecuada para garantizar un excelente rendimiento. El mantenimiento tiene un impacto directo en la disponibilidad y confiabilidad, lo que impactará en el aspecto ecológico de una operación minera al reducir los costos y maximizar la eficiencia (Angeles y Kumral, 2020). El entorno operativo puede tener una influencia significativa en el comportamiento de la falla y la vida útil restante de los sistemas mecánicos. Teniendo en cuenta el plan de mantenimiento preventivo sugerido para los juegos de ruedas, la confiabilidad del sistema mejora entre un 2 % y un 50 % (Rahimdel y Ghodrati, 2022).

Con respecto a la gráfica de confiabilidad de los sistemas hidráulicos, los intervalos de tiempo de mantenimiento preventivo basados en la confiabilidad para niveles de confiabilidad del 80 % para las máquinas en este sistema son de 10 horas (Rahimdel, Ataei, Khalokakaei, y Hoseinie, 2013). La disponibilidad y utilización de la máquina genera un aumento en estos indicadores de un valor máximo estimado o probable del 25 % mediante la implementación de la interpolación (superposición) de turnos, proporcionando niveles suficientes de mineral, la adopción de un buen sistema de aplicación de mantenimiento preventivo, un operario que se encuentre calificado y un ciclo de los equipos optimizado (Balaraju, Govinda, y Murthy. 2020). La empresa se encuentra en el rubro alquiler y servicio de maquinaria pesada, con sede comercial en la ciudad de Lima en el distrito de puente piedra y 3 años en el mercado nacional; con la adquisición de equipos para alquiler y soporte de máquinas, trajo consigo la implementación de nuevos sistemas de gestión que tienen como objetivo optimización del cumplimiento con los contratos o compromisos establecidos con los clientes. En los últimos tres meses se presentaron indicadores bajos de disponibilidad en los contratos de servicio con un

objetivo de 86 %, en el primero se obtuvo 75 %, en el segundo 76 % y finalmente en el tercero se obtuvo una disponibilidad de 78 %.

Con respecto a los problemas identificados en la empresa, en el anexo 1 se presenta el diagrama del pescado o también conocido como Ishikawa; herramienta de gestión que permitió detallar las causas más relevantes, en el anexo 2 la matriz de correlación de Vester para verificar la relación que tienen las causas, en el anexo 3 el diagrama de Pareto, en el anexo 4 la matriz de estratificación de causas por departamentos y en el anexo 5 la matriz de solución de problemas donde se identifica la variable independiente.

El análisis del estado técnico de más de 300 excavadoras operadas en las minas de carbón de Kuzbass en 2011-2016, mostró que la mayor parte del equipo funcionaba con un número significativo de defectos importantes (a menudo cientos de ellos) y estaba en un estado técnico inapropiado (más del 86 %). Esta tendencia proviene de la baja calidad del sistema de mantenimiento y reparación de equipos (Drygin y Kuryshkin, 2018). El cargador frontal Caterpillar 950GC tiene una importante función como equipo de producción en el frente en donde esté trabajando; este se encarga de la carga y acarreo de material luego de trabajos de excavación; por ende, no tener este equipo disponible, por falta de mantenimiento, significaría tener una acumulación de material con lo cual se produce una parada de la producción.

Se define el problema general: ¿Cuál es el efecto que tendrá el mantenimiento preventivo en la mejora de la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023? Con respecto a los problemas específicos: (1) ¿Cuál es el efecto que tendrá el mantenimiento preventivo en la mejora de la confiabilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023? y (2) ¿Cuál es el efecto que tendrá el mantenimiento preventivo en la mejora de la mantenibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023?

Justificación de conveniencia, la investigación tiene como fin mejorar el estado de disponibilidad que aporten a lograr los objetivos de producción del cargador Caterpillar 950GC, con esto se ayuda a obtener metas estratégicas sobre la producción del equipo y hacia la organización. Justificación social, la aplicación correcta del mantenimiento preventivo del cargador frontal Caterpillar 950GC

ayuda a tener el mismo en condiciones más próximas a cómo llegó de fábrica, con esto las emisiones de gases se reducen de manera significativa por lo cual se reduce la contaminación dentro y fuera del lugar de trabajo, beneficiando a los colaboradores y a los dueños de los equipos. Justificación de implicaciones prácticas y de desarrollo, la investigación realizada constituyó una mejora en los procedimientos y procesos del mantenimiento preventivo implementando procesos de registro e instructivos de mantenimiento preventivo adecuados. Justificación metodológica, el presente estudio constituye un referente para futuras investigaciones, las cuales hayan optado por la implementación del mantenimiento preventivo, se van a desarrollar los instrumentos requeridos en el equipo cargador frontal 950GC. Así mismo se va a dimensionar la población en estudio.

El objetivo general planteado es el siguiente: Analizar la aplicación del mantenimiento preventivo en la causación de la mejora de la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023. Los objetivos específicos son: (1) Analizar la aplicación del mantenimiento preventivo en la causación de la mejora de la confiabilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023 y (2) Analizar la aplicación del mantenimiento preventivo en la causación de la mejora de la mantenibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023.

La hipótesis general es: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023. Las hipótesis específicas fueron: (1) La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023 y (2) La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Rahimdel, Ataei, Khalokakaei y Hoseine (2021), quienes realizaron su investigación en una empresa minera en Irán, la misma que tiene como objetivo el análisis de la confiabilidad del sistema hidráulico de las perforadoras rotativas. Teniendo como muestra de estudio cuatro unidades de este tipo de maquinaria. Para el estudio citado se utilizó la recolección de datos de los distintos análisis de la confiabilidad y gestión de mantenimiento de los últimos dos años. La investigación encontró que asignándole un nivel de confiabilidad de 80 % para la programación del mantenimiento preventivo; se deben realizar revisiones y reparaciones en un programa de intervalo fijo para poder obtener una operación catalogada como: “confiable”. Por lo que según el análisis realizado para poder mantener la operación como fiable, se debe optimizar el programa de mantenimiento de las perforadoras para que se les revise y se les brinde servicio por cada 10 horas de operación de la maquinaria. Se concluyó que el análisis realizado mostró que las cuatro máquinas estudiadas tienen gráficos de confiabilidad y comportamiento de fallas muy similares. En todos ellos, el sistema hidráulico tiene tasa de fallos en los reductores y se encuentran en un periodo de vida útil de aproximadamente 600 horas. Finalmente, de acuerdo con el análisis de confiabilidad, el sistema hidráulico de las máquinas debe verificarse e inspeccionarse cada 10 horas de trabajo.

Kumar, Choudhary y Murthy (2018), quienes realizaron su investigación en una empresa perteneciente al rubro de la minería ubicada en la localidad de Ramnagar, India; la misma que tiene como objetivo el mejorar la producción, aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la mina. Teniendo como muestra de estudio cinco palas Komatsu. Para el estudio citado se utilizó la recolección de datos, recurriendo a los registros de fallos de la gestión de mantenimiento de los últimos años. Teniendo como resultado que en la mesa 4, se evidencia claramente que la pala S4 tiene el peor nivel de confiabilidad: alrededor del 43.3 % con un tiempo de operación de 2 años (7200 horas trabajando) y que para reducir la falla de velocidad y mejorar la fiabilidad del sistema del mantenimiento preventivo, se requiere un itinerario de mantenimiento independiente para cada pala. Concluyendo que, para mejorar la confiabilidad del sistema, se necesita que el mantenimiento preventivo de cada subsistema tenga intervalos de tiempo de mantenimiento por cada pala; se calculó que para un 80 % de confiabilidad del sistema. La pala S1, S2, S3, S4 y S5

requiere mantenimiento en los intervalos de 94, 114.67, 111.84, 40 y 74.31 horas. Se concluye que los resultados de los intervalos de tiempo basados en la confiabilidad para el mantenimiento preventivo son los más bajos para S4, aproximadamente 40 horas de trabajo para mantener el 80 % de confiabilidad de la pala en la mina de piedra caliza.

Qu, Yang y Sun (2021) quienes realizaron su investigación en una empresa de venta y mantenimiento de equipos para minería ubicada en Rusia; la misma que tiene por objetivo aumentar la eficiencia del desarrollo de depósitos en las minas a cielo abierto, en donde se está introduciendo la mecanización integrada de los equipos. Tiene como población el total de excavadoras hidráulicas que han pasado por el servicio de mantenimiento desde el 2018. Para el estudio citado se utilizó el análisis documentario conformado por los informes diarios y los reportes de estado de maquinaria del programa Maintenance PRO Viewer. Teniendo como resultado que las excavadoras Hitachi EX 1200-6 realizaron un total de 450 horas de un total de 608 horas registradas del funcionamiento del motor, indicando que se evidencia una eficiencia operativa de 75 % aproximadamente; es decir, que el tiempo de inactividad total de la maquinaria durante todo el tiempo de funcionamiento es de 4045 horas de un total de 11003 horas trabajadas, lo que implicaría un aproximado de 36 % del tiempo total del funcionamiento del motor. Concluyendo que la implementación de soluciones organizativas y de gestión para el mantenimiento y la reparación de equipos de minería pesados de Hitachi, así como la selección efectiva de equipos para el rendimiento, justifica económicamente la inversión por parte del cliente.

Drygin y Kuryshkin (2018) quienes realizaron su investigación en una empresa minera de carbón en Rusia; la misma que tiene como objetivo la implementación de una metodología para la optimización de la eficiencia de las máquinas importadas. Tiene como población 200 excavadoras Kuzbass. Para el estudio citado se utilizó el análisis documentario y el análisis técnico histórico de más de 300 excavadoras en funcionamiento desde el 2011 hasta el 2016. Teniendo como resultado que se realizaron diagnósticos complejos, incluidos los diagnósticos de equipos rotativos, eléctricos y de estructuras metálicas; esto de acuerdo con las tarjetas de mantenimiento trabajadas en referencia a las especificaciones técnicas de la fábrica del productor. El diagnóstico se realizó en 323 ubicaciones de prueba



en excavadoras EKG mediante pruebas visuales y dimensionales (V&DT), diagnósticos basados en vibraciones y monitoreo de calor. El tiempo promedio de los trabajos de diagnóstico en el equipo fue de 12 horas lo que permitió reducir el tiempo de inactividad a valores aceptables, por otro lado, permitió realizar un experimento con monitoreo de tiempo y condiciones de desarrollo de diferentes defectos ante una parada de emergencia. Concluyendo que el estado técnico inadecuado del equipo es causado por el uso incorrecto del sistema SPM en lo que respecta a los bajos estándares de servicio, así como a una incorrecta evaluación del estado técnico actual; finalmente las interrupciones por mantenimiento alcanzan hasta el 36 % y superan las 429 horas por año para una excavadora.

García (2013) quien realizó su investigación en una empresa inmersa en el rubro de la minería ubicada en la localidad de Cerro de Pasco; la misma que tiene como objetivo la optimización de todas las actividades concernientes al mantenimiento preventivo mediante el uso del sistema del TPM para generar un incremento en la disponibilidad mecánica de los equipos catalogados como bajo perfil. Siendo la población de estudio 06 equipos pesados entre scooptrams y dumper. Para el estudio citado se utilizó tablas de reporte y cálculo de disponibilidad. Teniendo como resultado que mediante el uso del TPM ha permitido el optimizar la disponibilidad de los equipos en 1.03 %; concluyendo que se logró la reducción de las horas de mantenimiento preventivo de 99.5 hrs. a 87.5 hrs. y el sistema eléctrico de 23.9 hrs. a 22.1 hrs.

Estrada y Morales (2019) quienes realizaron su investigación en una empresa que brinda servicios de carga de mineral para mineras ubicada en la ciudad de Chimbote; la misma que tiene como objetivo incrementar el grado de disponibilidad de las excavadoras PC-4000. La población correspondiente a esta investigación fue conformada por 13 modelos de maquinarias, y la muestra por las cuatro excavadoras frontales y dos retroexcavadoras. Para el estudio citado se utilizó el cuestionario y la observación directa. Teniendo como resultado que la propuesta permite la evaluación de la interrelación de los distintos sectores, así como las distintas actividades que son necesarias para completar los objetivos. Finalmente, se llegó a concluir que la gestión referente al mantenimiento de las distintas unidades de la empresa Komatsu-Mitsui evidenciaba un alto número de deficiencias, debido a la falta de una gestión eficiente en referencia a las actividades

relacionadas al soporte predictivo y preventivo, la misma que incidía de una manera desfavorable en el indicador de disponibilidad de las unidades denominadas como excavadoras referentes a los modelos Back Hoe y Front Shovel; presentaban un índice menor en contraste a los índices del resto de la flota.

Alayo y Peláez (2019) quienes realizaron su investigación en una empresa que brinda alquiler de maquinaria para minas en la ciudad de Trujillo, la misma que tiene como objetivo el proponer un plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la excavadora modelo CAT 345 – DL. Cuya población de estudio es la máquina excavadora CAT 345 -DL. Para el estudio citado se utilizaron las técnicas de recolección de datos, observación directa y revisión de material bibliográfico teniendo como principales instrumentos las fichas técnicas, órdenes de trabajo, reporte de análisis de fallas y fichas de control. Teniendo como resultado la recuperación total de 240 horas, las cuales corresponden a 96 horas de pérdidas por uñas de implementos, 72 horas por averías en el turbomotor y 72 horas del sistema hidráulico. Así mismo se calcula un retorno de la inversión de la implementación del plan de gestión de mantenimiento preventivo de siete meses. Concluyendo que se logró mejorar los indicadores de mantenimiento, generando un aumento en la disponibilidad en el 2018 en un 97 %, en contraste al 95 % de los años anteriores.

Rivera y Valderrama (2022) quienes realizaron su investigación en una empresa minera en la ciudad de Piura, la misma que presenta su objetivo de estudio mediante el siguiente postulado: “la realización de un plan de mantenimiento preventivo que permita el incremento en el índice de la disponibilidad de la unidad denominada excavadora hidráulica PC4000 Komatsu”. Cuya población de estudio está conformada por las excavadoras modelo PC400 de marca Komatsu con un tiempo de funcionamiento máximo de 5 años. Para el trabajo de investigación citado se utilizó la técnica de la observación de la situación actual, eficiencia de mantenimiento, disponibilidad y fiabilidad. Teniendo como resultado que gracias a la implementación del plan de mantenimiento se ha logrado una mejora de 90.6 % en la fiabilidad, 97.4 % disponibilidad promedio y en un 85 % la eficiencia de la excavadora hidráulica PC 400. Concluyendo que el mantenimiento preventivo de la excavadora hidráulica PC4000 KOMATSU se considera como bueno, teniendo en cuenta el haber logrado el aumento porcentual de la eficiencia, fiabilidad y

disponibilidad de la maquinaria.

### **Mantenimiento Preventivo (MP):**

Willian y Gracey (2010) indican que el mantenimiento preventivo es aquel trabajo que tiene como objetivo el prevenir fallas y tiene como finalidad el asegurar la continuidad del funcionamiento.

### **Indicador de la inspección de las máquinas**

Según Seif, Dehghanimohammadabadi, y Yu (2020) en las inspecciones es fundamental considerar aquellos elementos (equipos, instalaciones, máquinas o partes de ellas) que caracterizan el grado de incidencia, directa o indirecta de los mismos, en la continuidad del proceso productivo y en la generación de accidentes.

$$\%I = \frac{\textit{Inspecciones Realizadas}}{\textit{Inspecciones Programadas}} \times 100\%$$

### **Indicador del programa de Mantenimiento**

Como indica Pérez (2021) un programa de mantenimiento constituye la planificación de la totalidad de las tareas correspondientes al mantenimiento en si, por lo que involucra a los dos tipos: preventivo y predictivo.

$$PM = \frac{\textit{Horas estandar de mantenimiento}}{\textit{Horas Totales de Mantenimiento}} \times 100\%$$

### **Indicador de control de mantenimiento o cumplimiento del programa de monitoreo**

Para Pérez (2021) el objetivo de este indicador es poder cuantificar para posteriormente contrastar los resultados obtenidos con las metas y objetivos definidos previamente.

$$CM\% = \frac{\textit{Mantenimiento Realizados}}{\textit{Mantenimiento Programado}} \times 100\%$$

## Disponibilidad

Según Kalra, Thakur y Pablo (2018) definen a la disponibilidad como la probabilidad de que una determinada maquinaria o equipo puedan realizar sus funciones en un determinado periodo de tiempo (p. 69).

$$\text{Disponibilidad Mca.} = \frac{T_{to} - T_{tm}}{T_{to}} \times 100\%$$

En donde:

$T_{to}$  = Tiempo total para operar (medido en horas)

$T_{tm}$  = Tiempo total de paradas por mantenimiento (medido en horas)

En este sentido Pérez (2021) indica que el objetivo en este indicador debe ser mayor o igual al 90 %.

## Confiabilidad de los equipos

Pérez (2021) define el objetivo del indicador como la medición de los lapsos de tiempo libre que se dan en un periodo determinado. Además, también se puede evidenciar el grado o nivel de la calidad referente al mantenimiento ejecutado o conocer el tiempo óptimo de servicio en relación con las distintas funciones previamente definidas para los distintos procesos o equipos de la empresa.

$$(- t / \text{MTTF})$$

$$R(t) = e$$

$R(t)$ : Confiabilidad en un tiempo  $t$ , en %

$t$ : Tiempo esperado que el activo no falle.

$e$ : Constante neperiana (2.718)

## Mantenibilidad

Ye, Wang y Liu (2021) mencionan que, la mantenibilidad es estimar la probabilidad que funcione normalmente después de un mantenimiento.

Modelo exponencial para hallar la mantenibilidad

$$M(T) = 1 - e^{-(T/MTTR)}$$

M(t): Mantenibilidad (%)

e = Constante neperiana (2.718)

T = tiempo de ciclo

MTTR = tiempo medio de reparación

Donde:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{Número total de paradas}}$$

En cuanto al enfoque conceptual o teorías relacionadas Ulloa, Cawley, Santelices y Pascual (2018) mencionaron que una de las funciones subcontratadas con mayor frecuencia es el mantenimiento de activos. Dado que los fabricantes buscan mejorar el rendimiento del proceso y obtener ventajas competitivas, mayor confiabilidad, mantenibilidad y mayores niveles de servicio.

Asimismo, Seif, Jakkula, Govinda y Murthy (2020) mencionaron que la estimación de la fiabilidad y disponibilidad juega un papel clave en la evaluación del rendimiento de cualquier tipo de sistema o equipo. El rendimiento de los equipos depende principalmente de la fiabilidad del uso, el ambiente de trabajo y la eficacia del mantenimiento, los procedimientos operativos y la habilidad técnica de los operadores.

Markudova *et al* (2021) mencionaron que los equipos hidráulicos a menudo necesitan operaciones de mantenimiento que no son triviales de planificar. Para garantizar el buen funcionamiento, los responsables recurren a actividades de mantenimiento periódicas. Por lo que una adecuada planificación y estrategia del mantenimiento ayudarán a mantener la flota en adecuadas condiciones con una disponibilidad necesaria. Asimismo, Liu, Zeng, Wan, Liu y Dai (2022) mencionan que los análisis de calidad y confiabilidad para sistemas hidráulicos complejos se convierten en la tarea más importante en las etapas de diseño, funcionamiento y mantenimiento. Las políticas de mantenimiento preventivas o el esquema de reemplazo pueden formarse en el momento adecuado mediante un análisis de medidas importantes, que podrían garantizar que el sistema funcione normalmente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El enfoque cuantitativo asume valores o unidades de medida, esta se realizó mediante la operacionalización o definición operacional de variables. Arias y Covinos (2021) mencionaron que el enfoque cuantitativo puede ser medido numéricamente. En esta tesis se evaluó información medible, es decir, cuantitativa de ambas variables que son mantenimiento preventivo y disponibilidad, las cuales permitieron una toma de acción con instrumentos.

En razón al tipo de estudio y al examinar el tipo de información con la que se cuenta para la investigación, se define como aplicada, puesto que, se da resolución a los problemas actuales observados, usando la información brindada por artículos científicos, informes y tesis; las cuales tienen extensa información sobre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad de equipos, ya que, el mantenimiento preventivo buscó mejorar la disponibilidad de la unidad catalogada como cargador frontal de marca Caterpillar y modelo 950GC. Según Arias y Covinos (2021) manifestaron que la investigación aplicada es aquella cuya finalidad es encontrar una solución a los problemas prácticos basada en hallazgos, así como soluciones, las mismas que fueron planteadas previamente en el objetivo de estudio.

Según Arias y Covinos (2021) mencionaron que el estudio explicativo encuentra las soluciones al objetivo de estudio planteado de acuerdo con descubrimientos. El estudio buscó encontrar el problema y comprender de manera precisa los mantenimientos, con la finalidad de encontrar la raíz principal de la baja disponibilidad del equipo cargador frontal Caterpillar 950GC.

##### **3.1.2 Diseño de la investigación**

Según Arias y Covinos (2018) definen la investigación pre experimental como aquella que solo utiliza un grupo de estudio predefinido denominado “grupo experimental” en el cual se realizan la aplicación del pretest y post-test. Lo planteado para demostrar la hipótesis es un diseño preexperimental, ejecutando el mantenimiento preventivo en el cual se estableció un único grupo preexperimental, en el que se aplicó el estímulo de la variable mantenimiento preventivo y se verificó la variación de la disponibilidad.

## G: 01 X O2

G: Grupo de estudio.

X: Estímulo, mantenimiento preventivo.

O1: Medición anticipada (antes de la aplicación del mantenimiento preventivo) de la variable dependiente (disponibilidad).

O2: Medición posterior (luego de la aplicación del mantenimiento preventivo) de la variable dependiente (disponibilidad).

### 3.2 Variables y operacionalización

#### **Variable independiente: Mantenimiento preventivo**

Golbasi y Turan (2020) mencionaron que el mantenimiento preventivo puede definirse como el conjunto de acciones que deben de realizarse para mantener una instalación o equipo en condiciones operativas con la productividad deseada.

**Operacionalización del mantenimiento preventivo** el mantenimiento preventivo se operacionalizó con tres dimensiones: inspección de máquina, programa de mantenimiento, control de mantenimiento; estas utilizaron los instrumentos número de mantenimientos realizados, reportes de programación de mantenimientos (Golbasi y Turan 2020).

Indicador de Mantenimiento Preventivo:

$$\text{Indicador Mantenimiento preventivo} = 0.3xI.M. + 0.5x P.M. + 0.2 * C.M.$$

Donde:

I.M. = Inspección de máquina

P.M.= Programa de Mantenimiento

C.M.= Control de mantenimiento

Escala: razón

#### **Dimensión 1: Inspección de máquinas**

Naidoo y Sharma (2022) mencionaron que la inspección de máquina se basa en

las habilidades de inspección integral del personal para determinar cuándo se realizan reparaciones o la sustitución de componentes o equipos.

**Operacionalización de la dimensión inspección de máquinas** respetando el programa de mantenimiento preventivo, el check list es uno de los formatos utilizados para la inspección de máquina.

Como indicador de la dimensión inspección de máquinas se utilizó el porcentaje de inspecciones realizadas con la siguiente fórmula:

$$\%I = \frac{\text{Inspecciones Realizadas}}{\text{Inspecciones Programadas}} \times 100\%$$

Escala: razón

### **Dimensión 2: Programa de mantenimiento**

Abderrahmane, Bouslikhane, Hajej, Dellagi y Trabelsi (2022) indicaron que el programa de mantenimiento es un conjunto de actividades ya programadas, las cuales se realizan de acuerdo con un cronograma.

#### **Operacionalización del programa de mantenimiento**

Como indicador de la dimensión programa de mantenimiento se utilizó el índice de mantenimientos programados en una escala de razón con la siguiente fórmula:

$$PM = \frac{\text{Horas estándar de mantenimiento}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} \times 100\%$$

### **Dimensión 3: Control del mantenimiento**

Gupta y Jain (2022) mencionaron que es necesario mantener un buen control del mantenimiento para lograr la confiabilidad y disponibilidad necesaria para equipos, asegurando el uso correcto de la documentación a seguir en cada procedimiento.

**Operacionalización del control de mantenimiento** este se realizó con formatos de verificación del mantenimiento realizado.

Como indicador de la dimensión control de mantenimiento se utilizó el porcentaje de cumplimiento de mantenimientos en una escala de razón con la siguiente fórmula:



$$CM\% = \frac{\text{Mantenimiento realizados}}{\text{Mantenimiento programado}} \times 100\%$$

### **Variable dependiente: Disponibilidad**

Disponibilidad es la manera en que se cuantifica el tiempo en que un equipo opera de manera óptima (Ruschel, Alves y Fleitas, 2017).

**Operacionalización de la disponibilidad** fue operacionalizada a través de las dimensiones confiabilidad y mantenibilidad, los instrumentos documentales registraron la cantidad de horas de operación, cantidad de veces que paró el equipo y tiempo de paralización.

Como indicador de la dimensión disponibilidad se utilizó la medida del tiempo de buen funcionamiento en una escala de razón con la siguiente fórmula:

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTTR: Tiempo medio para reparar.

$$D = (\text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})) * 100 \%$$

### **Dimensión 1: Confiabilidad**

Pascual y Rey (2018) mencionaron que la confiabilidad es la posibilidad que el equipo se mantenga operativo en un determinado tiempo.

**Operacionalización de la confiabilidad** la confiabilidad se midió con el instrumento tiempo medio entre fallas (Pascual y Rey 2018).

Como indicador de la dimensión confiabilidad se utilizó la medida del tiempo de buen funcionamiento en escala razón con la siguiente fórmula:

$$(- t / \text{MTBF})$$

$$R(t) = e$$

R(t): Confiabilidad en un tiempo t, en %

t: Tiempo esperado que el activo no falle.

e: Constante neperiana (2.718)

### **Dimensión 2: Mantenibilidad**

Shan Gao, Jinting Wang (2021) mencionaron que la mantenibilidad es la

probabilidad en la que un elemento, en ciertas circunstancias de trabajo, se pueda mantener o ser renovado a una condición en la que cumpla con sus funciones requeridas, bajo condiciones y procedimientos previamente planificados.

