



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada  
para reducir las paradas no programadas, Trujillo 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Ordoñez Saenz, Fiorela Edita (orcid.org/0000-0002-1174-0501)

Usquiano Cueva, Edgar (orcid.org/0000-0002-4946-3351)

**ASESOR:**

Msc. Malca Hernandez, Alexander David (orcid.org/0000-0001-9843-7582)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su incondicional amor, apoyo y enseñanzas a lo largo de mi vida. Su ejemplo de perseverancia y sacrificio me ha inspirado a seguir adelante y a lograr mis metas. Quiero dedicar este trabajo a mis padres: Mabel Sáenz y Rafael Ordóñez, mis dos abuelitas Edita y Lelita, a mi hermano Frank, quienes me han brindado su aliento y motivación en todo momento. Sin su ayuda, este logro no habría sido posible. Gracias a todos por ser parte de mi camino y por creer en mí.

### **Fiorela Ordóñez Sáenz**

A Dios, quien me ha dado las fuerzas, valor y sabiduría lo largo de todo este tiempo.

A mis padres, Gilmer Usquiano Risco y Carmen Cueva Figueroa, por haberme formado como la persona que soy, por sus consejos, por su paciencia y su apoyo incondicional en todo este tiempo.

A mi esposa, Denisse Lescano Mendoza y mis hijos Joaquín y Sebastián por ser la razón y motivación de mi vida y poder seguir creciendo cada día, agradezco el amor el tiempo y la paciencia que siempre me tuvieron y por estar ahí en mis momentos más difíciles. Siempre estaré agradecido con mis Padres hermanos y todos mis **familiares que confiaron en mí.**

### **Edgard Usquiano Cueva**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS por saber guiarnos en toda la elaboración de nuestra tesis.

A NUESTROS DOCENTES porque nos brindaron todos sus conocimientos para culminar con éxito nuestros estudios.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, USQUIANO CUEVA EDGAR, ORDOÑEZ SAENZ FIORELA EDITA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la maquinaria pesada para reducir las paradas no programadas, Trujillo 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>
EDGAR USQUIANO CUEVA <b>DNI:</b> 44505839 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4946-3351	Firmado electrónicamente por: EUSQUIANOC el 28- 12-2023 14:36:40
FIORELA EDITA ORDOÑEZ SAENZ <b>DNI:</b> 75078137 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1174-0501	Firmado electrónicamente por: FIOORDONEZS el 28- 12-2023 14:18:18

Código documento Trilce: TRI - 0711850



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, MALCA HERNANDEZ ALEXANDER DAVID, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la maquinaria pesada para reducir las paradas no programadas, Trujillo 2023", cuyos autores son USQUIANO CUEVA EDGAR, ORDOÑEZ SAENZ FIORELA EDITA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 28 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MALCA HERNANDEZ ALEXANDER DAVID <b>DNI:</b> 09678936 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9843-7582	Firmado electrónicamente por: AMALCAH el 11-01- 2024 09:35:33

Código documento Trilce: TRI - 0711898

## Índice de contenidos

Carátula	
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de originalidad de los autores .....	iv
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y operacionalización .....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.5. Procedimientos .....	12
3.6. Método de análisis de datos .....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS .....	14
V. DISCUSIÓN.....	14
VI. CONCLUSIONES.....	14
VII. RECOMENDACIONES .....	14
REFERENCIAS.....	17
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1: Validación de expertos.....	14
Tabla 2: Historial de paradas no programadas de las máquinas.....	18
Tabla 3: Análisis de fallas .....	19
Tabla 4: Análisis de modos y efectos de fallas - AMEF.....	21
Tabla 5: Programación del mantenimiento pre test marzo – mayo 2023 .....	23
Tabla 6: Tiempo de detección de fallas y tiempo de reparación pre test marzo – mayo 2023.....	24
Tabla 7: Cronograma de mantenimiento propuesto.....	27
Tabla 8: Capacitación a los técnicos .....	28
Tabla 9: Programación de mantenimiento post test julio – setiembre 2023 .....	31
Tabla 10: Tiempo de detección de falla y tiempo de reparación post test julio – setiembre 2023 .....	32
Tabla 11: Paradas no programadas post test julio – setiembre 2023 .....	33
Tabla 12: Comparación pre y post test de la programación del mantenimiento...	34
Tabla 13: Comparación pre y post test de la detección de falla y tiempo de reparación .....	35
Tabla 14: Comparación pre y post test de las paradas no programadas .....	36
Tabla 15: Confiabilidad del instrumento de la variable de mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	38
Tabla 16: Confiabilidad del instrumento de la variable de paradas no programadas.....	38
Tabla 17: Prueba de normalidad de la comparación de programación del mantenimiento.....	39
Tabla 18: Prueba de Wilcoxon de programación del mantenimiento .....	39
Tabla 19: Prueba de normalidad de la comparación del tiempo de detección de falla.....	40
Tabla 20: Prueba de Wilcoxon del tiempo de detección de falla.....	40
Tabla 21: Prueba de normalidad de la comparación del tiempo de reparación .....	41
Tabla 22: Prueba de Wilcoxon del tiempo de reparación .....	41
Tabla 23: Prueba de normalidad de la comparación de paradas no programadas	42
Tabla 24: Prueba de Wilcoxon del tiempo de paradas no programadas.....	42

## Índice de figuras

Figura 1: Organigrama de la empresa.....	20
Figura 2: Diagrama de flujo del procedimiento actual .....	21
Figura 3: Diagrama de pareto de las paradas no programadas marzo-mayo...	22
Figura 4: Diagrama de pareto de fallas marzo – mayo.....	24
Figura 5: Organigrama propuesto.....	29
Figura 6: Diagrama de flujo del procedimiento propuesto.....	30
Figura 7: Registro de técnicos a capacitación.....	33
Figura 8: Capacitación a los técnicos.....	34
Figura 9: Diagrama de pareto de Comparación del antes y después de la programación del mantenimiento .....	35
Figura 10: Diagrama de pareto de Comparación del antes y después de la detección de falla y tiempo de reparación.....	37
Figura 11: Diagrama de pareto de Comparación del antes y después de las paradas no programadas.....	38
Figura 12: Registro de técnicos a capacitación.....	33
Figura 13: Capacitación a los técnicos.....	34

## RESUMEN

En la presente investigación “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de la maquinaria pesada para reducir las paradas no programadas, Trujillo 2023”, mantuvo un estudio aplicado, con un diseño pre experimental, la población estuvo conformada por todos los registros de las paradas no programadas de las maquinas, así mismo se recurrió a la matriz AMEF para determinar las fallas que generan las paradas no programadas, por otro lado, en relación al desarrollo de los objetivos, en cuanto a los tiempos de detección de fallas y tiempos de reparación se obtuvo una variabilidad de mejora de un 25% lo que quiere decir que a partir de la implementación de un correcto organigrama del área de mantenimiento, un diagrama de flujo del procedimiento adecuado ante una paradas no programadas, cronograma de mantenimiento y un cronograma de la capacitación a los técnicos se logró una reducción en las paradas no programadas con una mejora de un 36%.

Palabras Clave: AMEF, paradas no programadas, mantenimiento, confiabilidad

## ABSTRACT

In the present research "Maintenance Focused on the Reliability of heavy machinery to reduce unscheduled stops, Trujillo 2023", an applied study was carried out, with a pre-experimental design, the population was made up of all records of unscheduled stops of machines, likewise, the FMEA matrix was used to determine the failures that generate unscheduled stops, on the other hand, in relation to the development of the objectives, in terms of failure detection times and repair times, a improvement variability of 25%, which means that from the implementation of a correct organization chart of the maintenance area, a flow chart of the appropriate procedure in the event of unscheduled stops, maintenance schedule and a training schedule for employees technicians, a reduction in unscheduled stops was achieved with an improvement of 36%.

Keywords: FMEA, unscheduled stops, maintenance, reliability

## I. INTRODUCCIÓN

La gestión de mantenimiento, ha adquirido una relevancia fundamental en el ámbito empresarial, ya que tiene un impacto directo en la funcionalidad, la eficiencia y el crecimiento de las organizaciones (Si et al, 2022). A nivel mundial, las empresas enfrentan diversos desafíos en cuanto a la gestión de mantenimiento, desde la falta de recursos y personal capacitado hasta la obsolescencia de los equipos y tecnologías utilizadas (Moinian y Ameli, 2022). Estos problemas no solo influyen en la habilidad de las empresas para alcanzar sus metas de producción, sino que también pueden poner en riesgo la protección de los empleados y el entorno ambiental. Es por eso que es cada vez más importante abordar estos problemas de manera efectiva y adoptar prácticas de gestión de mantenimiento más eficientes y sostenibles (Gámiz et al, 2023).

En Europa, la gestión de mantenimiento es un tema crítico para las empresas e industrias debido a la falta de inversión en este ámbito, dándose que el 55% de las empresas europeas invierten menos del 5% de su presupuesto en mantenimiento. Esto ha llevado a una situación en la que la mayoría de las empresas tienen equipos y maquinarias obsoletas y poco fiables, incrementando el gasto económico de lo que se produce y reduce la eficiencia (Hamshary et al, 2022). Además, el 80% de las fallas técnicas en Europa se deben a una mala gestión del mantenimiento (Zappalá y Tavner, 2022). Por otro lado, en Asia, a pesar de que muchas empresas asiáticas invierten en la administración de la conservación, el principal problema radica en la falta de personal cualificado y capacitado para realizar estas tareas, resultando en un 60% de las empresas asiáticas con problemas para encontrar y retener personal capacitado en mantenimiento, y un 70% de empresas de la región con alta tasa de rotación de personal, lo que tiene un impacto negativo en la excelencia de los productos y servicios, tal como en la seguridad de los trabajadores y consumidores (Wang et al, 2022).

En el Perú, la problemática es evidente en diversos sectores. Para el 2019, el 72% de las empresas peruanas no contaban con un plan de mantenimiento definido y un 75% no realiza un seguimiento adecuado de los costos de mantenimiento (Castro et al, 2023). Además, solo un 15% de las

empresas peruanas han implementado tecnologías de mantenimiento predictivo, lo que dificulta la detección temprana de fallos y aumenta los costos de mantenimiento correctivo. Estas cifras reflejan la urgencia en optimizar el manejo de la conservación en el país para garantizar la eficiencia en la operación y reducir los costos en los distintos sectores (Arellanos et al, 2022).

Ante ello, la conservación centrada en la confianza es un enfoque estratégico de mantenimiento el cual busca garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los recursos en una empresa, que se enfoca en optimizar al máximo la duración activa de los recursos, minimizar las fallas, disminuir los gastos de conservación y mejorar lo eficiente de las operaciones (Agulnik et al, 2022). Siendo la industria de la maquinaria una de las más importantes en Perú, y representa una parte significativa de la economía del país, su rentabilidad está estrechamente relacionada con su capacidad con la finalidad de aumentar la producción al máximo y reducir los gastos relacionados con el mantenimiento (Quiroz et al, 2022). Este tipo de mantenimiento puede ser una herramienta clave para lograr estos objetivos, teniendo una influencia significativa en las ganancias en la organización, al reducir las fallas y mejorar la disponibilidad de los activos críticos. Además, también ayuda a reducir gastos en la conservación, al optimizar los programas de conservación de prevención y predicción (Fernández et al, 2022; Vega y Quiroz, 2022).

De este modo, se plantea el problema general: ¿El mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada reduce las paradas no programadas, Trujillo 2023?, los problemas específicos son: ¿Cómo el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de detección de fallas de la maquinaria pesada, Trujillo 2023?, ¿Cómo el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de reparación de la maquinaria pesada, Trujillo 2023?

El objetivo general es: Determinar si el mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada reduce las paradas no programadas, Trujillo 2023. Además, los objetivos específicos son: Determinar como el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de detección de fallas de la maquinaria pesada, Trujillo 2023, Determinar como el mantenimiento

centro en la confiabilidad reduce los tiempos de reparación de la maquinaria pesada, Trujillo 2023.

La justificación teórica radica en el aporte de información novedosa y amplia, basada en la ejecución de la conservación enfocada en la confianza, en la industria de procesos y en la literatura sobre la industria de la maquinaria en Lima y el Perú. También es importante considerar los aportes a un modelo teórico de mantenimiento, con la finalidad de poner a prueba el sustento de los procesos utilizados para mejorar la rentabilidad en el rubro de maquinarias.

La justificación práctica tendría un impacto en la industria, dado que desarrollaría una base sólida para la implementación de métodos de mantenimiento más efectivos y eficientes en las plantas de producción de cemento. La implementación del enfoque de conservación centrado en la fiabilidad podría incrementar la vida útil en los equipos y reducir gasto de mantenimiento, asimismo podría mejorar las ganancias en la entidad. Además, la investigación podría servir como un modelo para otras productoras de cemento en la región y en todo el mundo, ayudando a potenciar la excelencia en la productividad de esta importante investigación activa.

La justificación social, radica en un aporte significativo para los procesos industriales que mejoran el desarrollo social de la región. Al examinar el vínculo de la conservación enfocada en la fiabilidad, así como la rentabilidad, esta tesis podría proporcionar información valiosa para las entidades de los alrededores y apoyar al avance sostenible de la industria, lo que a su vez generaría empleo y promovería el crecimiento económico en la región.

