



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de
equipos de soldadura del taller metalmecánica en la empresa
Picofam SAC., Lima 2023**

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

AUTOR:

Chambilla Chambi, Sebastian (orcid.org/0000-0001-9868-5412)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios todopoderoso, a mi padre y a mi madre que están en el cielo que me iluminan para seguir adelante con mis proyectos; también dedico a mi familia que estuvieron motivándome para nunca rendirme en los estudios, y poder llegar a la meta de consolidar mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a la Universidad Cesar Vallejo por abrirme las puertas para formarme profesionalmente y al Dr. Héctor Antonio Gil Sandoval por su enseñanza para realizar la tesis. Además, agradecer a Dios quien me ha guiado en mi trayectoria profesional y a mi familia agradezco por su comprensión y apoyo a lo largo de mis estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN...	1
II.MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.1.1 Tipo de investigación	11
3.1.2 Diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.5 Procedimientos	17
3.4. Método de análisis de datos.....	55
3.5. Aspectos éticos.....	55
IV. RESULTADOS	56
V. DISCUSIÓN.....	66
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de fallas Pre Test.....	22
Tabla 2. Inspección de máquinas pre test.....	23
Tabla 3. Programación del mantenimiento pre test	23
Tabla 4. Control del mantenimiento pre test.....	24
Tabla 5. Dimensiones y cálculo de la variable Mantenimiento Preventivo	24
Tabla 6. Cálculo de la confiabilidad a partir del MTBF Pre Test	26
Tabla 7. Cálculo de la mantenibilidad a partir del MTTR Pre Test.....	27
Tabla 8. Variable disponibilidad y sus dimensiones	28
Tabla 9. Inventario de máquinas y equipos antes de la mejora	29
Tabla 10. Identificación de fallas Post Test	42
Tabla 11. Inspección de máquinas Post Test.....	43
Tabla 12. Programación del mantenimiento Post Test	43
Tabla 13. Control del mantenimiento Post Test.....	44
Tabla 14. Dimensiones y cálculo de la variable Mantenimiento Preventivo	44
Tabla 15. Cálculo de la confiabilidad a partir del MTBF Pre Test	46
Tabla 16. Cálculo de la mantenibilidad a partir del MTTR Post Test	47
Tabla 17. Variable disponibilidad y sus dimensiones	48
Tabla 18. Inversión en el inicio e implementación de la tesis	51
Tabla 19. Obtención del beneficio por el incremento de la disponibilidad.....	52
. Tabla 20. Costos directos e indirectos.....	53
Tabla 21. Flujo de caja para doce meses.....	54
Tabla 22 .Análisis descriptivo de la confiabilidad.....	56
Tabla 23. Análisis descriptivo de la mantenibilidad	57
Tabla 24. Análisis descriptivo de la disponibilidad.....	58
Tabla 25. Prueba de normalidad de diferencia de confiabilidad	59
Tabla 26. Prueba de normalidad de diferencia de mantenibilidad	60
Tabla 27. Prueba de normalidad de diferencia de la disponibilidad.....	60
Tabla 28. Prueba signos de Wilcoxon de la confiabilidad.....	61
Tabla 29. Estadísticos de la diferencia Post Test y Pre Test de la confiabilidad...	62
Tabla 30. Prueba T de student de parejas relacionadas de la mantenibilidad	63
Tabla 31. Estadístico d de Cohen para la mantenibilidad	63

Tabla 32. Prueba T de Student de parejas relacionadas de la disponibilidad	64
Tabla 33. Estadístico d de Cohen para la disponibilidad	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento para el estudio	18
Figura 2. Trabajos de la empresa PICOFAM SAC	19
Figura 3. Organigrama	20
Figura 4. Ubicación geográfica.....	21
Figura 5. Mantenimiento de la máquina de soldar Solandina R-330.....	21
Figura 6. Dimensiones de la variable independiente Mantenimiento Preventivo ..	25
Figura 7. Promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo	25
Figura 8. MTBF y confiabilidad Pre test.....	26
Figura 9. MTTR y mantenibilidad Pre test	27
Figura 10. Promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad	28
Figura 12. Dimensiones de la variable independiente Mantenimiento Preventivo	45
Figura 13. Promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo post test.....	45
Figura 14. MTBF y confiabilidad Pre test.....	46
Figura 15. MTTR y mantenibilidad Pre Test.....	47
Figura 16. Promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad	48
Figura 17. Variable independiente, mantenimiento preventivo y sus dimensiones en el estudio pre test y post test.....	49
Figura 18. Variable dependiente disponibilidad con sus dimensiones confiabilidad y mantenibilidad.....	50

RESUMEN

La investigación tuvo por objetivo evaluar la aplicación del mantenimiento preventivo en la mejora de la disponibilidad de equipos de soldadura en el taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, el enfoque de la investigación fue cuantitativo de tipo básico de diseño experimental de tipo pre experimental, la muestra estuvo conformada por trece semanas de toda de datos en cuatro equipos de soldadura las cuales se observaron a través del instrumento check list. Se obtuvo por resultados respecto a la hipótesis general, el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023. Se identificó la confiabilidad inicial equivalente a 78.65 % y mantenibilidad inicial de 77.35 %, evidenciando una disponibilidad inicial del 86.07 %. A partir de la aplicación del mantenimiento preventivo se logró una confiabilidad final de 97.28 % y mantenibilidad equivalente a 98.07 % y una disponibilidad final de 99.31 %. Concluyendo que el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the application of preventive maintenance in the improvement of the availability of welding equipment in the metal-mechanic workshop of Picofam SAC, Lima 2023, the research approach was quantitative of basic type of experimental design of pre-experimental type, the sample consisted of thirteen weeks of all data in four welding equipment which were observed through the check list instrument. The results were obtained with respect to the general hypothesis, preventive maintenance improves the availability of the welding equipment of the metal-mechanic workshop in the company Picofam SAC, Lima 2023. The initial reliability equivalent to 78.65 % and initial maintainability of 77.35 % were identified, showing an initial availability of 86.07 %. After the application of preventive maintenance, a final reliability of 97.28 % and maintainability equivalent to 98.07 % and a final availability of 99.31 % were achieved. Concluding that preventive maintenance improves the availability of the welding equipment of the metal-mechanic workshop in the company Picofam SAC, Lima 2023.

Keywords: Preventive maintenance, availability, maintainability, reliability.

I. INTRODUCCIÓN

En un contexto mundial, en las operaciones de fabricación, varios factores, defectos de material, fatiga, sobrecarga, vibración, etcétera; pueden provocar la degradación y el fallo de los equipos mecánicos, aunque estén diseñados y fabricados para ser muy robustos y duraderos. Estos fallos inesperados pueden interrumpir la programación de la producción, reducir la condición de lo producido y provocar costosos tiempos por la inactividad (LI *et al.*, 2022). Por otro lado, el mantenimiento contribuye significativamente al costo total de producción, el cual varía del 15 % al 70 % dependiendo de la industria. Sin embargo, las estrategias de mantenimiento correctivo y preventivo tienen deficiencias significativas, a causa de eventos laboriosos e inevitables, tiempos de inactividad no planificados (mantenimiento correctivo) o altos costos debido al reemplazo frecuente de componentes que están dentro de su vida útil (mantenimiento preventivo) (VAN *et al.*, 2022). En este contexto se enfoca al mantenimiento de la maquinaria industrial, que asegura la ventaja de la continuidad de la operación y disponibilidad. Predice su ciclo de vida, su estado de salud, el mantenimiento incorpora datos físicos en tiempo real, para llevar a cabo el análisis de sus principales dimensiones como la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (CHEN *et al.*, 2021), en busca de cumplir el objetivo del funcionamiento óptimo de los equipos, la programación del mantenimiento, control de costos, mejora de la disponibilidad y rendimiento en la empresa (CHEN *et al.*, 2021).