**Operacionalización de la mantenibilidad** se operacionalizó esta dimensión con el instrumento o formato de modelo exponencial para hallar la mantenibilidad.

$$M(T) = 1 - e^{-(T/MTTR)}$$

M(t): Mantenibilidad (%)

e = Constante neperiana (2.718)

T = tiempo de ciclo

MTTR = tiempo medio de reparación

Donde:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{Número total de paradas}}$$

### **Matriz de Operacionalización**

En el anexo 6 se observan las variables, incurriendo en la definición conceptual, operacional, cada una con sus dimensiones.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

En el trabajo de investigación la población fue establecida por 2 cargadores frontales 950GC de la marca Caterpillar de los cuales se obtuvieron las fichas semanales de mantenimiento, de donde se tomaron los datos para las variables en un tiempo de 12 semanas (análisis pre-test) tiempo entre agosto, septiembre y octubre del 2022 y los tres primeros meses del año 2023 divididos en semanas (análisis post-test). Hernández y Mendoza (2018) mencionan que se debe resolver sobre cuál es la unidad de muestreo, luego determinar el beneficio sobre “qué” o “quiénes” se recoge la información (personas, objetos, etcétera), quienes están supeditados al planteamiento del problema, los alcances de la investigación, las hipótesis y el diseño de la investigación.

Unidad de análisis: Es un cargador frontal 950GC Caterpillar con su reporte de mantenimiento semanal con Kpi's de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. Según Hernández y Mendoza (2018) la población es la agrupación de todos los casos que manejan similitud con características definidas.

- Criterios de inclusión, se consideró los reportes de mantenimiento de 2 cargadores frontales 950GC Caterpillar.
- Criterio de Exclusión, no estarán considerados los reportes de otra marca de cargadores frontales.

### **Muestra**

Según Hernández y Mendoza (2018) la muestra es aquel subgrupo que está constituido por una parte de la población de la que se procederá a realizar la toma de datos y que tiene como principal característica la simbolización de la población, si se desean universalizar los efectos o resultados. En el caso de la investigación realizada la muestra fue la misma que la población, por ende, los 2 cargadores frontales 950GC Caterpillar con sus reportes de mantenimiento tomados semanalmente, los kpi's fueron estimados durante un periodo de 3 meses divididos de forma semanal (análisis pre-test) conformados por los meses de agosto a octubre del 2022 y 3 meses divididos de forma semanal (análisis post-test) conformados de enero a marzo del 2023.

### **Muestreo**

Según Hernández y Mendoza (2018) mencionaron que cuando el número correspondiente a la muestra es el mismo que el de la población no se realiza el cálculo del muestreo y este se define como muestreo de conveniencia.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas de recolección de datos**

Hernández y Mendoza (2018) mencionaron que la técnica de recolección de datos es el conjunto de información recopilada de manera sistemática sobre las variables de estudio, las cuales permiten probar hipótesis y diagnosticar resultados.

En el presente trabajo se utilizó como técnica aplicada a nivel explicativo:

- Análisis documental
- Observación

Instrumentos físicos:

- Horómetro de máquina.
- Pistola de temperatura.
- Medidor de velocidad – tacómetro laser.

### **Instrumentos documentales**

**Formato de tiempo medio entre fallos (MTBF).** Cuadro de registro de horas de operación y la cantidad de veces que paró un equipo. Este se usa para el cálculo del indicador de la disponibilidad, el mismo que se realiza en dos tiempos: al principio y al término del estudio.

**Formato de tiempo medio de reparación (MTTR).** Cuadro de registro de horas de reparación y cantidad de intervenciones. Este se usa para el cálculo del indicador de la disponibilidad, el mismo que se realiza en dos tiempos: al iniciar y al finalizar el estudio.

**Formato de disponibilidad.** Instrumento que permitió la observación de la disponibilidad, en dos tiempos: previo a la aplicación del estímulo y en un punto de tiempo posterior a esta aplicación del mantenimiento preventivo, se halló la disponibilidad esperada de la maquinaria de estudio; es decir, los cargadores frontales 950GC Caterpillar, utilizando los cuadros de MTTR y MTBF

**Hojas de inspección.** Es un cuadro elaborado el cual contiene la lista de actividades; las cuales se realizaron teniendo como requisitos la toma de datos de forma ordenada y sistemática. La hoja de inspección ayudó a registrar datos y ordenar actividades.

**Ficha técnica del equipo.** Cuadro en el que se documentó las características del equipo como modelo de la unidad, serie de motor, año de fabricación y capacidades operativas del cargador frontal 950GC Caterpillar.

**Reporte de mantenimiento.** Cuadro en el cual se indica la programación de los mantenimientos según especificación de fabricante.

**Cuadro de registro de fallas.** Cuadro donde se registra la cantidad de veces en las cuales el equipo se paralizó, tiempo de mantenimientos preventivos y correctivos.

### **Validez y confiabilidad de instrumentos**

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionan que es un requerimiento fundamental la confiabilidad y validez de un instrumento y este solo es válido si se establece la validez del instrumento, validez de constructo y validez de criterio los que se realizan a través de un juicio de expertos. La confiabilidad se logra con un examen o análisis a través del método test-retest u otro tipo de metodologías. En caso los instrumentos no sean confiables y válidos deben modificarse o reajustarse.

### **Validez de contenido**

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionaron que es el grado de como un instrumento tiene pertenencia o dominio concreto.

En la tesis realizada se emplearon los instrumentos detallados a continuación: formato de tiempo medio entre fallas (MTBF) dicha información se utilizó para obtener el tiempo en que un equipo se encuentra en operación y el número de reparaciones que tuvo para obtener la disponibilidad; formato de tiempo medio entre reparaciones (MTTR) formato que contiene la cantidad de tiempo que tuvo en reparaciones e intervenciones, información que sirve para hallar la disponibilidad; ficha técnica del equipo; reporte de fallas; programa de mantenimiento; hoja de inspecciones; registro de mantenimientos, información que en su conjunto ayudaron con la evaluación de indicadores de mantenimiento preventivo.

Para la validez, el estudio fue juzgado por tres expertos de la Universidad César Vallejo, así mismo se usó el programa SPSS para la prueba binomial.

Tabla 1. Validez de contenido de juicio de expertos de variable independiente

| N° | Grado Académico                | Nombre del Experto           | Dictamen           |
|----|--------------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1  | Magister Ingeniería Industrial | Dávila Laguna, Ronald        | Existe suficiencia |
| 2  | Magister Ingeniería Industrial | Gil Sandoval, Héctor Antonio | Existe suficiencia |
| 3  | Magister Ingeniería Industrial | Montoya Cárdenas, Gustavo A. | Existe suficiencia |

Fuente: Propia.

Tabla 2. Validez de contenido de juicio de expertos de variable dependiente

| N° | Grado Académico                | Nombre del Experto               | Dictamen        |
|----|--------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1  | Magister Ingeniería Industrial | Dávila Laguna, Ronald            | Hay suficiencia |
| 2  | Magister Ingeniería Industrial | Gil Sandoval, Héctor Antonio     | Hay suficiencia |
| 3  | Magister Ingeniería Industrial | Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo | Hay suficiencia |

Fuente: Propia, validación en anexo 07, 08, 09.

Tabla 3. Tabulación de juicio de expertos

| Variable                 | Dimensión                 | Juez 1 | Juez 2 | Juez 3 |
|--------------------------|---------------------------|--------|--------|--------|
| Mantenimiento Preventivo | Inspección de máquina     | 1      | 1      | 1      |
|                          | Programa de mantenimiento | 1      | 1      | 1      |
|                          | Control de mantenimiento  | 1      | 1      | 1      |
| Disponibilidad           | Confiabilidad             | 1      | 1      | 1      |
|                          | Mantenibilidad            | 1      | 1      | 1      |

Fuente: Propia.

En base a la matriz de operacionalización se consideraron los valores 1 y 0 donde, 1 significa que la dimensión planteada presenta suficiencia y 0 significa que a juicio de los expertos la dimensión propuesta no cumple con las características de la variable; por ende, no presenta suficiencia.

### Prueba binomial para jueces expertos

Formulación de la hipótesis para los tres jueces

H0 = La validez realizada por el juez 1 presenta el valor de 95%

H1 = La validez realizada por el juez 1 presenta un valor distinto a 95%

Postulado: Se procede a aceptar H0 y se niega el postulado de H1 si el valor de la significancia es 0.05 o mayor a este, en caso el valor sea menor se niega

H0 y se toma por válida H1.

Tabla 4. Prueba Binomial Juez 1,2,3

| Prueba binomial |         |           |   |                 |                 |                                   |
|-----------------|---------|-----------|---|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
|                 |         | Categoría | N | Prop. Observada | Prop. de prueba | Significación exacta (unilateral) |
| CRITERIO        | Grupo 1 | SI        | 5 | 1,00            | ,95             | ,774                              |
|                 | Total   |           | 5 | 1,00            |                 |                                   |

Fuente: Propia en SPSS.

Se obtuvo como significancia 0.774 con los 3 jueces por igual, valor que se encuentra por encima del 0.05; es decir, que se acepta la hipótesis, esto quiere decir “La validación de instrumento de los jueces 1,2 y 3 es igual al 95%”. Queda demostrada la validación por parte de los tres jueces expertos.

### Validez de constructo

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionaron que se hace referencia al rango de relación de la evaluación o prueba con los conceptos teóricos con aquello que se quiere cuantificar.

### Validez de criterio

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionaron que se hace referencia a la validez del instrumento cuando se hace referencia a un criterio externo. Para este caso en particular el criterio externo que se tomó fue la ficha técnica del fabricante con sus unidades del sistema internacional de medidas.

### Confiabilidad

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionaron que la confiabilidad de un instrumento se da cuando las mediciones realizadas no varían mucho entre sí, aunque se apliquen a diferentes situaciones o a través del tiempo. En la presente investigación para poder realizar la medición de la confiabilidad se procedió a realizar la prueba denominada test -retest. Como los datos obtenidos provienen del área de mantenimiento y sacados del mismo sujeto se denominan como datos relacionados, si los datos resultan paramétricos se empleará la prueba

paramétrica conocida como T de Student de pares relacionados o en caso de no ser paramétricos se optará por la prueba de signos de Wilcoxon.

Tabla 5. Muestra de la disponibilidad

| <b>Muestra de Disponibilidad</b> |             |              |                   |
|----------------------------------|-------------|--------------|-------------------|
| <b>Semana</b>                    | <b>Test</b> | <b>Rtest</b> | <b>Diferencia</b> |
| 1                                | 72,9        | 72,41        | 0,5               |
| 2                                | 72,7        | 75,10        | -2,4              |
| 3                                | 73,3        | 72,39        | 0,9               |
| 4                                | 72,7        | 72,56        | 0,2               |
| 5                                | 71,5        | 72,68        | -1,2              |
| 6                                | 75,3        | 71,58        | 3,7               |
| 7                                | 73,2        | 72,86        | 0,4               |
| 8                                | 74,4        | 76,92        | -2,6              |

Fuente: Propia en SPSS

### Prueba de normalidad

La prueba de normalidad determina la prueba estadística que se va a utilizar (Hernández y Mendoza, 2018). La prueba de normalidad considerada fue la de Shapiro-Wilk dado que el número de pares es 8 las cuales son menores a 50.

Se postula para la prueba de normalidad la hipótesis

H0: Los datos presentan normalidad.

H1: Los datos son diferentes a la normalidad.

Postulado: Se procede a aceptar H0 y se rechaza H1 si el valor de la significancia es mayor o igual a 0.05, en caso el valor sea menor se niega H0 y se toma por válida H1.

Tabla 6. Prueba de Normalidad

|                    | <b>Pruebas de normalidad</b>    |    |       |              |    |      |
|--------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                    | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                    | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| Dif.Disponibilidad | ,188                            | 8  | ,200* | ,924         | 8  | ,461 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia en SPSS



Debido a que el valor obtenido en la significancia de Shapiro-Wilk fue de 0.461, es decir que el valor es mayor a 0.05, entonces se procede a aceptar H0. Los datos presentaron normalidad por ende se consideran como paramétricos; razón por la cual se procedió al uso de la prueba T de Student para parejas relacionadas, la que realiza una comparación entre las medias de ambos grupos.

### Prueba T de Student de muestras relacionadas

La prueba T denominada como T de Student se utiliza para el análisis de muestras relacionadas y realiza una comparación de las medias de dos variables de un solo grupo. Esta prueba calcula si el valor de la diferencia difiere de 0.

Tabla 7. Prueba T Student de muestras relacionadas

|   | Prueba de muestras emparejadas |                     |                         |  |         | T     | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|---|--------------------------------|---------------------|-------------------------|--|---------|-------|----|---------------------|
|   | Diferencias emparejadas        |                     |                         |  |         |       |    |                     |
|   | Media                          | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |         |       |    |                     |
| Inferior                                |                                |                     |                         | Superior                                       |         |       |    |                     |
| P DisponibilidadP1 - r DisponibilidadP2 | -,05000                        | 2,01064             | ,71087                  | -1,73093                                       | 1,63093 | -,070 | 7  | ,946                |

Fuente: Propia en SPSS

Se postula para la prueba de normalidad la hipótesis

H0: Los datos no presentan diferencia en las medias.

H1: Los datos presentan diferencia en las medias.

Postulado: Se procede a aceptar H0 y se rechaza H1 si el valor de la significancia es mayor o igual a 0.05, en caso el valor sea menor se niega H0 y se toma por válida H1.

Debido a que la significancia es  $0.946 \geq 0.05$  se concluye que se acepta H1, los datos no presentan diferencia en las medias, por lo tanto, estadísticamente los resultados de la prueba no son diferentes, son pruebas confiables.

### 3.5 Procedimientos

Según Hernández y Mendoza (2018) mencionan que los procedimientos es el adecuado uso de los instrumentos de manera organizada, de manera que permitan identificar y procesar los datos obtenidos para la investigación.

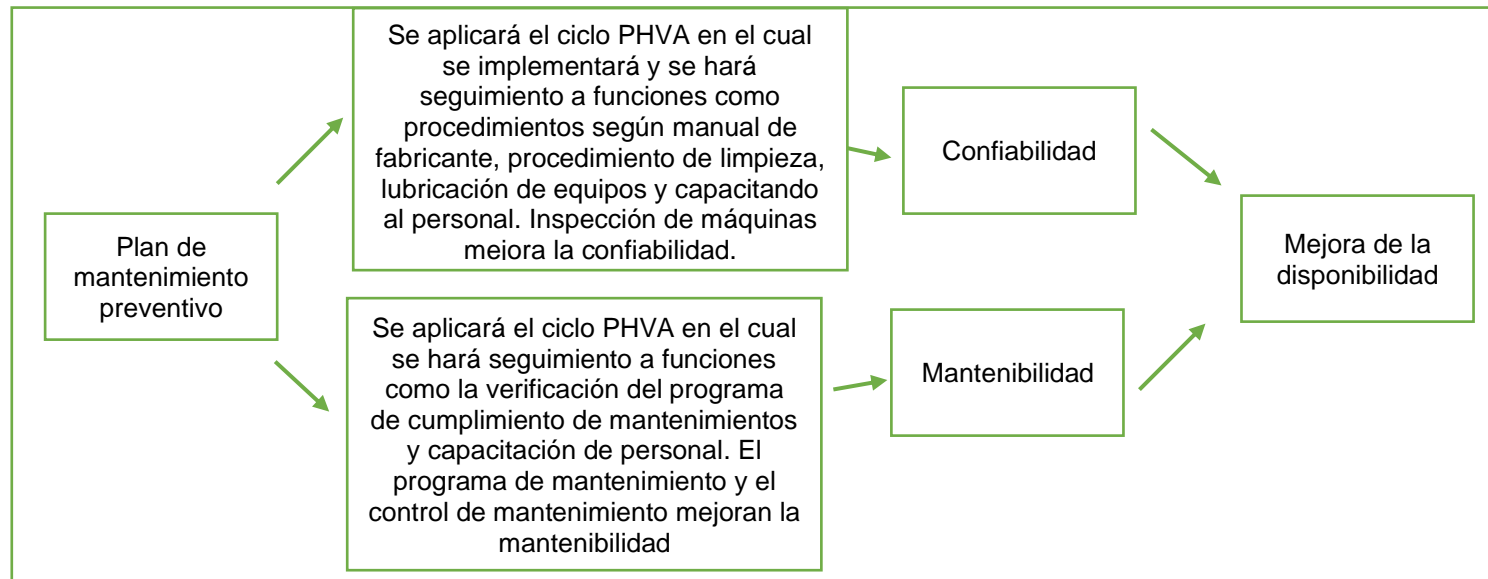


Figura 1. Proceso de Mejora

Fuente: Propia

## Procedimiento de mejora

Es un hecho que el equipo para cualquier proceso industrial está sujeto a la degradación producida por el uso regular del activo o por el inevitable paso del tiempo (Viveros *et al*, 2022). El mantenimiento se considera un elemento de gran relevancia en la gestión de activos, ya que su principal preocupación es minimizar las consecuencias directas e indirectas de los fallos derivados de la degradación. La mayoría de las veces, las intervenciones de mantenimiento deben abordar las necesidades de disponibilidad y responsabilidad de la organización, razón por la cual tales ejecuciones implican consecuencias positivas, como un aumento en los niveles de confiabilidad, la prevención de la degradación temprana de los activos o incluso la descalificación temprana de los activos. En consecuencia, se espera que la hipótesis planteada mejore la disponibilidad de los cargadores frontales Caterpillar 950GC.

## Situación actual de la empresa

La organización se encuentra dentro del mercado de empresas del rubro de alquiler de maquinaria y equipos; y servicios de manipulación de carga. La organización está localizada en el distrito de Puente Piedra, Lima, pero tiene presencia principalmente en la zona norte de la capital brindando servicios a diferentes sectores como es el sector minero, sector construcción y sector energía.



Figura 2. Mapa ubicación de la empresa

Fuente: Google Maps

### **Misión.**

Proveer las soluciones a nuestros clientes, brindándoles facilidades para el acceso a los bienes de capital y servicios de carga que necesitan para poder participar en la creación de valor en los mercados en los que actúan.

### **Visión.**

El Fortalecimiento de nuestro servicio logrando el reconocimiento de parte de nuestros clientes consolidándonos como la mejor opción de Lima, de manera que podamos alcanzar los objetivos de crecimiento establecidos previamente a nivel empresarial.

### **Valores de la empresa**

#### **Integridad**

Nuestro trabajo tiene como principales pilares la honestidad y transparencia.

#### **Compromiso**

Reconocemos el papel que desempeñamos en nuestra sociedad y mantenemos un trabajo constante en la implementación de mayores accesos a oportunidades, así como el crecimiento y desarrollo de la región.

#### **Respeto**

Celebramos la diversidad y promovemos de manera constante un trato digno y respetuoso irrestricto hacia las personas.

### **Cargos y Funciones**

*(Ver anexo 15. Organigrama de la empresa)*

Funciones del cargo:

Gerente General:

- Planificación, la dirección, la organización y el control de las actividades de la empresa.
- Verificación y aprobación del cumplimiento de los documentos, gestiones y responsabilidades asignadas.
- Asignación y administración de recursos.

Jefe de Operaciones:

- Planificación, organización y control de los mantenimientos de la maquinaria.
- Supervisión de las operaciones del equipo de trabajo.

- Coordinación con el área de ventas.
- Realizar cronogramas de operación de la maquinaria.

Jefe de Ventas:

- Persona encargada de reportar las ventas.
- Verificación de los depósitos (ingresos)
- Supervisión de equipo de ventas

Contador:

- Persona encargada de declaraciones.
- Pagos de tributos
- Informes financieros para gerencia.
- Pago de nómina

Supervisor de Operaciones

- Supervisar y coordinar el cumplimiento del cronograma de operaciones
- Dirigir las operaciones del equipo de mantenimiento
- Supervisar y verificar la disponibilidad de la maquinaria
- Reportar requerimientos de herramientas o insumos

Técnico Mecánico

- Cumplimiento actividades según el cronograma del mantenimiento (parte mecánica e hidráulica)

Técnico Eléctrico

- Cumplimiento actividades según el cronograma del mantenimiento (parte eléctrica)

### **Actividades principales de la organización**

#### **Mantenimiento y reparación de equipos**

Praedicow *et al.* (2022) mencionaron que el mantenimiento es considerado una actividad en la cual se realiza o se reestablece un componente o la máquina en general, la cual pasa por los diferentes talleres para su evaluación y cambio de componentes que aseguran la vida útil de acuerdo con especificaciones del fabricante.

#### **Mantenimiento programado de equipos**

Este trabajo consiste en realizar mantenimientos guiados bajo una estructura

interna o externa por parte del cliente.

### **Mantenimiento predictivo de equipos**

Song (2021) menciona que este mantenimiento consta de una serie de revisiones que se realizan a una máquina o una flota de máquinas las cuales se dan de acuerdo con un indicador como puede ser las horas de trabajo, muestreo y análisis de aceite con la finalidad de evitar un daño futuro del equipo.

### **Mantenimiento correctivo de equipos**

Song (2021) menciona que el mantenimiento correctivo se centra en la corrección de fallas de componentes debido a diferentes factores como lo son el deterioro por el tiempo o una mala operación.

### **Mantenimiento preventivo de equipos**

Praedicow *et al.* (2022) mencionaron que el mantenimiento preventivo consiste en los trabajos realizados en campo los cuales se realizan de manera sistemática de acuerdo con horas transcurridas y que no demandan mucho tiempo. Con esto se restaura la máquina a su potencia tal cual llegó de fábrica.

### **Descripción de proceso de operación del cargador frontal 950GC Caterpillar**

El equipo cargador frontal 950GC de la marca Caterpillar está diseñado como equipo de carga y acarreo de material, la función principal viene después de la acumulación de material que nacen como consecuencia de los trabajos de excavación. En tal sentido la acumulación de material tiene que ser desplazada para poder continuar con la excavación. El principio de funcionamiento del equipo es conformado por un motor diesel C7.1 Acert, el cual da potencia a un sistema de transmisión powershift y al conjunto de bomba de implementos que le dan movimiento a todo el equipo. El sistema hidráulico consta de 2 bombas hidráulicas y 2 motores hidráulicos. Estos permiten el movimiento de la dirección y levantamiento de cucharón.



*Figura 3. Equipo cargador frontal Caterpillar 950GC*

Fuente: Especificaciones de equipo.

### **Diagnóstico de la disponibilidad inicial del cargador frontal Caterpillar 950GC**

La empresa encargada del alquiler de equipos a diferentes constructoras o mineras tiene como objetivo el cumplir con un buen soporte para asegurar la disponibilidad, mantenibilidad de equipos, control y restauración de estos. Es por tal motivo que se hace el análisis de la disponibilidad; encontrándose por debajo de los requerimientos de los clientes.

De acuerdo con los problemas detectados (ver anexo 3 y 4) en los cuales se detallan todas las causas de la baja disponibilidad; de modo que resaltan las cuatro principales pertenecientes a dicho problema; que son el mantenimiento inadecuado, falta de registro de mantenimiento, falta de conocimiento de equipo y la mala medición de los mantenimientos.

Tabla 8. Indicadores de la variable independiente (Pre test)

| Semana       | Inspección realizada | Inspecciones Programadas | Índice de inspecciones | Horas de Estándar de mantenimiento | Total de horas de mantenimiento | PM         | Mantenimientos Realizados | Mantenimientos Programados | % CM       |
|--------------|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------|------------|
| 1            | 4                    | 5                        | 80%                    | 20                                 | 25                              | 80%        | 1                         | 3                          | 33%        |
| 2            | 3                    | 5                        | 60%                    | 10                                 | 15                              | 67%        | 2                         | 3                          | 67%        |
| 3            | 5                    | 7                        | 71%                    | 27                                 | 34                              | 79%        | 2                         | 4                          | 50%        |
| 4            | 2                    | 6                        | 33%                    | 10                                 | 16                              | 63%        | 1                         | 2                          | 50%        |
| 5            | 3                    | 4                        | 75%                    | 19                                 | 23                              | 83%        | 2                         | 3                          | 67%        |
| 6            | 1                    | 4                        | 25%                    | 37                                 | 59                              | 63%        | 3                         | 5                          | 60%        |
| 7            | 3                    | 5                        | 60%                    | 10                                 | 15                              | 67%        | 2                         | 3                          | 67%        |
| 8            | 3                    | 5                        | 60%                    | 11                                 | 20                              | 55%        | 1                         | 2                          | 50%        |
| 9            | 3                    | 4                        | 75%                    | 38                                 | 47                              | 81%        | 3                         | 4                          | 75%        |
| 10           | 2                    | 5                        | 40%                    | 9                                  | 16                              | 56%        | 2                         | 4                          | 50%        |
| 11           | 3                    | 4                        | 75%                    | 21                                 | 25                              | 84%        | 2                         | 3                          | 67%        |
| 12           | 2                    | 5                        | 40%                    | 24                                 | 27                              | 89%        | 1                         | 3                          | 33%        |
| <b>Total</b> | <b>34</b>            | <b>59</b>                | <b>58%</b>             | <b>236</b>                         | <b>322</b>                      | <b>73%</b> | <b>22</b>                 | <b>39</b>                  | <b>56%</b> |

Fuente: Propia.

En la tabla 8 se observó el cumplimiento de las inspecciones al 58 %, este valor está muy por debajo de lo solicitado por el cliente; el índice de mantenimiento programado está en 73 %, valor que se encuentra por debajo de lo solicitado por el cliente; el porcentaje de cumplimiento de mantenimiento está a un 56 %, esto se interpreta como que no se están realizando los trabajos planificados.