La hipótesis general es: el mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada reduce significativamente las paradas no programadas, Trujillo 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

Ante lo anteriormente redactado, se presentan los **antecedentes nacionales**, iniciando con Santos (2022), en su trabajo para establecer la conexión mantenimiento centrado de la confiabilidad de una entidad minera de Arequipa, con una muestra de 523 trabajadores, y utilizando una metodología aplicada correlacional, encontró que; la conservación centrada en la fiabilidad (RCM) no solo disminuyó las paradas no programadas, sino que también potenció la disposición en los aparatos con un 10% a comparación de los anteriores años. El autor concluye que una estrategia de mantenimiento enfocada en la fiabilidad tiene una influencia favorable en el dispositivo a largo plazo de una empresa; esto debido a que la conservación enfocada en la fiabilidad, busca potenciar lo disponible y confiable en los aparatos, lo que reduce los costos asociados con la falla de los mismos, aumenta la eficiencia operativa y prolonga la vida útil del equipo.

Páez (2022), en la finalidad de analizar el impacto en el mantenimiento centrado en la confiabilidad en las paradas no programadas de la maquinaria en una empresa textil En Lima, con aplicó una metodología de investigación cuantitativa correlacional, mediante cuestionarios a los participantes, a un grupo de trabajadores y directivos de la empresa en cuestión. Los resultados obtenidos indican que la ejecución de la administración de esta conservación ha permitido mejorar la eficiencia y eficacia en los procesos productivos, lo que se ha traducido en menores paradas no programadas de la maquinaria, así como en una mayor satisfacción por parte de los clientes y un crecimiento potencial en las ganancias en la entidad.

Querevalú (2020) en su trabajo para determinar la influencia de la conservación enfocado en la fiabilidad en las máquinas de la entidad SODEXO-Lima, con una muestra de la totalidad de los empleados, utilizando una metodología aplicada correlacional, encontró que; a partir del mantenimiento, las paradas no programadas disminuyeron a un 0,28%, mientras que sus dimensiones disminuyeron a 0,39%, después de implementar mejoras en el mantenimiento y centrándonos en las cuatro causas principales identificadas

en el análisis causa-efecto, se logró mejorar significativamente la confiabilidad de las máquinas, la confiabilidad pasó de un 84,82% a un 94,92%, lo que representa un aumento del 10,1%, de igual forma se observó un aumento considerable en el tiempo medio entre fallas, que pasó de 9,14 horas a 33,32 horas, lo que equivale a un incremento de 24,18 horas. Estos resultados indican que las acciones tomadas en el área de mantenimiento tuvieron un impacto positivo en la eficiencia y el rendimiento de las máquinas, permitiendo una mayor disponibilidad y reducción de tiempo improductivo debido a fallas.

Espinoza et al (2020) en su trabajo para determinar la influencia de la conservación enfocado en fiabilidad en las paradas no programadas y diversos factores de trabajo de una empresa de energía eléctrica, con una muestra de 211 trabajadores, utilizando una metodología aplicada correlacional, y un análisis a través de la matriz AMEF, se encontró; que el procedimiento de mantener mediante la evaluación de fiabilidad facilita al área de técnicos de servicio, captar el centrarse más en dispositivos críticos relacionados como los de más número de paradas no programadas, con un 85% de disminución de estas para la estructura empresarial, asimismo identificar, cada uno del origen del problema, como mantener desde el mínimo grado crítico según lo que indique los fallos..

Palomino et al (2020) en su trabajo para determinar el impacto fiable de conservar las maquinarias en las paradas no programadas en una empresa de construcción en Lima, con una muestra de 45 trabajadores administrativos, y una metodología correlacional descriptiva, obtuvieron que; existe una mejora del 90 % en la maquinaria. Para los autores, el enfoque permite identificar y abordar los problemas de mantenimiento previo a que se genere un problema mayor y costoso. Al prevenir los defectos no esperados, se pueden disminuir los gastos en la reparación y reemplazo, así como gastos asociados con el tiempo de inactividad no planificado. Además, al potenciar la confiabilidad así también disminuir el espacio de no actividad sin planificar, también se pueden reducir los riesgos de accidentes y lesiones.

Inga (2019) en su trabajo para determinar la influencia de la conservación enfocado en la fiabilidad de los defectos no programadas en una

la organización CHEJAMPI de Lima, con una muestra de 192 trabajadores, y una metodología aplicada correlacional, encuentra que; se disminuyó en un 11% las paradas no programadas, así como la disponibilidad de los activos médicos, además de existir una disminución de los gastos relacionados a la conservación de mencionados recursos. Ante ello, el autor señala que un enfoque de conservación fiable también puede aumentar la seguridad y reducir los riesgos asociados con la operación del equipo, lo que se traduce en una mejora de la maquinaria a largo plazo de la empresa, ya que se mejora la eficiencia operativa, y aumenta la productividad y satisfacción del cliente, en conclusión, a partir de todas las herramientas implementadas se logró una mejora del 28%.

Además, se presentan los **antecedentes internacionales**, iniciando con el objetivo del estudio de Schenkelberg et al (2020), que fue analizar la influencia del tratamiento fiable de los dispositivos en las paradas no programadas de las empresas en Marruecos. La muestra consistió en 91 empresas del sector manufacturero en el país, y se utilizó un cuestionario estructurado para recopilar datos. La metodología empleada fue un enfoque correlacional transversal. Los resultados indicaron una relación inversa y significativa entre la implementación y las paradas no programadas de las empresas en Marruecos. Además, se identificaron los elementos determinantes para obtener la la finalidad exitosa de la implementación en el contexto marroquí, lo que puede ayudar a las empresas a adoptar esta metodología de manera efectiva. Así, el modelo permite identificar y predecir el impacto económico del mantenimiento en la rentabilidad, así como el apoyo de planificar la continuación de las ejecuciones de mantenimiento.

El objetivo del trabajo de Zhao et al (2022) analizar la influencia del cuidado fiable en las paradas no programadas de empresas dedicadas a equipos de un solo componente y varios componentes. La muestra incluyó a 110 trabajadores de las empresas, en una metodología correlacional descriptiva. Los resultados indicaron que la primera variable influye en la segunda, y que sus implicancias son a largo plazo. Además, los autores señalan que existen diversas estrategias de mantenimiento sostenible que

pueden ser aplicadas, incluyendo el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, así como también la ejecución de prácticas de la administración de recursos y el uso de tecnologías avanzadas para la monitorización y el análisis de datos.

El objetivo del trabajo de Afolalu et al (2021) analizar el impacto de la conservación fiable en la rentabilidad de empresas dedicadas diversas industrias. La muestra incluyó a 200 trabajadores de las empresas, en una metodología correlacional descriptiva. Los resultados mostraron que la primera variable influye en la otra de manera significativa, y a través de métodos sostenibles aplicables a las diversas empresas. Así mismo, la gestión efectiva de las operaciones de mantenimiento y confiabilidad puede mejorar significativamente la eficiencia operativa, reduciendo los costos de mantenimiento y mejorando la seguridad en el lugar de trabajo. Además, se identificaron varias prácticas y herramientas útiles para la gestión efectiva de las operaciones de mantenimiento y confiabilidad, como la aplicación de una red de administración de recursos, la planificación de la gestión de mantenimiento y la aplicación de técnicas avanzadas de monitoreo y diagnóstico.

Sobre las **teorías de mantenimiento centrado en la confiabilidad**, en la teoría de la confiabilidad, Lu et al (2021) especifica que la confiabilidad normalmente se expresa en términos de tasa de fallas. Aunque es difícil predecir la ocurrencia real de fallas, se puede estimar el tiempo de mantenimiento de una máquina durante su uso en función de su función de índice de deficiencias, es decir, el tamaño de errores por unidad de tiempo que se puede esperar que ocurra para la máquina con el tiempo operativo. Por lo tanto, la optimización de la utilización del mantenimiento de la máquina puede expresarse como la finalización del trabajo lo antes posible y al mismo tiempo minimizar el número total o el costo de mantenimiento.

El modelo de Mirkv, según Li y Wang (2023) señala a la técnica de confiabilidad es como un marco de estructuración para examinar las funciones y posibles fallos de un componente de transmisión, con el objetivo principal de garantizar la confiabilidad. Es crucial tener en cuenta tanto la condición

individual de los aparatos como su importancia dentro de la red que transmite energía. Sin embargo, desde la perspectiva de la teoría, este sistema se basa en la suposición de tasas de fallo constantes, modificado adecuadamente para simular la influencia del deterioro de los componentes. El estado operativo de un componente de transmisión se clasifica según la gravedad del envejecimiento, utilizando cadenas adecuadas para componentes envejecidos.

El modelo tecnológico lo señala como un proceso con pasos que asegura que cualquier recurso físico siga cumpliendo con las expectativas de los clientes dentro de su ambiente de ejecución actualizado, que crea estándares para la coherencia de la función durante la producción del equipo y el rendimiento previsto del mismo son aspectos que se evalúan en este procedimiento. Dicho desarrollo analiza la pérdida del funcionamiento los posibles modos de defecto, las frecuencias de dichos modos y los impactos asociados a estos fallos. (Yavuz et al, 2019).

De igual forma, desarrolla estrategias de trabajo para evitar ocurrencias y formas de fallos previamente a su aparición, y designa equipos encargados, contribuyendo así a la optimización del proceso de toma de decisiones y el fortalecimiento del sistema de control de mantenimiento. al definir los pasos de trabajo a realizar en el mantenimiento de equipos, determinar los períodos de los pasos de trabajo y los repuestos que se accionarán. Sin embargo, Facilita la elección del equipo apropiado para el procedimiento y establece las modificaciones de diseño necesarias para nuevas inversiones y mejora en la eficiencia del proceso. Al desarrollar todos estos estándares, prioriza los impactos ambientales y el trabajo en seguridad (Nunes et al, 2023).

**Conceptos sobre mantenimiento centrado en la confiabilidad**, para Enjavimadar y Rastegar (2022), es parte de las tácticas de la administración de recursos más destacadas entre todos los enfoques de mantenimiento, se centra en el aspecto de confiabilidad del mantenimiento. Uno de sus objetivos es lograr la estrategia óptima de mantenimiento en los componentes del sistema, intentando satisfacer la limitación basada en costes de la instalación en todo el sistema. Su estructura incorpora tres pasos principales: la identificación de componentes críticos para realizar la inspección útil, la razón del desarreglo y

el análisis de efecto y la asignación de la estrategia de mantenimiento óptima para todos los modos fallidos.

Para Fuentes et al (2021), la conservación fiable de maquinarias es un método altamente efectiva y útil para realizar los planes de las tareas de la conservación preventiva y predictiva, teniendo como objetivo principal que el equipo sea capaz de operar según se requiera, fabricando los componentes deseados. Por lo que busca lograr un equilibrio entre la probabilidad de falla, las actividades de mantenimiento basadas en el tiempo y las condiciones del equipo. Además, el análisis de confiabilidad es utilizado por la metodología para proteger las funciones de los activos y aumentar la disponibilidad de los equipos al tiempo que disminuye el tiempo de inactividad del proceso, el costo operativo y los costos de mantenimiento.

Para Wan et al (2023) la implementación del enfoque de confiabilidad en el mantenimiento se plantea como una metodología altamente eficaz para relacionar el mantenimiento de equipos con la confiabilidad del sistema. Sobre este sistema, el modelo de optimización propuesto es multiobjetivo y comprende variables reales y variables binarias de decisión; además, la primera función objetivo evalúa el costo de las acciones de mantenimiento y la segunda evalúa la confiabilidad de EPDS en un horizonte de planificación considerado.

Para Zakikhani et al (20202) es una metodología en la aplicación de una herramienta de mantenimiento que proporciona dos datos importantes; criticidad de un equipo y la operación de mantenimiento más adecuada a aplicar, y supone que la confiabilidad inherente del equipo es una función del diseño y la calidad de construcción. Esta técnica crea un balance óptimo entre los gastos y ganancias en pro de seleccionar el plan de mantenimiento más efectivo y se origina a través de los fundamentos de ingeniería de confiabilidad, pues se espera potenciar la vida de los elementos de la red en el sistema, reducir las fallas del sistema y aumentar su tiempo medio hasta la falla. En este procedimiento, los programas de mantenimiento preventivo se asignan según los niveles de confiabilidad especificados, por lo que asume que un sistema

tiene un 100% de confiabilidad en el punto inicial de operación y disminuye con el tiempo con una distribución probabilística.

La **dimensión de mantenimiento centrado en la confiabilidad**, planteada por Eriksen et al (2021) es:

Análisis de modo de efecto y falla AMEF se centra en el procedimiento para la determinación de los riesgos que se presentan a raíz de las fallas más críticas, lo cual en base a ello se podrá implementar acciones que eviten la presencia de fallas. Es decir, se encarga de evaluar la confiabilidad de los equipos o maquinaria y así encontrar las fallas. Los factores que se consideran para la evaluación son: el modo de fallo, efectos, causas, control actual del proceso, gravedad, ocurrencia, detección y por ultimo las acciones recomendadas.