A nivel nacional, la globalización aceleró el desarrollo del sector de procesamiento de metales debido a una mayor demanda de exportaciones de productos de procesamiento de metales de parte de las empresas que prefieren aumentar la disponibilidad para lograr un lugar aceptable en la industria y ser prominentemente competitivo. La importancia de un programa de mantenimiento preventivo quedó demostrada en un estudio elaborado en la ciudad de Lima, donde se observó que 47 equipos incrementaron la disponibilidad entre un 23 % y un 63 %, así mismo incrementó la eficiencia en un 19 %, mejoró la eficiencia en un 12 %, lo que se tradujo en menos fallas del equipo debido a averías o tiempo de inactividad, y mejoró la capacidad del equipo para trabajar logrando el máximo éxito en el

desempeño de la agencia (PERALTA, 2019). En la misma línea, otro estudio realizado en Trujillo, demostró que las equivocaciones se pueden reducir hasta un 30 % implementando un proyecto de mantenimiento precautorio en su empresa y el tiempo total de reparación se reduce en 100 horas de las máquinas críticas, incrementando su disponibilidad de operación, representando una mejora del 4 %; además, los costos por mantenimiento se redujeron en promedio en 45 %, evidenciando que un buen mantenimiento preventivo puede prolongar la vida útil de su maquinaria, lo que a su vez aumenta la disponibilidad (DIESTRA, 2017).

En el contexto local, la empresa PicoFam SAC, dedicada al rubro de fabricación de estructuras metálicas y mantenimiento electromecánico, ubicada en Santa Anita, Lima, en el desarrollo de sus actividades viene evidenciando la falta del programa de mantenimiento preventivo, la misma que viene generando altos costos en mantenimiento preventivo donde aparte se requiere la calificación de soldadores y capacitaciones. La falta de métricas de disponibilidad de dispositivos es preocupante porque no se pueden realizar demostraciones de equipos y cerrar las ventas, participando en diversos proyectos; además de no tener datos de confiabilidad de los aparatos que se utilizan con ello realizar nuevos procedimientos, debido a la falta de procedimientos operativos, conocimiento del operador, mantenimiento de equipos y logística.

Esta problemática al no ser intervenida oportunamente seguirá generando costos innecesarios a la empresa al requerir accesorios y repuestos de manera permanente. Por otro lado, al estar paralizados los equipos se reduce la disponibilidad de estos y baja la producción como consecuencia originará una pérdida desmesurada en los ingresos de la empresa.

De esta manera se formuló la pregunta general: ¿Cuál es la consecuencia que obtendrá el empleo del mantenimiento preventivo en el incremento de la disponibilidad de equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023?, de la misma forma se plantean los problemas específicos: (1) ¿Cuál es la consecuencia que tendrá el empleo del mantenimiento preventivo en la mejora de la confiabilidad de equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023? y (2) ¿Cuál es la

consecuencia que tendrá el empleo del mantenimiento preventivo en la mejora de la mantenibilidad de equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023?.

La investigación se justifica por conveniencia en el aspecto tecnológico se aumentará los tiempos de durabilidad de los equipos, disminuyendo las paradas improductivas. En el aspecto social podrá concretar la estabilidad del trabajador, satisfacción de su trabajo de manera continua para lograr sus objetivos, justificación de implicaciones prácticas y de desarrollo se podrá disminuir los gastos de mantenimiento correctivo no programados y la justificación metodológica es que van a explicar los instrumentos que se requieren en el proceso de mantenimiento.

El objetivo general fue: Evaluar la consecuencia del mantenimiento preventivo en la mejora de la disponibilidad de equipos de soldadura en el taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023. Siendo los objetivos específicos: (1) Evaluar la consecuencia del mantenimiento preventivo en la mejora de la confiabilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023 y (2) Evaluar la consecuencia del mantenimiento preventivo en la mejora de la mantenibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023.

La hipótesis general fue: El mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023. Asimismo, también se presentan las hipótesis específicas: (1) El mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023 y (2) El mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Se consideraron trabajos previos en el ámbito internacional, señalando la investigación realizada por WANNAWISET & TANGJITSITCHARO (2019) quienes en su estudio desarrollado en el sector industrial tailandés, implementaron dispositivos de observación de modos y consecuencias para reducir y prevenir fallas importantes en los equipos de una gran máquina de papel comercial con una capacidad anual de 200000 toneladas ubicada en la región noreste de Tailandia, el tipo de estudio fue aplicado, de enfoque cuantitativo, su población y muestra estuvo conformada por dos equipos (rodillo de calandra suave y rodillo de cilindro seco), emplearon como técnica la observación a través del check list, logrando que el tiempo de inactividad de las máquinas en el departamento de mantenimiento disminuya significativamente en un aproximado de 300 minutos por mes, y la reserva de los equipos, la eficacia general del equipo y el tiempo medio entre fallas mejoraron en un 0.46 %, 0.51 % y 10 horas, respectivamente. Concluyendo que, logró mejorar el mantenimiento preventivo en las maquinarias y la misma puede ser implementado de forma más rápida y puede permitir mejores inspecciones de máquinas.

En la misma línea, FAYZIMATOV *et al.* (2018) en la industria automotriz de China, analizaron las características operativas de la confiabilidad y mantenibilidad de la maquinaria para soldar en la industria automotriz. El estudio resultó de tipo aplicado, donde se consideraron como población y muestra a tres máquinas a las cuales aplicó como técnica el almacenamiento de datos la observación a través del instrumento check list, luego de aproximadamente 80 horas y 40 horas, la confiabilidad de los subsistemas eléctrico y neumático aumenta en un 50 %, respectivamente. Concluyeron que el análisis de confiabilidad y mantenibilidad puede mejorar la precisión de los intervalos de cuidado preventivo y evaluar la validez de cada componente de la máquina RSW.

Por otro lado, TRAINI *et al.* (2020) en Italia, propusieron un programa de mantenimiento precautorio a efectos de optimizar la reserva de los dispositivos, comprender el desgaste y predecir su vida útil; el estudio fue de caso, empleando como técnica análisis de contenido a través de la guía de análisis de contenido.

Concluyeron que, inicialmente se tenía un problema de fusión de información de múltiples señales de sensores y la predicción del estado de las herramientas presentaba un gran desafío 85.9 % de disponibilidad, con la mejora se logró 99.8 % de disponibilidad, con el plan de mantenimiento se ahorró \$ 7767.98 y el TIR arrojó el valor de 35.15 %. El mantenimiento en maquinarias podría otorgar ahorro económico y mejora en la disponibilidad, mejorando la disponibilidad de los equipos.

Además, ABBASSI *et al.* (2022) en el sector de ingeniería de Australia, adoptaron programas y procedimientos prácticos óptimos en la planeación del mantenimiento preventivo de dispositivos de ingeniería. El estudio resultó cuantitativo retrospectivo donde consideraron como población y muestra estudios relacionados sobre programas y procedimientos prácticos de planificación de mantenimiento, a las mismas aplicaron como técnica el análisis de documento mediante el manual de estudio de documentos para la planificación de operación y mantenimiento. Obteniendo por efectos que, la planificación operativa y el mantenimiento preventivo de los activos de ingeniería han sufrido modificaciones con el pasar del tiempo. No obstante, al revisar los enfoques de planificación de mantenimiento basados en riesgos existentes para los activos de ingeniería. Concluyendo que aún se necesitan más intentos para aumentar la conciencia de planificación operativa, mejorar la seguridad y el rendimiento del sistema y reducir las brechas críticas.

En adición, KUMER (2019) en el ámbito industrial de Bangladesh, India, analizaron la implementación de sistemas de mantenimiento precautorio para aumentar el nivel de competencia y satisfacer la demanda de productos de calidad a costos bajos para empresas de confección en Dhaka. El estudio resultó cuantitativo, consideró como población y muestra a 448 máquinas de coser, empleó como método de recopilación de la información, el instrumento guía de observación. Obtuvo por resultados, el mantenimiento preventivo se tiene un tiempo de inactividad de 39458 minutos a comparación del mantenimiento tradicional con 77532 minutos, teniendo una producción de 535808 unidades a comparación del mantenimiento tradicional con 448448 unidades. Concluyendo que, el costo se reduce en 50 % a comparación del mantenimiento tradicional, lo cual representa

una mejora conjunta del 20 % por la mayor disponibilidad de los equipos, el índice de rendimiento de cada uno y el índice de calidad.