Tabla 9. Indicadores de la variable: Mantenimiento Preventivo-Post Test

| Semana       | Inspección realizada | Inspecciones Programadas | Índice de inspecciones | Horas de Estándar de mantenimiento | Total de horas de mantenimiento | PM         | Mantenimientos Realizados | Mantenimientos Programados | % CM       |
|--------------|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------|------------|
| 1            | 5                    | 5                        | 100%                   | 20                                 | 21                              | 95%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| 2            | 4                    | 5                        | 80%                    | 10                                 | 11                              | 91%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| 3            | 6                    | 7                        | 86%                    | 27                                 | 28                              | 96%        | 3                         | 4                          | 75%        |
| 4            | 5                    | 6                        | 83%                    | 10                                 | 12                              | 83%        | 2                         | 2                          | 100%       |
| 5            | 4                    | 4                        | 100%                   | 19                                 | 21                              | 90%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| 6            | 4                    | 4                        | 100%                   | 37                                 | 40                              | 93%        | 4                         | 5                          | 80%        |
| 7            | 4                    | 5                        | 80%                    | 10                                 | 12                              | 83%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| 8            | 4                    | 5                        | 80%                    | 11                                 | 13                              | 85%        | 2                         | 2                          | 100%       |
| 9            | 4                    | 4                        | 100%                   | 38                                 | 40                              | 95%        | 4                         | 4                          | 100%       |
| 10           | 4                    | 5                        | 80%                    | 9                                  | 10                              | 90%        | 3                         | 4                          | 75%        |
| 11           | 4                    | 4                        | 100%                   | 21                                 | 24                              | 88%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| 12           | 4                    | 5                        | 80%                    | 24                                 | 25                              | 96%        | 3                         | 3                          | 100%       |
| <b>Total</b> | <b>52</b>            | <b>59</b>                | <b>89%</b>             | <b>236</b>                         | <b>257</b>                      | <b>92%</b> | <b>36</b>                 | <b>39</b>                  | <b>92%</b> |

Fuente: Propia.

En la tabla 9 se observan los indicadores pertenecientes a la variable independiente, en el que se evidencia una variación de los indicadores en contraste al inicio del proyecto de investigación.

Tabla 10. Índice de inspecciones antes y después

| INDICE DE INSPECCIONES |                              |                                |            |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------|
| SEMANA                 | INDICE DE INSPECCIONES ANTES | INDICE DE INSPECCIONES DESPUES | DIFERENCIA |
| 1                      | 80%                          | 100%                           | 20%        |
| 2                      | 60%                          | 80%                            | 20%        |
| 3                      | 71%                          | 86%                            | 14%        |
| 4                      | 33%                          | 83%                            | 50%        |
| 5                      | 75%                          | 100%                           | 25%        |
| 6                      | 25%                          | 100%                           | 75%        |
| 7                      | 60%                          | 80%                            | 20%        |
| 8                      | 60%                          | 80%                            | 20%        |
| 9                      | 75%                          | 100%                           | 25%        |
| 10                     | 40%                          | 80%                            | 40%        |
| 11                     | 75%                          | 100%                           | 25%        |
| 12                     | 40%                          | 80%                            | 40%        |
| <b>PROMEDIO</b>        | <b>58%</b>                   | <b>89%</b>                     |            |
| <b>DIFERENCIA</b>      | <b>31%</b>                   |                                |            |

Fuente: Propia.

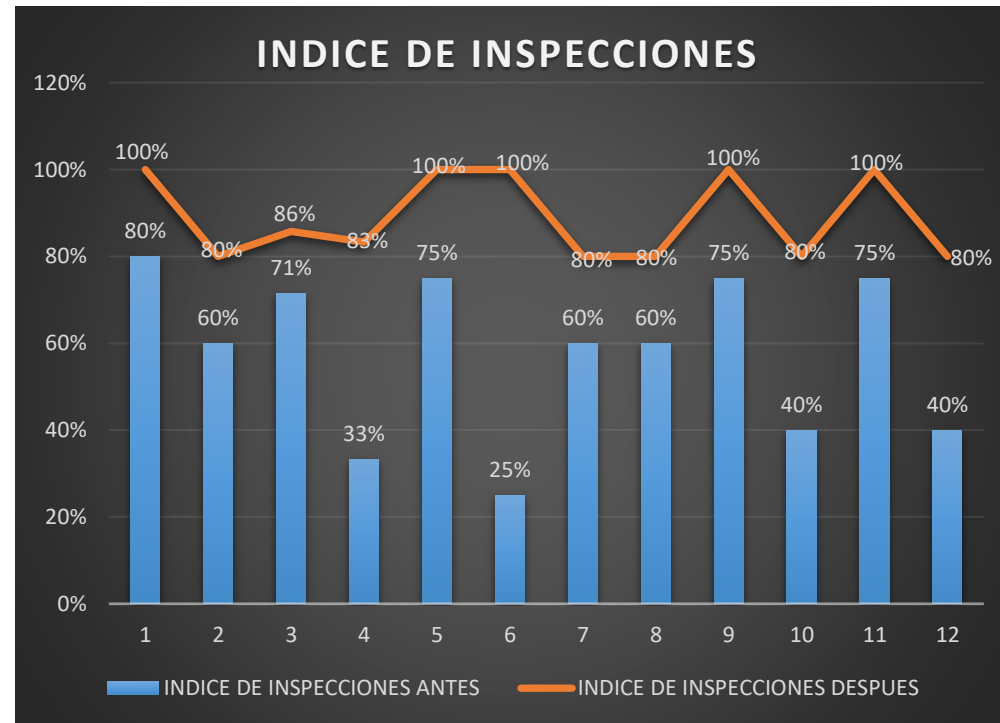


Figura 4. Porcentaje de inspecciones inicial y final.

Fuente: Propia

En la tabla 10, se demuestra la diferencia existente en el índice de inspecciones contrastando los datos antes y después de aplicado el estímulo, en donde se ha obtenido un aumento del 31%. La figura 4 se muestra gráficamente el contraste de los índices cumplimiento de inspecciones al inicio y final de cada semana.

Tabla 11. Tiempos de Mantenimiento antes y después

| PORCENTAJE DE TIEMPOS DE MANTENIMIENTOS |            |            |            |
|---|------------|------------|------------|
| SEMANA                                  | PM ANTES   | PM DESPUES | DIFERENCIA |
| 1                                       | 80%        | 95%        | 15%        |
| 2                                       | 67%        | 91%        | 24%        |
| 3                                       | 79%        | 96%        | 17%        |
| 4                                       | 63%        | 83%        | 21%        |
| 5                                       | 83%        | 90%        | 8%         |
| 6                                       | 63%        | 93%        | 30%        |
| 7                                       | 67%        | 83%        | 17%        |
| 8                                       | 55%        | 85%        | 30%        |
| 9                                       | 81%        | 95%        | 14%        |
| 10                                      | 56%        | 90%        | 34%        |
| 11                                      | 84%        | 88%        | 4%         |
| 12                                      | 89%        | 96%        | 7%         |
| <b>PROMEDIO</b>                         | <b>73%</b> | <b>90%</b> |            |
| <b>DIFERENCIA</b>                       | <b>17%</b> |            |            |

Fuente: Propia

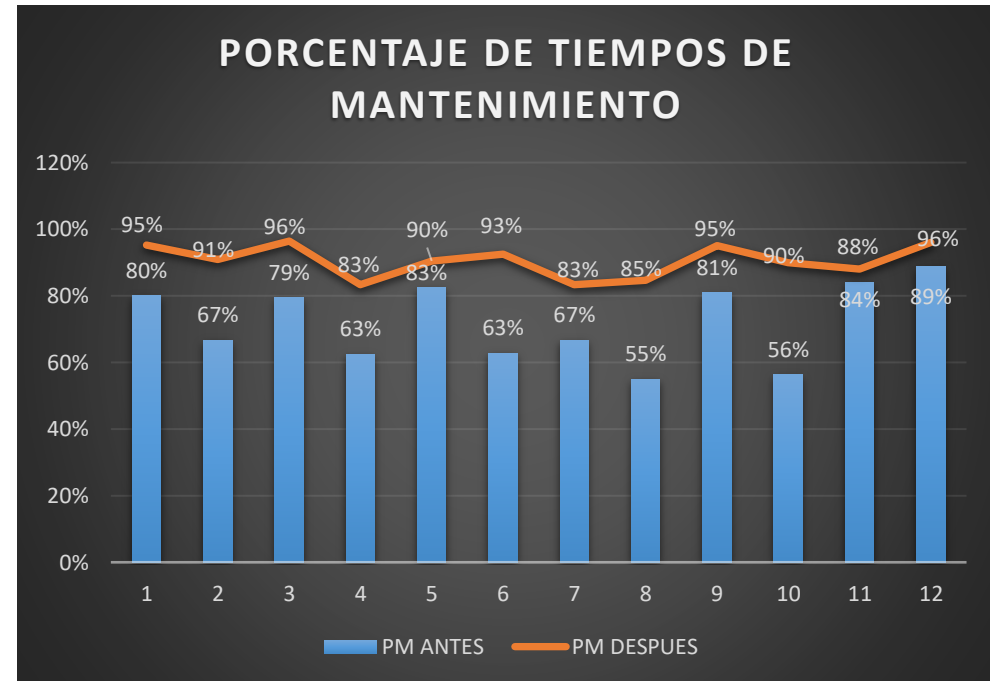


Figura 5. Diferencia del porcentaje de mantenimiento inicial y final.

Fuente: Propia

En la tabla 11, se demuestra la diferencia existente en el tiempo de mantenimiento antes y después de aplicado el estímulo, en donde se ha obtenido un aumento del 17 % de la disponibilidad; la que es consecuencia del conjunto de mejoras en la gestión del mantenimiento. La figura 5 se muestra gráficamente el contraste del tiempo de mantenimiento al inicio y final de cada semana.

Tabla 12. Comparativo del cumplimiento de Mantenimiento

| PORCENTAJE DE MANTENIMIENTOS CUMPLIDOS |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|
| SEMANA                                 | CM ANTES   | CM DESPUES | DIFERENCIA |
| 1                                      | 33%        | 100%       | 67%        |
| 2                                      | 67%        | 100%       | 33%        |
| 3                                      | 50%        | 75%        | 25%        |
| 4                                      | 50%        | 100%       | 50%        |
| 5                                      | 67%        | 100%       | 33%        |
| 6                                      | 60%        | 80%        | 20%        |
| 7                                      | 67%        | 100%       | 33%        |
| 8                                      | 50%        | 100%       | 50%        |
| 9                                      | 75%        | 100%       | 25%        |
| 10                                     | 50%        | 75%        | 25%        |
| 11                                     | 67%        | 100%       | 33%        |
| 12                                     | 33%        | 100%       | 67%        |
| <b>PROMEDIO</b>                        | <b>56%</b> | <b>94%</b> |            |
| <b>DIFERENCIA</b>                      | <b>38%</b> |            |            |

Fuente: Propia

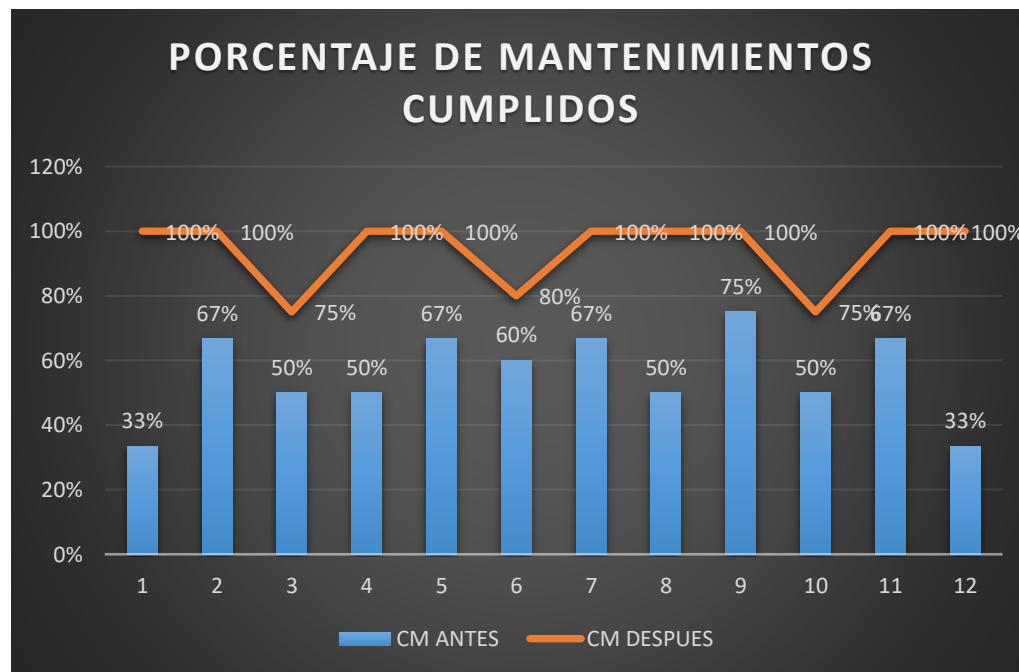


Figura 6. Porcentaje de mantenimiento cumplidos inicial y final.

Fuente: Propia

En la tabla 12, se demuestra la diferencia de porcentaje de mantenimientos cumplidos antes y después de aplicado el estímulo, en donde se ha obtenido un aumento del 38 % del cumplimiento de mantenimientos; el que es consecuencia del conjunto de mejoras en la gestión del mantenimiento. La figura 6 se muestra gráficamente el contraste del porcentaje de cumplimiento de mantenimientos al inicio y final de cada semana.

Tabla 13. Estimación de la confiabilidad General

*Estimación de la Confiabilidad de una gestión de mtto.*

| <b>Camiones de Víveres</b>      | <b>MTBF (hr/fallas)</b> | <b>MTTF (hr/fallas)</b> | <b>MTTR (hr/fallas)</b> | <b>% Disponibilidad</b> | <b>%Confiabilidad Mecánica</b> | <b>%Confiabilidad Eléctrica</b> | <b>%Confiabilidad Neumática</b> | <b>% Confiabilidad General</b> |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>Cargador Frontal 1</i>       | 9.53                    | 20.59                   | 11.06                   | 23.14%                  | 35.36%                         | 99.87%                          | 99.27%                          | 78.17%                         |
| <i>Cargador Frontal 2</i>       | 8.94                    | 20.00                   | 11.06                   | 22.35%                  | 57.45%                         | 100.00%                         | 35.36%                          | 64.27%                         |
| <b>Resumen Promedio Parcial</b> | <b>9.24</b>             | <b>20.29</b>            | <b>11.06</b>            | <b>22.75%</b>           | <b>46.41%</b>                  | <b>99.93%</b>                   | <b>67.32%</b>                   | <b>71.22%</b>                  |

Fuente: Programa SPSS propia

Tabla 14. Estimación de fallas

| <b>Camiones de Víveres</b> | <b>Tiempo Disponible (hr/mes)</b> | <b>Número de Paradas (paro/mes)</b> | <b>Fallas Mecánicas (fallas/mes)</b> | <b>Fallas hidráulicas (fallas/mes)</b> | <b>Tiempo Inoperativo por Fallas (hr/mes)</b> |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| <i>Cargador Frontal 1</i>  | 350                               | 17                                  | 9                                    | 8                                      | 188   |
| <i>Cargador Frontal 2</i>  | 340                               | 17                                  | 10                                   | 7                                      | 188   |

Fuente: Programa SPSS propia

Tabla 15. Indicadores de la variable disponibilidad (Pre test)

| Semana       | Horas Operación | Número de fallas | Confiabilidad MTBF | Confiabilidad $R_c(t)$ | Tiempo total de paradas | Número total paralizaciones | MTTR        | Disponibilidad |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1            | 350             | 11               | 31.8               | 56.8%                  | 130                     | 11                          | 11.8        | 72.9%          |
| 2            | 340             | 10               | 34.0               | 58.9%                  | 115                     | 9                           | 12.8        | 72.7%          |
| 3            | 325             | 10               | 32.5               | 57.5%                  | 130                     | 11                          | 11.8        | 73.3%          |
| 4            | 320             | 10               | 32.0               | 57.0%                  | 180                     | 15                          | 12.0        | 72.7%          |
| 5            | 335             | 12               | 27.9               | 52.5%                  | 100                     | 9                           | 11.1        | 71.5%          |
| 6            | 299             | 9                | 33.2               | 58.2%                  | 98                      | 9                           | 10.9        | 75.3%          |
| 7            | 308             | 9                | 34.2               | 59.1%                  | 150                     | 12                          | 12.5        | 73.2%          |
| 8            | 290             | 9                | 32.2               | 57.2%                  | 100                     | 9                           | 11.1        | 74.4%          |
| 9            | 350             | 10               | 35.0               | 59.8%                  | 120                     | 9                           | 13.3        | 72.41%         |
| 10           | 317             | 9                | 35.2               | 59.9%                  | 140                     | 12                          | 11.7        | 75.10%         |
| 11           | 320             | 9                | 35.6               | 60.3%                  | 95                      | 7                           | 13.6        | 72.39%         |
| 12           | 340             | 12               | 28.3               | 53.0%                  | 150                     | 14                          | 10.7        | 72.56%         |
| <b>Total</b> | <b>3894</b>     | <b>120</b>       | <b>32.4</b>        | <b>57.51%</b>          | <b>1508</b>             | <b>127</b>                  | <b>11.9</b> | <b>73.21%</b>  |

Fuente: Propia.

En la tabla 15 se observa el valor de MTTR en 11.2 horas, MTBF 30.8 horas, disponibilidad en 73.39 %. Lo dispuesto para contrato es una disponibilidad mínima de 86 %, motivo por el cual se decide tomar acción para mejorar la disponibilidad y un plan de acción que apoye la conservación del cargador frontal 950GC bajo contrato.

Tabla 16. Tabla indicadores de la variable Disponibilidad (Post Test)

| Semana       | Horas Operación | Número de fallas | Confiabilidad MTBF | Confiabilidad $R_c(t)$ | Tiempo total de paradas | Número total paralizaciones | MTTR        | Disponibilidad |
|--------------|-----------------|------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|
| 1            | 350             | 5                | 70.0               | 77.3%                  | 92                      | 10                          | 9.2         | 88.4%          |
| 2            | 340             | 4                | 85.0               | 80.9%                  | 95                      | 9                           | 10.6        | 89.0%          |
| 3            | 325             | 5                | 65.0               | 75.8%                  | 95                      | 7                           | 13.6        | 82.7%          |
| 4            | 320             | 4                | 80.0               | 79.9%                  | 94                      | 8                           | 11.8        | 87.2%          |
| 5            | 335             | 5                | 67.0               | 76.4%                  | 90                      | 9                           | 10.0        | 87.0%          |
| 6            | 299             | 5                | 59.8               | 74.0%                  | 98                      | 8                           | 12.3        | 83.0%          |
| 7            | 308             | 4                | 77.0               | 79.2%                  | 97                      | 7                           | 13.9        | 84.7%          |
| 8            | 290             | 4                | 72.5               | 78.0%                  | 99                      | 9                           | 11.0        | 86.8%          |
| 9            | 350             | 4                | 87.5               | 81.4%                  | 89                      | 10                          | 8.9         | 90.77%         |
| 10           | 317             | 5                | 63.3               | 75.3%                  | 95                      | 11                          | 8.6         | 88.00%         |
| 11           | 320             | 4                | 80.0               | 79.9%                  | 90                      | 13                          | 6.9         | 92.04%         |
| 12           | 340             | 4                | 85.0               | 80.9%                  | 92                      | 11                          | 8.4         | 91.04%         |
| <b>Total</b> | <b>3894</b>     | <b>53</b>        | <b>73.5</b>        | <b>78.25%</b>          | <b>1126</b>             | <b>112</b>                  | <b>10.1</b> | <b>87.96%</b>  |

Fuente: Propia.

En la tabla 16 se observan los indicadores pertenecientes a la variable dependiente, en el que se evidencia una variación de los indicadores en contraste al inicio del proyecto de investigación.

Tabla 17. Disponibilidad antes y después

| SEMANA     | DISPONIBILIDAD ANTES | DISPONIBILIDAD DESPUES | DIFERENCIA |
|------------|----------------------|------------------------|------------|
| 1          | 72.9%                | 79.2%                  | 6.3%       |
| 2          | 72.7%                | 78.2%                  | 5.5%       |
| 3          | 73.3%                | 80.4%                  | 7.1%       |
| 4          | 72.7%                | 81.0%                  | 8.2%       |
| 5          | 71.5%                | 83.9%                  | 12.4%      |
| 6          | 75.3%                | 84.6%                  | 9.3%       |
| 7          | 73.2%                | 84.7%                  | 11.5%      |
| 8          | 74.4%                | 81.5%                  | 7.1%       |
| 9          | 72.41%               | 89.85%                 | 17.4%      |
| 10         | 75.10%               | 85.71%                 | 10.6%      |
| 11         | 72.39%               | 88.89%                 | 16.5%      |
| 12         | 72.56%               | 88.08%                 | 15.5%      |
| PROMEDIO   | <b>73.21%</b>        | <b>83.83%</b>          | 10.6%      |
| DIFERENCIA | <b>10.62%</b>        |                        |            |

Fuente: Programa Microsoft Excel Propia

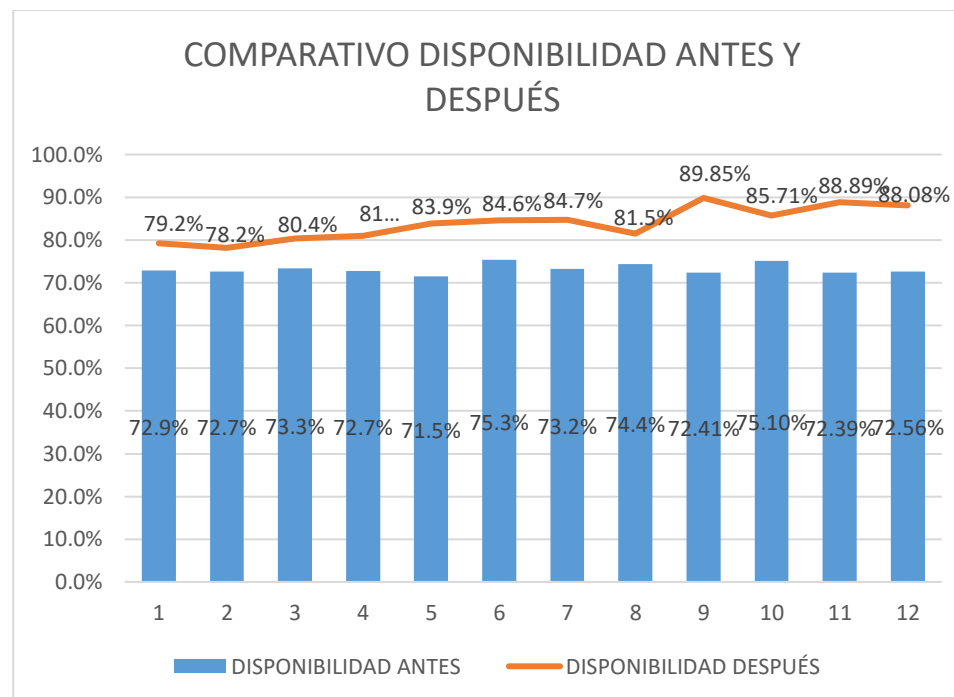


Figura 7. Diferencia disponibilidad inicial y final.

Fuente: la compañía

En la tabla 17, se demuestra la diferencia existente en la disponibilidad referente al inicio, en donde se ha obtenido un aumento del 10.62 % de la disponibilidad; la que es consecuencia del conjunto de mejoras en la gestión del mantenimiento como las capacitaciones del equipo de trabajo, implementación de cartillas para mantenimiento, etcétera. La figura 7 se muestra gráficamente el contraste de la disponibilidad al inicio y final de cada semana.



Dimensión 1: Confiabilidad

Tabla 18. Tabla Confiabilidad antes y después

| SEMANA     | CONFIABILIDAD ANTES | CONFIABILIDAD DESPUES | DIFERENCIA |
|------------|---------------------|-----------------------|------------|
| 1          | 57%                 | 77%                   | 21%        |
| 2          | 59%                 | 81%                   | 22%        |
| 3          | 57%                 | 76%                   | 18%        |
| 4          | 57%                 | 80%                   | 23%        |
| 5          | 52%                 | 76%                   | 24%        |
| 6          | 58%                 | 74%                   | 16%        |
| 7          | 59%                 | 79%                   | 20%        |
| 8          | 57%                 | 78%                   | 21%        |
| 9          | 60%                 | 81%                   | 22%        |
| 10         | 60%                 | 75%                   | 15%        |
| 11         | 60%                 | 80%                   | 20%        |
| 12         | 53%                 | 81%                   | 28%        |
| PROMEDIO   | <b>58%</b>          | <b>78%</b>            | 21%        |
| DIFERENCIA | <b>21%</b>          |                       |            |

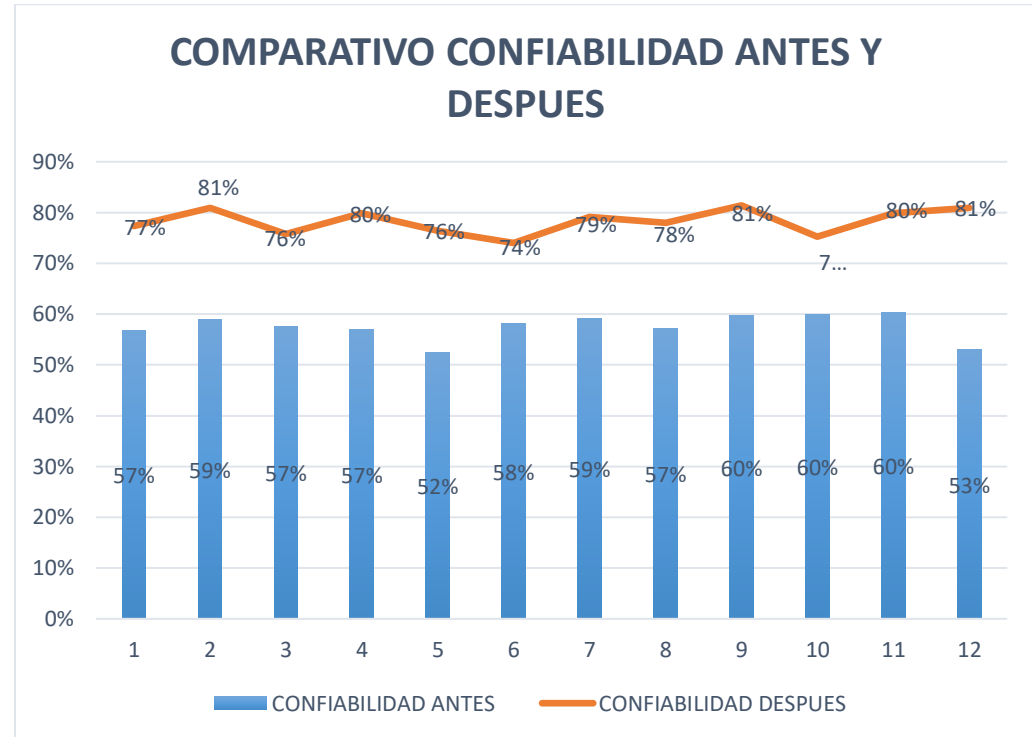


Figura 8. Diferencia confiabilidad inicial y final.