Las ventajas de realizar un análisis a través de la matriz AMEF, son: Incremento de la efectividad de los procesos, reducción de los costos por mantenimiento, mejoramiento de la satisfacción de los clientes

De las **teorías de paradas no programadas**; según Ares et al (2021) la teoría de la fatiga sugiere que las fallas en equipos y maquinarias en una planta industrial son causadas principalmente por la fatiga del material, especialmente durante las paradas no programadas, dado que esta fatiga se produce cuando un componente es sometido a ciclos repetitivos de carga y descarga, lo que genera tensiones internas que pueden llevar a la fractura del material. Además, esta fractura puede ocurrir incluso cuando el componente se encuentra dentro de los límites de carga previstos y no muestra signos externos de daño. (Fu y Ogurab, 2019).

La teoría de las fallas, según señala Gerdin et al (2019), se utiliza en la industria y la ingeniería para explicar la causa raíz de las interrupciones no planificadas en la producción o el funcionamiento de maquinaria y equipos. Estas paradas pueden tener consecuencias graves en términos de costos y productividad, y la teoría busca identificar las razones detrás de ellas para poder prevenirlas. En términos generales, la teoría de las fallas de las paradas no programadas sugiere que estas interrupciones son el resultado de una o

más fallas en los componentes críticos de un sistema o proceso; estas fallas se causan por la gran diversidad de elementos, como el desgaste natural, el envejecimiento, la falta de mantenimiento, el pésimo material de los aparatos o la falta de entrenamiento adecuado del personal.

**Conceptos** sobre **paradas no programadas**, Zhao et al (2021) son eventos imprevistos que interrumpen el funcionamiento normal de una máquina, equipo o proceso. Estas paradas pueden tener diversos efectos, desde una pérdida de producción hasta daños en los equipos o incluso lesiones en los colaboradores.

En el entorno industrial y la manufactura, una parada no programada se define como una interrupción no planificada en la producción debido a una falla en el equipo, un accidente, una avería eléctrica, una falta de suministros o cualquier otra causa imprevista; estas interrupciones, pueden ser costosas para las empresas, ya que pueden generar pérdidas de producción, retrasos en las entregas, pérdida de clientes, reducción en la excelencia de la producción y costos de reparación (Wu et al, 2023).

Myrodia et al (2021) señala que una parada no programada se define como una detención imprevista de un equipo o sistema debido a una falla mecánica, eléctrica o electrónica. Estas fallas son originadas por una diversidad de elementos, como la fatiga de materiales, el desgaste, la corrosión, la sobrecarga o la falta de mantenimiento adecuado.

Para Fernández et al (2022), una parada no programada se define como un evento inesperado que interrumpe el trabajo normal y pueden generar inseguridad a la integridad de los colaboradores. Estos eventos pueden incluir accidentes, lesiones, incendios, explosiones, derrames de sustancias peligrosas o algún evento que genere peligro en la capacidad física de los trabajadores (Zhou et al, 2021).

Las **Dimensiones** de **las paradas no programadas**, planteadas por Xue et al (2023) y Xu et al, (2022), son:

Tiempos de detección de fallas, se define como el tiempo que se toma para poder determinar la falla de la máquina y de cuáles son las causas que

está generando la inoperatividad de la máquina, por el ello es importante que en todas las empresas se realicen dichos estudios, los cuales permitan evitar daños irreparables a la maquinaria y por ende disminuir el desempeño del sistema de control y la eficiencia del proceso.

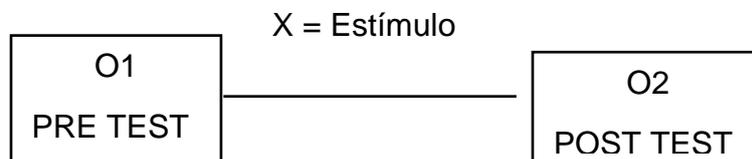
Tiempos de reparación, se define como el tiempo en que se toma para reparar una máquina, una vez que ha sido identificada la falla, donde dentro de este proceso se realizan pruebas, mediciones, reemplazos y ajustes que permitan arreglar la maquina y garantizar un correcto funcionamiento

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo: De tipología aplica, la cual implica la aplicación de conocimientos teóricos para abordar desafíos específicos en la vida real y encontrar soluciones prácticas para ellos. En ingeniería, la investigación aplicada puede ayudar a potenciar lo eficiente de la producción y salvaguardia de diversas áreas, desde la construcción de edificios hasta el diseño de nuevos dispositivos médicos (Borrego et al, 2013).

3.1.2. Diseño: Pre experimental, puesto que se manipulo la variable independiente para que se pueda observar la variación de la variable dependiente, empleando registros que permitan contar con información más detallada (Borrego et al, 2013).



**Donde:**

O1 y O2: Paradas no programadas

X: Mantenimiento centrado en la confiabilidad

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.**

Fuentes et al (2021) es una metodología altamente efectiva y útil para realizar los planes de las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo, teniendo como objetivo principal que el equipo sea capaz de operar según se requiera, fabricando los componentes deseados.

#### **Variable dependiente: Paradas no programadas.**

Myrodia et al (2021) Son eventos imprevistos que interrumpen el funcionamiento normal de una máquina, equipo o proceso. Estas paradas pueden tener diversos efectos, desde una pérdida de producción hasta daños en los equipos o incluso lesiones en los trabajadores.

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

#### **Población:**

Fueron todos los registros de las paradas no programadas de las 10 máquinas, las cuales se representaron en fichas de registro.

#### **Criterio de inclusión**

Toda la maquinaria pesada

#### **Criterios de exclusión**

Los vehículos que no pertenezcan a maquinaria pesada

#### **Muestra**

La muestra estuvo conformada por las paradas no programadas por un periodo de marzo – octubre 2023.

#### **Muestreo**

La presente investigación empleó un muestro no probabilístico por conveniencia.

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

#### **Técnicas:**

Análisis Documental: Información importante con la que cuenta la empresa y que sirve como sustento para la investigación a realizar.

Observación: Sirve para poder evaluar las situaciones inesperadas que se dan dentro de la empresa.

#### **Instrumentos:**

Guía de observación: Se utiliza para colocar toda la información que se recabe de las situaciones que ocurren.

Ficha de registro: Sirve para recopilar datos de las fuentes que sean consultadas.

#### **Validez:**

Es el grado en el que el instrumento se mide en relación a la variable se desea realizar el estudio (Borrego et al, 2013).

Para la validación de los instrumentos utilizados en la investigación se realizó mediante un juicio de expertos.

*Tabla 1: Validación de expertos*

<b>Experto</b>	<b>Grado de instrucción</b>
Sosa Panta, Gerardo	Doctor en Ing. Industrial
Chiroque Ocaña, Paola	Doctor en Ing. Industrial
Zapata Palacios, Néstor Javier	Doctor en Ing. Industrial

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5. Procedimientos

Primero se realizó un análisis de las paradas no programadas de las máquinas, la cuales se plasmaron en una ficha de registro , donde los datos fueron procesados y evaluados, también mediante la gráfica de pareto, también se determinaron las fallas relacionadas a las paradas y las

frecuencias con las que se presentaron para luego plasmarlo en un diagrama de Pareto, adicional a ello se realizó una evaluación mediante la matriz AMEF y así poder determinar los efectos y las causas de los modos de fallo.

Segundo se realizó una evaluación de 3 meses correspondientes a 12 semanas para determinar los tiempos de detección de fallas, tiempos de reparación y máquinas fallas, ello se plasmó mediante una ficha de registro.

Finalmente, en la propuesta de implementación se desarrolló en 3 etapas, planificación, objetivos y ejecución, dentro de la última etapa se propuso un organigrama de la organización del área de mantenimiento, un diagrama de flujo de cómo se debe responder ante una parada no programada, cronograma de charlas y capacitaciones y así realizar una comparación pre y post test, obteniendo las mejoras a partir de la implementación y los resultados evaluarlos mediante el software SPSS 21.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Se recurrió a un análisis estadístico inferencial para establecer si hay diferencias significativas entre las paradas programadas después de un mantenimiento centrado en la confiabilidad de la maquinaria pesada.

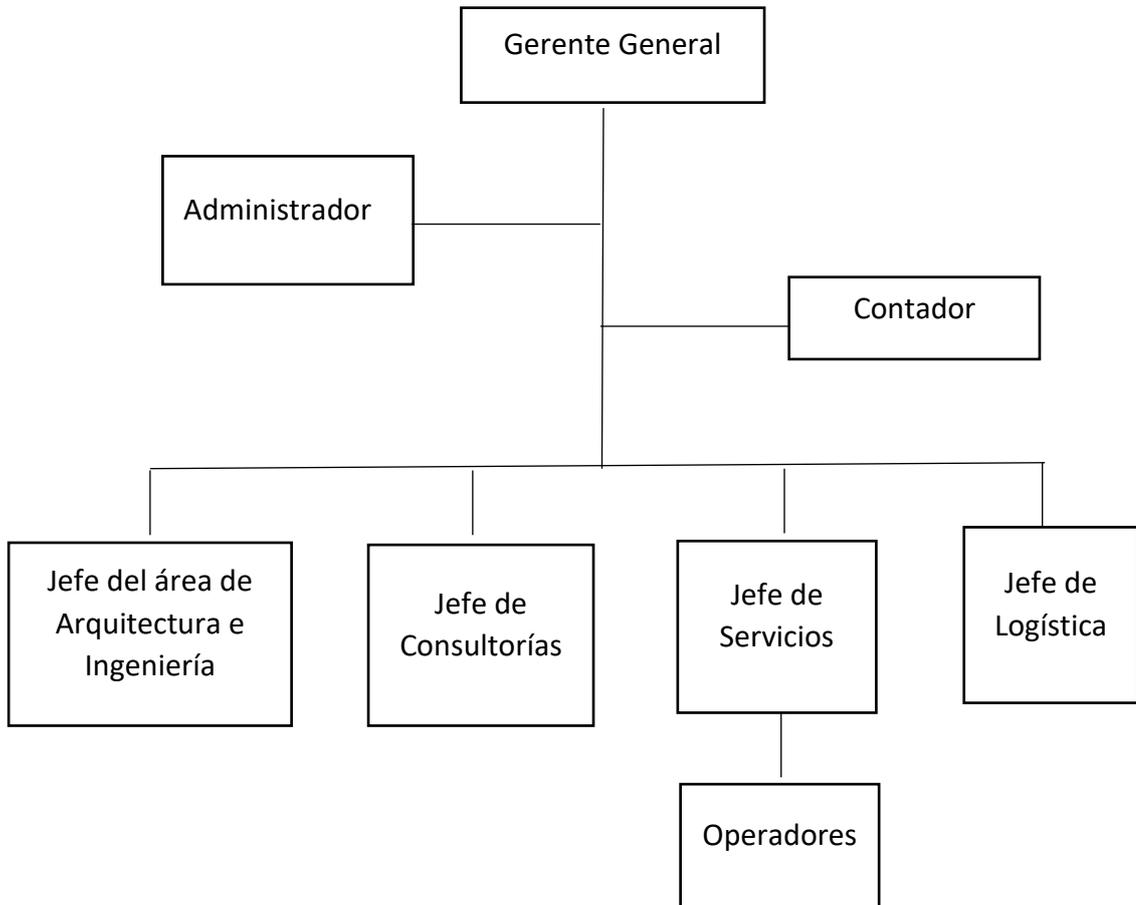
### **3.7. Aspectos éticos**

En primer lugar, será fundamental asegurarse de que la investigación evitará generar efectos negativos físico o psicológico en los individuos, y que se respeten sus derechos y su privacidad, informando sobre la naturaleza del estudio y obteniendo su aprobación informada con el fin de generar en ella. Seguidamente, se respetará la propiedad intelectual de los resultados obtenidos y asegurar que se reconozca adecuadamente la contribución de los individuos que fueron partícipes en la investigación. Finalmente, se asegurará la confidencialidad de la información recolectada durante el estudio, lo que implica que se manejará adecuadamente los datos personales

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la empresa

La empresa trujillana, cuenta con más de 7 años en el mercado, actualmente cuenta con una totalidad de 170 trabajadores, la empresa se dedicada a actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de consultoría técnica, siendo uno de los servicios más resaltantes el uso de la maquinaria pesada, contando con 10 máquinas utilizadas para los distintos trabajos según se requiera.



*Figura 1: Organigrama de la empresa*  
*Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en la figura 1, se consideraron todas las áreas que constituyen las empresas, teniendo así a 4 jefes representantes de cada área, también a su contador, administrados y como pieza fundamental al gerente general de la empresa.