Entre los antecedentes nacionales, se tuvo a MEJÍA & IBARAN (2021) en la ciudad de Trujillo, se propusieron aumentar la disponibilidad de las maquinarias en una industria, el método fue, descriptivo aplicativo, consideraron como población y muestra siete máquinas, emplearon como técnica observación a través del instrumento guía de observación. Obtuvieron por resultados que incrementó la disponibilidad de 93.83 %, la confiabilidad de 98.13 %, la conclusión fue confiable y factible ya que alcanzó un retorno de inversión de 4 años a 5 meses logrando eficiencia para la empresa. Concluyendo que las variables estudiadas mostraron ser confiables para su aplicación y desarrollo ya que se pudo comprobar ganancias.

ALBA y CHINCHAY (2019) en Huaraz, se propusieron determinar de qué modo el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de equipos, desarrollando su estudio bajo el sentido cuantitativo de tipo aplicado, su población y muestra estuvo dada por veinte equipos, emplearon por técnica de acopio de información observación y como instrumento ficha de observación; descubrieron que, sin un programa de mantenimiento precautorio propio, lograron determinar una disponibilidad inicial del equipo del 86 % y después de implementar el mantenimiento precautorio, se obtuvo recursos disponibles en los equipos del 94 %. Concluyeron que un programa de mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad de las maquinarias

GUTIÉRREZ & LLANOS (2022), diseñó un método de dirección en mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad en las maquinarias, y el método que desarrollan el trabajo es un diseño experimental cuantitativo del tipo de aplicación. Utilizaron la observación como técnica de toma de datos y las fichas de observación como herramienta. Los autores concluyeron que llevar a cabo el diseño de gestión de mantenimiento precautorio, mejoró los indicadores en mantenimiento y permitió mejorar las tareas preventivas. Además, Mujica y Sarmiento (2020) se plantearon generar un programa de mantenimiento precautorio para incrementar la disposición de equipos en Agromar S.A.C., en Chimbote. Realizaron estudios basados en la gestión del mantenimiento de acuerdo a las actividades de trabajo realizadas para

acrecentar la disponibilidad de los activos de manera eficiente. La naturaleza del estudio presentó diseño explicativo, descriptivo; como muestra consideró a la totalidad de máquinas de la empresa. Obteniendo, al diagnosticar la actual situación, se encontró que la falta de capacitación y el mantenimiento insuficiente traían como consecuencia una baja disponibilidad de las grúas de la empresa. Por ello, también evaluó la rentabilidad de la propuesta, buscando incrementar la disponibilidad de equipos de Agromar S.A.C., en ese sentido, la propuesta es rentable, ya que el VAN es S/ 210077.85 y el TIR es 46 %, con un costo-beneficio de S/ 1.776.

LUJÁN (2020), el propósito es señalar cómo se puede implementar un mantenimiento enfocado en la fiabilidad o confiabilidad para incrementar la disposición de las soldadoras de Welders Peru SAC. La investigación es cuantitativa y aplicada. Finalmente, el enfoque de mantenimiento ha incrementado la disposición de maquinaria de soldadura, en 2018 pasó de 84.4 % a 94.1 %, en 2019 el tiempo de mantenimiento de máquinas disminuyó de 790 horas en 2018 a 343 horas en 2019, una reducción de 43.4 %, y el número de averías de 84 veces en 2018 a 57 veces en 2019, una disminución del 67.9 %, los costes por mantenimiento disminuyeron el cual estuvo representado por el 54.5 %.

Enfoques conceptuales de la variable mantenimiento preventivo, viene a ser un grupo de actividades diseñadas para abordar la fuente en posibles fallas de actividad. Se puede planear y programar basado en el uso, el tiempo o el estado del equipo (DUFFUAA *et al.*, 2000). Uno de los beneficios del mantenimiento preventivo es la capacidad de maximizar el tiempo entre las tareas de mantenimiento, minimizando la ocurrencia de tiempo de inacción no proyectado del equipo para reducir el costo de restauración (LEONG *et al.*, 2020).

El mantenimiento es la atención en el cuidado regular en los dispositivos físicos, a fin de mermar las posibilidades de falla del equipo y el tiempo de actividad no planificado de la máquina, lo que puede ser muy costoso para los gerentes de equipos, mantenimiento e instalaciones (FIIX, 2022). Las dimensiones del mantenimiento preventivo son:

Identificación de fallas, según GÓMEZ & ORTIZ (2022) la identificación de fallas y resolución de problemas antes de que ocurran pueden ahorrar aproximadamente un 40 % en costos de mantenimiento. No hace falta decir que el mantenimiento preventivo es imprescindible, ya que la prevención de fallas minimiza la inactividad de la línea productiva debido a la acción inmediata y aumenta la eficiencia comercial, lo que incrementa la disponibilidad y reduce el error humano.

Asimismo, la identificación y el análisis de fallas implica investigar las posibles causas de cómo y por qué falla un elemento mecánico o un componente estructural (JARAMILLO *et al.*, 2008).

Inspección de máquinas, es fundamental para optimizar la eficiencia y mejorar los resultados. Las inspecciones mecánicas pueden ser cualquier cosa, desde simples inspecciones de listas de verificación hasta listas de verificación de cumplimiento, pruebas e inspecciones personalizadas únicas basadas en requisitos de ingeniería técnica (ARANGO *et al.*, 2020).

Programación del mantenimiento, ayuda a los equipos de mantenimiento a mejorar su planificación y eficiencia al tiempo que reduce las averías no planificadas y la pérdida de producción. La transición al mantenimiento preventivo se puede hacer gradualmente, comenzando con los activos más críticos (ARANGO *et al.*, 2020).

La planificación del mantenimiento es el proceso de verificar periódicamente los equipos, los planes a efectuar, las acciones planeadas, las capacitaciones en mantenimiento, la data generada por medición, lugar de costeo, los códigos de materiales y algún otro dato que el consumidor considere necesario para tomar medidas preventivas sobre los equipos (ARANGO *et al.*, 2020).

La programación de actividades hace posible generar asignaciones de tareas y secuencias operativas para que los bienes se puedan utilizar eficientemente y las actividades se puedan completar dentro del tiempo requerido (ARANGO *et al.*, 2020).

Control del mantenimiento, todo lo que está planeado debe cumplirse, y eso se hace en la etapa de control que es fundamental para mantener la organización en

marcha y mantener los proyectos en marcha. Independientemente del campo, el control es fundamental para identificar posibles cambios en los objetivos y tomar las decisiones correctas. En este paso, varios indicadores son implementados y analizados para verificar que las estrategias trazadas por PCM - Planificación y Control de Mantenimiento sean correctas (RODRIGUEZ, 2021).

El control de mantenimiento trabaja con procesos para realizar la planificación y el control del mantenimiento. En resumen, proporciona una ejecución de mantenimiento de principio a fin con una gestión estratégica de todos los procesos y recursos. En última instancia, el objetivo siempre es mejorar las operaciones y garantizar el funcionamiento impecable de los activos (VELÁSQUEZ & CUSTODIO, 2011). Las mediciones pueden ayudarlo a comprender mejor cada paso en la planificación o realización de cualquier actividad, cómo funciona y cómo debe usarla.

En la misma se desarrollaron los enfoques conceptuales de la variable disponibilidad de equipos, viene a ser el tiempo en que un equipo está disponible para solicitudes de trabajo o está en funcionamiento. Una mala planificación puede generar caos en el mantenimiento y reducir la disponibilidad de las herramientas de trabajo. Por lo tanto, la disponibilidad es una métrica que siempre debe ser monitoreada y mejorada (MESA, ORTIZ y PINZON, 2006).