Fuente: Programa Microsoft Excel propia

Fuente: La compañía

En la tabla 18 se evidencia los valores de confiabilidad que son visibles luego de aplicar el estímulo alcanzan una diferencia de 21 %, lo que confirma la importancia de diseñar el mantenimiento de acuerdo con los estándares implementados para mejorar los indicadores correspondientes a la confiabilidad. La figura 8 se muestra gráficamente el contraste de la disponibilidad al inicio y final de cada semana.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Tabla 19. Tabla Mantenibilidad antes y después

| SEMANA     | MTTR ANTES  | MTTR DESPUES | DIFERENCIA |
|------------|-------------|--------------|------------|
| 1          | 11.8        | 9.2          | 2.6        |
| 2          | 12.8        | 10.6         | 2.2        |
| 3          | 11.8        | 11.6         | 0.2        |
| 4          | 12.0        | 11.8         | 0.3        |
| 5          | 11.1        | 10.0         | 1.1        |
| 6          | 10.9        | 10.3         | 0.6        |
| 7          | 12.5        | 10.9         | 1.6        |
| 8          | 11.1        | 10.0         | 1.1        |
| 9          | 13.3        | 8.9          | 4.4        |
| 10         | 11.7        | 8.6          | 3.0        |
| 11         | 13.6        | 6.9          | 6.6        |
| 12         | 10.7        | 8.4          | 2.4        |
| PROMEDIO   | <b>11.9</b> | <b>9.8</b>   | 2.2        |
| DIFERENCIA | <b>2.2</b>  |              |            |

Fuente: Programa Microsoft Office Excel Propia

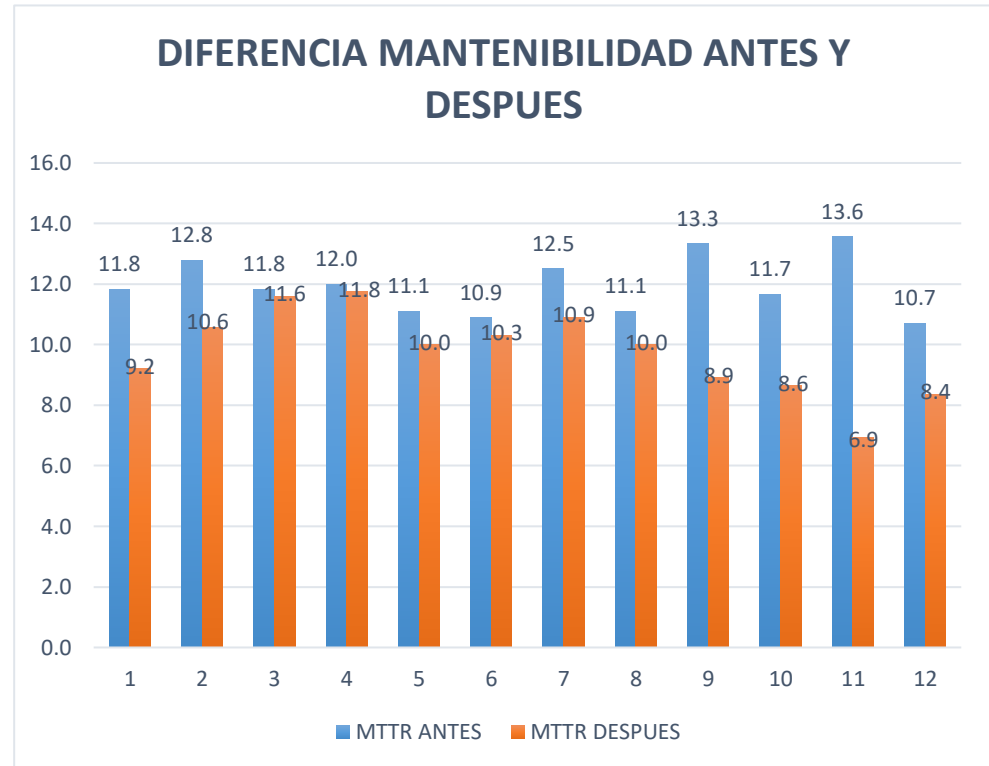


Figura 9. Diferencia Mantenibilidad inicial y final.

Fuente: Propia

Se observa en la tabla 19 y figura 9 que en la mantenibilidad se logró una reducción de 21 horas a 8.2 horas; es decir se consiguió una disminución de 12.8 horas. Lo que permite evidenciar el impacto del mantenimiento en la reducción del tiempo de intervención.

Tabla 20. Cronograma para implementar el mantenimiento preventivo

| ACTIVIDADES  | SEMANAS    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | CICLO PHVA | S 1 | S 2 | S 3 | S 4 | S 5 | S 6 | S 7 | S 8 |
| Curso de capacitación  | PLANEAR    | x   |     |     |     |     |     |     |     |
| Mejora del programa de mantenimiento                                     |            |     | x   |     |     |     |     |     |     |
| Estandarizar labores de mantenimiento con cartillas                      |            |     |     | x   |     |     |     |     |     |
| Implementación de hoja de inspección y de limpieza de equipos            | HACER      |     |     |     | X   |     |     |     |     |
| Inspección de máquinas   |            |     |     |     |     | x   |     |     |     |
| Implementación de trabajos de acuerdo con especificaciones de fabricante |            |     |     |     |     |     | x   |     |     |
| Monitoreo y supervisión  | VERIFICAR  |     |     |     |     |     |     | x   |     |
| Realizar plan de mantenimiento   | ACTUAR     |     |     |     |     |     |     | x   |     |
| Recolección de datos post test   |            |     |     |     |     |     |     |     | x   |

Fuente: Propia.

### Planear

Se realizó junto con el área de recursos humanos la elaboración y cuadro de fechas de capacitación del personal relacionado a la actividad, de tal manera que el personal reciba de manera clara las indicaciones y procedimientos referentes a un desempeño óptimo, teniendo como pilar de mayor relevancia el buen nivel de servicio; el cual tiene un incidencia directa en el buen servicio, haciendo principal énfasis en la confiabilidad y en la mantenibilidad de los cargadores frontales caterpillar 950 GC y de esta manera, mantener los parámetros deseados de los

indicadores. La inducción realizada, en la que participó todo el equipo de trabajo que participa en el proceso de mantenimiento, impactó positivamente y tuvo un efecto inmediato en la actividad de la calidad y por consiguiente una mejora en el grado de certeza de los diagnósticos de la maquinaria; permitiendo una mejora significativa en la evaluación de los problemas que se presentaron. (Ver anexo 10. *Cronograma de Capacitación*)

El equipo de trabajo ha dejado evidencia del compromiso adquirido con el plan de mantenimiento, por lo que la capacitación ha permitido el reforzamiento de los conocimientos adquiridos previamente por cada trabajador.

Tabla 21. Personal que participó en la capacitación

| <b>PERSONAL MOVIMIENTOS DE TIERRA SAN JUDAS TADEO</b> |                           |                      |               |                   |
|---|---------------------------|----------------------|---------------|-------------------|
| <b>ITEM</b>   | <b>Apellidos y nombre</b> | <b>Cargo</b>         | <b>Área</b>   | <b>Asistencia</b> |
| 1   | Cuadra Sifuentes, Aníbal  | Ing. Residente       | Mantenimiento | Asistió           |
| 2   | Herrera Añazco, Juan      | Técnico Mecánico     | Mantenimiento | Asistió           |
| 3   | Carrillo Mantilla, Deyler | Técnico Mecánico     | Mantenimiento | Asistió           |
| 4   | Jiménez Ildelfonso, Pedro | Técnico Electricista | Mantenimiento | Asistió           |
| 5   | Curo Tensen, Santos       | Técnico Electricista | Mantenimiento | Asistió           |
| 6   | Pérez Suarez, Jherson     | Técnico Electricista | Mantenimiento | Asistió           |
| 7   | Ramírez Becerra, Marco    | Ayudante             | Mantenimiento | Asistió           |

Fuente: Propia

El programa de capacitación se realizó en base al nivel y funciones que realiza cada personal, el mismo que está diseñado para generar un aumento en las habilidades de análisis y diagnósticos de la maquinaria.



Figura 10. Charla con Personal

Fuente. Propia



Figura 11. Capacitación de personal – Mantenimiento Preventivo

Fuente. Propia

## **Plan de mantenimiento Preventivo**

El planeamiento nos permitió poder organizar las acciones a realizar; de manera que se resuelvan con mayor eficiencia y eficacia los problemas que se presentaron; es decir, consiste en programar de manera sistematizada las distintas acciones. Este plan se elaboró teniendo en consideración la ficha técnica de la unidad, así mismo se actualizaron los formatos pertenecientes a las fichas técnicas en los cuales se describen las características de cada una de las partes de la maquinaria, cuidado, vida útil, etcétera. También se tomaron los tiempos medios de fallas, el tiempo medio de reparación y disponibilidad inicial, mismos que fueron obtenidos en proyectos anteriores, de los que se pudo recolectar información relevante que se usó en la elaboración del plan de mantenimiento. *(Ver anexo 11. Programa de mantenimiento preventivo de cargador frontal 950GC).*

## **Estandarización de actividades de mantenimiento**

Se realizó una mejora del plan de mantenimiento para el presente estudio; el mismo que se enfocó en las dos unidades de cargadores frontales Caterpillar 950GC que componen el objeto de investigación, en este sentido se realizó el control de los tiempos de manera semanal y mensual; de esta manera, se generó información relevante para el posterior análisis por parte del área de mantenimiento. Al estandarizar y agendar las actividades a realizar en las maquinarias en fechas específicas, se realizó una reestructuración del plan de mantenimiento; por lo que se coordinó con el ingeniero residente y se comunicó al equipo de trabajo; es decir, se procedió a informar sobre las nuevas actividades, documentos y políticas a seguir en los mantenimientos; de esta manera, se registraron los datos para posteriormente medir el desempeño de las maquinarias. *(Ver anexo 12. DAP del Mantenimiento Preventivo)*

## **Hacer**

### **Implementación de la hoja de Inspecciones**

Respecto al mantenimiento preventivo, cuya finalidad es la extensión máxima de la vida útil de una maquinaria; la limpieza y las inspecciones son elementos de vital importancia; siendo la segunda la que nos permite la identificación de las condiciones y deterioro de los distintos componentes de esta; de manera que se

pueda programar con antelación la reparación de la pieza comprometida o en caso contrario proceder con el reemplazo de la pieza defectuosa; aminorando el impacto en la producción y evitando un desgaste mayor de los cargadores frontales Caterpillar 950GC. El ingeniero residente fue el encargado de la evaluación y programación de las distintas observaciones en los mantenimientos teniendo en consideración la frecuencia y horas de trabajo.

### **Actividades de limpieza de la maquinaria**

Esta actividad fue encargada exclusivamente al personal de mantenimiento, pues este se encuentra calificado. Esta se realizó de forma programada y siguiendo las indicaciones especificadas en la cartilla de limpieza, así como la eliminación de cualquier elemento extraño que pueda impactar negativamente en la vida útil del componente. Así mismo en las capacitaciones se concientizó al personal sobre la importancia de las labores de limpieza para la correcta conservación de los equipos. *(Ver anexo 13. DAP. Actividades de Limpieza del Cargador Frontal 950GC y anexo 14. Cartilla de limpieza del Cargador Frontal 950GC)*

Mediante el uso de los formatos se verificaron los sistemas y subsistemas de las maquinarias y de esta manera, poder saber el estado de cada componente. Finalmente, el personal procedió a redactar un informe sobre la condición y posterior programación de la acción correctiva según el plan de mantenimiento.



*Figura 12.* Cargador frontal 950GC

Fuente: Manual de Fabricante

Las actividades de limpieza constituyen una parte fundamental dentro del plan de mantenimiento, por ende, los técnicos deben estar pendientes de su cumplimiento según el cronograma establecido.

### **Inspección de la maquinaria**

Los técnicos deberán hacer un seguimiento de la programación y son los encargados del cumplimiento de las inspecciones correspondientes. De esta manera, se busca generar una rutina que influirá positivamente en la pérdida de fallas de las maquinarias y, por ende, una reducción de los retrasos en las operaciones.

Por esta razón el personal encargado pudo realizar un diagnóstico adecuado, el mismo que incluyó los distintos componentes. Permitiendo una disminución de las fallas; así como la correcta identificación de estas.

### **Procedimiento de trabajo sustentado según las recomendaciones de fábrica**

1. Elaboración de la orden de trabajo (OT) según el requerimiento de cada unidad.
2. Traslado y ubicación del cargador frontal Caterpillar 950GC.
3. Hoja de inspección: Especificación de las actividades y requerimiento por parte del personal de los repuestos necesarios para el cambio.
4. El equipo de trabajo se dirige al taller.
5. Se realiza la selección de herramientas requeridas para la actividad.
6. Se realizará el bloqueo de energía; es decir, se realizarán las actividades para inmovilizar la maquinaria y evitar cualquier tipo de accidente durante la reparación.



7. Retiro de aceite; cambio de empaquetaduras y filtros; dependiendo de la cantidad de horas trabajadas por la unidad.
8. Limpieza y revisión de filtros. Se procederá con la limpieza del área de contacto del filtro, de esta manera se evita cualquier ingreso de impurezas en el sistema.
9. Cambio de aceite: Según la ficha técnica se realizará la selección del aceite, grado de viscosidad y cantidad para realizar el cambio.
10. Verificación de los niveles de los fluidos en los puntos de articulación.
11. Inspección del sistema eléctrico.
12. Verificación de alimentación eléctrica; inspección de la batería.
13. Posterior al cambio de aceite y fluidos, revisión del sistema eléctrico y alimentación se procede con el encendido de la unidad.
14. Verificación de operatividad: Se enciende la unidad, observando el correcto funcionamiento del motor y demás componentes del equipo. El periodo de funcionamiento será de 4 minutos.
15. Apagado de la unidad: Una vez verificado el correcto funcionamiento de la unidad se apagará.

## **Verificar**

### Control y supervisión

Las actividades correspondientes al control y la supervisión según el plan de mantenimiento son responsabilidad del ingeniero residente y del coordinador del equipo de trabajo, quienes deberán hacer cumplir según el cronograma establecido las fechas de mantenimiento teniendo como referencia las indicaciones de la ficha

técnica del fabricante. Esto tiene como finalidad el correcto funcionamiento del equipo.

### **Actuar**

El cumplimiento de la agenda referente al mantenimiento y verificación de la lubricación nos permite establecer de manera ordenada la atención priorizando el grado de urgencia; de esta manera se aprovecha el “know how” del fabricante, complementando la cognición previa del equipo de trabajo.

El mantenimiento programado es el conjunto de actividades a realizar posterior a la verificación de elementos deteriorados y cuyo fin es el poder garantizar el correcto funcionamiento del equipo; eliminando o reduciendo el tiempo de inoperatividad de la maquinaria; estas actividades son realizadas por el equipo de trabajo en un periodo determinado y para ello debe contar con los recursos necesarios para la realización de sus tareas: materiales, herramientas, uniformes, etcétera.

El programa de lubricación busca prevenir el desgaste de los componentes móviles productos del roce de las partes: pines y bocinas.

La evaluación de la influencia que ejerce el mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los cargadores frontales Caterpillar 950GC, para dejar evidencia de la condición de la maquinaria al finalizar después de haber ejercido la influencia del plan de mantenimiento preventivo. Se realizó la toma de datos por segunda vez para poder identificar las mejoras como consecuencia de la implementación.

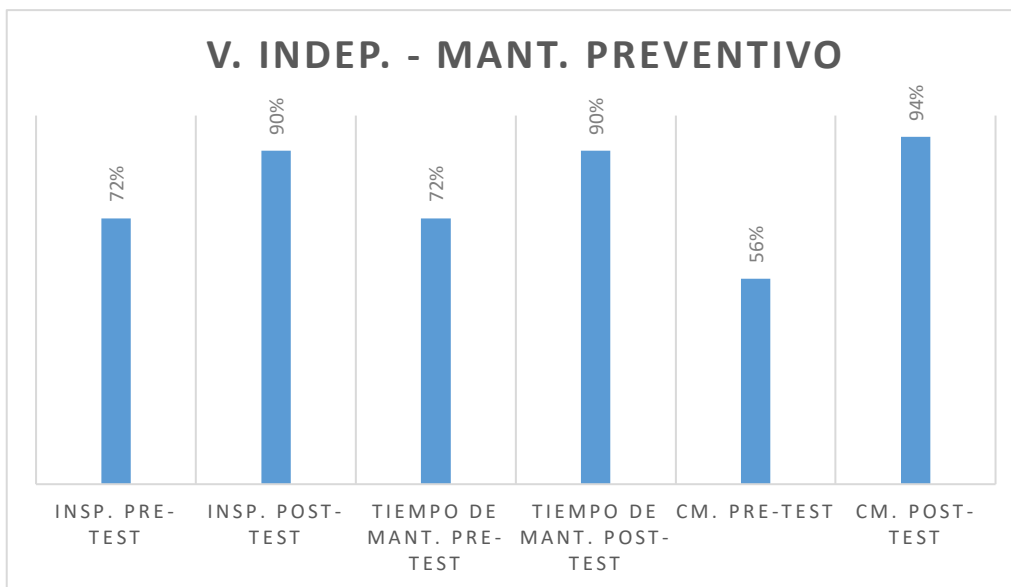


Figura 13. Pre y post test de las dimensiones del Mant. Preventivo

Fuente: la empresa

En la figura 13 se visualiza el comparativo de las dimensiones del mantenimiento preventivo donde se observó incremento en las tres. El gráfico evidencia un incremento del 31 % en el índice de inspecciones, también se observó un aumento del 18 % en el índice tiempo de mantenimiento real en referencia al tiempo objetivo, y finalmente, se evidenció un aumento en el valor porcentual de 56 % a 94 % del cumplimiento de los mantenimientos programados; es decir, un incremento del 38 %. Estos datos se usaron para poder calcular el indicador pre y post-test de esta variable y realizar un parangón de los valores obtenidos.

Indicador de Mantenimiento Preventivo:

$$\text{Indicador Mantenimiento preventivo} = 0.3 \times I.M. + 0.5 \times P.M. + 0.2 \times C.M.$$

Tabla 22. Cálculo del indicador del Mant. Preventivo

|                            | Pre-test    | Post-Test   |
|----------------------------|-------------|-------------|
| Índice de Inspecciones     | 0.58        | 0.89        |
| Tiempo de Mant. Preventivo | 0.72        | 0.90        |
| CM                         | 0.56        | 0.94        |
| <b>Indicador</b>           | <b>0.65</b> | <b>0.91</b> |

Fuente: la empresa

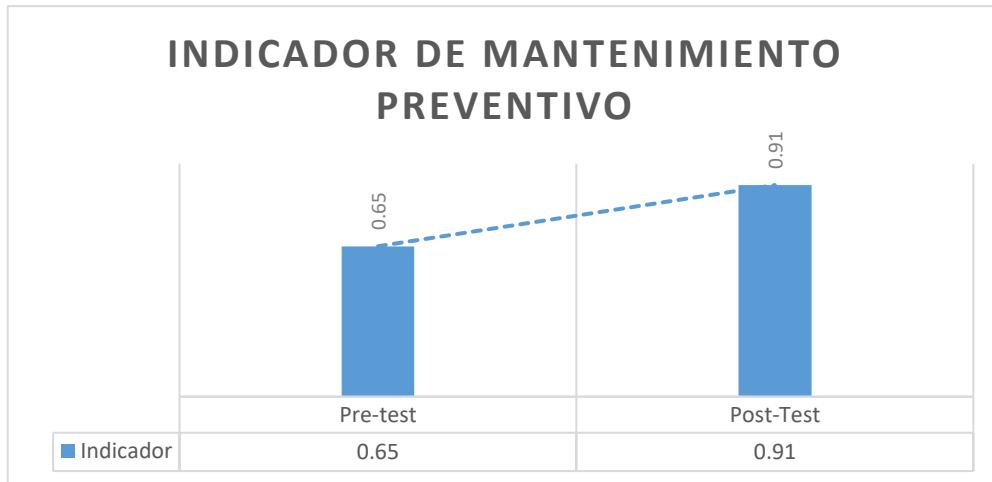


Figura 14. Comparativo del indicador pre y post test del Mant. Preventivo

Fuente: la empresa

En la tabla 22 se visualiza el cálculo del indicador de mantenimiento preventivo antes y después de realizado el estímulo; teniendo como valor pre-test 0.65 y post test 0.91. Mientras en la figura 14 se observa mejor el incremento del indicador; es decir, que este presenta un aumento del 26 %.

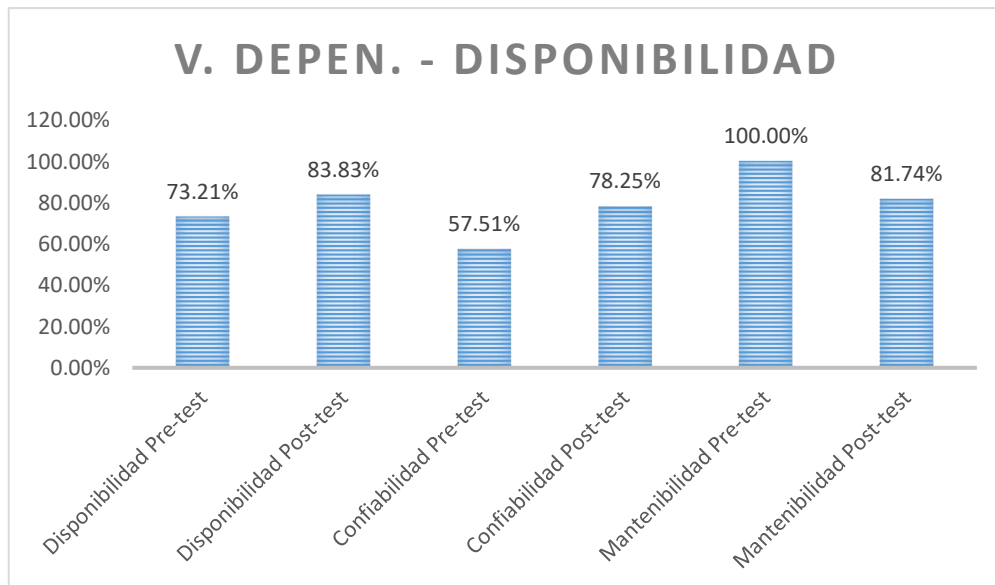


Figura 15. Pre y post test de la disponibilidad y sus dimensiones

Fuente: la empresa

En la figura 15 se visualiza el comparativo de la disponibilidad y sus dimensiones; donde se observa de manera gráfica las variaciones de cada una de ellas. El gráfico evidencia un incremento del 10.62 % en la disponibilidad, también se observó un aumento del 20.74 % en la confiabilidad y finalmente, se evidenció una disminución

de 2.2 horas equivalentes en valor porcentual de 18.26 %.

### **Análisis económico financiero**

En referencia a los costos realizados en la implementación del proyecto de mejora del mantenimiento preventivo de la organización donde se hizo el estudio. Se realizó un flujo de caja, el VPN (Valor presente neto) así como el rendimiento del TIR (Tasa interna de retorno) para ver la viabilidad de la inversión que se realizó.

Tabla 23. Costo de capacitador y asistente

| <b>Costo de capacitador y asistente (mensual)</b> |            |                 |
|---|------------|-----------------|
| <b>Por 3 meses</b>                                |            |                 |
| <b>Sueldo Personal Asistente</b>                  | S/.        | 1 800.00        |
| <b>Sueldo Personal Capacitador</b>                | S/.        | 5 500.00        |
| <b>Costo total</b>                                | <b>S/.</b> | <b>7 300.00</b> |

Fuente: Programa SPS Propia

En la tabla 23, se exponen los costes pertenecientes a la mejora, esto implica la contratación de personal que capacite al grupo de trabajo perteneciente al área de mantenimiento; teniendo un coste mensual de tres mil setecientos (S/. 7 300.00) soles mensuales.