Diagrama de flujo del proceso cuando se presenta las paradas no programadas pre test

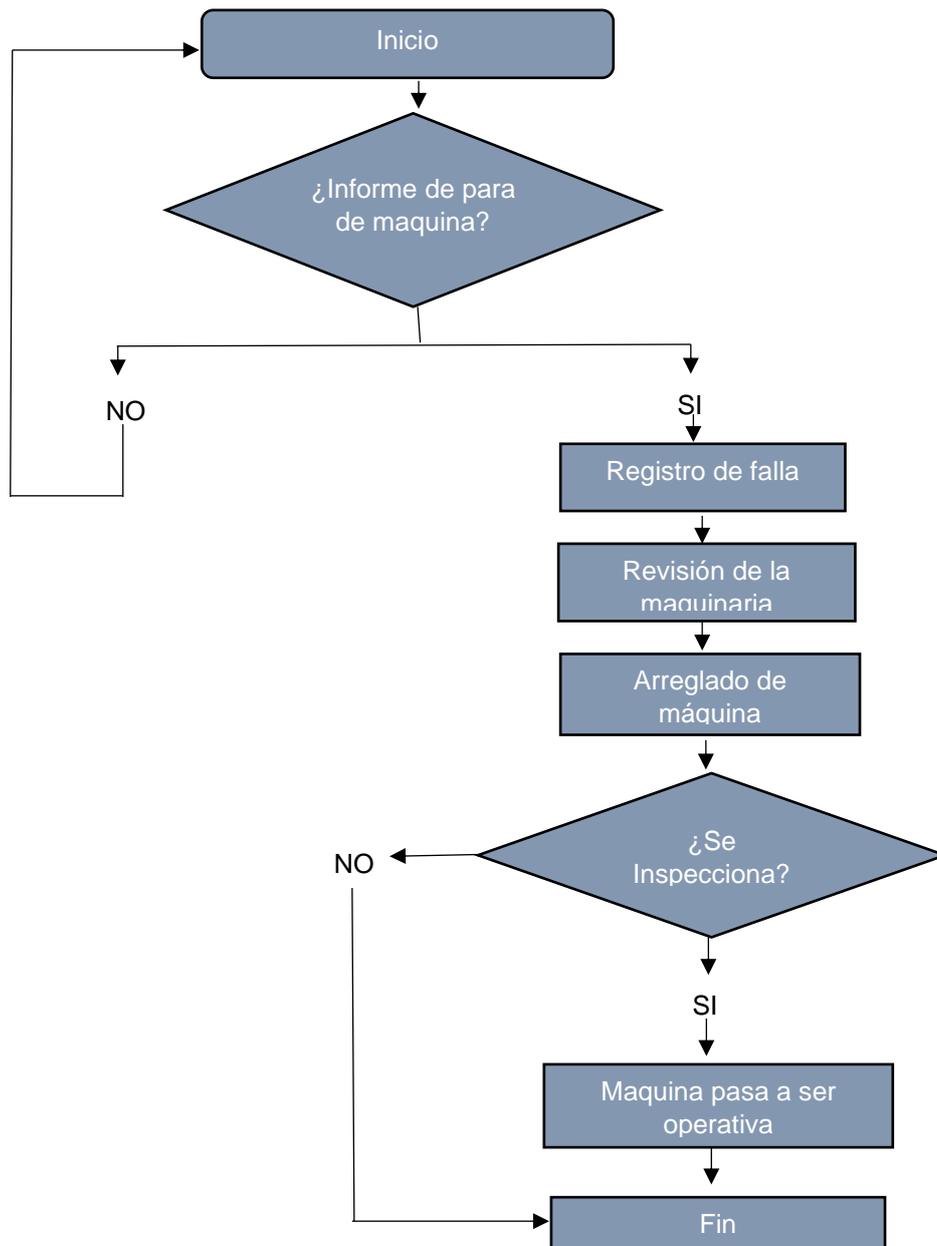


Figura 2: Diagrama de flujo del procedimiento pre test

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de flujo que se presenta, se observa cual es el procedimiento que sigue la empresa una vez que se informa que una máquina dejó de ser operativa, siguiendo una serie de pasos que ayudan a encontrar la falla y a solucionarla para que dicha máquina pueda estar operativa.

Se realizó un análisis de los meses de marzo – mayo 2023 para determinar las paradas no programadas de las máquinas, observando así que hubo un total de 64 paradas.

*Tabla 2: Historial de paradas no programadas de las máquinas pre test*

MAQUINARIA	N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS	%	ACUMULADO
EXC-058	15	23%	23%
EXC-787	10	16%	39%
MTN-425	8	13%	52%
RD-439	8	13%	64%
CRG-478	6	9%	73%
RTE-483	5	8%	81%
RD-123	4	6%	88%
RTE-583	4	6%	94%
TRC-681	3	5%	98%
MTN-243	1	2%	100%
	64		

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 3: Diagrama de Pareto de paradas no programadas marzo – mayo 2023*

*Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en la figura 3, se tienen las 10 máquinas con las que cuenta la empresa y a la vez el registro del total de paradas no programadas que estas presentaron, obteniendo un total de 64, evidenciando en el gráfico que la máquina EXC-058 es la mayor puesto que tiene 15 paradas.

### **Análisis de las fallas relacionadas a las paradas no programadas**

*Tabla 3: Análisis de fallas*

<b>FALLAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>
Derrame de aceites	20	19%	19%
Problemas de motor	14	13%	32%
Falta de lubricación	14	13%	46%
Sensores desfasados	10	10%	55%
Desalineamientos	10	10%	65%
Mandos desgastados	8	8%	72%
Desgaste de pines	7	7%	79%
Desgaste de ruedas	7	7%	86%
Eslabones rotos	7	7%	92%
Desgaste de mangueras hidráulicas	5	5%	97%
Engranajes malogrados	3	3%	100%
	105		

*Fuente: Elaboración propia*

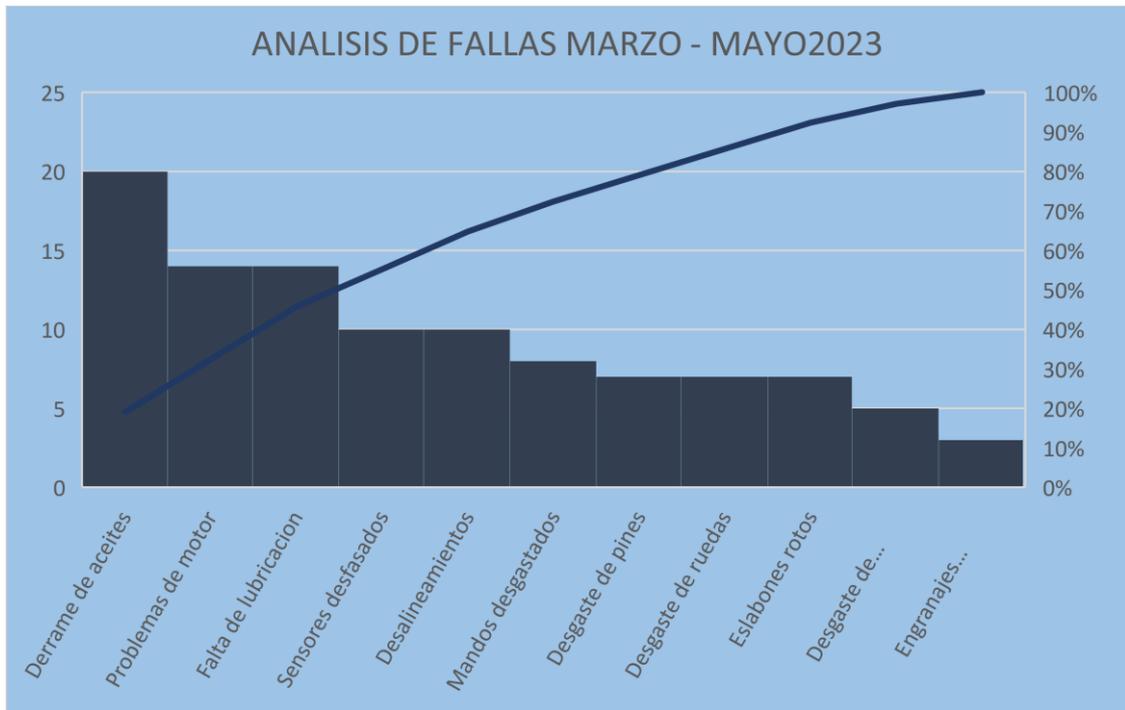


Figura 4: Diagrama de Pareto de fallas marzo – mayo 2023  
 Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4, se tienen todas las fallas que se presentan en la maquinaria, donde se obtuvo un total de 105 fallas, evidenciando que el derrame de aceites es la falla más recurrente puesto que tiene una frecuencia de 20 mientras que engranajes malogrados es la menos recurrente debido a que tiene una frecuencia de 3.

## Análisis de Modos y Efectos de fallas

Tabla 4: Análisis de modos y efectos de fallas

Máquina	Fallas	Efecto	Causas	gravedad	ocurrencia	detección	NPR	Acciones recomendadas
<b>EXC-058</b>	Derrame de aceites	Perdida de aceite	Rotura de tuberías	4	4	3	48	Revisión de conexiones
<b>EXC-787</b>	Problemas de motor	Inamovilidad de maquina	Sobrecalentamiento del vehículo	4	4	4	64	Cambio de motor
<b>MTN-425</b>	Falta de lubricación	Fundición del motor	Falta de adiconamiento de aceite	4	3	3	36	Mantenimiento de lubricación
<b>RD-439</b>	Sensores desfasados	Problemas de arranque	Cableados desgastados, Falla eléctrica	3	2	3	18	Cambio de sensores
<b>CRG-478</b>	Desalineamientos	Distorsiones en la maquina	Exceso de velocidad	3	3	3	27	Mantenimiento de alineamiento
<b>RTE-483</b>	Mandos desgastados	Inoperatividad de los elementos de la maquina	Instalación inadecuada	2	1	3	6	Cambio de mandos
<b>RD-123</b>	Desgaste de pines	Perdida de fuerza de la maquina	Continuidad de maquina	4	3	3	36	Mantenimiento de pines
<b>RTE-583</b>	Problemas en la suspensión	Inestabilidad de la maquina	Exceso de carga	4	4	3	48	Cambio de suspensión
<b>TRC-681</b>	Eslabones rotos	Presencia de ruidos fuertes	Falta de mantenimiento	3	3	3	27	Cambio de eslabones
<b>MTN-243</b>	Desgaste de mangueras hidráulicas	Mal funcionamiento de la dirección (timón)	Corriente concentrada de fluido a alta velocidad	4	4	4	64	Revisión de mangueras hidráulicas

Fuente: Elaboración propia

**Leyenda:**

	Criticidad Extrema
	Criticidad Alta
	Criticidad Media

**Análisis de criticidad**

$$A.C = \frac{\text{Total de máquinas críticas}}{\text{Total de máquinas con plan de contingencia}} \times 100$$
$$A.C = \frac{6}{10} \times 100 = 60\%$$

En el análisis de la matriz AMEF se tomó en cuenta 10 máquinas con las que cuenta y a cada una de ellas se le determinó su modo de fallo, su efecto y las causas que lo generan y así poder evaluar su nivel de gravedad, ocurrencia y detección y así obtener un nivel de criticidad.

Por otro lado, dicho análisis arrojó un total de 6 máquinas críticas y un total de 10 máquinas que cuentan con un plan de contingencia, obteniendo así que existe un 60% de máquinas críticas con presencia de fallas.

## Programación del mantenimiento

Tabla 5: Programación del mantenimiento pre test, marzo – mayo 2023

		HORAS REALES (min)	Nº DE HORAS PLANIFICADAS (min)	PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO
<b>MARZO</b>	SEM 1	484	131	27%
	SEM 2	392	228	58%
	SEM 3	552	271	49%
	SEM 4	327	208	64%
<b>ABRIL</b>	SEM 5	244	106	43%
	SEM 6	538	345	64%
	SEM 7	340	251	74%
	SEM 8	604	233	39%
<b>MAYO</b>	SEM 9	520	245	47%
	SEM 10	314	166	53%
	SEM 11	468	247	53%
	SEM 12	377	233	62%
<b>PROMEDIO</b>				<b>53%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla 5, se tiene una evaluación trimestral, donde se analizaron las horas reales en las que se realiza el mantenimiento y las horas planificadas las cuales son las horas correctas en las que se debe realizar los mantenimientos, obteniendo como promedio final de 53% en lo que respecta a la programación del mantenimiento.

Tabla 6: Tiempo de detección de falla y tiempo de reparación pre test, marzo – mayo 2023

	TIEMPO DE TECCION DE FALLA (min)	N° DE MAQUINAS FALLADAS	TDF	TIEMPO DE REPARACION (min)	N° DE MAQUINAS	TMR	TIEMPO DE PARADAS NO PROGRAMADAS
<b>SEM 1</b>	532	11	48.4	945	11	85.9	134.3
<b>SEM 2</b>	428	8	53.5	738	8	92.3	145.8
<b>SEM 3</b>	763	15	50.9	1345	15	89.7	140.5
<b>SEM 4</b>	346	10	34.6	799	10	79.9	114.5
<b>SEM 5</b>	409	9	45.4	908	9	100.9	146.3
<b>SEM 6</b>	438	12	36.5	786	12	65.5	102.0
<b>SEM 7</b>	572	7	81.7	1036	7	148.0	229.7
<b>SEM 8</b>	476	10	47.6	973	10	97.3	144.9
<b>SEM 9</b>	523	17	30.8	982	17	57.8	88.5
<b>SEM 10</b>	475	8	59.4	673	8	84.1	143.5
<b>SEM 11</b>	5213	15	347.5	937	15	62.5	410.0
<b>SEM 12</b>	680	11	61.8	992	11	90.2	152.0
						<b>PROMEDIO</b>	<b>162.7</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 6, en el análisis trimestral se tiene el tiempo de reparación que es el tiempo que se demora el técnico en reparar la máquina y el total de máquinas que son todas las máquinas que se llegaron a reparar, por otro lado, se tiene el tiempo de detección de las fallas y la cantidad de máquinas que fallaron en el periodo de evaluación teniendo, así mismo se tiene una puntuación general tanto para la detección de fallas y para el tiempo reparación, donde nos arrojó un promedio de 162.7 minutos de paradas no programadas.

## Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

### 1. Planificación

Para la realización del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se tomó en cuenta las fallas relacionadas a las paradas no programadas de las máquinas, por ello se establecieron objetivos que permita reducir el número de paradas no programadas.

### 2. Objetivos

- Reducir las paradas no programadas de las máquinas
- Reducción de las fallas recurrentes

### 3. Ejecución

- **Organigrama:** Es importante contar con una mejor estructura para llegar un correcto mantenimiento sobre el registro y control de las máquinas.

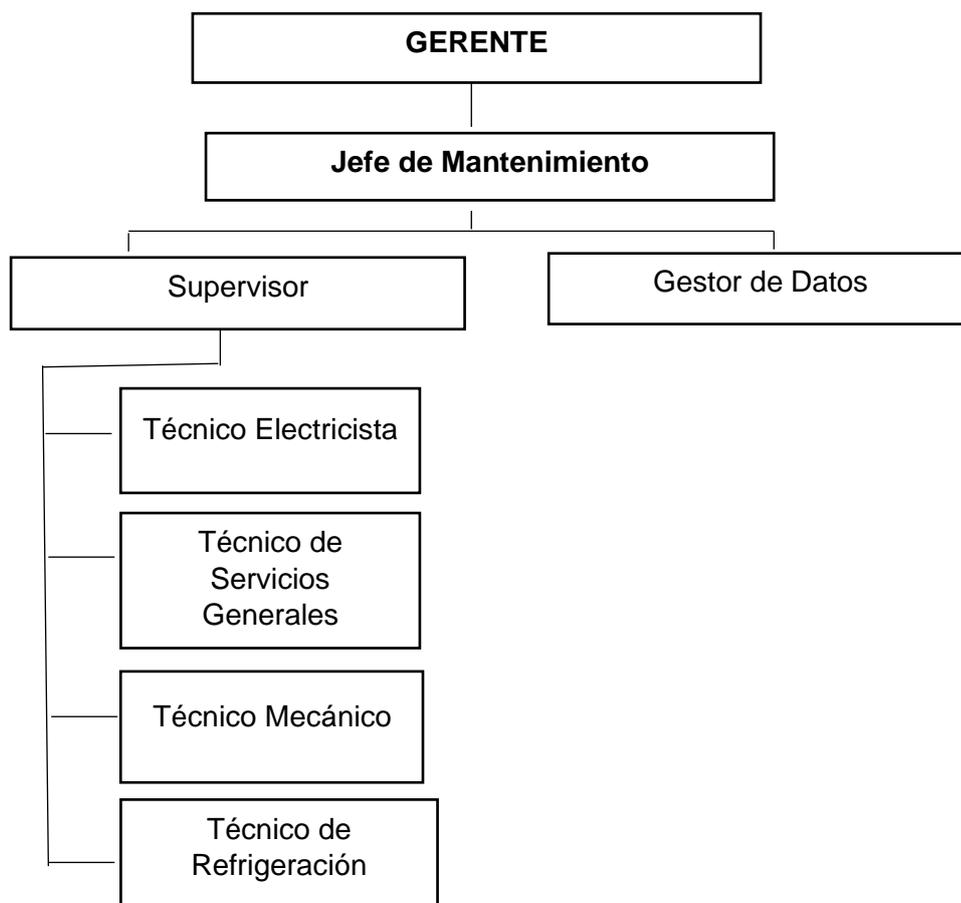


Figura 5: Organigrama propuesto  
Fuente: Elaboración propia

- **Diagrama de flujo:** Es necesario tener un procedimiento adecuado una vez que se presente una parada no programada de las máquinas

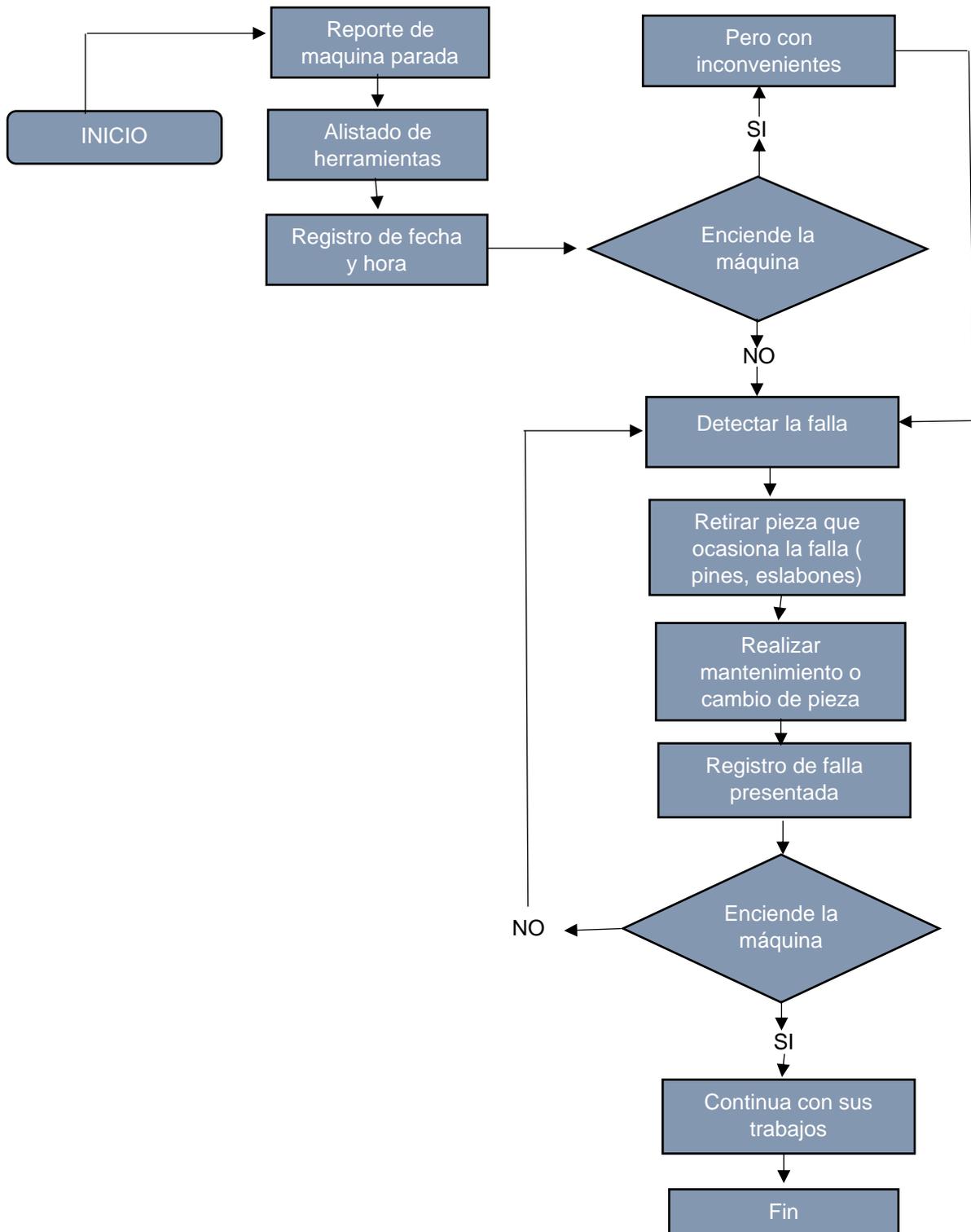


Figura 6: Diagrama de flujo del proceso propuesto  
Fuente: Elaboración propia

## Cronograma de mantenimiento

Tabla 7: Cronograma de mantenimiento

ACTIVIDADES	FRECUENCIA	JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión	Semanal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Motor	Mensual	■				■				■			
Lubricación	Mensual	■				■				■			
Lineamiento	Mensual	■				■				■			
Mandos	Trimestral		■								■		
Sensores	Trimestral		■								■		
Pines	Mensual	■				■				■			
Suspensión	Trimestral		■								■		
Eslabones	Mensual	■				■				■			
Mangueras Hidráulicas	Trimestral		■								■		

*Fuente: Elaboración propia*

El cronograma propuesto se realizará en un periodo de 3 meses que están comprendidos de julio, agosto y setiembre, con una cantidad de 10 actividades a realizarse por mes, por lo que la frecuencia de las actividades se consideró de forma semanal, mensual y trimestral debido a que dichas actividades no requieren un mantenimiento diario.

## Capacitación a los técnicos

Tabla 8: Capacitación a los técnicos

TEMA	ENCARGADO	JULIO				AGOSTO				SETIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
¿Qué es un mantenimiento?	Jefe de Mantenimiento	■				■				■			
Seguridad en el mantenimiento	Jefe de Mantenimiento	■				■				■			
Fichas técnicas de las maquinas	Jefe de Mantenimiento		■				■				■		
Fallas de las maquinas	Jefe de Mantenimiento			■				■				■	
Reportes de fallas	Jefe de Mantenimiento			■				■				■	
Formatos necesarios para el mantenimiento	Jefe de Mantenimiento				■				■				■

Fuente: Elaboración propia

Los temas considerados dentro de la capacitación a los trabajadores fueron 6 temas por mes, los cuales estarán a cargo del jefe de mantenimiento, donde la finalidad fue instruir a todos los técnicos y ampliar sus conocimientos con respecto a los mantenimientos de las máquinas y a las fallas que se presentan y de qué forma actuar ante cualquier imprevisto.

CAPACITACIONES			
PONENTE: Jefe Mantenimiento		FECHA: 15/08/23	
TEMA: Seguridad en el Mantenimiento		HORARIO: 9.00 am	
PARTICIPANTES			
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CARGO	FIRMA
Jhon Miranda Velazquez	73037133	Tecnico	
Barrios Paucar Edilberto	29692723	Mecanico	
Alvarez Cealitoyar Juler	47542000	Electricista	
Bustillos Rivera Yimi	22914473	Mecanico	
Vargas Camillo Josue	45819674	Tecnico	
Reano Morimpa Felipe	70266996	Electricista	
Chongue Sinca Miler	43886395	Electricista	
Salazar Nina Erick	43184353	Tecnico	
Sierra Cordova Frank	74580791	Mecanico	
Chavez Soler Saul	47955705	Tecnico	
Jean Galones Espinoza	47197296	Mecanico	
Cara Taipe Helder	71113653	Tecnico	
Villorante E. Dayror	29662316	Electricista	
Layme Vargas Omar	10369803	Tecnico	
JEFE RESPONSABLE DEL TRABAJO			

Figura 7: Registro de técnicos a capacitación  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 8: Capacitación a técnicos*  
*Fuente: Elaboración propia*

## Programación del mantenimiento post test

Tabla 9: Programación del mantenimiento post test julio – setiembre 2023

		HORAS REALES (min)	N° DE HORAS PLANIFICADAS (min)	PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO
<b>JULIO</b>	SEM 1	288	131	45%
	SEM 2	304	228	75%
	SEM 3	416	271	65%
	SEM 4	245	208	85%
<b>AGOSTO</b>	SEM 5	177	106	60%
	SEM 6	390	345	88%
	SEM 7	247	251	102%
	SEM 8	426	233	55%
<b>SETIEMBRE</b>	SEM 9	421	245	58%
	SEM 10	295	166	56%
	SEM 11	368	247	67%
	SEM 12	274	233	85%
PROMEDIO				70%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la presente tabla, se realizó una evaluación trimestral después de la implementación, donde se analizó las horas reales, las cuales presentaron cierta reducción con respecto a la programación de mantenimiento, obteniendo como promedio final un 70%, significando de hubo una mejora en la programación del mantenimiento.

## Tiempo de detección de falla y tiempo de reparación post test

Tabla 10: Tiempo de detección de falla y tiempo de reparación post test, julio – setiembre 2023

	TIEMPO DE DETECCION DE FALLA (min)	N° DE MAQUINAS FALLADAS	TDF	TIEMPO DE REPARACION (min)	N° DE MAQUINAS	TMR	TIEMPO DE PARADAS NO PROGRAMADAS
SEM 1	300	8	37.5	542	8	67.8	105.3
SEM 2	220	5	44.0	335	5	67.0	111.0
SEM 3	280	11	25.5	514	11	46.7	72.2
SEM 4	150	6	25.0	349	6	58.2	83.2
SEM 5	269	4	67.3	688	4	172.0	239.3
SEM 6	187	8	23.4	499	8	62.4	85.8
SEM 7	223	4	55.8	471	4	117.8	173.5
SEM 8	281	6	46.8	535	6	89.2	136.0
SEM 9	215	10	21.5	397	10	39.7	61.2
SEM 10	164	6	27.3	364	6	60.7	88.0
SEM 11	242	11	22.0	541	11	49.2	71.2
SEM 12	300	8	37.5	433	8	54.1	91.6
<b>PROMEDIO</b>							<b>109.8</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla, se realizó un análisis trimestral después de la implementación donde nos arroja una disminución de los tiempos en que se demoran para detectar las fallas y el tiempo para repararlas, donde nos arrojo un promedio de 109.8 minutos de paradas no programadas.