Suele ser uno de los elementos de un acuerdo de nivel de servicio. Se refiere al porcentaje de tiempo que la máquina está funcionando. En la fabricación, es uno de los tres factores principales para calcular la eficiencia general del equipo y es la base para mejorar la disponibilidad de la máquina (GALVÁN, 2022).

En la misma línea se indicaron los enfoques conceptuales de la dimensión confiabilidad, que es definido como un conjunto de técnicas aplicadas a través de una actitud anticipatoria hacia la falta de confiabilidad (inestabilidad) y una apreciación por la eliminación proactiva de problemas (INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHARMACEUTICAL ENGINEERING, 2020). La confiabilidad del equipo es una medida esperada del tiempo de actividad del equipo. La confiabilidad del equipo se mide por el tiempo que el equipo funciona sin fallas (AMY, 2021). El

término confiabilidad es definido como la posibilidad con la que un dispositivo pueda fallar en un momento dado y bajo condiciones dadas. Explicado de otra manera, es que tan probable una máquina continúe realizando su trabajo previsto en un lapso específico (LIMBLECMMS, 2022).

Además, el enfoque conceptual de la dimensión mantenibilidad está en relación a la viabilidad con la que se ejecuta una actividad de mantenimiento en un activo o equipo. Su propósito es medir la probabilidad de que un dispositivo en estado defectuoso pueda volver a funcionar normalmente después del mantenimiento (UPKEEP TECHNOLOGIES, INC., 2022). La mantenibilidad es la capacidad de un activo para ser mantenido o restaurado a un estado en el que pueda realizar la función deseada (SOURGET, 2022). La mantenibilidad se define como la relativa facilidad de tiempo y recursos con la que se puede realizar el mantenimiento en cualquier pieza del equipo (CHRISTIANSEN, 2022).

Enfoques conceptuales de la variable disponibilidad de equipos, es definida como el nivel en que un sistema o sus componentes realizan las tareas de manera óptima en un momento desconocido. Esto significa que un equipo debe estar disponible mientras se espera la operación. La medida en que puede realizar sus tareas, con instrucciones de disponibilidad, si es necesario (BICEN, 2019). El término de disponibilidad de una planta, máquina o equipo se refiere a una comparación del desempeño objetivo. Representan el porcentaje de tiempo que una planta o máquina está realmente produciendo en comparación con el tiempo de producción planificado. La disponibilidad de la máquina es un término similar para las máquinas (GEFASOTF, 2022).

En la misma se describieron los enfoques conceptuales de la dimensión disponibilidad por averías, es una forma de mantenimiento correctivo y no es otro tipo de mantenimiento per se. En el caso de reparación de averías, tiene una avería y necesita ser reparado (HUPIE, 2021). El objetivo principal del mantenimiento de averías es ahorrar costos de mantenimiento en equipos no esenciales mientras se reservan presupuestos de mantenimiento para activos de alto valor que deben incluirse en un plan para brindar mantenimiento por prevención (MICROMAIN, 2022).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

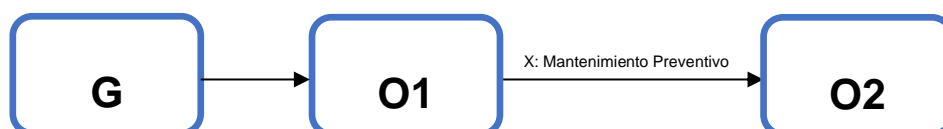
La ejecución de la investigación se ejecutó bajo el modo aplicado, en vista que son estudios en las que a partir de las teorías existentes o conocimientos se busca resolver problemas. La investigación técnica es una forma de investigación aplicada. Con el seudónimo investigación científica aplicada (SÁNCHEZ, REYES y MEJÍA, 2018).

Asimismo, el enfoque empleado fue cuantitativo y el nivel o alcance fue explicativo, en vista que se buscaron conocer las causas de los problemas a fin de generar un sentido de entendimiento y estos estudios son sumamente estructurados (HERNÁNDEZ & MENDOZA, 2018).

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño fue experimental de subclasificación preexperimental del tipo de diseño de un solo grupo antes de la prueba y después de la prueba, lo que significó que primero se observó la disponibilidad del equipo y luego se aplicó un programa de mantenimiento preventivo para acrecentar la disponibilidad del equipo observado y rendimiento final después de implementar el mantenimiento preventivo.

El diagrama de diseño del estudio es el siguiente:



Siguiendo la leyenda:

G: Equipos

O1: Pre prueba; X: Mantenimiento preventivo; O2: Posprueba

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Mantenimiento preventivo

Definición conceptual: Es un conglomerado de tareas diseñadas para abordar la fuente de posibles fallas de actividad. Se puede planear y programar basado en el uso, el tiempo o el estado del equipo (DUFFUAA *et al.*, 2000).

Definición operacional: Operacionalizado desarrollando las dimensiones o etapas siguientes: Identificación de fallas, inspección de máquinas, programación del mantenimiento y control del mantenimiento. En el anexo 10 se muestra el informe de reporte de mantenimiento de la empresa.

Dimensión 1 Identificación de fallas:

Definición conceptual: Es el acto de monitorear el número de daños de una máquina o equipo dentro de un periodo de tiempo establecido (DUFFUAA, 2013).

Definición operacional: Consiste en analizar que componentes fallaron y la frecuencia de falla, para ello se utilizará como instrumento documental el reporte de mantenimiento de equipos.

Indicador:

$$IF = \frac{\text{Número de fallas imprevistas}}{\text{En un periodo de tiempo}}$$

Escala de medición: razón

Dimensión 2 Inspección de máquinas:

Definición conceptual: Función de calcular, verificar, graduar o reconocer fallas en maquinaria o equipo en un área en particular (DUFFUAA, 2013).

Definición operacional: Consiste en realizar un examen con un Check list durante la inspección de cada máquina.

Indicador:

$$IM = \frac{\text{Número de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}}$$

Escala de medición: Razón

Dimensión 3 Programación del mantenimiento:

Definición conceptual: El proceso de emparejar trabajos con recursos y asignar una secuencia para ejecutar en un momento específico (DUFFUAA, 2013).

Definición operacional: Consiste en generar un diagrama Gantt con las fechas programadas y los recursos necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Indicador:

$$PM = \frac{\text{Horas-Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo}}{\text{Total de máquinas}}$$

Escala de medición: Razón

Dimensión 4 Control del mantenimiento:

Definición conceptual: la vigilancia de mantenimiento es el comportamiento de observación del gerente de mantenimiento o persona a cargo cuando los técnicos están efectuando la reparación de maquinarias (DUFFUAA, 2013).

Definición operacional: consiste en cumplir las horas programadas para el mantenimiento preventivo de las maquinarias empleando como instrumento un reporte de control de horas.

Indicador:

$$CM = \frac{\text{Horas-Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo} \times 100\%}{\text{Horas-Hombre ejecutadas para el mantenimiento preventivo}}$$

Escala de medida: razón

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

Definición conceptual: Especifica como un sistema o sus componentes realizan las tareas de manera óptima en un momento desconocido. Esto significa que un equipo debe estar disponible mientras se espera la operación. La medida en que puede realizar sus tareas, con instrucciones de disponibilidad, si es necesario (BICEN, 2019).

Definición operacional: Se midió por el tiempo promedio entre fallos menos el tiempo promedio de reparo.

Indicador:
$$D = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} * 100\%$$

MTBF = tiempo medio entre fallos; MTTR = tiempo medio de reparación

Escala de medición: razón

Dimensión 1: Confiabilidad

Definición conceptual: se define como predeterminado nivel de confianza dirigido hacia un componente, un equipo o un sistema que realiza una función básica durante un período de tiempo y en condiciones que cumplen con los estándares operativos (BICEN, 2019).

Definición operacional: La confiabilidad se medirá a partir del tiempo medio entre fallos.