Tabla 24. Beneficio Proyectado Nómina y Maquinaria

| <b>Beneficio Total Proyectado</b>                           |            |                   |
|---|------------|-------------------|
| <i>Ahorro en Nómina</i>                                     |            |                   |
| <i>Costo Total de horas hombre</i>                          | S/.        | 6 792.50          |
| <i>Ahorro total de horas hombre</i>                         | S/.        | 6 792.50          |
| <i>Ahorro porcentual anual</i>                              | S/.        | 6 509.48          |
| <i>Total de mantenimientos realizados en el mes</i>         |            | 17                |
| <i>Total de ahorro de nómina proyectado en 12 meses</i>     | S/.        | 110 661.15        |
| <i>Ahorro en Horas Máquina</i>                              |            |                   |
| <i>Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC</i> | S/.        | 1 800.00          |
| <i>horas promedio mensual de alquiler (Mensual)</i>         |            | 300               |
| <i>Proyección conservadora de la disponibilidad</i>         |            | 3.0%              |
| <i>Total de ahorro en h. Máquina proyectado en 12 meses</i> | S/.        | 130 680.00        |
| <b><i>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</i></b>                       | <b>S/.</b> | <b>241 341.15</b> |

Fuente: Propia

En la tabla 24, se muestra el beneficio total proyectado, compuesto por el ahorro en nómina es decir el ahorro producto de la reducción de las horas hombre y el beneficio relacionado al aumento en la disponibilidad de la maquinaria; el cual asciende a un total de doscientos cuarenta y un mil trescientos cuarenta y uno con 15/100 (S/ 241 341.15) soles en un periodo de 12 meses. (Ver anexo 16. Beneficio Proyectado Nómina y Maquinaria Mensual)

Tabla 25. Costo Etapa Inicial y Etapa de implementación

| <b>ETAPA INICIAL</b>   | <b>3 meses</b>      |
|--|---------------------|
| <i>Separatas</i>   | S/. 180.00          |
| <i>Volantes y Publicidad</i>                                 | S/. 390.00          |
| <b>Total de inversión en la etapa inicial</b>                | <b>S/. 570.00</b>   |
| <b>ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN</b>                               | <b>3 meses</b>      |
| <i>Elaboración de Formatos</i>                               | S/. 150.00          |
| <i>Reposición de Herramientas</i>                            | S/. 2 000.00        |
| <i>Adquisición de armarios organizadores de herramientas</i> | S/. 5 100.00        |
| <b>Total de inversión en la etapa de implementación</b>      | <b>S/. 7 250.00</b> |
| <b>Costo total de implementación</b>                         | <b>S/. 7 820.00</b> |

Fuente: Propia

En la tabla 25, se evidencia los costos tangibles de la inversión en la etapa de inicial y en la de la implementación cuya finalidad es la mejora en la gestión de mantenimiento, la misma que tiene un costo de los siete mil ochocientos veinte soles.

Tabla 26. Flujo de caja

|  | Mes 0    | Mes 1   | Mes 2    | Mes 3    | Mes 4    | Mes 5    | Mes 6    | Mes 7    | Mes 8     | Mes 9    | Mes 10   | Mes 11   | Mes 12   |
|--|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| Ingreso / Ahorro<br>Proyectado                           |          | 7511.35 | 15022.71 | 16372.71 | 17722.71 | 19072.71 | 20422.71 | 21772.71 | 23122.71  | 24472.71 | 24742.71 | 25282.71 | 25822.71 |
| Renovación de<br>herramientas                            |          |         |          |          | 5000.00  |          |          |          | 5000.00   |          |          |          | 5000.00  |
| Renovación de<br>EPP                                     |          |         |          | 4000.00  |          |          | 4000.00  |          |           | 4000.00  |          |          | 4000.00  |
| Gastos<br>operativos                                     |          | 7000.00 | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00   | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  | 7000.00  |
| Mantenimiento<br>de transmisión                          |          |         |          |          | 10000.00 |          |          |          |           | 10000.00 |          |          |          |
| Mantenimiento<br>hidráulico                              |          |         |          |          |          | 20000.00 |          |          |           |          |          |          |          |
| Mantto de<br>bomba de<br>inyección                       |          |         |          |          |          |          |          |          | 25000.00  |          |          |          |          |
| Inversión  | -7820.00 |         |          |          |          |          |          |          |           |          |          |          |          |
| Beneficio Mensual<br>después de la<br>mejora Saldo Final | -7820.00 | 511.35  | 8022.71  | 5372.71  | -4277.29 | -7927.29 | 9422.71  | 14772.71 | -13877.29 | 3472.71  | 17742.71 | 18282.71 | 9822.71  |
| Saldo Acumulado  |          | 511.35  | 8534.06  | 13906.77 | 9629.48  | 1702.19  | 11124.90 | 25897.60 | 12020.31  | 15493.02 | 33235.73 | 51518.44 | 61341.15 |

|     |                 |
|-----|-----------------|
| TEA | 5.50%           |
| TEM | 0.447%          |
| VAN | S/. 51 111.52   |
| TIR | 36%             |
| B/C | S/. 7.54        |
| PRI | 1 mes y 28 días |

Fuente: Propia

En la tabla 26, se observa la cuantificación del valor presente neto para un lapso de un año dividido en meses teniendo una estimación de S/ 51111.52 en dinero del periodo 0; en este sentido el proyecto es rentable pues tiene un valor mayor a 0, esto según el criterio de rentabilidad. Teniendo una tasa interna de retorno de 36 % la tasa es mensual ya que los periodos evaluados fueron meses, teniendo un lapso de 1 mes y 28 días para el retorno de la inversión; por lo que según el análisis de beneficio/costo de manera conservadora por cada sol invertido se tendrá un ahorro de S/ 7.54.

### **3.6 Método de análisis de datos**

En el presente trabajo se utilizó el software SPSS y Microsoft Excel para analizar los datos de las variables.

El análisis realizado fue descriptivo, el mismo que fue obtenido mediante indicadores pertenecientes a la variable independiente (mantenimiento preventivo) y la variable dependiente (disponibilidad) a través del pre test y post test en la recolección de datos. Por último, se graficó los resultados de la misma manera que se realizó en el pre test se replicó en el post test para su posterior análisis.

En el análisis inferencial, teniendo como base los datos recolectados anteriormente, se utilizó el software SPSS para realizar el análisis de la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad para aceptar o rechazar la hipótesis. Primero se procedió a realizar la prueba de normalidad para determinar si las variables son paramétricas o no paramétricas, luego se procedió con la prueba de hipótesis respectiva calculando la significancia para demostrar la hipótesis planteada.

### **3.7 Aspectos Éticos**

La presente tesis está realizada en base a aspectos éticos: sin mala intención, elaboración propia, beneficencia y justicia.

El principio de autonomía se da a conocer autores e investigaciones con la finalidad de ser analizada y estudiada para poder optar por el mejor camino. En tal sentido con la información obtenida se mejoró la disponibilidad de las máquinas estudiadas. El principio de no maleficencia, indica que no se perjudicó de manera mental o física a los involucrados con el estudio, de tal manera que la información brindada fue de carácter anónimo.



El principio de beneficencia se desarrolló para esta investigación; así como los estudios correspondientes para lograr la mejora de la disponibilidad de máquinas, de tal manera se encontraron beneficiados los empleados y la empresa.

El principio de justicia hace referencia a la autorización de datos por parte de la organización que será utilizada sin ningún beneficio más que no sea el de realizar esta investigación.

#### IV. RESULTADOS

##### Estadística descriptiva de disponibilidad

Tabla 27. Disponibilidad pre test, post test y diferencia

| N  |                             | DISPONIBILIDAD | DISPONIBILIDAD    | DIFERENCIA       |
|----|-----------------------------|----------------|-------------------|------------------|
|    |                             | antes          | Después           | Disponibilidad   |
| 12 | Válido                      | 12             | 12                | 12               |
|    | Perdidos                    | 0              | 0                 | 0                |
|    | Media                       | 73,192         | 83,825            | 10,208           |
|    | Error estándar de la media  | ,3359          | 1,1070            | 1,1000           |
|    | Mediana                     | 72,800         | 84,250            | 9,950            |
|    | Moda                        | 72,7           | 78,2 <sup>a</sup> | 7,1 <sup>a</sup> |
|    | Desv. Desviación            | 1,1634         | 3,8348            | 3,8104           |
|    | Varianza                    | 1,354          | 14,706            | 14,519           |
|    | Asimetría                   | ,793           | ,136              | ,790             |
|    | Error estándar de asimetría | ,637           | ,637              | ,637             |
|    | Curtosis                    | -,187          | -1,174            | -,149            |
|    | Error estándar de curtosis  | 1,232          | 1,232             | 1,232            |
|    | Rango                       | 3,8            | 11,6              | 11,9             |
|    | Mínimo                      | 71,5           | 78,2              | 5,5              |
|    | Máximo                      | 75,3           | 89,8              | 17,4             |
|    | Suma                        | 878,3          | 1005,9            | 122,5            |

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Propia en SPSS

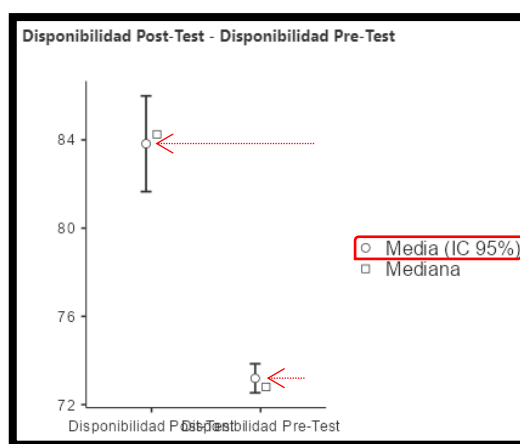


Figura 16. Disponibilidad - Media y Mediana Pre y Post Test

Fuente: Propia en Jamovi

En la tabla 27 se presentan los estadísticos descriptivos de la disponibilidad pretest, post test y se observa una diferencia de medias de 10.208 %. Ambas medias se aprecian gráficamente en la figura 16.

## Estadística descriptiva de confiabilidad

Tabla 28. Confiabilidad pre test, post test y diferencia

| N                           | CONFIABILIDAD |          | CONFIABILIDAD | DIFERENCIA |
|-----------------------------|---------------|----------|---------------|------------|
|                             | Válido        | Perdidos | antes         | Después    |
|                             |               |          | 12            | 12         |
|                             |               |          | 0             | 0          |
| Media                       |               |          | 57,417        | 78,167     |
| Error estándar de la media  |               |          | ,7534         | ,7265      |
| Mediana                     |               |          | 57,500        | 78,500     |
| Moda                        |               |          | 57,0          | 81,0       |
| Desv. Desviación            |               |          | 2,6097        | 2,5166     |
| Varianza                    |               |          | 6,811         | 6,333      |
| Asimetría                   |               |          | -1,139        | -,307      |
| Error estándar de asimetría |               |          | ,637          | ,637       |
| Curtosis                    |               |          | ,681          | -1,424     |
| Error estándar de curtosis  |               |          | 1,232         | 1,232      |
| Rango                       |               |          | 8,0           | 7,0        |
| Mínimo                      |               |          | 52,0          | 74,0       |
| Máximo                      |               |          | 60,0          | 81,0       |
| Suma                        |               |          | 689,0         | 938,0      |

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Propia en SPSS

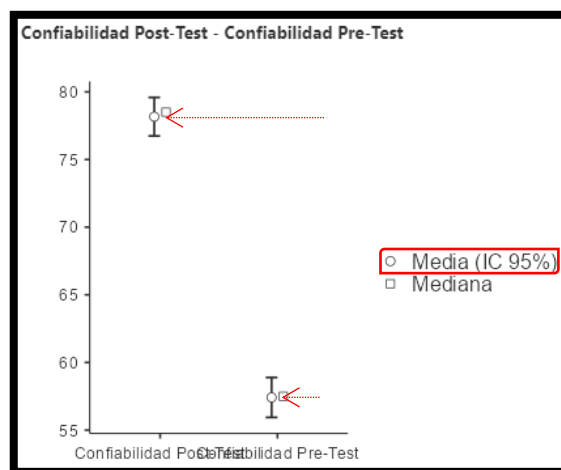


Figura 17. Confiabilidad - Media y Mediana Pre y Post Test

Fuente: Propia en Jamovi

En la tabla 28 se presenta los estadísticos descriptivos de la confiabilidad pretest, post test y de la diferencia donde se observa un incremento promedio de 20.833 %. Ambas medias se aprecian gráficamente en la figura 17.

## Estadística descriptiva de mantenibilidad

Tabla 29. Mantenibilidad pre test, post test y diferencia

| N                           | MANTENIBILIDAD |                   | DIFERENCIA |                |
|-----------------------------|----------------|-------------------|------------|----------------|
|                             | Válido         | antes             | después    | Mantenibilidad |
|                             | Perdidos       | 0                 | 0          | 0              |
| Media                       |                | 11,942            | 9,767      | 2,175          |
| Error estándar de la media  |                | ,2723             | ,4118      | ,5364          |
| Mediana                     |                | 11,800            | 10,000     | 1,900          |
| Moda                        |                | 11,1 <sup>a</sup> | 10,0       | 1,1            |
| Desv. Desviación            |                | ,9434             | 1,4266     | 1,8582         |
| Varianza                    |                | ,890              | 2,035      | 3,453          |
| Asimetría                   |                | ,470              | -,442      | 1,317          |
| Error estándar de asimetría |                | ,637              | ,637       | ,637           |
| Curtosis                    |                | -,816             | -,071      | 1,847          |
| Error estándar de curtosis  |                | 1,232             | 1,232      | 1,232          |
| Rango                       |                | 2,9               | 4,9        | 6,4            |
| Mínimo                      |                | 10,7              | 6,9        | ,2             |
| Máximo                      |                | 13,6              | 11,8       | 6,6            |
| Suma                        |                | 143,3             | 117,2      | 26,1           |

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Fuente: Propia en SPSS

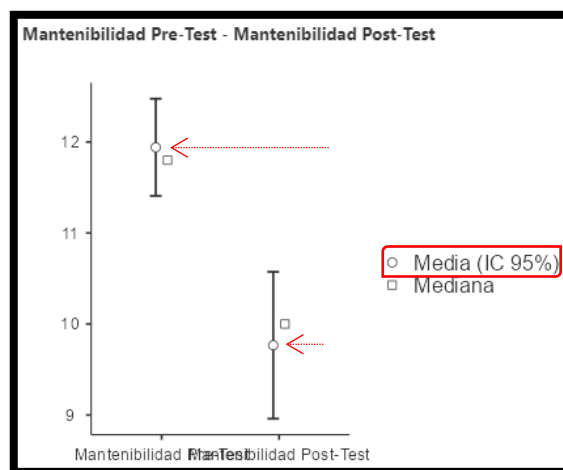


Figura 18. Mantenibilidad - Media y Mediana Pre y Post Test

Fuente: Propia en Jamovi

En la tabla 29 se presenta los estadísticos descriptivos de la mantenibilidad pre test, post test y de la diferencia donde se observa un incremento promedio de 2.175 %. Ambas medias se aprecian gráficamente en la figura 18.

## Análisis inferencial

Variable dependiente disponibilidad

### Prueba de normalidad

Para la aplicación de la prueba de normalidad de la variable dependiente: disponibilidad se usaron 12 datos antes y después de la aplicación del estímulo. En la determinación de esta prueba se procedió a determinar la estadística que se emplearía teniendo a n como la muestra. Tomando el siguiente criterio:

$n \leq 50$  se aplica la estadística mediante el test de Shapiro Wilk

$n > 50$  se aplica la estadística mediante el test de Komogorov Smirrov.

Para esta investigación, siendo la muestra menor a 50 se optó por emplear el test ShapiroWilk.

Se presentan los criterios de resolución:

H0: Los datos presentados poseen una distribución normal

H1: Los datos tienen distribución diferente a la normal

Si la significancia presenta un valor mayor a 0.05 se acepta H0.

Tabla 30. Prueba de normalidad - Disponibilidad

|                          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |             |
|--------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|-------------|
|                          | Estadístico                     | gl | Sig.              | Estadístico  | Gl | Sig.        |
| DIFERENCIADisponibilidad | ,126                            | 12 | ,200 <sup>*</sup> | ,918         | 12 | <b>,272</b> |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia en SPSS

La significancia es 0.272 es decir que los datos presentan normalidad debido a que su valor es mayor a 0.05, la normalidad se puede observar en la figura 19 ya que los valores observados están muy cerca de la línea recta (curva normal). Se optó por aplicar la prueba T de student de pares relacionados ya que el diseño de la investigación realizada se denomina preexperimental debido a que analizó un único grupo experimental en dos lapsos de tiempo distintos (antes y después).

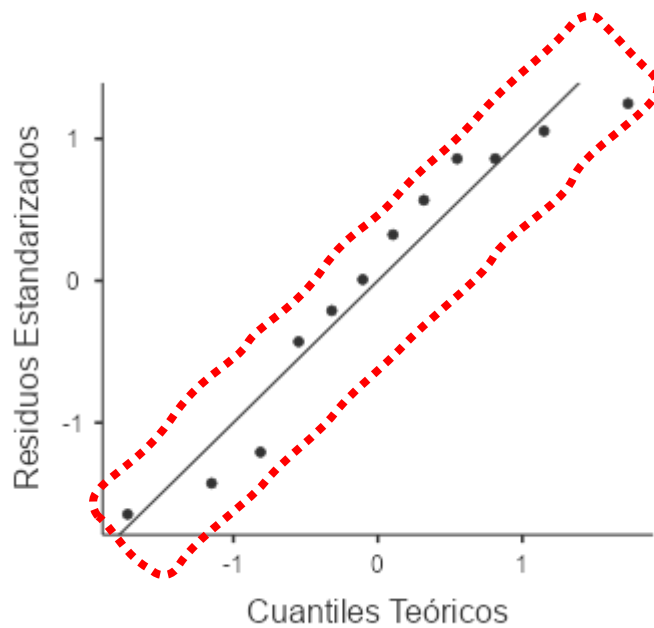


Figura 19. Diferencia Confiabilidad inicial y final

Fuente: Propia en Jamovi

### Prueba de hipótesis general de comparación de diferencia de medias

H0: La media poblacional de la disponibilidad antes es igual a la media poblacional de la disponibilidad después ( $\mu_A - \mu_D = 0$ )

H1: La media poblacional de disponibilidad antes es diferente a la media poblacional de la disponibilidad después

$$(\mu_A - \mu_D \neq 0)$$

Criterio: Si se observa que la significancia tiene un valor superior a 0.05 se acepta el postulado presentado en H0.

Tabla 31. Tabla T de student de muestras emparejadas - Disponibilidad

| Prueba de muestras emparejadas |  |                         |                     |                         |  |         |       |                  |          |
|--------------------------------|--|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|---------|-------|------------------|----------|
|                                |  | Diferencias emparejadas |                     |                         |  | t       | gl    | Sig. (bilateral) |          |
|                                |  | Media                   | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |         |       |                  |          |
|                                |  |                         |                     |                         | Inferior                                       |         |       |                  | Superior |
| Par 1                          | DISPONIBILIDAD después –<br>DISPONIBILIDAD antes | 10.6000                 | 3.8105              | 1.1000                  | 8.4789   | 13.3211 | 9.909 | 11               | 0.000002 |

Fuente: Propia en SPSS

Tabla 32. Tabla T de student – Disponibilidad (Tamaño o Efecto)

Prueba T para Muestras Apareadas

|                          |                         | estadístico | gl   | P     | Diferencia de medias | EE de la diferencia | Intervalo de Confianza al 95.4% |          | Tamaño del Efecto | Intervalo de Confianza al 95.4% |          |      |
|--------------------------|-------------------------|-------------|------|-------|----------------------|---------------------|---------------------------------|----------|-------------------|---------------------------------|----------|------|
|                          |                         |             |      |       |                      |                     | Inferior                        | Superior |                   | Inferior                        | Superior |      |
| Disponibilidad post test | Disponibilidad pre test | 8.96        | 11.0 | 1.000 | 10.6                 | 1.19                | 8.5                             | 13.3     | d de Cohen        | 2.59                            | 1.35     | 3.80 |

Nota.  $H_a \mu_{Medida 1} - Medida 2 < 0$

Fuente: Propia en Jamovi

Tabla 33. Comparativo Media y Mediana - Disponibilidad

| Descriptivas             |    |       |         |      |       |
|--------------------------|----|-------|---------|------|-------|
|                          | N  | Media | Mediana | DE   | EE    |
| Disponibilidad Post-Test | 12 | 83.8  | 84.3    | 3.83 | 1.107 |
| Disponibilidad Pre-test  | 12 | 73.2  | 72.8    | 1.16 | 0.336 |

Fuente: Propia en Jamovi

Disponibilidad Post-Test - Disponibilidad Pre-test

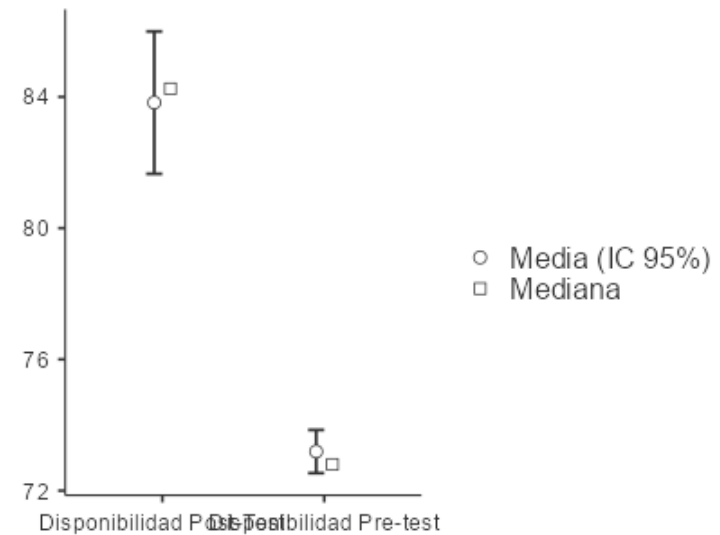


Figura 20. Diferencia disponibilidad inicial y final.

Fuente: Propia en Jamovi

En la tabla 31 se evidencia que el valor de la significancia es de 0.000002, por ende, siendo este menor que 0.05 y según el criterio previamente establecido se procede a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) aseverando que la diferencia entre medias del pre y post test es diferente de 0; la diferencia de medias se analiza con el tamaño del efecto con el estadístico  $d$  de Cohen; dato observado en la tabla 32 cuyo valor puntual es 2.59 con un intervalo de confianza al 95.4% de (1.35; 3.80) indicando que las diferencias de medias es alta la cual se analiza con una estimación puntual de diferencia de medias de 10.6 % y un intervalo de confianza al 95.4% entre 8.4789 % a 13.3211%.



## Dimensión 1: Confiabilidad

Para la aplicación de la prueba de normalidad de la dimensión de confiabilidad se usaron 24 datos en total: 12 tomados antes y 12 después de la aplicación del estímulo. En la determinación de esta prueba se procedió a determinar la estadística que se emplearía teniendo a N como la muestra. Siguiendo los postulados presentados a continuación:

$N \leq 50$  se aplica la estadística mediante el test de Shapiro Wilk

$N \geq 50$  se aplica la estadística mediante el test de Komogorov Smirrov.

Para esta investigación, siendo la muestra menor a 30 se optó por emplear el test ShapiroWilk.

Se presentan los criterios de resolución:

H0: Los datos presentan normalidad

H1: Los datos no presentan normalidad

Si la significancia presenta un valor mayor a 0.05 se acepta H0.

Tabla 34. Prueba de Normalidad - Confiabilidad

|                         | Pruebas de normalidad           |    |       |              |    |      |
|-------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                         | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                         | Estadístico                     | Gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| DIFERENCIAconfiabilidad | ,156                            | 12 | ,200* | ,967         | 12 | ,874 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia en SPSS

La significancia es 0.874 es decir que los datos presentan normalidad debido a que su valor es mayor a 0.05, la normalidad se puede observar en la figura 21 ya que los valores observados están muy cerca de la línea recta (curva normal). Se optó por aplicar la prueba T de student de pares relacionados ya que el diseño de la investigación realizada se denomina preexperimental debido a que analizó un único grupo experimental en dos lapsos de tiempo distintos (antes y después).

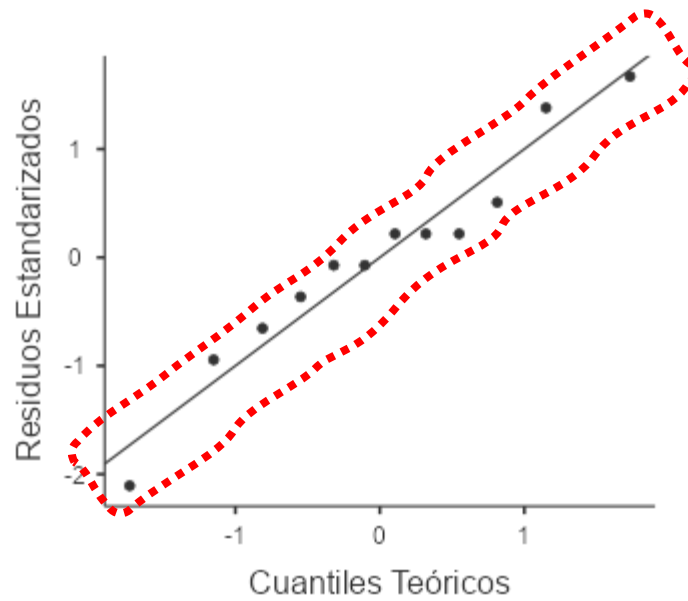


Figura 21. Diferencia Confiabilidad inicial y final.