## Paradas no programadas

Tabla 11: Paradas no programadas post test, julio – setiembre 2023

MAQUINARIA	N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS	%	ACUMULADO
EXC-058	10	25%	25%
EXC-787	6	15%	40%
MTN-425	5	13%	53%
RD-439	4	10%	63%
CRG-478	4	10%	73%
RTE-483	3	8%	80%
RD-123	3	8%	88%
RTE-583	2	5%	93%
TRC-681	2	5%	98%
MTN-243	1	3%	100%
	40		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la presente tabla, se realizó un análisis después de la implementación, donde se tomó en cuenta las 10 máquinas con las que cuenta la empresa y el total de paradas se obtuvo un total de 40 paradas no programadas.

## Comparación de programación de mantenimiento

Tabla 12: comparación pre y post test de la programación del mantenimiento

	PM ANTES	PM DESPUES	VARIABILIDAD
SEM 1	27%	45%	18%
SEM 2	58%	75%	17%
SEM 3	49%	65%	16%
SEM 4	64%	85%	21%
SEM 5	43%	60%	16%
SEM 6	64%	88%	24%
SEM 7	74%	102%	28%
SEM 8	39%	55%	16%
SEM 9	47%	58%	11%
SEM 10	53%	56%	3%
SEM 11	53%	67%	14%
SEM 12	62%	85%	23%
<b>Promedio</b>	<b>53%</b>	<b>70%</b>	<b>17%</b>

Fuente: Elaboración propia

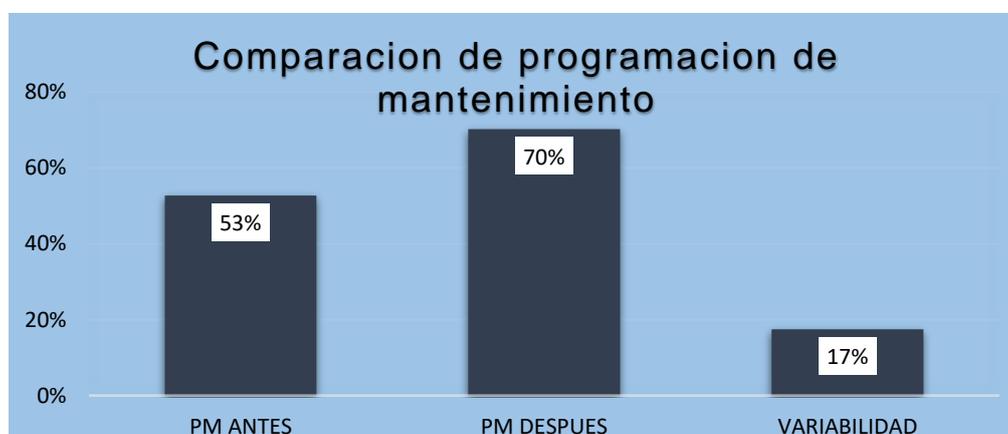


Figura 9: Comparación pre y post test de la programación de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede observar la tabla 9 se evaluó a la diferencia del antes y después de la programación del mantenimiento, donde se visualiza un incremento de 17%, significando que después de la implementación hubo una mejora en la programación del mantenimiento.

## Comparación del tiempo de detección de falla y tiempo de reparación

Tabla 13: Comparación del antes y después de la detección de falla y tiempo de reparación

	TDF+TMR ANTES	TDF+TMR DESPUES	VARIABILIDAD
SEM 1	134.3	105.3	22%
SEM 2	145.8	111.0	24%
SEM 3	140.5	72.2	49%
SEM 4	114.5	83.2	27%
SEM 5	146.3	239.3	-63%
SEM 6	102.0	85.8	16%
SEM 7	229.7	173.5	24%
SEM 8	144.9	136.0	6%
SEM 9	88.5	61.2	31%
SEM 10	143.5	88.0	39%
SEM 11	410.0	71.2	83%
SEM 12	152.0	91.6	40%
<b>PROMEDIO</b>	<b>162.7</b>	<b>109.8</b>	<b>25%</b>

Fuente: Elaboración propia

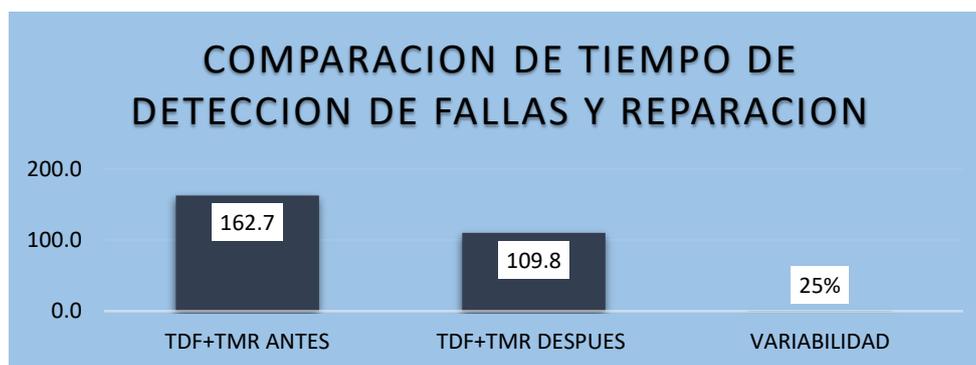


Figura 10: Comparación del antes y después de la detección de falla y tiempo de reparación  
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se visualiza en la tabla 10 se realizó un análisis de la diferencia del antes y después de la detección de falta y el tiempo de reparación donde se obtuvo una reducción de 52.9 minutos por número de máquinas y una variabilidad de 25%, lo que quiere decir que hubo una mejora significativa.

## Comparación de las paradas no programadas

Tabla 14: Comparación pre y post test de las paradas no programadas

MAQUINARIA	N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS ANTES	N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS DESPUES	VARIABILIDAD
EXC-058	15	10	10%
EXC-787	10	6	17%
MTN-425	8	5	20%
RD-439	8	4	25%
CRG-478	6	4	25%
RTE-483	5	3	33%
RD-123	4	3	33%
RTE-583	4	2	50%
TRC-681	3	2	50%
MTN-243	1	1	100%
<b>TOTAL</b>	<b>64</b>	<b>40</b>	<b>36%</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Comparación del antes y después de las horas no programadas

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se observa en la tabla 11 se realizó una comparación del antes y después de las horas no programadas, donde arrojo una diferencia de 24 paradas menos y con una variación de 38% indicando así que a partir de los métodos propuestos y aplicados se logró reducir las paradas.

## **Análisis de confiabilidad**

Los instrumentos utilizados fueron validados por expertos en administración, quienes aprobaron y emitieron una opinión favorable sobre su aplicabilidad. Además, se realizó la prueba alfa de Cronbach para evaluar la confiabilidad de las variables. Los hallazgos mostraron que la confiabilidad de la variable de Mantenimiento centrado en la confiabilidad alcanzó un valor de 0.922, lo cual indica que es adecuada. Por otro lado, la confiabilidad de la variable de Paradas no programadas obtuvo un valor de 0.638, lo que confirma su confiabilidad de manera moderada.

*Tabla 15: Confiabilidad del instrumento de la variable de Mantenimiento centrado en la confiabilidad*

Indicador	Valor	N° de ítems
Alpha-Cronbach	0,922	12
N° de equipos	10	

Nota: Alfa de Cronbach de primera variable de estudio.

*Tabla 16: Confiabilidad del instrumento de la variable de Paradas no programadas*

Indicador	Valor	N° de ítems
Alpha-Cronbach	0,638	12
N° de equipos	10	

Nota: Alfa de Cronbach de segunda variable de estudio.

## PRUEBA DE NORMALIDAD

### Comparación de programación de mantenimiento

Antes de establecer la correlación entre el antes y después sobre la programación de mantenimiento, se llevó a cabo la prueba de normalidad, cuyos resultados se presentan. En esta prueba, se utilizó una muestra de 12 semanas de programaciones aplicando el test de Shapiro-Wilk debido a que  $n < 50$ . Los resultados revelaron que la diferencia del antes y el después tiene un valor de .002. Dado que uno de los p-valores es menor a 0.05, es decir es necesario utilizar una prueba no paramétrica.

Tabla 17: Prueba de normalidad de la comparación de programación del mantenimiento

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PM ANTES – PM DESPUES	.281	12	.010	.726	12	.002
a. Corrección de significación de Lilliefors						

### Prueba de Hipótesis para la comparación de programación de mantenimiento

Tabla 18: Prueba de Wilcoxon de programación de mantenimiento

Estadísticos de prueba	
	PM DESPUES - PM ANTES
Z	-3.059 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.002
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Los tiempos de la programación del mantenimiento son significativamente menores después del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que el valor p menor 0,05 (0,002), rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, el cual es que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de la programación del mantenimiento.

## Comparación del tiempo de detección de falla

Tabla 19: Prueba de normalidad de la comparación del tiempo de detección de falla

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	.446	12	.000	.472	12	.000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Antes de establecer la correlación entre el antes y después sobre el tiempo de detección de falla, se llevó a cabo la prueba de normalidad, cuyos resultados se presentan. En esta prueba, se utilizó una muestra de 12 semanas de detecciones, aplicando el test de Shapiro-Wilk debido a que  $n < 50$ . Los resultados revelaron que la diferencia del antes y después obtuvo una puntuación de .000 en el p-valor, lo que quiere decir que es necesario realizar una prueba no paramétrica.

## Prueba de Hipótesis Wilcoxon

Tabla 20: Prueba de Wilcoxon del tiempo de detección de falla

Estadísticos de prueba	
	TDF - TDF
Z	-2.510 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.012
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Los tiempos de detección de fallas son significativamente menores después del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que el valor p menor 0,05 (0,012), rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, el cual es que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de detección de fallas.

## Comparación del tiempo de reparación

Antes de establecer la correlación entre el antes y después sobre el tiempo de tiempo de reparación, se llevó a cabo la prueba de normalidad, cuyos resultados se presentan. En esta prueba, se utilizó una muestra de 12 semanas de reparaciones, aplicando el test de Shapiro-Wilk debido a que  $n < 50$ . Los resultados revelaron que tiempo de reparación arrojó un p-valor de .012.

Tabla 21: Prueba de normalidad de la comparación del tiempo de reparación

	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,241	12	,052	,808	12	,012

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

## Prueba de Hipótesis de Wilcoxon de tiempo de reparación

Tabla 22: Prueba de Wilcoxon del tiempo de reparación

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	TMR ANTES – TMR DESPUES
Z	-2.118 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.034
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Los tiempos de reparación son significativamente menores después del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que el valor p menor 0,05 (0,034), rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, el cual es que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de reparación.

## Comparación de las paradas no programadas

Antes de establecer la correlación entre el antes y después sobre el tiempo de tiempo de reparación, se llevó a cabo la prueba de normalidad, cuyos resultados se presentan. En esta prueba, se utilizó una muestra de 10 máquinas, aplicando el test de Shapiro-Wilk debido a que  $n < 50$ . Los resultados revelaron que tiempo de reparación arrojó un p-valor de .001. Dado que los p-valores son menores a 0.05, se indica que los datos siguen una distribución no normal. Por lo tanto, se evidenció la necesidad de utilizar una prueba de correlación no paramétrica.

Tabla 23: Prueba de normalidad de la comparación de las paradas no programadas

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIFERENCIA	.371	10	.001	.559	10	.001
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Prueba de Hipótesis de Wilcoxon

Tabla 24: Prueba de Wilcoxon de las paradas no programadas

Estadísticos de prueba	
	N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS DESPUES - N° DE PARADAS NO PROGRAMADAS ANTES
Z	-2.814 <sup>b</sup>
Sig. asin. (bilateral)	.005
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Las paradas no programadas son significativamente menores después del mantenimiento centrado en la confiabilidad, ya que el valor p menor 0,05 (0,005), rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna, el cual es que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce las paradas no programadas.