Indicador:
$$Confiabilidad = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$$

e: número de Euler, t: Tiempo de ciclo, MTBF: Tiempo medio entre fallas

Escala de medición: razón

Dimensión 2: Mantenibilidad

Definición conceptual: el análisis de mantenimiento se utiliza para evaluar el

diseño y operación del sistema o sus componentes en términos de procedimientos de mantenimiento y recursos requeridos. Los siguientes son los principales intervalos de tiempo a considerar: diagnósticos, tiempos de suministro de repuestos, demoras administrativas, desmontaje (BICEN, 2019).

Definición operacional: será medido a partir del tiempo medio de reparación ejecutado.

Indicador: $Mantabilidad = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$

e: número de Euler, t: Tiempo de ciclo, MTTR: Tiempo medio de reparación

Escala de medición: razón

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Sujeto de estudio: Proceso de mantenimiento preventivo

Unidad de análisis: el equipo análogo de soldadura del taller metalmecánica al cual se va a calcular el KPI de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de forma diaria.

- Criterio de inclusión: se consideraron para efectos de la investigación los equipos analógicos de soldadura del taller metalmecánica en la empresa Picofam SAC y solo aquellos equipos que presentaron mayor incidencia de fallas y poca disponibilidad
- Criterio de exclusión: no se consideraron los equipos digitales de soldadura del taller metalmecánica en la empresa Picofam SAC. Se han excluido aquellas máquinas que están operando eficientemente y que no presentaron fallas durante el periodo de recopilación de datos.

3.3.2 Muestra

Según VALDERRAMA (2013), el tamaño de muestra para una población no conocida y para datos cuantitativos se obtiene mediante la siguiente

fórmula

$$n = \frac{Z^2 * S^2}{e^2}$$

Con los datos obtenidos se realizó la operación para el tamaño de la muestra:

Promedio calculado=	2.3333
Desviación estándar (S)=	0.6901
Coficiente de variación (CV)=	29.57%
error=	0.112
NC=	98.0 %
Z=	2.3267
n (tamaño de muestra – días) =	89
Tamaño de muestra en semanas	13.00

Se obtuvo una muestra de 13 semanas (proceso de mantenimiento preventivo) pre test y 13 semanas (proceso de mantenimiento preventivo) post test.

3.3.3 Muestreo

El muestreo es por conveniencia de forma no aleatoria porque toma las 13 primeras semanas de proceso de mantenimiento preventivo por el ciclo académico corto en la universidad el cual fue de 4 meses.

3.3.4 Unidad de análisis

Unidad de análisis: el equipo análogo de soldadura del taller metalmecánica

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

El desarrollo para la toma de datos fue la observación y análisis

documental.

3.4.2 Instrumentos

Las herramientas de documentación para reunir los datos fue la hoja de datos de observación del proceso (ficha de observación), check list, ficha de equipos (instrumentos físicos).

El Check list, se empleó con el propósito de describir el estado situacional de los equipos.

Ficha de observación: Se empleó con la finalidad de registrar la disponibilidad de los equipos.

Instrumentos físicos: cronómetro, equipo multiparámetros y taquímetros.

3.4.3 Validez

Validez de contenido

La validez equivale al acto de evaluación realizada por los expertos sobre la estructura del instrumento si son válidos o no para medir tal variable (SÁNCHEZ *et al.*, 2018). El juicio de experto se llevó a cabo por ingenieros industriales con maestría y doctorado, el detalle se visualiza en el Anexo 6.

3.5 Procedimientos

Primero se elaboró la ficha de observación la misma que cumplió con los criterios de validez y confiabilidad, seguidamente se solicitó los permisos correspondientes al Gerente de la Empresa Picofam SAC., la misma que fue atendida y autorizada, seguido se aplicó la ficha de observación (check list) a 4 equipos, seguidamente se realizó mantenimiento preventivo a equipos de soldadura que requerían mantenimiento preventivo, pero no podían brindarlo. Por último, se aplicaron nuevamente la ficha de observación

(check list) para determinar la disponibilidad de los 4 equipos, finalmente los datos plasmados en el check list se tabularon en el Microsoft Excel, luego se exportó al programa estadístico SPSS 26, donde se realizó los resultados descriptivos e inferenciales, y finalmente se plasmaron en el informe de tesis.

En esta parte se han presentado los resultados correspondientes a la variable mantenimiento preventivo pre – implementación y en la etapa de mejora con la utilización mantenimiento preventivo para el incremento de la disponibilidad de las maquinarias de soldadura del taller metalmecánica en la empresa Picofam SAC, Lima.

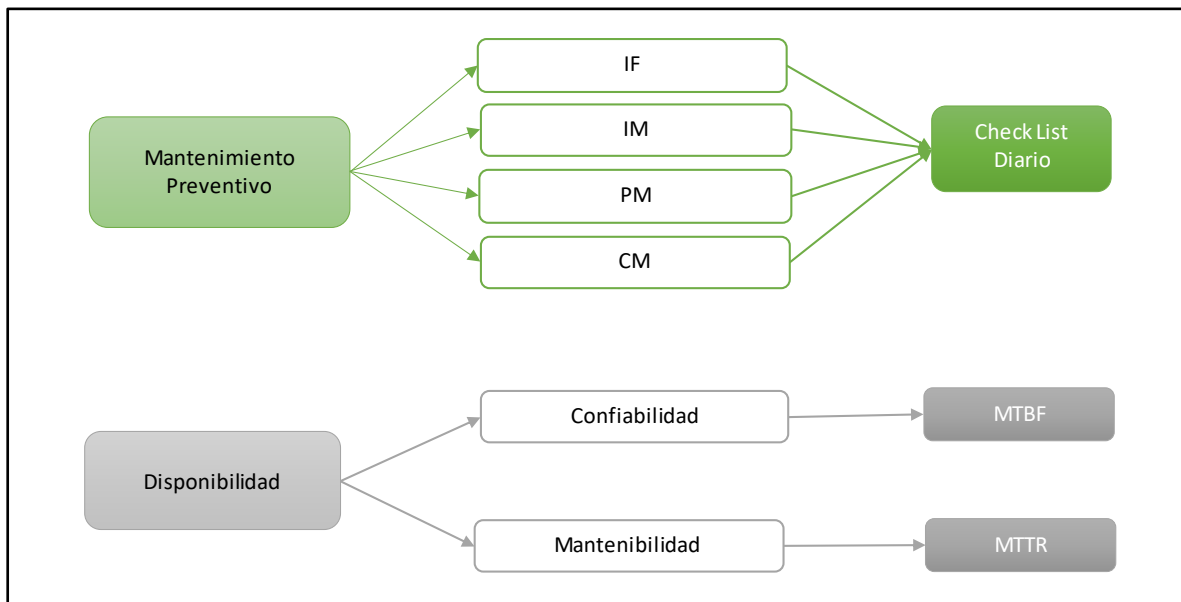


Figura 1. Procedimiento para el estudio
Fuente: el investigador

3.5.1 Desarrollo de la propuesta

Descripción de la Empresa

PICOFAM SAC es una empresa de capital peruano la cual hace trabajos, proyectos, construcción fabricación y montaje de proyectos de ingeniería.

Es una empresa con una capacidad de respuesta los 365 días del año, brindando soporte y soluciones.

Se enfoca principalmente en los siguientes trabajos:

- Diseño de estructuras metálicas mineras.
- Fabricación de estructuras metálicas para la minería.
- Montaje de todo tipo de fabricaciones.
- Mantenimiento de equipos de minería.
- Soporte de ingeniería para la apertura de nuevos proyectos.



Figura 2. Trabajos de la empresa PICOFAM SAC
Fuente: empresa PICOFAM

Visión:

El panorama de la empresa es convertirse en líder de la industria local y mundial en el campo de las estructuras metálicas.

Misión:

Como empresa está orientada a satisfacer con productos y servicios proporcionados para los clientes. Fundamentado en un grupo humano con valores, compromiso y responsabilidad originando bienestar y compromiso para sus trabajadores.