Fuente: Propia en Jamovi

### Prueba de hipótesis Específica 1

#### Prueba T de student para pares relacionadas.

H0: La media poblacional de la confiabilidad antes es igual a la media poblacional de la disponibilidad después ( $\mu_A - \mu_D = 0$ )

H1: La media poblacional de confiabilidad antes es diferente a la media poblacional de la disponibilidad después

$$(\mu_A - \mu_D \neq 0)$$

Criterio: Si se observa que la significancia tiene un valor superior a 0.05 se acepta el postulado presentado en H0; si el valor calculado es inferior se acepta H1.

Tabla 35. Tabla T de student – Confiabilidad (Tamaño o Efecto)

Prueba T para Muestras Apareadas

|                         |                        |              | estadístico | gl   | P     | Diferencia de medias | EE de la diferencia | Intervalo de Confianza al 95% |          | La d de Cohe n | Intervalo de Confianza al 95% |          |          |
|-------------------------|------------------------|--------------|-------------|------|-------|----------------------|---------------------|-------------------------------|----------|----------------|-------------------------------|----------|----------|
|                         |                        |              |             |      |       |                      |                     | Inferior                      | Superior |                | Tamaño del Efecto             | Inferior | Superior |
| Confiabilidad Post-Test | Confiabilidad Pre-Test | T de Student | 20.9        | 11.0 | 1.000 | 20.8                 | 0.993               | 18.6                          | 22.9     |                | 6.03                          | 3.48     | 8.57     |

Nota.  $H_a \mu_{Medida 1} - \mu_{Medida 2} < 0$

Fuente: Propia en Jamovi

Tabla 36. Comparativo Media y Mediana - Disponibilidad

Descriptivas

|                         | N  | Media | Mediana | DE   | EE    |
|-------------------------|----|-------|---------|------|-------|
| Confiabilidad Post-Test | 12 | 78.2  | 78.5    | 2.52 | 0.726 |
| Confiabilidad Pre-Test  | 12 | 57.4  | 57.5    | 2.61 | 0.753 |

Fuente: Propia en Jamovi

Confiabilidad Post-Test - Confiabilidad Pre-Test

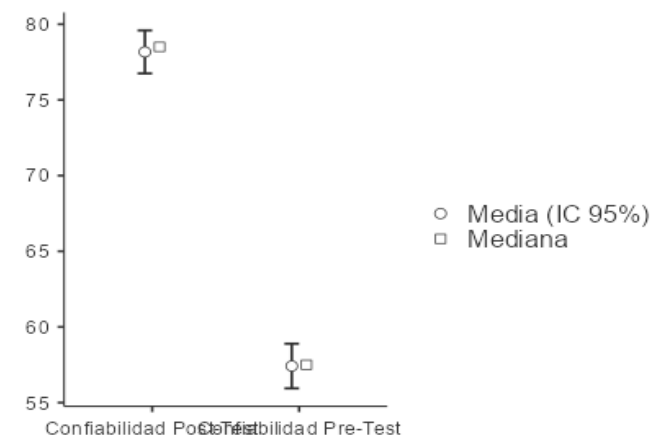


Figura 22. Diferencia Confiabilidad inicial y final.

Fuente: Propia en Jamovi

Tabla 37. Tabla T de student - Confiabilidad

**Prueba de muestras emparejadas**

|   | Media   | Desv.<br>Desviación | Desv. Error<br>promedio | Diferencias emparejadas                           |          | t      | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|---|---------|---------------------|-------------------------|---|----------|--------|----|---------------------|
|   |         |                     |                         | 95% de intervalo de confianza de la<br>diferencia |          |        |    |                     |
|   |         |                     |                         | Inferior  | Superior |        |    |                     |
| Par 1<br>CONFIABILIDADdespues –<br>CONFIABILIDADantes | 20,7500 | 3,4411              | ,9933                   | 18,5637   | 22,9363  | 20,889 | 11 | ,000                |

Fuente: SPSS propia

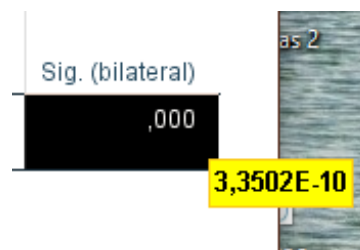


Figura 23. Significancia de la Confiabilidad

Fuente: SPSS propia

En la tabla 37 y figura 23 se evidencia que el valor de la significancia es de  $3.3502E^{-10}$ ; por ende, siendo este menor que 0.05 y según el criterio previamente establecido se procede a rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) aseverando que la diferencia entre medias del pre y post test es diferente de 0; la diferencia de medias se analiza con el tamaño del efecto con el estadístico d de Cohen; dato observado en la tabla 35 cuyo valor puntual es de 6.03 con un intervalo de confianza al 95.4 % de (3.48;8.57 ) indicando que las diferencias de medias es alta con una estimación puntual de diferencia de medias de 20.8 % y un intervalo de confianza al 95.4% entre 18.5637 % a 22.9663 %.

## Dimensión 2: Mantenibilidad

Para la aplicación de la prueba de normalidad de la dimensión de mantenibilidad se usaron 12 datos antes y 12 después de la aplicación del estímulo. En la determinación de esta prueba se procedió a determinar la estadística que se emplearía teniendo a N como la muestra. Tomando el siguiente criterio:

$N \leq 50$  se aplica la estadística mediante el test de Shapiro Wilk

$N \geq 50$  se aplica la estadística mediante el test de Komogorov Smirrov.

Para esta investigación, siendo la muestra menor a 30 se optó por emplear el test ShapiroWilk.

Se presentan los criterios de resolución:

H0: Los datos presentan normalidad

H1: Los datos no presentan normalidad

Si la significancia presenta un valor mayor a 0.05 se acepta H0.

Tabla 38. Prueba de Normalidad - Mantenibilidad

|                          | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |      |
|--------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
|                          | Estadístico                     | gl | Sig.              | Estadístico  | Gl | Sig. |
| DIFERENCIAmantenibilidad | ,162                            | 12 | ,200 <sup>*</sup> | ,888         | 12 | ,110 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS Propia

La significancia es 0.110 es decir que los datos presentan normalidad debido a que su valor es mayor a 0.05, la normalidad se puede observar en la figura 24 ya que los valores observados están muy cerca de la línea recta (curva normal). Se optó por aplicar la prueba T de student de pares relacionados ya que el diseño de la investigación realizada se denomina preexperimental debido a que analizó un único grupo experimental en dos lapsos de tiempo distintos (antes y después).

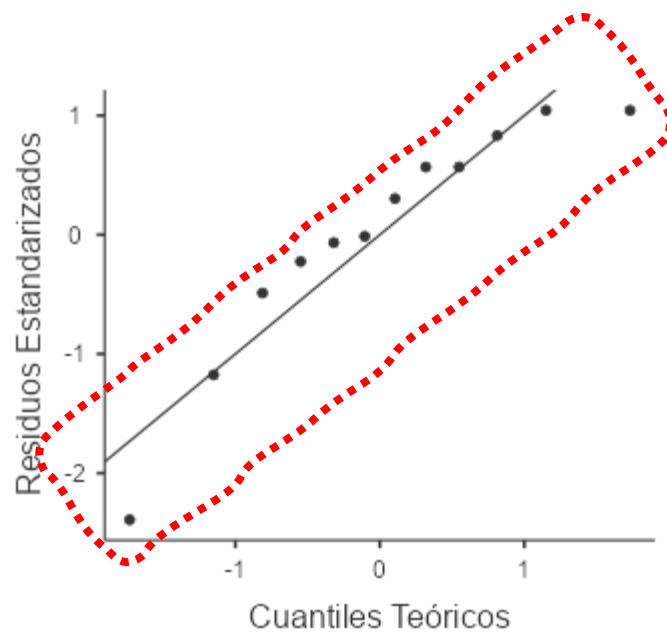


Figura 24. Gráfica de Normalidad de la Mantenibilidad.

Fuente: Propia en Jamovi

## Prueba de hipótesis Específica 2

### Prueba T de student para pares relacionadas.

H0: La media poblacional de la mantenibilidad antes es igual a la media poblacional de la disponibilidad después ( $\mu_A - \mu_D = 0$ )

H1: La media poblacional de mantenibilidad antes es diferente a la media poblacional de la disponibilidad después

$$(\mu_A - \mu_D \neq 0)$$

Criterio: Si se observa que la significancia tiene un valor superior a 0.05 se acepta el postulado presentado en H0; si el valor calculado es inferior se acepta H1.

Tabla 39. Tabla T de student - Mantenibilidad

| Prueba de muestras emparejadas                            |                         |                  |                      |  |          |       |    |                  |
|---|-------------------------|------------------|----------------------|--|----------|-------|----|------------------|
|   | Diferencias emparejadas |                  |                      |  |          | T     | gl | Sig. (bilateral) |
|   | Media                   | Desv. Desviación | Desv. Error promedio | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          |       |    |                  |
|   |                         |                  |                      | Inferior                                       | Superior |       |    |                  |
| Par 1<br>MANTENIBILIDAD antes –<br>MANTENIBILIDAD después | 2.1750                  | 1.8926           | 0.5464               | 0.9725   | 3.3775   | 3.981 | 11 | 0.002            |

Fuente: Propia en SPSS

Tabla 40. Tabla T de student – Mantenibilidad (Tamaño o Efecto)

Prueba T para Muestras Apareadas

|   | estadístico  | Gl   | p    | Diferencia de medias | EE de la diferencia | Intervalo de Confianza al 95% |          | Tamaño del Efecto | Intervalo de Confianza al 95% |          |      |      |
|---|--------------|------|------|----------------------|---------------------|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------------------|----------|------|------|
|   |              |      |      |                      |                     | Inferior                      | Superior |                   | Inferior                      | Superior |      |      |
| Mantenibilidad Pre-Test<br>Mantenibilidad Post-Test | T de Student | 3.98 | 11.0 | 0.001                | 2.17                | 0.546                         | 0.97     | 3.38              | La d de Cohen                 | 1.15     | 0.39 | 1.87 |

Nota.  $H_a \mu_{Medida 1} - Medida 2 > 0$

Fuente: Propia en Jamovi

Tabla 41. Comparativo Media y Mediana - Mantenibilidad

Descriptivas

|                          | N  | Media | Mediana | DE    | EE    |
|--------------------------|----|-------|---------|-------|-------|
| Mantenibilidad Pre-Test  | 12 | 11.94 | 11.8    | 0.943 | 0.272 |
| Mantenibilidad Post-Test | 12 | 9.77  | 10.0    | 1.427 | 0.412 |

Fuente: Propia en Jamovi

Mantenibilidad Pre-Test - Mantenibilidad Post-Test

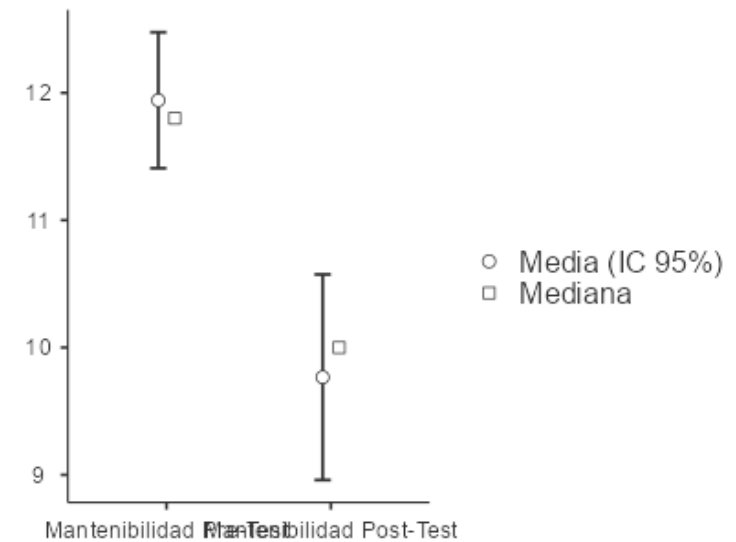


Figura 25. Diferencia Confiabilidad inicial y final.

Fuente: Propia en Jamovi

En la tabla 39 se evidencia que el valor de la significancia es de 0.002, por ende, siendo este menor que 0.05 y según el criterio previamente establecido se procede a rechazar la hipótesis nula (H0) aseverando que la diferencia entre medias del pre y post test es diferente de 0; la diferencia de medias se analiza con el tamaño del efecto con el estadístico d de Cohen, dato observado en la tabla 40 cuyo valor puntual es 1.15 con un intervalo de confianza del 95.4 % de (0.39; 1.87) indicando que las diferencias de medias es alta; la cual se analiza con una estimación puntual de diferencia de medias de 2.17% y un intervalo de confianza al 95.4% entre 0.9725 % a 3.3775 %.



## V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se especifica los resultados logrados con la investigación realizada y se hace un cotejo con investigaciones realizadas por distintas personas que son similares con respecto al mantenimiento preventivo. Por tal motivo es importante lo alcanzado en la presente, ya que, contiene una importante contribución para la empresa con la que se está trabajando. Se considera de manera importante lo siguiente:

Según Ruschel, Alves y Fleitas (2017), la disponibilidad es la manera en que se cuantifica el tiempo en que un equipo opera de manera óptima. Respecto a la disponibilidad medida en la presente investigación inicialmente fue de 73.39% y la medida después fue de 83.82%, incremento de un 10.20%, esto se debe a la aplicación del mantenimiento preventivo. Este resultado es similar a los obtenidos por Alayo y Peláez (2019) quienes realizaron su investigación en una empresa que brinda alquiler de maquinaria para minas en la ciudad de Trujillo, cuya población de estudio es la máquina excavadora CAT 345 -DL, quienes abordaron en su investigación el problema de la baja disponibilidad de la maquinaria en mención en contraste a otros activos de la compañía, los autores consideraron como propuesta de mejora la implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo; estímulo que aplicado obtuvo como resultado un incremento de 2.33 % de disponibilidad implementando la propuesta de mejora. en contraste al aumento generado en la presente investigación de 10.62 %. No obstante, se tiene que observar que la excavadora CAT 345 DL de la empresa Servi-Sap S.R.L. presenta un mayor promedio porcentual de disponibilidad pretest: 94.67 % en contraste al 73.21 % de la empresa citada en la presente tesis. Estos datos también son similares a los obtenidos por García (2013), en similitud con la presente investigación, presentó el problema de un bajo índice de disponibilidad de las maquinarias; sin embargo y en contraste con esta tesis, García tiene un mayor grado en la delimitación de la variable dependiente, ya que, a diferencia de esta investigación, en donde se toma la disponibilidad en general, el autor citado solo hace referencia a la disponibilidad mecánica. No obstante, y en concordancia con esta investigación tanto García como los autores de este trabajo investigativo han

evaluado como mejor propuesta de solución el mantenimiento preventivo. En referencia a la importancia, García presenta una clara inclinación por la relevancia práctica; es decir, que centra el sentido de su investigación en cómo está genera un beneficio directo en la empresa en donde se realiza el estudio; no obstante, la investigación desarrollada aborda la importancia con un criterio de mayor amplitud; es decir, que en similitud con García también indica como esta investigación genera un mayor rédito a la empresa de estudio (justificación de conveniencia y de implicaciones prácticas y de desarrollo); pero también permite visualizar en cómo está constituye un precedente para futuras investigaciones (justificación metodológica); y el impacto positivo generado en la sociedad (justificación social). En referencia a los resultados se observa que en ambas investigaciones el mantenimiento preventivo generó un aumento en la disponibilidad. Sin embargo, en el antecedente citado se logró un aumento en la disponibilidad de un 1.03 % en contraste al aumento generado en la presente investigación de 10.62 %. No obstante, se tiene que observar que los 3 cargadores frontales de la empresa U.M. Milpo IESA S.A presentan un mayor promedio porcentual de disponibilidad pretest: 84.93 % en contraste al 73.21 % de la empresa citada en la presente tesis; sin embargo, se observa en ambos estudios un aumento similar de disponibilidad post test; teniendo en el antecedente un valor de 86 % frente al resultado obtenido: 83.83 %. Por ende, se podría inferir que a mayor cercanía al valor perfecto (100%) menor será el grado de impacto; es decir, que existe una relación inversamente proporcional entre la cercanía del valor porcentual a la unidad; con el porcentaje de aumento producto de la aplicación del estímulo. Con relación al sustento teórico García toma como base teórica al autor Prando (1996) quien define el mantenimiento preventivo como la unión de todas las actividades y acciones cuya finalidad es el cumplimiento del programa operativo; en contraste a Willian y Gracey (2010), citados en la presente investigación, lo definen como aquel trabajo que tiene como objetivo la prevención de las fallas y cuyo fin es el aseguramiento de la continuidad del funcionamiento. En referencia Rivera y Valderrama (2019) quienes realizaron su investigación en una compañía minera, cuya muestra de estudio es la excavadora hidráulica PC400 de marca Komatsu, indican que, en similitud con la presente tesis, presentan el problema de una baja disponibilidad en contraste a otras excavadoras de la empresa, debido, según los autores, a las constantes

paradas producto de desgastes y falta de repuestos. Razón por la que se propone un plan de mantenimiento preventivo como propuesta de mejora al problema presentado previamente. Logrando un incremento de 11.2%; es decir, un aumento similar al obtenido en esta investigación (10.62 %); no obstante, la muestra de la investigación perteneciente a Rivera y Valderrama presentaban una disponibilidad pre estímulo mayor; 86.2 %; a la de la presente investigación 73.21%. En este sentido el estudio de Estrada y Morales (2019) el cual tiene como muestra de estudio 06 maquinarias: 04 excavadoras frontales BH y 02 retroexcavadoras FS; donde los autores indicaron como problema principal la disponibilidad de los equipos mencionados, no obstante y en contraste con la presente investigación, Estrada y Morales identifican como punto crítico los cilindros hidráulicos de las maquinarias por lo que la estrategia trazada de mantenimiento preventivo se enfocará principalmente en estas partes. Se considera los resultados de esta investigación con un mayor grado de relevancia en contraste a los demás antecedentes citados, puesto que ambas empresas presentan índices similares en los dos tiempos de medición: pre-test y post-test. El antecedente citado presenta una disponibilidad pretest de 77.0 % en comparación al 73.21% de la presente tesis; así mismo, el índice post estímulo fue de 83.0 % en contraste al 83.83 % de disponibilidad de la tesis realizada. En referencia a los conceptos más importantes, la disponibilidad es definida por ambos trabajos como la probabilidad de que una maquina u activo realicen las funciones asignadas en el momento solicitado; sin embargo, la diferencia radica que mientras el concepto citado en este trabajo investigativo hace referencia solo a las maquinarias o equipos, García realiza una extrapolación de la variable mediante el uso de término “activo”.

Según Viveros *et al*, (2022), el mantenimiento se considera un elemento de gran relevancia en la gestión de activos, ya que su principal preocupación es minimizar las consecuencias directas e indirectas de los fallos derivados de la degradación. Asimismo, Pascual y Rey (2018) mencionaron que la confiabilidad es la posibilidad que el equipo se mantenga operativo en un determinado tiempo. Respecto a la confiabilidad medida en un inicio dio como resultado 57.41% y la confiabilidad medida después fue de 78.18%, la diferencia se debe a la aplicación

adecuada del mantenimiento preventivo de manera que se logró incrementar en un 20.83%, con esto se demuestra lo fundamental que es la correcta ejecución de los trabajos. Estos datos tienen similitud con los demostrados por Rahimdel, Ataei, Khalokakaei y Hoseine (2013), quienes realizaron su investigación en una empresa minera en Irán, la misma que tiene como objetivo el análisis de la confiabilidad del sistema hidráulico de las perforadoras rotativas, los cuales obtuvieron como resultado una mejora de la confiabilidad hasta un 80 % cumpliendo con un servicio de cada 10 horas a los equipos y con esto tener un equipo considerado como “confiable” durante 600 hrs de operación. De la misma manera Rivera y Valderrama (2022) quienes realizaron su investigación en una empresa minera en la ciudad de Piura, la misma que tiene como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que permita el incremento en el índice de la disponibilidad de la unidad denominada excavadora hidráulica PC4000 Komatsu, obtuvieron como resultado una mejora de la confiabilidad hasta un 90.6 %. Las investigaciones precedentes colocan como evidencia que la confiabilidad de los equipos es fundamental para el cumplimiento de las labores y metas trazadas por las organizaciones, no solo en la operatividad, sino también como beneficio económico a largo plazo con la correcta aplicación del mantenimiento preventivo.

Según Shan Gao, Jinting Wang (2021) mencionan que la mantenibilidad es la probabilidad en la que un elemento sea puesto en condiciones operativas, en ciertas circunstancias de trabajo, para mantener o ser renovado a una condición en la que cumpla con sus funciones requeridas, bajo condiciones y procedimientos previamente planificados. Asimismo, Drygin y Kuryshkin (2018) quienes realizaron su investigación en una empresa minera de carbón en Rusia; la misma que tiene como objetivo la implementación de una metodología para la optimización de la eficiencia de las máquinas importadas. Tiene como población 200 excavadoras Kuzbass. Respecto a la mantenibilidad se logró una reducción de 12 horas lo que permitió reducir el tiempo de inactividad a valores aceptables, por otro lado, permitió realizar un experimento con monitoreo de tiempo y condiciones de desarrollo de diferentes defectos ante una parada de emergencia. Estos datos coinciden con los mencionado por Qu, Yang y Sun (2021) quienes realizaron su investigación en una empresa de venta y mantenimiento de equipos para minería ubicada en Rusia; la

misma que tiene por objetivo aumentar la eficiencia del desarrollo de depósitos en las minas a cielo abierto. Estos tuvieron como resultado que con la adecuada estructura de mantenimiento se podría mejorar la mantenibilidad y por consecuencia se justificaría de manera económica la aplicación de la mejora.

## VI. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación se concluyó que:

1. Una vez implementada la nueva gestión de mantenimiento preventivo, se evidenció un incremento, en la variable dependiente: disponibilidad, de 10.62 %, obteniendo una significancia del 0.000002; resultado menor a 0.05; por ende, se procedió a aceptar la hipótesis alterna (H1): La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023; y al ser datos paramétricos el coeficiente d de cohen con un valor de 2.59 determinó que la incidencia del mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad es alta; así mismo la diferencia de medias puntual fue de 10.6 % y se obtuvo un intervalo de confianza entre 8.4789 % y 13.3211 %. Este aumento en la disponibilidad constituye un beneficio para la compañía debido a que incrementó los ingresos por mantener un mayor lapso operativo de las maquinarias; así como una reducción de las paradas producto de fallas relacionada al equipo de los cargadores frontales Caterpillar 950GC.
2. Así mismo, una vez implementado el mantenimiento preventivo se evidenció un aumento en la confiabilidad del 21 %; en este sentido la significancia obtuvo un resultado, en la estadística inferencial, de  $3.3502E^{-10}$ ; siendo este valor menor a 0.05 se aceptó H1: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023; y al ser datos paramétricos el coeficiente d de cohen con un valor de 6.03 determinó que la incidencia del mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad es alta; así mismo la diferencia de medias puntual fue de 20.8% y se obtuvo un intervalo de confianza entre 18.5637 % y 22.9663 %.
3. Finalmente, posterior a la aplicación del estímulo, se observó una disminución en la mantenibilidad; es decir, que se ha reducido el tiempo de atención a la maquinaria referente a la fallas y averías producto de la actividad productiva. Esta reducción tiene un valor promedio de 2.2 horas,

en este sentido la significancia obtuvo un resultado, en la estadística inferencial, de 0.002; siendo este valor menor a 0.05 se aceptó H1: La aplicación del mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad del cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, Lima 2023. El coeficiente d de cohen con un valor de 1.15 determinó que la incidencia del mantenimiento preventivo sobre la disponibilidad es alta; así mismo la diferencia de medias puntual fue de 2.17 % y se obtuvo un intervalo de confianza entre 0.9725 % y 3.3775 %.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para preservar la mejora de los indicadores de la disponibilidad que el ingeniero residente establezca el cronograma a cumplir según el requerimiento y programación del mantenimiento preventivo priorizando el optimizar los recursos; así mismo que el supervisor de operaciones supervise el cumplimiento del cronograma para conservar o alargar la vida útil de la maquinaria.

En referencia a la confiabilidad se recomienda que dentro del requerimiento del presupuesto anual del área de mantenimiento se priorice la adquisición de nuevos equipos de diagnóstico, esto con la finalidad de mejorar la precisión de las evaluaciones y así poder reducir el tiempo de evaluación y aportar en la reducción de interrupciones que generan retrasos.

Para finalizar, en referencia a la mantenibilidad es recomendación que la empresa ponga especial énfasis en la actualización y capacitación del equipo de trabajo; así como en el correcto abastecimiento según el requerimiento del área de mantenimiento; de esta manera, poder seguir reduciendo el tiempo en las intervenciones de mantenimiento de la maquinaria; en este sentido se pueda generar un mayor grado de eficiencia en el proceso del mantenimiento.