## V. DISCUSION

Para determinar el mantenimiento centrado en la confiabilidad que reduce las paradas no programadas se realizó una evaluación comprendida entre marzo, abril y mayo, donde dichos datos se colocaron en una ficha de registro, ello fue respaldado por Santos (2022), debido a que considera que es importante realizar un análisis a la data histórica brindada por la empresa ya que el realizo un análisis de 2 meses consecutivos para poder evaluar cuantas paradas no programadas se dio en dicho periodo, por otro lado Páez (2022) no está de acuerdo con el análisis puesto que para él, los datos más factibles se pueden obtener a partir de los cuestionarios aplicados a los trabajadores ya que ellos brindarían datos más exactos de la cantidad de las paradas no programadas. Por otro lado, a partir de la implementación en la presente investigación se obtuvo una reducción de 24 paradas y una variación del 38%, dichos datos fueron aceptados por Santos (2022) quien logró una mejora de 26% en las paradas no programadas, finalmente Querevalú (2022) indica que las paradas si reducen a partir de la implementación de un mantenimiento puesto que ello se encuentra estructurado de una correcta forma donde no se espera que exista alguna falla intempestiva en la máquina, debido a que dicha implementación ya cuenta con tiempos y periodos en los que se deben de realizar mantenimiento, con la intención de evitar perder tiempo con paradas inesperadas y por lo que después de dicha aplicación obtuvo una mejora del 285 y la confiabilidad de sus maquinas mejoró en un 94.92%

Para determinar el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de detección de fallas, se recurrió a un análisis de 12 semanas, empleando la observación directa, la cual fue registrada en una ficha de registro, debido a que la investigación tuvo un diseño pre experimental, por lo que Palomino (2020) no respalda dichos resultados debido a que en su investigación correlación descriptiva consideró importante realizar una propuesta de mejora y mediante una simulación obtuvo que a partir de un mejor control dentro del área de mantenimiento e implementación de capacitación se tuvo una mejora del 90% con respecto a la reducción de tiempos, por otro lado Espinoza (2020) refiere que para realizar un análisis correcto en su investigación se utilizó la matriz

AMEF y se propuso diferentes herramientas que permitieron obtener una mejora del 85%, por otro lado se corrobora el argumento de Espinoza, debido que en la presente investigación también se realizó un análisis mediante la matriz AMEF y se logró una mejora del 33% en la reducción de los tiempos de detección de fallas, por otro lado Páez (2022) rechaza lo antes mencionado puesto que para el fue necesario evaluar y mejorar la eficiencia y la eficacia, porque a través de ello se podrá reducir el tiempo que se demoren los operarios para detectar las fallas que se presenten en las maquinas y por ende mejorar la satisfacción de los clientes, debido a que ello aumentara también las ganancias de la empresa.

Para determinar el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de reparación se realizó una evaluación de 3 meses correspondientes a 12 semanas, donde todo ello se plasmó en una ficha de registro y así analizar todos los tiempos en que se tomaron para reparar las máquinas, ello fue refutado por Inga (2019) debido a que para él no fue necesario la toma de tiempos ya que lo primordial es realizar un análisis de las fallas mediante el diagrama de Ishikawa, por ello su investigación estuvo basada en proteger los activos y así aumentar la disponibilidad de los equipos generando una disminución de los costos, donde logró un 28% de mejora, por tanto, lo mencionado por Inga se respalda ya que mediante el análisis realizado en la presente investigación y a partir de las propuestas como programa de capacitaciones y mantenimiento se logró un 33% como mejora en los tiempos de reparación, finalmente Santos (2022) refiere que para lograr determinar los tiempos de reparación es necesario tener una data aproximadamente mayor a un año ya que ello permitirá analizar la tendencia en relación a tiempos y por lo que dicho autor desarrollo en su estudio un análisis de dos años , permitiéndose así poder realizar una comparación después de su implementación, generando que exista una disposición de un 10% en comparación a los años anteriores y concluyendo que el mantenimiento centrado en la fiabilidad tiene una influencia significativa en las maquinas a largo plazo.

## VI. CONCLUSIONES

- Para determinar que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce las paradas no programadas se realizó un análisis al historial de las 10 máquinas con las que cuenta la empresa, así también se identificó la frecuencia con la que se presentan las fallas asociadas a cada máquina, para luego ser plasmado y analizado mediante la matriz AMEF, donde las propuestas de implementación fueron: organigrama del área de mantenimiento, diagrama de flujo del procedimiento de una parada no programada, cronograma de mantenimiento, capacitación a técnicos, por lo que después de dicha aplicación arrojó un total de 40 paradas no programadas donde inicialmente se tuvo un total de 64 paradas evidenciando una reducción y por ende obteniendo un 38% en la mejora de las paradas que presentan las máquinas.
- Para determinar que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de detección de fallas, se recurrió a una ficha de registro donde se colocó todos los tiempos utilizados por los técnicos, donde se obtuvo que el tiempo promedio de detección fue de 74.8 minutos mientras que después de la implementación se obtuvo como porcentaje de mejora un 33%, lo que quiere decir que a partir de los métodos aplicadas el tiempo para detectar una fallar se logró reducir.
- Para determinar que el mantenimiento centrado en la confiabilidad reduce los tiempos de reparación, se hizo uso de una ficha de registro, donde se plasmaron todos los tiempos analizados, obteniendo que el tiempo promedio de los tiempos de reparación fue de 87.8 minutos, obteniendo así que después de dicha implementación se mejoraron dichos tiempos en un 33%, a partir de las propuestas capacitaciones y mantenimientos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar inspecciones continuas a las maquinarias, para evitar la frecuencia de la presencia de fallas, así mismo contar con formatos actualizados semestralmente permitiendo así contar con información más detallada sobre cada parada no programada.
- Implementar un programa de entrenamiento a los técnicos y todo el personal correspondiente al área de mantenimiento de acuerdo las especificaciones técnicas de la maquina y los requerimientos de la empresa.
- Contar con un stock de insumos, repuestos para que los técnicos puedan realizar correctamente sus labores en lo referente a los mantenimientos de la maquinaria, dichos insumos y repuestos deben ser actualizados cada 6 meses.

## REFERENCIAS

- Aguilar, V. (2021). El mantenimiento centrado en la confiabilidad y su relación con la productividad de la empresa Ladrillos Lark de Puente Piedra, Lima, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76437/Aguilar\\_RVS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/76437/Aguilar_RVS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Afolalu, Sunday, Ikymapayi, Omolayo, Okwilagwe, Osise, Emerete, Moses, Adaramola, Bernard. Evaluation of Effective Maintenance and Reliability Operation: Management – A Review. Web of Conferences [en línea]. 2021 309, 01012 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130>
- Afzali, Peyman, Keynia, Farshid y Rashidinejad, Masoud. A new model for reliability-centered maintenance prioritisation of distribution feeders. Energy [en línea]. 2019, 171, 701–709 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.040>
- Agulnik, Asya, Ferrara, Gia, Puerto-Torres, Maria, Gillipelli, Srinithya R., Elish, Paul, Muniz-Talavera, Hilmarie, Gonzalez-Ruiz, Alejandra, Armenta, Miriam, Barra, Camila, Diaz, Rosdali, Hernandez, Cinthia, Juárez Tobias, Susana. Assessment of Barriers and Enablers to Implementation of a Pediatric Early Warning System in Resource-Limited Settings. JAMA Network Open [en línea]. 2022, 5(3), e221547 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.1547>
- Arellanos, Erick, Guzmán, Wagner y García, Ligia. How to Prioritize the Attributes of Water Ecosystem Service for Water Security Management: Choice Experiments versus Analytic Hierarchy Process. Sustainability [en línea]. 2022, 14(23), 15767 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su142315767>
- Ares, Lucía, Fernández, Sara y Rodeiro, David. Impact of working capital management on profitability for Spanish fish canning companies. Marine Policy [en línea]. 2021, 130, 104583 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104583>

- Bagna, Emanuel, Cotta, Enrico y Denicolai, Stefano. Innovation through Patents and Intangible Assets: Effects on Growth and Profitability of European Companies. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* [en línea]. 2021, 7(4), 220 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/joitmc7040220>
- Becerra, E.; Ramos, M. (2022). El Control de almacén y la Rentabilidad de la Empresa FERROSOL S.A.C., Trujillo 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107692/Becerra\\_JEJ-Ramos\\_MMY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107692/Becerra_JEJ-Ramos_MMY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Borrego, Maura, Douglas, Elliot y Catherine T. Amelink. Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education* [en línea]. 2009, 98(1), 53–66 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01005.x>
- Brock, Barry, y Herkert, Joseph. Engineering ethics. *Cambridge Handbook of Engineering Education Research* [En línea]. 2015, 20, 673-692 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013451.041>
- Campos, O.; Tolentino, G.; Toledo, M.; Tolentino, R. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica* [En línea]. 2019, 23(1), pp. 51-59 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Case, Jennifer M. y Light, Gregory. Emerging Research Methodologies in Engineering Education Research. *Journal of Engineering Education* [en línea]. 2011, 100(1), 186–210 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00008.x>
- Castro, Jose, Castro, Miguel, More, Verónica, Marcos, Juana, Huamán, Elio, Poma, Claudia, Alejos, Rufino. Automatic learning algorithm for troubleshooting in hydraulic machinery. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and*

Computer Science [en línea]. 2022, 29(1), 535 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v29.i1.pp535-544>

Chien, Yi-Hsin y Hung, Mao-Wei. The impact of appointment-based CEO connectedness on firms' performance and profitability. The North American Journal of Economics and Finance [en línea]. 2020, 53, 101183 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101183>

Dai, Jiakun y Xiang, Yue. Will power company be profitable from non-utility-owned distributed generators planning with peer-to-peer strategy? Energy Reports [en línea]. 2022, 8, 147–154 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.05.153>

Daya, Abdulkarim y Lazakis, Iraklis. Developing an advanced reliability analysis framework for marine systems operations and maintenance. Ocean Engineering [en línea]. 2023, 272, 113766 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113766>

Díaz, Miguel, Fernández, Sergio, Campos, Juan, Fernández, Manuel. Multilevel assessment of restaurant profitability: Evidence with European data. Data in Brief [en línea]. 2020, 30, 105426 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105426>

Enjavimadar, MohammadHosein y Rastegar, Mohammad. Optimal reliability-centered maintenance strategy based on the failure modes and effect analysis in power distribution systems. Electric Power Systems Research [en línea]. 2022, 203, 107647 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107647>

Eriksen, Stig, Ingrid Utne, Bouwer y Lützen, Marie. An RCM approach for assessing reliability challenges and maintenance needs of unmanned cargo ships. Reliability Engineering & System Safety [en línea]. 2021, 210, 107550 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107550>

- Espinosa, José U.; De La Paz, Estrella M.; Perez, Raúl A. y Acosta, Idalmis. Contribución Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para El Estudio De Fallos A Equipos Consumidores De Energía Eléctrica. *Cen. Az.* [Online]. 2020, Vol.47, N.1 [Citado 2023-04-22], Pp.22-32. Disponible en: [Http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci\\_Arttext&Pid=S2223-48612020000100022&Lng=Es&Nrm=Iso](http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S2223-48612020000100022&Lng=Es&Nrm=Iso)
- Fan, Lin, Zio, Enrico, Yuejun, Li, Li, Zhang, Shiliang, Peng, Yuxuan, He, Yucheng, Hao, Zhang, Jinjun. Supply reliability-driven joint optimization of maintenance and spare parts inventory in a gas pipeline system. *Gas Science and Engineering* [en línea]. 2023, 204883 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jgsce.2023.204883>
- Fernández, Christian, Rosa, Leslie, Flores, Alberto. Production management model based on Lean Manufacturing and BPM tools to increase profitability in SMEs in the Plastic Sector. *Proceedings International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC* [en línea]. 2022, 61-67 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00018>
- Fernández, Raquel, Pérez, Raisa y Puime, Félix. Small companies facing the mobility policy in Spain: Is it profitable to remain in the market? *Transport Policy* [en línea]. 2022 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.09.021>
- Filatov, Evgeniy. Analysis of profitability of production of enterprises in the field of transportation and storage of the Irkutsk region. *Transportation Research Procedia* [en línea]. 2022, 63, 518–524 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.043>
- Fuentes, Marco; González, David; Cantú, Mario; Praga, Rolando. Fuzzy reliability centered maintenance considering personnel experience and only censored data. *Computers & Industrial Engineering* [en línea]. 2021, 158, 107440 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107440>

- Fu, Jiangtao y Ogura, Yoshiaki. Are Japanese companies less risky and less profitable than US companies? Evidence from a matched sample. *Japan and the World Economy* [en línea]. 2019, 51, 100960 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.japwor.2019.100960>
- Gámiz, María, Limnios, Nikolaos y Segovia, María. Hidden Markov Models in Reliability and Maintenance. *European Journal of Operational Research* [en línea]. 2022 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.05.006>
- Gerdin, Jonas, Johansson, Tobias y Wennblom, Gabriella. The contingent nature of complementarity between results and value-based controls for managing company-level profitability: A situational strength perspective. *Accounting, Organizations and Society* [en línea]. 2019, 79, 101058 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.101058>
- Hamshary, Omar, Abouhamad, Mona y Marzouk, Mohamed. Integrated maintenance planning approach to optimize budget allocation for subway operating systems. *Tunnelling and Underground Space Technology* [en línea]. 2022, 121, 104322 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104322>
- Inga, José. Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm) para los equipos médicos custodiados por la empresa chejampi biomedical sac. Universidad Antonio Ruiz de Montoya. [en línea]. 2022 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccalahua%20Torres%20Justo%20Inga%20Cerr%C3%B3n,%20Jose%20L.%20tesis\\_licenciatura\\_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2144/Choccalahua%20Torres%20Justo%20Inga%20Cerr%C3%B3n,%20Jose%20L.%20tesis_licenciatura_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Keynia, Farshid, Mirhosseini, Mina, Heydari, Azim y Fekih, Afef. A budget allocation and programming-based RCM approach to improve the reliability of power distribution networks. *Energy Reports* [en línea]. 2022, 8, 5591–5602 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.029>