Organigrama:

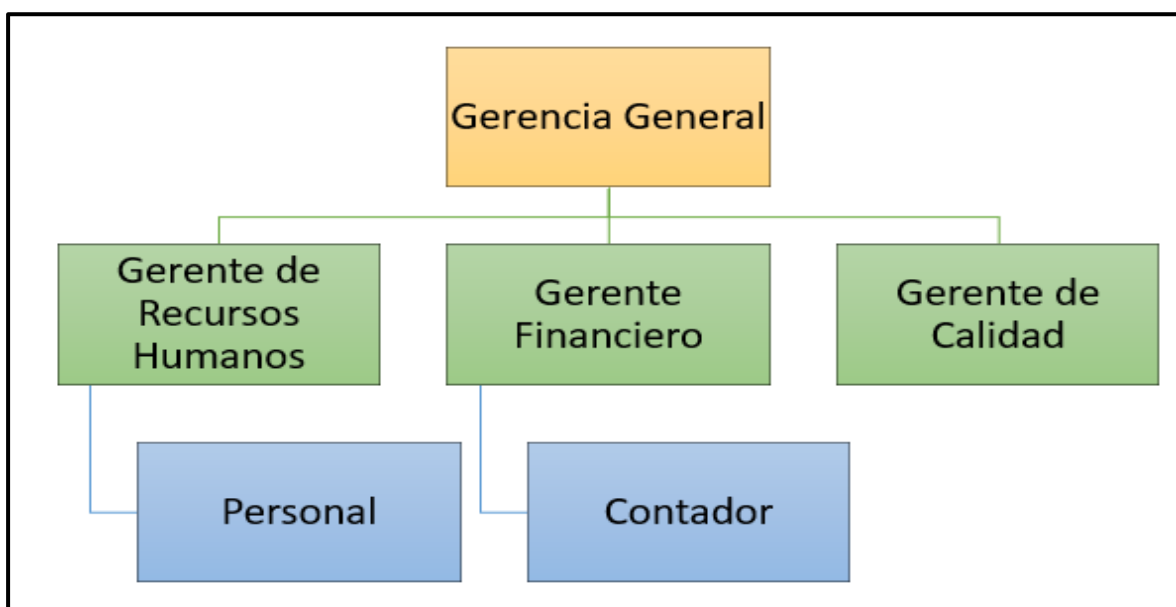


Figura 3. Organigrama
Fuente: Producción propia

Ubicación geográfica:

La empresa Picofam SAC se encuentra ubicada en la Asociación Villa La Oroya, Calle 2 Mz D Lte 13, en Santa Anita, Lima, con Registro Único de Contribuyente (RUC) N° 20602628397.

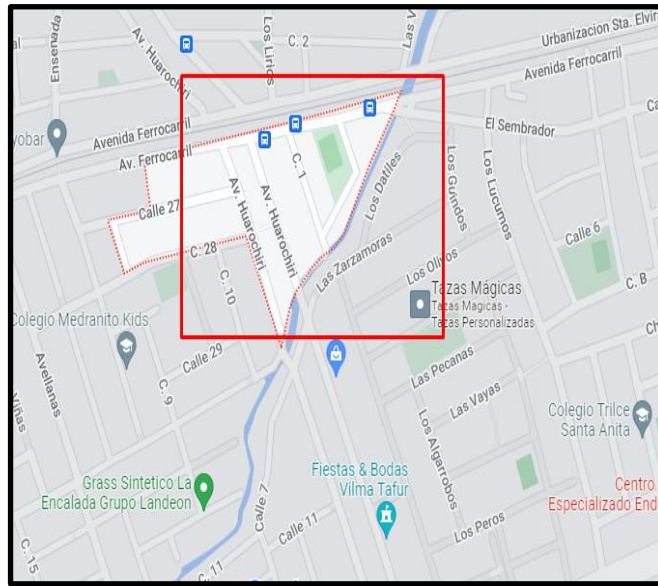


Figura 4. Ubicación geográfica
Fuente: el investigador



Figura 5. Mantenimiento de la máquina de soldar Solandina R-330
Fuente: el investigador

Se han identificado en la empresa Picofam SAC, 4 equipos análogos, en los que

frecuentemente se perciben problemas relacionados a la disponibilidad de los equipos, que como consecuencia generan que se retrasen la producción y entrega de los productos, estos son:

- Equipo de soldadura marca Solandina RN-400
- Equipo de soldadura marca Solandina R-440
- Equipo de soldadura marca Solandina R-330
- Equipo de soldadura marca Solandina RS-400

Ante esta situación se implementó el mantenimiento preventivo a efectos de lograr el porcentaje óptimo con disponibilidad de las maquinarias.

Etapas pre test

Variable Independiente: Mantenimiento preventivo

Dimensión 1: Identificación de fallas

Por ello mostramos el promedio de la dimensión inspección de fallas en las trece semanas pre test la tabla 1

Tabla 1. *Identificación de fallas Pre Test*

Semana	Pre Test
1	67.60%
2	72.40%
3	75.20%
4	64.30%
5	65.10%
6	77.40%
7	51.80%
8	78.80%
9	72.40%
10	70.80%
11	62.50%
12	66.30%
13	64.50%
Promedio	68.39%

Fuente: el investigador

Dimensión 2: Inspección de máquinas

La información se recopiló a través del check list como muestra la tabla 2.

Tabla 2. *Inspección de máquinas pre test*

Semana	Pre Test
1	57.80%
2	67.20%
3	58.80%
4	54.60%
5	50.30%
6	52.10%
7	62.50%
8	50.00%
9	49.90%
10	51.60%
11	64.10%
12	67.20%
13	57.80%
Promedio	57.22%

Fuente: el investigador

Dimensión 3: Programación del mantenimiento

La información se recopiló a través del check list como muestra la tabla 3.

Tabla 3. *Programación del mantenimiento pre test*

Semana	Pre Test
1	0.00%
2	0.00%
3	0.00%
4	0.00%
5	0.00%
6	0.00%
7	0.00%
8	0.00%
9	0.00%
10	0.00%
11	0.00%
12	0.00%
13	0.00%
Promedio	0.00%

Fuente: el investigador

Dimensión 4: Control del mantenimiento

La información se recopiló a través del check list como muestra la tabla 4.

Tabla 4. *Control del mantenimiento pre test*

Semana	Pre Test
1	48.70%
2	50.20%
3	54.50%
4	65.70%
5	57.70%
6	45.80%
7	50.10%
8	48.90%
9	50.40%
10	52.10%
11	60.80%
12	49.80%
13	60.00%
Promedio	53.44%

Fuente: el investigador

La variable independiente Mantenimiento Preventivo Pre Test es calculada de acuerdo a un promedio ponderado como muestra la tabla 5.

Tabla 5. *Dimensiones y cálculo de la variable Mantenimiento Preventivo*

Pesos	0.2	0.2	0.3	0.3	
	-IF	IM	PM	CM	Mantenimiento Preventivo
Semana	P-T	P-T	P-T	P-T	P-T
1	67.60%	57.80%	0.00%	48.70%	12.65%
2	72.40%	67.20%	0.00%	50.20%	14.02%
3	75.20%	58.80%	0.00%	54.50%	13.07%
4	64.30%	54.60%	0.00%	65.70%	17.77%
5	65.10%	50.30%	0.00%	57.70%	14.35%
6	77.40%	52.10%	0.00%	45.80%	8.68%
7	51.80%	62.50%	0.00%	50.10%	17.17%
8	78.80%	50.00%	0.00%	48.90%	8.91%
9	72.40%	49.90%	0.00%	50.40%	10.62%
10	70.80%	51.60%	0.00%	52.10%	11.79%
11	62.50%	64.10%	0.00%	60.80%	18.56%
12	66.30%	67.20%	0.00%	49.80%	15.12%
13	64.50%	57.80%	0.00%	60.00%	16.66%
Promedio	68.39%	57.22%	0.00%	53.44%	13.80%

Fuente: el investigador

La figura 6 muestra el comportamiento de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo en las 13 semanas de estudio.