## REFERENCIAS

1. ABDERRAHMANE An improved integrated maintenance/spare parts management for wind turbine systems with adopting switching concept, Energy Reports [et al]. ScienceDirect, 2022. 19pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722013907>
2. ALAYO Albitres, Miguel Angel. y PELAEZ Chavez, Victor Hugo. Plan de gestión de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de la máquina excavadora cat 345-dl de la empresa Servi-Sap SRL. [Disponible en línea]. Universidad Nacional de Trujillo, 2019. 74 pp. [fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT\\_949ff28501563539ffad6884c9d9d045](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_949ff28501563539ffad6884c9d9d045)
3. ANGELES E., y KUMRAL M. Optimal inspection and preventive maintenance scheduling of mining equipment. [en línea]. Scopus, 2020. 20 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85088940563&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1007%2fs11668-020-00949-z&sid=7b35eae259f14c3e97615c6d9b81d157&sot=b&sdt=b&sl=31&s=D0I%2810.1007%2fs11668-020-00949-z%29&relpos=0&citeCnt=6&searchTerm=>
4. ARIAS, Jose y COVINOS, Mitsuo. Diseño y Metodología de la Investigación. 1ra. Peru: Enfoques consulting EIRL. 2021, 133. ISBN: 9786124844423
5. BALARAJU J., GOVINDA RAJ M. y MURTHY C. S. N. Performance evaluation of underground mining machinery: A case study [en línea]. ResearchGate, 2020. 20 pp. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343755135\\_Performance\\_Evaluation\\_of\\_Underground\\_Mining\\_Machinery\\_A\\_Case\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/343755135_Performance_Evaluation_of_Underground_Mining_Machinery_A_Case_Study)

6. DRYGIN M. Y. y KURYSHKIN N. P. Diagnostics of heavy mining equipment during the scheduled preventive maintenance. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference* [en línea]. Scopus, 2018. 8 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/944/1/012028>
7. ESTRADA Miranda, Raul E. y MORALES Medina, David E. Aplicación de la estrategia de mantenimiento preventivo de cilindros hidráulicos para incrementar la disponibilidad de las excavadoras PC-4000 Komatsu 2019. [en línea]. Universidad Cesar Vallejo, 2019. 113 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre del 2022] Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41639/Estrada\\_MRE-Morales\\_MDE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41639/Estrada_MRE-Morales_MDE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
8. GARCÍA Villegas, J. Mejorar Actividades del Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad Mecánica de los Equipos de Bajo Perfil de la U.M. Milpo IESA S.A., Huancayo 2013. [en línea]. Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. 153 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre del 2022]. Disponible en: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/191/FIM-13\\_410.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/191/FIM-13_410.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
9. GHOLIZADEH H., CHALESHIGAR, M. y FAZLOLLAHTABAR H. Robust optimization of uncertainty-based preventive maintenance model for scheduling series-parallel production systems (real case: Disposable appliances production) [en línea]. ScienceDirect, 2022, 128 pp, [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001905782100611X>
10. GOLBASI y TURAN A discrete-event simulation algorithm for the optimization of multi-scenario maintenance policies [en línea]. ScienceDirect, 2020 17 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835220302485>
11. GUPTA y JAIN simultaneous job-shop scheduling and maintenance planning with energy [en línea]. ScienceDirect, 2022. 7 pp. [Fecha de

- consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896322016615>
12. HARISH KUMAR N. S., CHOUDHARY R. y MURTHY Ch. Failure rate and reliability of the KOMATSU hydraulic excavator in surface limestone mine [en línea]. Sci-Hub, 2018. 10 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre]. Disponible en: <https://sci-hub.mkxa.top/10.1063/1.5029583>
  13. HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. *Metodología de la investigación*, Las rutas cuatitativa, cualitativa y mixta. 1ra. México : Mc Graw Hill. 2018, 714. ISBN: 978145626096.
  14. JAKKULA B., GOVINDA RAJ M. y CH.S. N Maintenance management of load haul dumper using reliability análisis [en línea]. Scopus, 2020. 20 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074143685&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1108%2fJQME-10-2018-0083&sid=8c925c7ed85f7850592f9658b89128e1&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1108%2fJQME-10-2018-0083%29&relpos=0&citeCnt=7&searchTerm=>
  15. JIN optimization of mine down-hole equipment maintenance strategy based on fault data [et al]. International Journal of Performability, 2022. 11 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <http://www.ijpe-online.com/EN/10.23940/ijpe.19.10.p5.25972607>
  16. JUFRI N. y SISWANTO N. Plant maintenance modelling through availability analysis in raw mill of cement production [en línea]. Scopus, 2020. 9 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85098890977&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1088%2f1757-899X%2f1003%2f1%2f012117&sid=c23b19bca82364eb26795cc7ba616600&sot=b&sdt=b&sl=36&s=DOI%2810.1088%2f1757-899X%2f1003%2f1%2f012117%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
  17. KALRA V. M., THAKUR T. y PABLO B. S. Condition based maintenance management system for improvement in key performance indicators of

mining haul trucks-a case study [en línea]. Scopus, 2018. 6 pp. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85049904179&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1109%2fCIRD.2018.8376300&sid=4fb2aaf224ce74202555416b3f95d8cd&sot=b&sdt=b&sl=31&s=DOI%2810.1109%2fCIRD.2018.8376300%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>

18. KRIMI I. Two-machine flow shop with synchronized periodic maintenance. *RAIRO - Operations Research* [et al]. Ecoscience, 2019, 53 pp [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.rairo-ro.org/articles/ro/abs/2019/01/ro170222/ro170222.html>
19. LIU Reliability importance measures considering performance and costs of mechanical hydraulic system for hydraulic [et al]. Scopus, 2022. 13 pp. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123266062&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1155%2f2022%2f5748288&sid=054d737e1205f7b687ca6b783e17a3b2&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.1155%2f2022%2f5748288%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
20. MARKUDOVA Preventive maintenance for heterogeneous industrial vehicles with incomplete usage data, *Computers in Industry* [et al]. ScienceDirect, 2021. 11 pp. . [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361521000750>
21. NAIDOO, JONES y SHARMA. the identification and selection of an optimised maintenance strategy for conveyor systems used in the transportation of bulk materials: a case study [en línea]. ProQuest, 2022. 12 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2666604074/12A28D689252445CPQ/20?accountid=37408>
22. Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la

- tesis Ñaupas [et al]. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. 560 pp. ISBN: 9789587628777
23. Myrzabekova concept of preventive maintenance in the operation of mining transportation machines [et al]. Scopus, 2022. 8pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85065863871&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=CONCEPT+of+preventive+maintenance+in+the+operation+of+mining+transportation+machines&sid=6d1e7d046ad622f9da70c0568ed52a78&sot=b&sdt=b&sl=99&s=TITLE-ABS-KEY%28CONCEPT+of+preventive+maintenance+in+the+operation+of+mining+transportation+machines%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
24. NAIDOO, JONES y SHARMA. the identification and selection of an optimised maintenance strategy for conveyor systems used in the transportation of bulk materials: a case study [en línea]. ProQuest, 2022. 12 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2666604074/12A28D689252445CPQ/20?accountid=37408>
25. PASCUAL y REY On the effect of downtime costs and budget constraint on preventive and replacement policies, Reliability Engineering & System Safety [en línea]. ScienceDirect, 2018. 7 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832006002778>
26. PÉREZ Rondón, F. A. Conceptos Generales en la Gestión del Mantenimiento Industrial. [en línea]. Ediciones USTA, 2021. [02 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
27. PLANAS, M.P., 2014. Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital. [en línea]. S.I.: [Consulta: 23 de Octubre de 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf>.

28. PRAEDICOW Availability-guaranteeing maintenance of series machine tools [et al]. ProQuest, 2022. 8 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2702736032/12A28D689252445CPQ/1?accountid=37408>
29. QARAHASANLOU A. N., ATAEI M. y SHAKORSHAHABI R. Expected proportional hazard model in preventive maintenance [en línea]. Journal of Mining and Environment, 2021 12 pp, [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: [https://jme.shahroodut.ac.ir/article\\_2111.html](https://jme.shahroodut.ac.ir/article_2111.html)
30. QU Y., YANG N. y SUN Z. Management of maintenance service and repair of heavy-duty mining equipment during its adaptation to the working conditions by the company Minetech Machinery LLC, official dealer of HITACHI. [en línea]. Iopscience, 2021. 7 pp. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/823/1/012022/meta>
31. RAHIMDEL M. J. y GHODRATI B. Remaining useful life improvement for the mining railcars under the operational conditions. [en línea]. Taylor&Francisonline, 2021. 36 pp. [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480930.2021.1953316>
32. RAHIMDEL *Reliability-based maintenance scheduling of hydraulic system of rotary drilling machines* [et al.]. Sciencedirect, 2013. 5 pp. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095268613001523?via%3Dihub>
33. RIVERA Abad, Javier y VALDERRAMA Auccacusi, Sabino. Plan de Mantenimiento Preventivo para acrecentar la disponibilidad de la excavadora hidráulica PC4000 KOMATSU de la Compañía Minera Miski Mayo S.R.L., Piura – 2021. [en línea]. Universidad Cesar Vallejo, 2022. 97 pp. [fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_5559214b33239a7ee8828fd64fe55567](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_5559214b33239a7ee8828fd64fe55567)
34. RUSCHEL, ALVES y FREITAS Mining Shop-Floor Data for Preventive

- Maintenance Management: Integrating Probabilistic and Predictive Models, *Procedia Manufacturing* [en línea]. Scopus, 2017. 7 pp. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029846774&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1016%2fj.promfg.2017.07.234&sid=82435d4875ffa2de56ac4875c6248c45&sot=b&sdt=b&sl=33&s=DOI%2810.1016%2fj.promfg.2017.07.234%29&relpos=0&citeCnt=18&searchTerm=>
35. SUAREZ Arenas, Ericsson. *Mantenimiento Preventivo para mejorar la Disponibilidad de Equipos en la Empresa Petramás SAC. Ate 2018* Universidad Cesar Vallejo. Lima, Perú 2018 [En línea]. [Fecha de consulta 28 de Octubre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35142>
36. SAUCEDO Abanto, Efren Ricardo. *Plan De Mantenimiento Preventivo Y Disponibilidad De Generadores Eléctricos En Una Empresa Minera*. Universidad Cersar Vallejo. Trujillo, Peru 2022. Perú 2018 [En línea]. [Fecha de consulta 28 de Octubre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94861>
37. SEIF y YU An extensive operations and maintenance planning problem with an efficient solution method, *Computers & Operations Research* [et al]. Scopus, 2018. 11 pp. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85044934489&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1016%2fj.cor.2018.03.010&sid=436895f380784c5fd357527f80316a7e&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1016%2fj.cor.2018.03.010%29&relpos=0&citeCnt=7&searchTerm=>
38. SHAN GAO y WANG Reliability and availability analysis of a retrial system with mixed standbys and an unreliable repair facility [en línea]. ScienceDirect, 2020 11 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832020307407>
39. SONG A two-phase approach for integrating preventive maintenance with production and delivery in an unreliable coal mine [en línea]. ProQuest, 2021. 29 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2582892715/12A28D689252445CPQ/3>



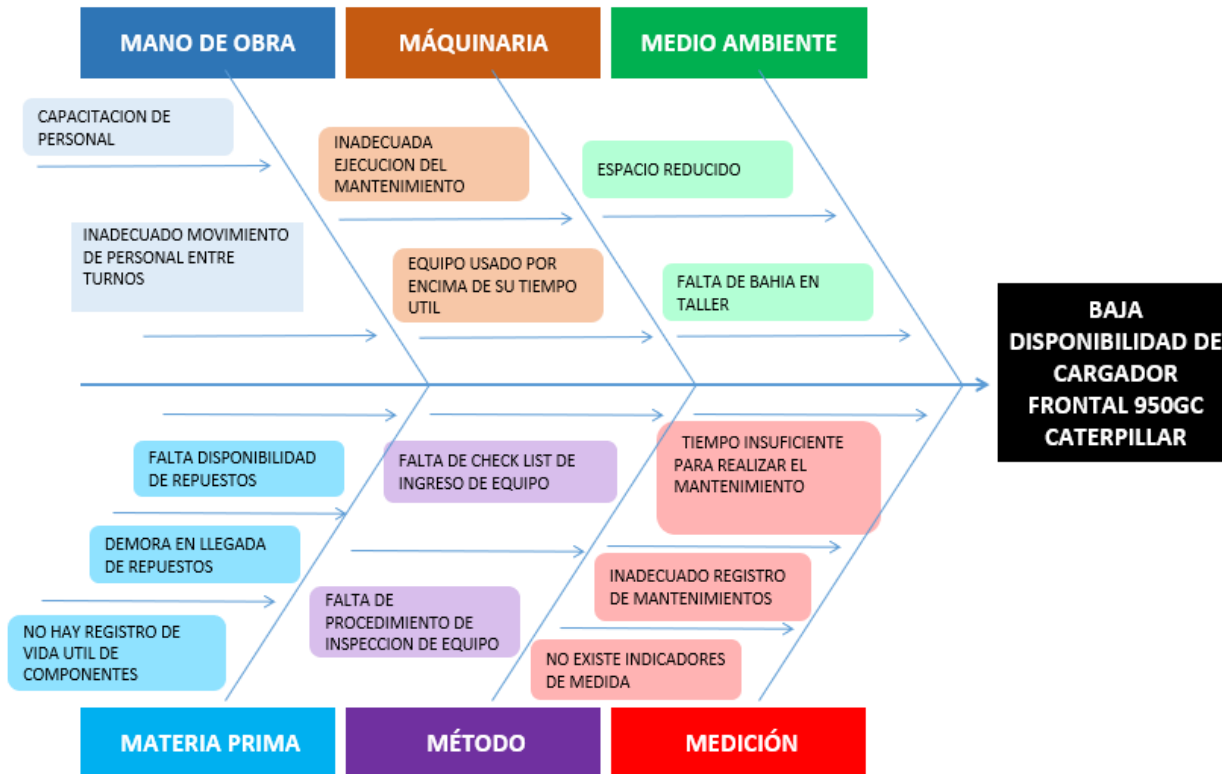
[0?accountid=37408](#)

40. ULLOA Technology investment effects in performance-based maintenance contracts [et al]. Scopus, 2018. 17 pp. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029413803&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1080%2f00207543.2017.1374573&sid=b3ffc7f8331a2b75167c4a1c0b147a1b&sot=b&sdt=b&sl=34&s=DOI%2810.1080%2f00207543.2017.1374573%29&relpos=0&citeCnt=5&searchTerm=>
41. VIVEROS Reportability Tool Design: Assessing Grouping Schemes for Strategic Decision Making in Maintenance Planning from a Stochastic Perspective [et al]. ProQuest, 2022. 21 pp. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2674332164/12A28D689252445CPQ/42?accountid=37408>
42. WILLIAMS, D., GRACEY, A. Mantenimiento y Funcionamiento de Silos. [en línea]. ONU para la Agricultura y la Alimentación, 2010. [Consultado el 30 de setiembre del 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=kJ1q-leaxg8C&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=kJ1q-leaxg8C&source=gbs_navlinks_s)
43. YE, WANG y LIU Adaptive preventive maintenance for flow shop scheduling with resumable processing *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* [en línea]. Scopus, 2021. 7 pp. [Fecha de consulta: 25 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092086447&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=10.1109%2fTASE.2020.2978890&sid=281617c9a2e8eeb7f3be26d898061779&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1109%2fTASE.2020.2978890%29&relpos=0&citeCnt=13&searchTerm=>



## ANEXOS

### Anexo 1. Diagrama Ishikawa



Se Observa en la figura las causas cuyo efecto generan la baja productividad del equipo cargador 950GC

## Anexo 2. Tabla de Correlación

| CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA |   | C1  | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | PUNTAJE DE INFLUENCIA |    |                    |   |
|---------------------------------|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|----|--------------------|---|
| 1                               | CAPACITACION DE PERSONAL                        | C1  | 0  | 4  | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  | 1  | 4   | 5   | 4   | 5   | 5   | 5                     | 56 |                    |   |
| 2                               | INADECUADO MOVIMIENTO DE PERSONAL ENTRE TURNOS  | C2  | 1  | 0  | 2  | 3  | 3  | 0  | 2  | 2  | 1   | 2   | 1   | 2   | 2   | 0                     | 21 | ALTA INFLUENCIA    | 5 |
| 3                               | INADECUADA EJECUCION DEL MANTENIMIENTO          | C3  | 0  | 4  | 0  | 4  | 5  | 3  | 5  | 5  | 5   | 4   | 5   | 5   | 5   | 5                     | 55 | MEDIANA INFLUENCIA | 4 |
| 4                               | EQUIPOS USADOS POR ENCIMA DEL TIEMPO UTIL       | C4  | 0  | 2  | 1  | 0  | 4  | 0  | 2  | 5  | 5   | 0   | 2   | 0   | 0   | 1                     | 22 | POCA INFLUENCIA    | 3 |
| 5                               | ESPACIO REDUCIDO                                | C5  | 1  | 0  | 3  | 2  | 0  | 0  | 1  | 3  | 0   | 5   | 0   | 5   | 2   | 1                     | 23 | BAJA INFLUENCIA    | 2 |
| 6                               | FALTA DE BAHIA EN TALLER                        | C6  | 0  | 1  | 1  | 2  | 1  | 0  | 3  | 2  | 2   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1                     | 21 | CERO INFLUENCIA    | 1 |
| 7                               | FALTA DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS               | C7  | 0  | 0  | 3  | 3  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 3   | 0   | 0   | 3                     | 15 |                    |   |
| 8                               | DEMORA EN LLEGADA DE REPUESTOS                  | C8  | 0  | 0  | 4  | 3  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0   | 2   | 3   | 0   | 5   | 20                    |    |                    |   |
| 9                               | FALTA DE CHECK LIST DE INGRESO DE MAQUINA       | C9  | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 4  | 0   | 4   | 4   | 4   | 4   | 5                     | 54 |                    |   |
| 10                              | FALTA DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE EQUIPO  | C10 | 3  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0   | 3   | 0   | 2   | 2   | 15                    |    |                    |   |
| 11                              | TIEMPO INSUFICIENTE PARA REALIZAR MANTENIMIENTO | C11 | 3  | 3  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  | 4   | 3   | 0   | 3   | 0   | 3                     | 26 |                    |   |
| 12                              | INADECUADO REGISTRO DE MANTENIMIENTO            | C12 | 5  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 5  | 5  | 5   | 5   | 4   | 0   | 5   | 0                     | 53 |                    |   |
| 13                              | NO HAY REGISTRO DE VIDA UTIL DE COMPONENTES     | C13 | 1  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 1  | 1  | 1   | 2   | 0   | 1   | 0   | 2                     | 16 |                    |   |
| 14                              | NO EXISTE INDICADORES DE MEDIDA                 | C14 | 2  | 4  | 2  | 3  | 0  | 0  | 1  | 0  | 3   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0                     | 17 |                    |   |
|                                 | DEPENDENCIA                                     |     | 21 | 32 | 34 | 35 | 30 | 16 | 28 | 32 | 32  | 33  | 31  | 30  | 33  | 414                   |    |                    |   |

Tabla de Correlación en donde se señala como las causas tienen relación entre sí.

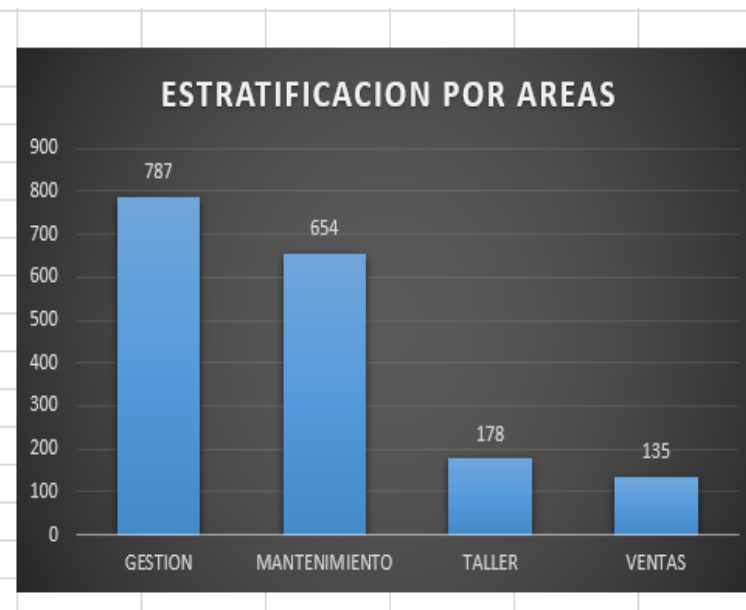
### Anexo 3. Diagrama de Pareto



En la Figura se observa la curva y la intersección en donde se reflejan las causas vitales de la baja productividad

Anexo 4. de estratificación de causas por departamentos y en el anexo

| CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA                 | PUNTAJE TOTAL | AREA          |
|---|---------------|---------------|
| CAPACITACION DE PERSONAL                        | 280           | GESTION       |
| FALTA DE CHECK LIST DE INGRESO                  | 270           |               |
| TIEMPO INSUFICIENTE PARA REALIZAR MANTENIMIENTO | 78            |               |
| INADECUADO MOVIMIENTO DE PERSONAL ENTRE TURNOS  | 63            |               |
| NO EXISTE INDICADORES DE MEDIDA                 | 51            |               |
| FALTA DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCION DE EQUIPO  | 45            |               |
| INADECUADA EJECUCION DEL MANTENIMIENTO          | 275           | MANTENIMIENTO |
| INADECUADO REGISTRO DE MANTENIMIENTO            | 265           |               |
| EQUIPOS USADOS POR ENCIMA DEL TIEMPO UTIL       | 66            |               |
| NO HAY REGISTRO DE VIDA UTIL DE COMPONENTES     | 48            |               |
| ESPACIO REDUCIDO                                | 115           | TALLER        |
| FALTA DE BAHIA EN TALLER                        | 63            |               |
| FALTA DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS               | 75            | VENTAS        |
| DEMORA EN LLEGADA DE REPUESTOS                  | 60            |               |



Anexo 5. la matriz de solución de problemas donde se identifica la variable independiente.

| CONSOLIDACION DE CAUSAS POR AREA | MEDICION | MANO DE OBRA | MATERIA PRIMA | MAQUINARIA | MEDIO AMBIENTE | METODOS | NIVEL DE CRITICIDAD | TOTAL DE PROBLEMAS | PORCENTAJE | IMPACTO | CALIFICACION | PRIORIDAD | MEDIDA A TOMAR  |
|----------------------------------|----------|--------------|---------------|------------|----------------|---------|---------------------|--------------------|------------|---------|--------------|-----------|---|
| GESTION                          | 129      | 343          | 0             | 0          | 14             | 315     | ALTO                | 787                | 44.9%      | 9       | 7083         | 1         | <p>           DICTAR CURSO DE SISTEMAS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE CARGADOR FRONTAL 950GC, MODIFICACION DE TIEMPOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, ESTANDARIZAR PROCEDIMIENTO DE INGRESO DE EQUIPO (CHECK LIST)         </p> |
| MANTENIMIENTO                    | 313      | 0            | 0             | 341        | 0              | 22      | ALTO                | 654                | 37.3%      | 7       | 4578         | 2         | <p>           VERIFICACION DE MANUAL DE EQUIPO, CREAR REGISTRO DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS         </p>   |
| TALLER                           | 0        | 0            | 0             | 0          | 178            | 0       | BAJO                | 178                | 10.1%      | 3       | 534          | 3         | <p>           PLANIFICACION DE ENTRADA DE EQUIPO         </p>   |
| VENTAS                           | 0        | 0            | 135           | 0          | 0              | 0       | BAJO                | 135                | 7.7%       | 1       | 135          | 4         | <p>           CAPACITACION AL AREA DE VENTAS Y SERVICIOS SOBRE LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DESATADOR 853-S8         </p>   |
| TOTAL DE PROBLEMAS               | 442      | 343          | 135           | 341        | 192            | 337     |                     | 1754               | 100.0%     |         |              |           |   |

Anexo 6. Matriz de Operacionalización

**Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de cargador frontal Caterpillar 950GC en empresa de alquiler de equipos, LIMA, 2023**

| Variables                       | Definición conceptual   | Definición operacional   | Dimensiones               | Indicador                                | Escala | Indicadores  |
|---------------------------------|---|--|---------------------------|--|--------|--|
| <b>Mantenimiento Preventivo</b> | El mantenimiento son todas las acciones necesarias para mantener la condición del equipo o devolverlo a una determinada condición. Es una actividad para mantener las condiciones de fábrica, mediante los ajustes o reemplazos necesarios para crear un estado operativo de producción satisfactoria, de acuerdo con lo que se ha planeado. (Jufri y Siswanto 2020)          | Actividades que son realizadas después de la falla de un equipo o la falta de funcionamiento de algún componente (Suarez 2018 p. 41): <b>el mantenimiento preventivo será operacionalizado con las dimensiones inspección de máquina, programa de mantenimiento, control de mantenimientos y se utilizarán los instrumentos número de mantenimientos realizados, reporte de programación de mantenimientos</b> (Saucedo 2022)  | Inspección de Máquinas    | Porcentaje de Inspección                 | Razón  | $\% I = \frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100\%$   |
|                                 |   |  | Programa de Mantenimiento | Índice de Mantenimiento Programado       | Razón  | $PM = \frac{\text{Horas estandar de antenimiento}}{\text{Horas total de mantenimiento}} \times 100\%$  |
|                                 |   |  | Control de Mantenimiento  | Porcentaje cumplimiento de Mantenimiento | Razón  | $CM \% = \frac{\text{Mantenimientos Realizados}}{\text{Mantenimiento Programado}} \times 100\%$  |
| <b>Disponibilidad</b>           | Se refiere a la probabilidad de disponer un equipo, herramienta o aparato dentro de las condiciones normales de funcionamiento en tiempo real, sin haber presentado desperfectos. En caso de presentarse averías, inmediatamente se solucionará en un periodo corto a lo programado. De igual manera si esto excede o se alarga tendremos disponibilidad baja (Planas, 2014). | El tiempo total es el tiempo del período en que deseamos calcular la disponibilidad y el tiempo muerto es el tiempo en que estuvo inoperativo en el que ha incurrido el equipo en ese periodo (Rodríguez 2018 p.44). <b>La disponibilidad será operacionalizada a través de las dimensiones confiabilidad y mantenibilidad utilizando los instrumentos la cantidad de horas de operación, cantidad de veces que paro el equipo y tiempo de paralización</b> (Suarez 2018). | Confiabilidad             | Medida del tiempo Buen funcionamiento    | Razón  | $R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$   |
|                                 |   |  | Mantenibilidad            | Modelo Exponencial                       | Razón  | $\text{Mantabilidad} = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$<br><br>$e$ : Constante neperiana (2.718)<br>$t$ : Tiempo de ciclo<br>$MTTR$ : Tiempo medio para reparar |

## Anexo 7. Validación de experto

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD

| Nº | DIMENSIONES / Ítems  | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN 1 Confiabilidad  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | $R(t) = e^{-MTBF}$   | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN 2 Mantenibilidad   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | $Mantenibilidad = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$<br>$e$ : Constante neperiana (2.718)<br>$t$ : Tiempo de ciclo<br>$MTTR$ : Tiempo medio para reparar | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad:  Aplicable [ X ]  Aplicable después de corregir [ ]  No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: MSc Ing *Héctor Antonio G/ Sandoral*

DN: *03684198*

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencias mención en ingeniería industrial

15 de Abril del 2023

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

*[Firma]*

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| Nº | DIMENSIONES / Ítems  | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN 1 Inspección de maquinas   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | $\% I = \frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100\%$           | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN 2 Programa de mantenimiento  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | $PM = \frac{\text{Horas estandar de mantenimiento}}{\text{Horas total de mantenimiento}} \times 100\%$ | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 3  | DIMENSIÓN 3 Control de mantenimiento   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | $CM \% = \frac{\text{Mantenimientos Realizados}}{\text{Mantenimiento Programado}} \times 100\%$        | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad:  Aplicable [ X ]  Aplicable después de corregir [ ]  No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: MSc Ing *Héctor Antonio G/ Sandoral*

DNI: *03684198*

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencias mención en ingeniería industrial

15 de Abril del 2023

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

*[Firma]*  
 Firma del Experto Informante.