- Lu, Xue, Yan, Hong, Su, Zheng, Zhang, Min, Yang, Xu, Ling, Hai. Metaheuristics for homogeneous and heterogeneous machine utilization planning under reliability-centered maintenance. *Computers & Industrial Engineering* [en línea]. 2021, e106934 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106934>
- Mansikkamäki, Susanna. Firm growth and profitability: The role of age and size in shifts between growth–profitability configurations. *Journal of Business Venturing Insights* [en línea]. 2023, 19, e00372 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2023.e00372>
- Ma, Zhiliang, Ren, Yuan, Xiang, Xinglei, Turk, Ziga. Data-driven decision-making for equipment maintenance. *Automation in Construction* [en línea]. 2020, 112, 103103 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103103>
- Mehryar, Mehdi, Hafezalkotob, Ashkan, Azizi, Amir, Sobhani, Farzad. Dynamic Zoning of the Network Using Cooperative Transmission and Maintenance Planning: A Solution for Sustainability of Water Distribution Networks. *Reliability Engineering & System Safety* [en línea]. 2023, 109260 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109260>
- Moinian, Fatemeh y Ameli, Mohammad. A reliability-based approach for integrated generation and transmission maintenance coordination in restructured power systems. *Electric Power Systems Research* [en línea]. 2022, 206, 107737 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107737>
- Molinos, María, Maziotis, Alexandros, Garrido, Ramón, Arce, Manuel. An investigation of productivity, profitability, and regulation in the chilean water industry using stochastic frontier analysis. *Decision Analytics Journal* [en línea]. 2022, 100117 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100117>
- Myrodiya, Anna, Lars, Hvam, Enrico, Sandrin, Cipriano, Forza, Anders, Haug. Identifying variety-induced complexity cost factors in manufacturing

companies and their impact on product profitability. *Journal of Manufacturing Systems* [en línea]. 2021, 60, 373–391 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.04.017>

Niyas, N., y Kavida, V. Impact of financial brand values on firm profitability and firm value of Indian FMCG companies. *IIMB Management Review* [en línea]. 2023 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2023.01.001>

Nunes, Pedro, Rocha, Eugenio, Santos, José, Antunes, Ricardo. Predictive maintenance on injection molds by generalized fault trees and anomaly detection. *Procedia Computer Science* [en línea]. 2023, 217, 1038–1047 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.302>

Paez, Rafael. Importancia de la ingeniería de confiabilidad operacional para el desarrollo empresarial. *Industrial Data* [en línea]. 2022, 25(1), 137–156 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21224>

Palomino, V.; Tokimori, Wong, Castro, Rangel, Raymundo, Iba, Domínguez, Frank. TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. Universidad UPC, Tesis de licenciatura [en línea]. 2020 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652482>

Querevalú, Leonardo. Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para mejorar rentabilidad en los aires acondicionados en Sodexo Perú S.A.C. Lima, 2020. Universidad César Vallejo, Tesis de Licenciatura [en línea]. 2020 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72643?locale-attribute=es>

Quiroz, Juan, Carrasco, Karin, Azarán, Sandra. Integrated BPM-TPM Maintenance Model to reduce over-time order rate in heavy-duty sector SMEs: A Research in Peru. *ACM International Conference Proceeding*

Series [en línea]. 2022, 34-40 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85132045975&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=maintenance+management+peru&sid=e1052046a4518a51f57ab7b68b5830f6&sot=b&sdt=b&sl=42&s=TITLE-ABS-KEY%28maintenance+management+peru%29&relpos=8&citeCnt=0&searchTerm=>

Rochmatullah, Mahameru, Rahmawati, Rahmawati, Probohudono, Agung, Widarjo, Wahyu. Is quantifying performance excellence really profitable? An empirical study of the deployment of the Baldrige Excellence Measurement Model in Indonesia. *Asia Pacific Management Review* [en línea]. 2022 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.10.006>

Ruiz, E. (2022). Alternativas de Financiamiento y su Incidencia en la Rentabilidad de los Microempresarios del Mercado N°2, Tarapoto 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111367/Ruiz\\_AEO-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111367/Ruiz_AEO-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Santos, John. Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad aplicado en el Área de Chancado de planta concentradora minera Mateas S. A. C. Arequipa. Universidad Continental, tesis de licenciatura [en línea]. 2022 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12271>

Schenkelberg, Kai, Ulrich, Seidenberg y Fazel, Ansari. Analyzing the impact of maintenance on profitability using dynamic bayesian networks. *Procedia CIRP* [en línea]. 2020, 88, 42–47 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.008>

Si, Guojin, Xia, Tangbin, Gebraeel, Nagi, Wang, Dong, Pan, Ershun, Lifeng, Xi. A reliability-and-cost-based framework to optimize maintenance planning and diverse-skilled technician routing for geographically distributed systems. *Reliability, Engineering & System Safety* [en línea]. 2022, 226, e108652

[consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022002873>

Sun, Chuanwang, Zhan, Yanhong y Du, Gang. Can value-added tax incentives of new energy industry increase firm's profitability? Evidence from financial data of China's listed companies. *Energy Economics* [en línea]. 2020, 86, 104654 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104654>

Wan, Qiang, Chen, Ling y Zhu, Mei. A reliability-oriented integration model of production control, adaptive quality control policy and maintenance planning for continuous flow processes. *Computers & Industrial Engineering* [en línea]. 2023, 176, 108985 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.108985>

Wang, Yan, Hu, Linmin, Yang, Li, Li, Jing. Reliability modeling and analysis for linear consecutive-k-out-of-n: F retrial systems with two maintenance activities. *Reliability Engineering & System Safety* [en línea]. 2022, 108665 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108665>

Wohlin, C., Höst, M., Henningsson, K.. Empirical Research Methods in Web and Software Engineering. In: Mendes, E., Mosley, N. Empirical Research Methods in Web and Software Engineering [en línea]. *Web Engineering*. 2006, 409-430. [https://doi.org/10.1007/3-540-28218-1\\_13](https://doi.org/10.1007/3-540-28218-1_13)

Wu, Yan, Yang, Yong, y Mickiewicz, Tomasz. Corruption, the digital sectors, and the profitability of foreign subsidiaries in emerging markets. *Journal of Business Research* [en línea]. 2023, 161, 113848 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113848>

Xu, Jian, Haris, Muhammad, Muhammad, Sulaman, Abban, Olivier, Taghizadeh, Farhad. Energy crisis, firm profitability, and productivity: An emerging economy perspective. *Energy Strategy Reviews* [en línea]. 2022, 41, 100849 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100849>

- Xue, Shuyu, Chang, Qi y Xu, Jingwen. The effect of voluntary and mandatory corporate social responsibility disclosure on firm profitability: Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal* [en línea]. 2022, 101919 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2022.101919>
- Yavuz, Oğuzhan, Dogan, Ersin, Carus, Ergun, Gorgulu, Ahmet. Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry. *Procedia Computer Science* [en línea]. 2019, 158, 227–234 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.046>
- Zakikhani, Kimiya, Nasiri, Fuzhan y Zayed, Tarek. Availability-based reliability-centered maintenance planning for gas transmission pipelines. *International Journal of Pressure Vessels and Piping* [en línea]. 2020, 183, 104105 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104105>
- Zappalá, Donatella, Tavner, Peter. Wind Turbine Reliability - Maintenance Strategies. *Comprehensive Renewable Energy* [en línea]. 2022, 2, 353-370 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00154-0>
- Zhao, Jingyi, Gao, Chunhai y Tang, Tao. A Review of Sustainable Maintenance Strategies for Single Component and Multicomponent Equipment. *Sustainability* [en línea]. 2022, 14(5), 2992 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14052992>
- Zhao, Tengyu, Pei, Ruimin y Pan, Jiaofeng. The evolution and determinants of Chinese property insurance companies' profitability: A DEA-based perspective. *Journal of Management Science and Engineering* [en línea]. 2021, 6(4), 449–466 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.09.005>
- Zhou, Di, Qiu, Yuan y Wang, Mingzhe. Does environmental regulation promote enterprise profitability? Evidence from the implementation of China's newly revised Environmental Protection Law. *Economic Modelling* [en línea]. 2021,

102, 105585 [consultado el 22 de abril de 2023]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105585>

## ANEXOS

### Anexo 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable 1: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.	Para fuentes, Fuentes et al (2021) es una metodología altamente efectiva y útil para realizar los planes de las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo, teniendo como objetivo principal que el equipo sea capaz de operar según se requiera, fabricando los componentes deseados.	se medirá mediante la matriz AMEF, donde se identificará los riesgos más graves.	Análisis de criticidad  Programación del mantenimiento	$= \frac{t. \text{ de maquinas criticas}}{\text{maquinas con plan de contingencia}}$ $= \frac{n^{\circ} \text{ de horas planificadas}}{n^{\circ} \text{ de horas reales de mantenimiento}}$	Razón
Variable 2: Paradas no programadas.	Para Myrodiya et al (2021) son eventos imprevistos que interrumpen el funcionamiento normal de una máquina, equipo o proceso. Estas paradas pueden tener diversos efectos, desde una pérdida de producción hasta daños en los equipos o incluso lesiones en los trabajadores.	Es una secuencia mediante la cual se evaluará que se cumplan los objetivos planteados sin presentar una parada de la maquinaria.	Tiempo de detección de fallas  Tiempo de reparación	$= \frac{\text{tiempo total de deteccion de fallas}}{n^{\circ} \text{ de maquinas falladas}}$ $= \frac{\text{tiempo total de reparacion de maquina}}{n^{\circ} \text{ de maquinas}}$	Razón

**Anexo 1:**

**Formato de la Programación del mantenimiento**

		<b>HORAS REALES (min)</b>	<b>N° DE HORAS PLANIFICADAS (min)</b>	<b>PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO</b>
<b>MARZO</b>	SEM 1			
	SEM 2			
	SEM 3			
	SEM 4			
<b>ABRIL</b>	SEM 5			
	SEM 6			
	SEM 7			
	SEM 8			
<b>MAYO</b>	SEM 9			
	SEM 10			
	SEM 11			
	SEM 12			

**Anexo 2:**

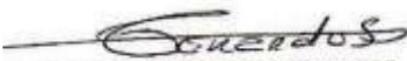
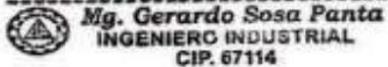
**Formato de los tiempos de detección de fallas y tiempos de reparación**

		<b>TIEMPO DETECCION DE FALLA (min)</b>	<b>N° DE MAQUINAS FALLADAS</b>	<b>TDF</b>	<b>TIEMPO DE REPARACION (min)</b>	<b>N° DE MAQUINAS</b>	<b>TMR</b>	<b>TIEMPO DE PARADAS NO PROGRAMADAS</b>
<b>MARZO</b>	SEM 1							
	SEM 2							
	SEM 3							
	SEM 4							
<b>ABRIL</b>	SEM 5							
	SEM 6							
	SEM 7							
	SEM 8							
<b>MAYO</b>	SEM 9							
	SEM 10							
	SEM 11							
	SEM 12							

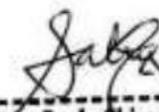
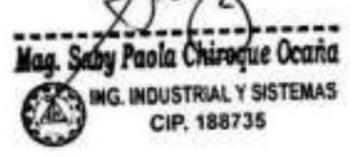


#### Anexo 4: Ficha de validación de contenido de instrumento

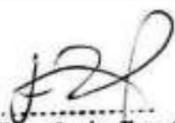
##### FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formato programación del mantenimiento</li><li>• Formato de tiempo de detección de fallas y tiempo de reparación</li><li>• Formato de Capacitaciones</li></ul>
Objetivo del instrumento	Evaluar las paradas no programadas de la empresa
Nombres y apellidos del experto	Gerardo Sosa Panta
Documento de identidad	03591940
Años de experiencia en el área	15
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	961245879
Firma	 
Fecha	20 /04 / 2023

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formato programación del mantenimiento</li><li>• Formato de tiempo de detección de fallas y tiempo de reparación</li><li>• Formato de Capacitaciones</li></ul>
Objetivo del instrumento	Evaluar las paradas no programadas de la empresa
Nombres y apellidos del experto	Saby Paola Chiroque Ocaña
Documento de identidad	44145003
Años de experiencia en el área	10
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	926481723
Firma	 
Fecha	20 /04 / 2023

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formato programación del mantenimiento</li><li>• Formato de tiempo de detección de fallas y tiempo de reparación</li><li>• Formato de Capacitaciones</li></ul>
Objetivo del instrumento	Evaluar las paradas no programadas de la empresa
Nombres y apellidos del experto	Nestor Javier Zapata Palacios
Documento de identidad	02667267
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Doctor
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad César Vallejo
Cargo	Docente
Número telefónico	948756414
Firma	 <b>Dr. Néstor Javier Zapata Palacios</b> INGENIERO INDUSTRIAL CIP: 35038 2da. ESPECIALIDAD EN AGROINDUSTRIAS MSc INGENIERIA AMBIENTAL
Fecha	20 /04 / 2023