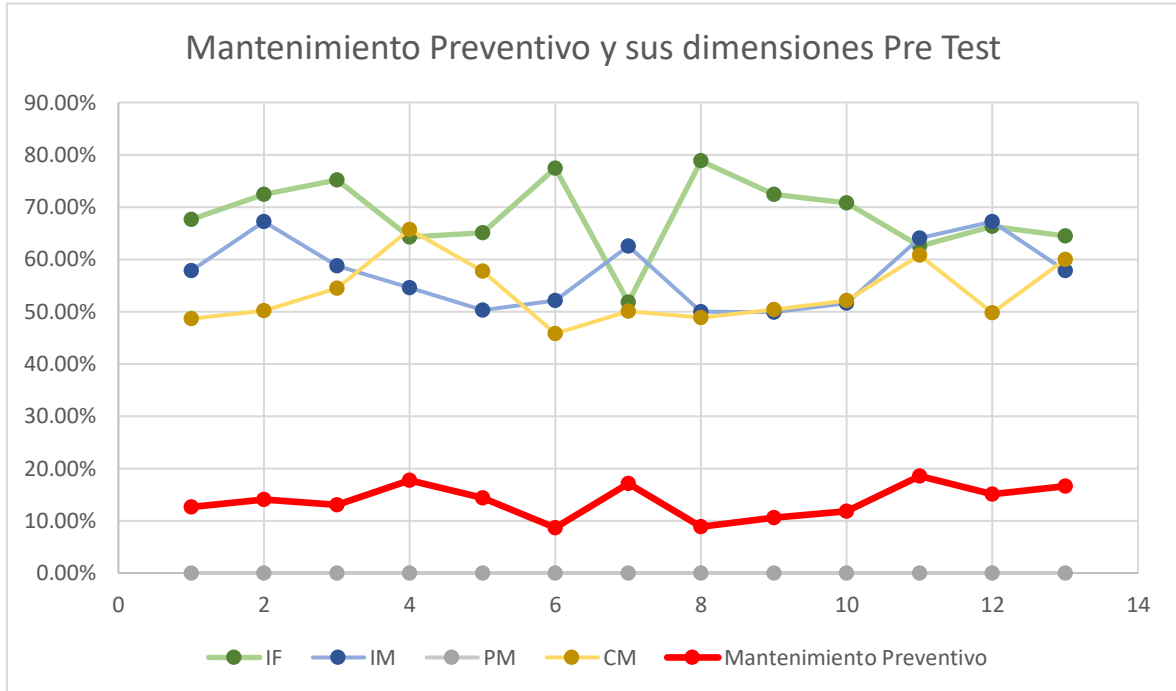


Figura 6. Dimensiones de la variable independiente Mantenimiento Preventivo
Fuente: el investigador

La figura 7, muestra el promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo pre test

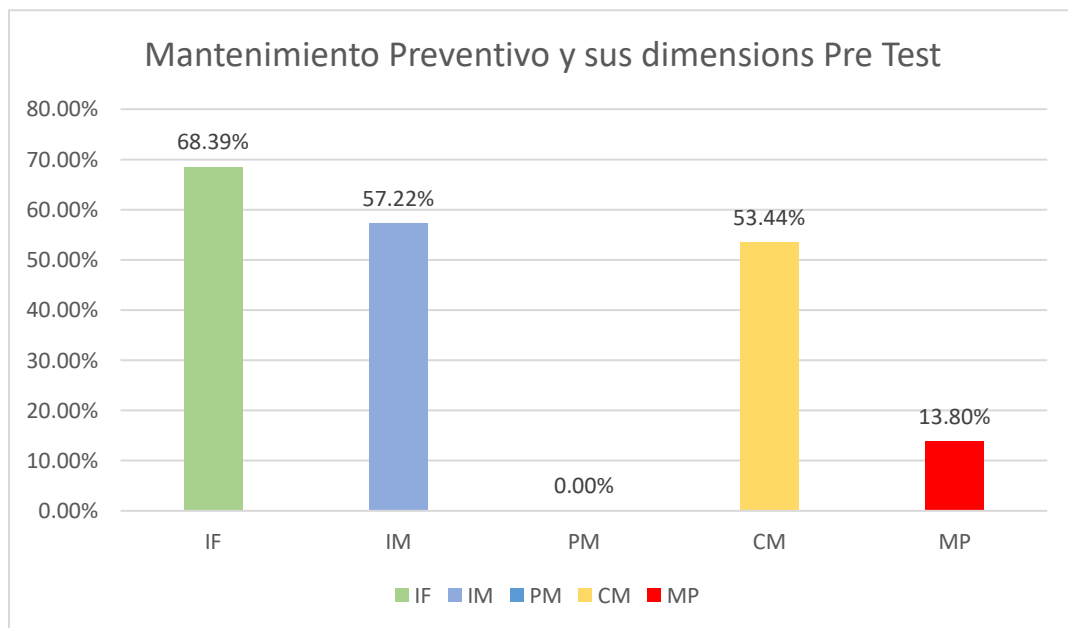


Figura 7. Promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo
Fuente: el investigador

Variable Dependiente: Disponibilidad

Dimensión 1: Confiabilidad

Los datos fueron recopilados de manera diaria con el check list con ello, se halló el MTBF y luego la confiabilidad pre test como muestra la tabla 6

Tabla 6. *Cálculo de la confiabilidad a partir del MTBF Pre Test*

Semana	MTBF	Confiabilidad
	Pre Test	Pre-Test
1	19.08	76.95%
2	21.95	79.63%
3	24.62	81.62%
4	20.68	78.52%
5	19.74	77.62%
6	19.73	77.61%
7	21.84	79.54%
8	19.99	77.87%
9	17.62	75.30%
10	23.04	80.49%
11	21.76	79.47%
12	20.10	77.98%
13	22.17	79.81%
Promedio	20.95	78.65%

Fuente: el investigador

La figura 8 muestra el MTBF y la variación de la confiabilidad en las 13 semanas de estudio Pre- Test

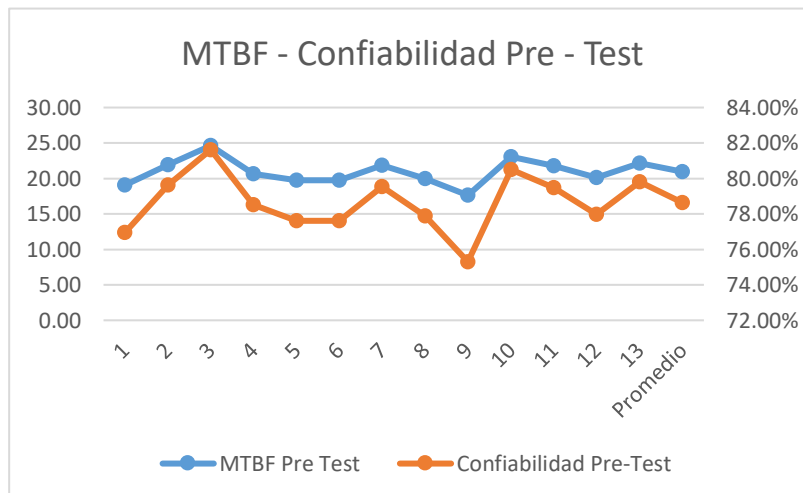


Figura 8. *MTBF y confiabilidad Pre test*

Dimensión 2: Mantenibilidad

Los datos fueron recopilados de manera diaria con el check list con ello, se halló el MTTR y luego la mantenibilidad como muestra la tabla 7

Tabla 7. *Cálculo de la mantenibilidad a partir del MTTR Pre Test*

Semana	MTTR	Mantenibilidad
	Pre-Test	Pre-Test
1	3.41	76.95%
2	3.38	77.20%
3	3.16	79.50%
4	3.47	76.31%
5	3.34	77.62%
6	3.33	77.71%
7	3.45	76.50%
8	3.32	77.87%
9	3.47	76.30%
10	3.42	76.80%
11	3.44	76.62%
12	3.30	77.98%
13	3.28	78.20%
Promedio	3.37	77.35%