## Anexo 8. Validación de Experto

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD

| Nº | DIMENSIONES / Ítems   | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1 Confiabilidad   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | $R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$  | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2 Mantenibilidad  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 2  | $Mantenibilidad = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$<br>g: Constante neperiana (2.718)<br>t: Tiempo de ciclo<br>MTTR: Tiempo medio para reparar | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: Mg. Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo

DNI: 07500140

Especialidad del validador: Ingeniero industrial; Magister en Administración Estratégica de Empresas

17 de abril del 2023



Firma del Experto Informante.

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| Nº | DIMENSIONES / Ítems  | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1 Inspección de maquinas   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | $\% I = \frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100\%$           | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2 Programa de mantenimiento  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 2  | $PM = \frac{\text{Horas estandar de mantenimiento}}{\text{Horas total de mantenimiento}} \times 100\%$ | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3 Control de mantenimiento   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 3  | $CM \% = \frac{\text{Mantenimientos Realizados}}{\text{Mantenimiento Programado}} \times 100\%$        | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: Mg. Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo,

DNI:07500140

Especialidad del validador: Ingeniero industrial, Magister en Administración Estratégica de Empresas

17 de abril del 2023



Firma del Experto Informante.

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



## Anexo 9. Validación de Experto

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD

| Nº | DIMENSIONES / Ítems   | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1 Confiabilidad   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | $R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}}$  | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2 Mantenibilidad  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 2  | $Mantenibilidad = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$<br>e: Constante neperiana (2,718)<br>t: Tiempo de ciclo<br>MTTR: Tiempo medio para reparar | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: MSc Ing. Ronald Dávila Laguna

DNI: 22423025

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencias mención en ingeniería industrial

15 de Abril del 2023

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

### CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

| Nº | DIMENSIONES / Ítems  | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|--|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |  | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
|    | DIMENSIÓN 1 Inspección de maquinas   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | $\% I = \frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100\%$           | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 2 Programa de mantenimiento  |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 2  | $PM = \frac{\text{Horas estándar de mantenimiento}}{\text{Horas total de mantenimiento}} \times 100\%$ | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |
|    | DIMENSIÓN 3 Control de mantenimiento   |                          |    |                         |    |                       |    |             |
| 3  | $CM \% = \frac{\text{Mantenimientos Realizados}}{\text{Mantenimiento Programado}} \times 100\%$        | X                        |    | X                       |    | X                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [ X ] Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: MSc Ing. Ronald Dávila Laguna

DNI: 22423025

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencias mención en ingeniería industrial

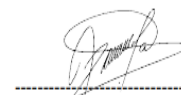
15 de Abril del 2023

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante.

## AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo, Anibal Antonio Cuadra Sifuentes identificado con DNI 45120121, en mi calidad de Gerente Operaciones del área de operaciones de la empresa MOVIMIENTOS DE TIERRA SAN JUDAS TADEO EIRL con R.U.C N° 20606077018, ubicada en la ciudad de Lima.

Lima, 22 de noviembre de 2022

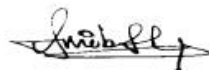
### OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

A los señores, CARLOS ALBERTO MARTINEZ ASMAT y ANDRES HUMBERTO SAN MARTIN REVILLA identificado(s) con DNI N°45077278 y DNI N°45244463, de la Carrera profesional INGENIERIA INDUSTRIAL, para que utilice la siguiente información de la empresa: ARCHIVOS DE MANTENIMIENTO, PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO, INFORMES DE FALLA DE EQUIPO con la finalidad de que pueda desarrollar su

- Informe estadístico  
 Trabajo de Investigación  
 Tesis para optar el Título Profesional.  
 Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o  
 Mencionar el nombre de la empresa.



Anibal Antonio Cuadra Sifuentes

Gerente de Operaciones

DNI: 45120121

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Andrés San Martín Revilla

DNI 45244463



Carlos Martínez Asmat

DNI 45077278

Señor (a): Anibal Antonio Cuadra Sifuentes

Presente. -

Es grato dirigirnos a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de nuestra formación académica en la experiencia curricular de investigación del IX ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos /de obtención de nuestro título profesional al finalizar mi carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: "Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad del cargador frontal Caterpillar 950 GC en una empresa de alquiler de equipos, Lima 2023". En dicha investigación nos comprometemos a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de nuestra formación profesional, hacemos propicia la oportunidad para expresar las muestras de nuestra especial consideración.

Atentamente,



Carlos Martínez Asmat  
DNI 45077278



Andrés San Martín Revilla  
DNI 45244463

Anexo 10. Cronograma de Capacitación y participantes.

| CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN |            |   |
|----------------------------|------------|---|
| Nro.                       | Día        | Temario   |
| 1                          | 6/12/2022  | Generalidades - Mantenimiento preventivo.                   |
| 2                          | 13/1/2022  | Indicadores en la gestión del mantenimiento.                |
| 3                          | 20/12/2022 | Clasificación.  |
| 4                          | 27/12/2022 | Orden.  |
| 5                          | 3/1/2023   | Limpieza.   |
| 6                          | 10/1/2023  | Estandarización.  |
| 7                          | 17/1/2023  | Control.  |
| 8                          | 24/1/2023  | Estándares del mantenimiento.                               |
| 9                          | 31/1/2023  | Actividades de limpieza e inspecciones del área de trabajo. |
| 10                         | 7/2/2023   | Actividades correctivas.                                    |
| 11                         | 14/2/2023  | Elaboración de estándares – según Caterpillar.              |
| 12                         | 21/2/2023  | Inspección general.   |

Fuente: Propia

Anexo 11. Programa de mantenimiento preventivo de cargador frontal 950GC

| PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CARGADOR FRONTAL 950GC |                                       |   |      |                    |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |  |  |
|---|---------------------------------------|---|------|--------------------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|--|--|
|   |                                       | PM1 PM2 PM1 PM3 PM1 PM2 PM1 PM1 PM2 PM4 PM1 PM2 PM1 PM3 PM1 PM1 PM2 PM4 |      |                    |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |  |  |
| ACTIVIDAD   | DESCRIPCIÓN                           | N° PARTE  | UN D | HORAS DE OPERACIÓN |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |      |  |  |
|   |                                       |   |      | 750                | 2000 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 250 | 500 | 750 | 2000 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 250 | 500 | 750 | 2000 |  |  |
| REPUESTOS POR PM  | Filtro aire primario                  | 1327167   | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro aire secundario                | 6I2510  | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro de cabina (aire acondicionado) | 186-8228  | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro exterior (aire acondicionado)  | 163-5865  | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro separador de combustible       | 3261643   | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro secundario de combustible      | 1R0762  | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro de aceite motor                | 1R1808  | 1    | X                  | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    | X   | X   | X   | X    |  |  |
|   | Filtro aceite hidráulico              | 1R0722  | 4    |                    | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |  |  |
|   | Filtro aceite transmisión             | 1R0719  | 1    |                    | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |  |  |
|   | Filtro tapa de tanque combustible     | 9X2205  | 1    |                    | X    |     |     |     |      |     |     |     |      | X   |     |     |      |     |     |     |      |  |  |
|   | Aceite hidráulico                     | 3K0360  | 7    |                    | X    |     |     |     |      |     |     |     |      | X   |     |     |      |     |     |     |      |  |  |
|   | Aceite motor 15W40 5GL                | 3E9713  | 2    |                    | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |     | X   |     | X    |  |  |
|   | Aceite transmisión SAE 30 5GL         | 8T9572  | 3    |                    | X    |     |     |     | X    |     |     |     |      | X   |     |     |      | X   |     |     |      |  |  |
|   | Aceite eje diferencial SAE 50 5GL     | 8T9576  | 9    |                    | X    |     |     |     | X    |     |     |     |      | X   |     |     |      | X   |     |     |      |  |  |

Fuente: Propia

Anexo 12. DAP Mantenimiento Preventivo

| DIAGRAMA MANTENIMIENTO PREVENTIVO CARGADOR FRONTAL 950GC CATERPILLAR |  |                  |      |                                  |      |                                 |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
|--|--|------------------|------|----------------------------------|------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------|--------------|---|--|--|--|
| Hoja N°_02_ De:___ Diagrama N°:___                                   |  |                  |      | Operar. <input type="checkbox"/> |      | Mater. <input type="checkbox"/> |                   | Maqui. <input type="checkbox"/> |             |              |   |  |  |  |
| <b>Proceso:</b>  |  |                  |      |                                  |      |                                 |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| <b>Fecha:</b>  |  |                  |      | <b>SÍMBOLO</b>                   |      | <b>ACTIVIDAD</b>                |                   | <b>Act.</b>                     | <b>Pro.</b> | <b>Econ.</b> |   |  |  |  |
| <b>El estudio Inicia:</b>  |  |                  |      | ●                                |      | Operación                       |                   | <b>9</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| <b>Método:</b> Actual:___ Propuesto:___                              |  |                  |      | ➔                                |      | Transporte                      |                   | <b>1</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| <b>Producto:</b> Mantenimiento Preventivo PM1                        |  |                  |      | ■                                |      | Inspección                      |                   | <b>3</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| <b>Nombre del operario:</b> Carrillo Mantilla, Deyler                |  |                  |      | D                                |      | Espera                          |                   | <b>0</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| <b>Elaborado por:</b> Herrera Añazco, Juan                           |  |                  |      | ▽                                |      | Almacenaje                      |                   | <b>0</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| <b>Área de trabajo</b>   |  |                  |      | Total de Actividades realizadas  |      |                                 |                   | <b>13</b>                       |             |              |   |  |  |  |
|  |  |                  |      | Distancia total en metros        |      |                                 |                   | <b>30</b>                       |             |              |   |  |  |  |
|  |  |                  |      | Tiempo min/hombre                |      |                                 |                   | <b>6</b>                        |             |              |   |  |  |  |
| NUMERO   | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO                      | Distancia metros | PM1  | PM2                              | PM3  | PM4                             | SÍMBOLOS PROCESOS |                                 |             |              |   |  |  |  |
|  |  |                  | 250  | 500                              | 1000 | 2000                            | ●                 | ➔                               | ■           | D            | ▽ |  |  |  |
| 1  | Inspeccion de seccion de trabajo             |                  | 0.25 | 0.25                             | 0.25 | 0.25                            |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 2  | Verificar herramientas a utilizar            |                  | 0.25 | 0.25                             | 0.35 | 0.25                            |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 3  | Lavado d equipo                              |                  | 1    | 2                                | 2    | 2                               |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 4  | Estacionar el equipo con apoyo del operador  | 30.0             | 0.15 | 0.15                             | 0.15 | 0.15                            |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 5  | Instalar los pines de bloqueo de implementos |                  | 0.15 | 0.15                             | 0.15 | 0.15                            |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 6  | Cortar energía eléctrica del equipo          |                  | 0.1  | 0.1                              | 0.1  | 0.1                             |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 7  | Inspección secuencial y general del equipo   |                  | 0.5  | 1                                | 1    | 1                               |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 8  | Toma de muestra de aceite de motor           |                  | 0.5  | 0.7                              | 1    | 1                               |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 9  | Drenar aceite de motor y cambio de filtros   |                  | 1    | 1                                | 4    | 5.6                             |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 10   | Llenado de aceite al compatimiento de motor  |                  | 0.5  | 0.5                              | 1    | 3                               |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 11   | Engrase general del equipo                   |                  | 0.5  | 0.5                              | 0.5  | 0.5                             |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 12   | Prueba de equipo                             |                  | 0.5  | 0.5                              | 0.5  | 0.5                             |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 13   | Orden y limpieza                             |                  | 0.4  | 0.4                              | 0.4  | 0.5                             |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| 14   | Ejecución de informe                         |                  | 0.5  | 0.5                              | 0.6  | 1                               |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |
| Tiempo Minutos:  |  | 30.0             | 6.3  | 8.0                              | 12.0 | 16.0                            |                   |                                 |             |              |   |  |  |  |

Fuente: Propia

Anexo 13. DAP. Actividades de Limpieza del Cargador Frontal 950GC

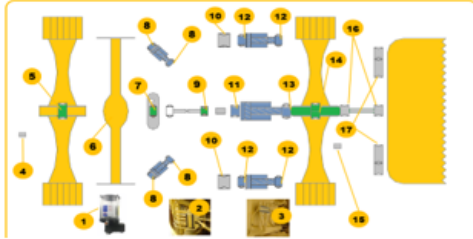
| ACTIVIDADES DE LIMPIEZA CARGADOR FRONTAL 950GC        |  |                                  |             |                   |             |              |   |   |  |
|---|--|----------------------------------|-------------|-------------------|-------------|--------------|---|---|--|
| Hoja N°_02_ De:___ Diagrama N°:___                    |  | Operar.                          | Mater.      | Maqui.            |             |              |   |   |  |
| <b>Proceso:</b>                                       |  |                                  |             |                   |             |              |   |   |  |
| <b>Fecha:</b>   |  | <b>SÍMBOLO</b>                   |             | <b>Act.</b>       | <b>Prm.</b> | <b>Ecaa.</b> |   |   |  |
| <b>El estudio inicia:</b>                             |  | ●                                |             | <b>14</b>         |             |              |   |   |  |
| <b>Método:</b> Actual:___ Propuesto:___               |  | ➔                                |             | <b>1</b>          |             |              |   |   |  |
| <b>Producto: Limpieza de equipo</b>                   |  | ■                                |             | <b>6</b>          |             |              |   |   |  |
| <b>Nombre del operario:</b> Carrillo Mantilla, Deyler |  | ●                                |             | <b>0</b>          |             |              |   |   |  |
| <b>Elaborado por:</b> Herrera Añazco, Juan            |  | ▼                                |             | <b>0</b>          |             |              |   |   |  |
| <b>Área de trabajo</b>                                |  | Total de Actividades realizadas: |             | <b>21</b>         |             |              |   |   |  |
|   |  | Distancia total en metros        |             | <b>30</b>         |             |              |   |   |  |
|   |  | Tiempo h/hombre                  |             | <b>15</b>         |             |              |   |   |  |
| NUMERO  | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO                                  | Distancia metros                 | Lavado      | SÍMBOLOS PROCESOS |             |              |   |   |  |
|   |  |                                  |             | ●                 | ➔           | ■            | ● | ▼ |  |
| 1   | Traslado de equipo al zona de lavado                     |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 2   | Inspección del equipo                                    |                                  | 7           |                   |             |              |   |   |  |
| 3   | Traslado de herramientas                                 |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 4   | Inspección de Herramientas                               | 30.0                             | 4           |                   |             |              |   |   |  |
| 5   | Desmontaje de guardas del motor                          |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 7   | Desmontaje de guardas de trasnmisión                     |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 8   | Desmontaje de guardas de cilindros hidraulicos           |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 9   | Apertura de regilla del enfriadores de aceite y radiador |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 10  | Desmontaje de tala porta filtro                          |                                  | 2           |                   |             |              |   |   |  |
| 11  | Inspección de filtro de aire                             |                                  | 2           |                   |             |              |   |   |  |
| 12  | Lipieza compartimiento del motor                         |                                  | 2           |                   |             |              |   |   |  |
| 13  | Lipieza compartimiento de la transmisión                 |                                  | 4           |                   |             |              |   |   |  |
| 14  | Lipieza compartimiento de cilindros hidraulicos          |                                  | 4           |                   |             |              |   |   |  |
| 15  | Inspección de lineas hidraulicas                         |                                  | 6           |                   |             |              |   |   |  |
| 16  | Montaje de guardas del motor                             |                                  | 3           |                   |             |              |   |   |  |
| 17  | Montaje de guardas de trasnmisión                        |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 18  | Montaje de guardas de cilindros hidraulicos              |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 19  | Encedido del equipo para prueba                          |                                  | 3           |                   |             |              |   |   |  |
| 20  | Inspección de funcionamiento correcto                    |                                  | 5           |                   |             |              |   |   |  |
| 21  | Colocar herramientas en su lugar.                        |                                  | 4           |                   |             |              |   |   |  |
| 22  | Ejecución de informe                                     |                                  | 3           |                   |             |              |   |   |  |
| Tiempo Minutos:                                       |  | <b>30.0</b>                      | <b>89.0</b> |                   |             |              |   |   |  |

Fuente: Propia

## Anexo 14. Cartilla de limpieza del Cargador Frontal 950GC

| CARTILLA LIMPIEZA DE EQUIPO 950GC |   |           |    |  |    |
|-----------------------------------|---|-----------|----|--|----|
| Modelo                            |   | Fecha     |    | Cliente  |    |
| N° de Serie                       |   | Horómetro |    | Orden de Trabajo   |    |
| Cod. Equipo                       |   | Ubicación |    | Hora: Inicio/Final                                       | /  |
| INSPECCIONAR GENERAL DEL EQUIPO   |   |           |    |  |    |
| IT                                | Descripción   | OK        | IT | Descripción  | OK |
| 1                                 | Verificar Niveles de fluidos y sistema <del>eléctrico</del>                   |           | 9  | Limpieza de cable de luces y sistema arranque            |    |
| 2                                 | Limpieza <del>compartimiento del motor</del> y sistemas                       |           | 10 | Limpieza sistema de sistema contra incendio              |    |
| 3                                 | Limpieza compartimiento de transmisión y Convertidor                          |           | 11 | limpieza sistema control remoto y <del>líneas</del>      |    |
| 4                                 | Limpieza del <del>sistema</del> dirección y <del>líneas</del>                 |           | 12 | Limpieza sistema de aire acondicionado                   |    |
| 5                                 | Limpieza sistemas de frenos y <del>líneas</del>                               |           | 13 | Inspección, limpieza de neumáticos y tuercas de sujeción |    |
| 6                                 | Limpieza sistema de pilotaje y <del>líneas</del>                              |           | 14 | Inspección, limpieza de herramientas de corte            |    |
| 7                                 | Limpieza sistema lubricación <del>automática</del>                            |           | 15 | limpieza bastidor posterior y delantero                  |    |
| 8                                 | Limpieza cilindros <del>hidráulicos</del> , implementos, <del>dirección</del> |           | 16 | Limpieza estación del operador                           |    |

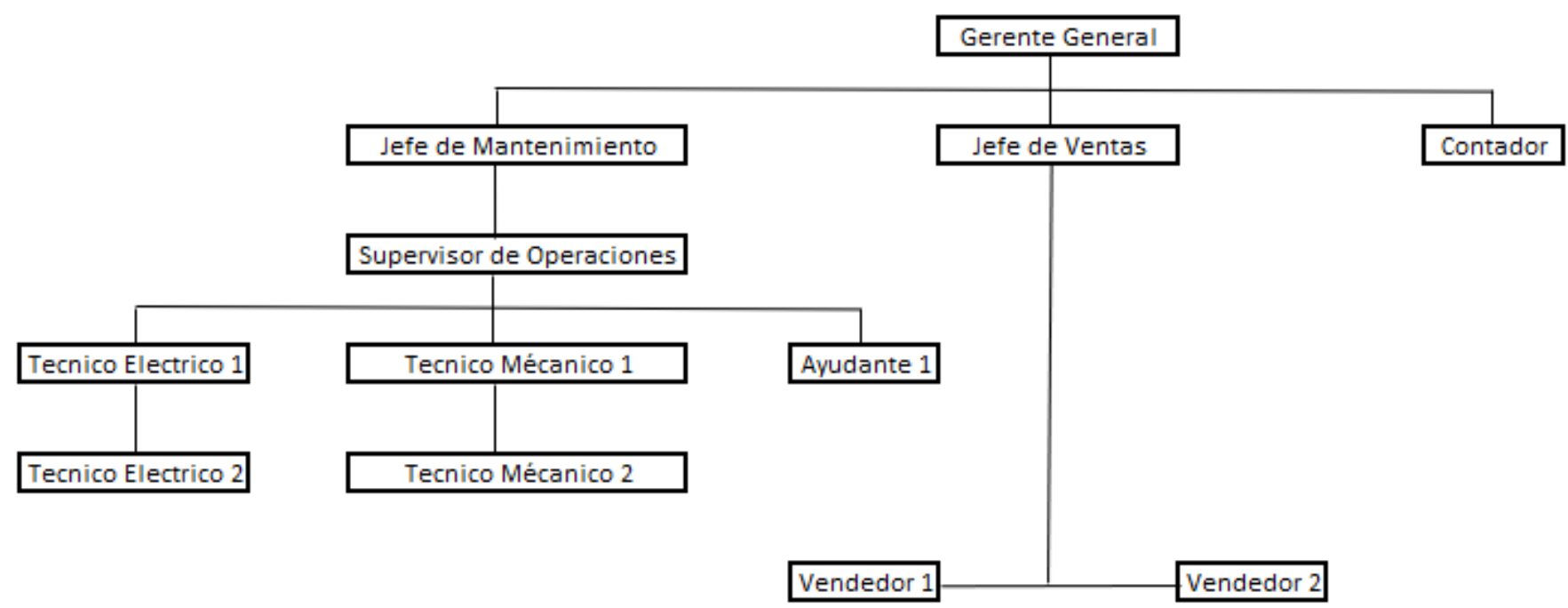
  



| Personal cliente |  | Personal Mantenimiento |  |
|------------------|--|------------------------|--|
| Supervisor       |  | Supervisor             |  |
| Operador         |  | <del>Técnicos</del>    |  |

Fuente; Propia

Anexo 15. Organigrama de la empresa



Fuente: La empresa



## Anexo 16. Beneficio Projectado Nómina y Maquinaria Mensual

| Ahorro o Beneficio Projectado Mes1<br>PERSONAL       |                      | Ahorro o Beneficio Projectado Mes2<br>PERSONAL       |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M3<br>PERSONAL         |                      |
|--|----------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           |
| Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           |
| ahorro (hh*0.5)                                      | S/. 283.02           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   |
| Ahorro Mensual                                       | S/. 4,811.35         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         |
| AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      |
| Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         |
| horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  |
| Aumento de la disponibilidad                         | 0.5%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 1.0%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 1.3%                 |
| Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 2,700.00         | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 5,400.00         | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 6,750.00         |
| <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 7,511.35</b>  | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 15,022.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 16,372.71</b> |
| Ahorro o Beneficio Projectado M4<br>PERSONAL         |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M5<br>PERSONAL         |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M6<br>PERSONAL         |                      |
| Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           |
| Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           |
| ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   |
| Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         |
| AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      |
| Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         |
| horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  |
| Aumento de la disponibilidad                         | 1.5%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 1.8%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 2.0%                 |
| Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 8,100.00         | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 9,450.00         | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 10,800.00        |
| <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 17,722.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 19,072.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 20,422.71</b> |
| Ahorro o Beneficio Projectado M7<br>PERSONAL         |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M8<br>PERSONAL         |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M9<br>PERSONAL         |                      |
| Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           |
| Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           |
| ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   |
| Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         |
| AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      |
| Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         |
| horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  |
| Aumento de la disponibilidad                         | 2.3%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 2.5%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 2.8%                 |
| Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 12,150.00        | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 13,500.00        | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 14,850.00        |
| <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 21,772.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 23,122.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 24,472.71</b> |
| Ahorro o Beneficio Projectado M10<br>PERSONAL        |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M11<br>PERSONAL        |                      | Ahorro o Beneficio Projectado M12<br>PERSONAL        |                      |
| Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           | Costo de hora hombre                                 | S/. 566.04           |
| Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           | Ahorro de hora hombre                                | S/. 566.04           |
| ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           | ahorro (hh*1)  | S/. 566.04           |
| TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   | TOTAL DE MANTENIMIENTO EN EL MES                     | 17                   |
| Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         | Ahorro Mensual                                       | S/. 9,622.71         |
| AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      | AHORRO EN MAQUINARIA                                 |                      |
| Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         | Costo por hora de alquiler de cargador frontal 950GC | S/. 1,800.00         |
| horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  | horas promedio mensual de alquiler (Mensual)         | 300                  |
| Aumento de la disponibilidad                         | 2.8%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 2.9%                 | Aumento de la disponibilidad                         | 3.0%                 |
| Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 15,120.00        | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 15,660.00        | Total de beneficio en horas maquina                  | S/. 16,200.00        |
| <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 24,742.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 25,282.71</b> | <b>BENEFICIO TOTAL MENSUAL</b>                       | <b>S/. 25,822.71</b> |