Fuente: el investigador

La figura 9 muestra el MTTR y la variación de la mantenibilidad en las 13 semanas de estudio Pre- Test

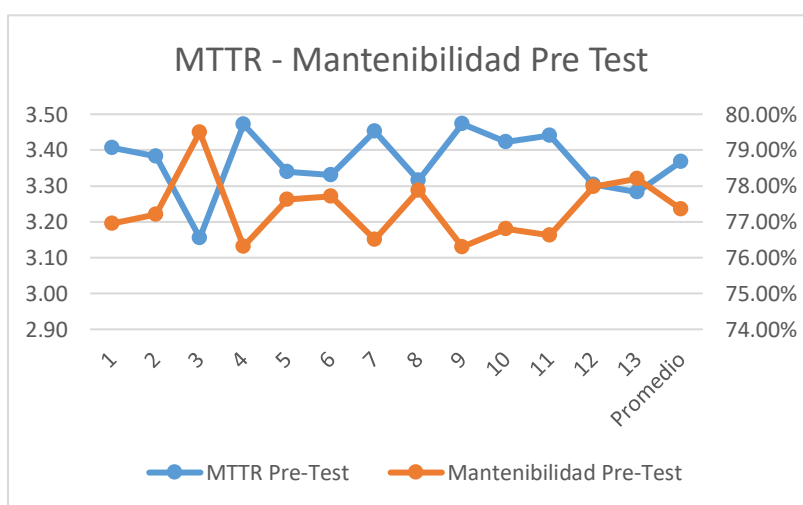


Figura 9. *MTTR y mantenibilidad Pre test*

Variable Dependiente: Disponibilidad

La tabla 8 muestra el cálculo de la disponibilidad a través de sus dimensiones confiabilidad y mantenibilidad en las 13 semanas de estudio

Tabla 8. *Variable disponibilidad y sus dimensiones*

SEM	P-T		
	Confiabilidad	Mantenibilidad	Disponibilidad
1	76.95%	76.95%	84.9%
2	79.63%	77.20%	86.6%
3	81.62%	79.50%	88.6%
4	78.52%	76.31%	85.6%
5	77.62%	77.62%	85.5%
6	77.61%	77.71%	85.6%
7	79.54%	76.50%	86.4%
8	77.87%	77.87%	85.8%
9	75.30%	76.30%	83.5%
10	80.49%	76.80%	87.1%
11	79.47%	76.62%	86.3%
12	77.98%	77.98%	85.9%
13	79.81%	78.20%	87.1%
Promedio	78.65%	77.35%	86.07%

Fuente: el investigador

La figura 10, muestra el promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad pre test

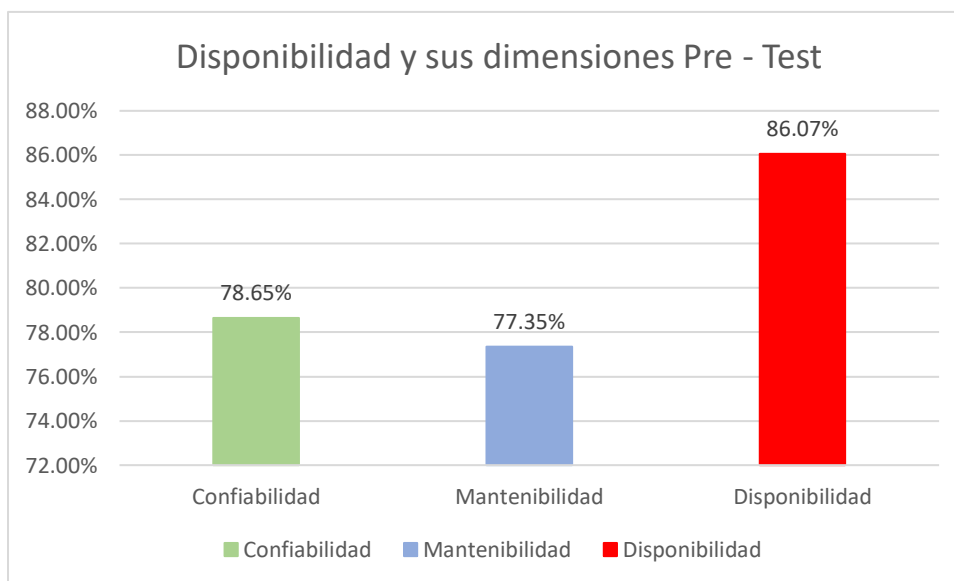


Figura 10. *Promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad*
Fuente: el investigador

Desarrollo del Plan de mantenimiento preventivo

Conociendo los motivos fundamentales de la disponibilidad decreciente, se establece realizar un programa de mantenimiento preventivo en el área productiva de la entidad PICOFAM SAC.

Se solicitó al Gerente General ingeniero Juan Carlos Rimari la documentación existente de las máquinas y/o equipos, nos brindó alguna documentación propiedad de la empresa, y las instalaciones del sitio de producción donde se desarrolló la tesis.

Por otra parte, se dió mantenimiento preventivo a 4 máquinas y equipos de la empresa PICOFAM SAC.

En PICOFAM SAC, no hay documentación o registro de la elaboración de mantenimiento preventivo, a raíz de ello, se debe realizar lo siguiente:

Inventario de máquinas y equipos

Se debe mantener el inventario al día, registrando máquinas y/o equipos que puedan ser adquiridos posteriormente, así como reposiciones y retiros de maquinarias las cuales no existen en el stock actual por su vida útil.

Tabla 9. *Inventario de máquinas y equipos antes de la mejora*

Código	Descripción de Equipos	Procedencia	Marca	Modelo
001	Equipo de soldadura	Peruana	Solandina	RN-400
002	Equipo de soldadura	Peruana	Solandina	R-440
003	Equipo de soldadura	Peruana	Solandina	R-330
004	Equipo de soldadura	Peruana	Solandina	RS-400

Fuente: el investigador

Fichas Técnicas

Para el mantenimiento preventivo se elaboró el check list, como muestra el Anexo 7, con el cual se recopilaron los datos por cada máquina, en las cuales se registraron los detalles de cada maquinaria, tales como: reseña del equipo (nombre, código, marca, peso, etcétera)

Stock de repuestos y accesorios

La empresa PICOFAM SAC., no tiene registros del consumo de repuestos para sus equipos debido a que compran repuestos para necesidades de mantenimiento.

Actualmente se recomienda comenzar tener un stock pequeño de piezas y accesorios para mantener la maquinaria en funcionamiento.

En el Anexo 8, se muestra una relación de piezas, accesorios y sus respectivos costos acorde a los requerimientos de la maquinaria

Programa de actividades de mantenimiento preventivo a los equipos

El programa de mantenimiento preventivo de equipos y maquinarias de la entidad PICOFAM SAC se basa en las operaciones que realiza cada maquinaria, las cuales pueden ser diarias, semanales, mensuales de acuerdo con su frecuencia, el programa se muestra en el Anexo 9.

Ficha de inspecciones de máquinas y/o equipos

Se crean las listas de inspección y trabajos para cada equipo acorde con las técnicas de mantenimiento y las fechas planificadas mostradas en el Anexo 10.

Formato de orden de trabajo

Después de saber las operaciones que se tiene que ejecutar en cada máquina y la rutina a proseguir, se ejecutan y entregan las órdenes de trabajo a los responsables de realizar el mantenimiento preventivo de cada equipo controlar los trabajos realizados y saber qué herramientas y repuestos usar, el formato es visualizado en el Anexo 11.

Historial de fallas y averías.

Este documento es mostrado en el Anexo 12, en el que se registran todas las averías y fallas de las maquinarias en la zona productiva. La finalidad en este escrito es controlar el mantenimiento para detectar fallas en el sistema.

La frecuencia de las averías de las maquinarias también es determinante para saber cuándo realizar los trabajos de mantenimiento.

Historial de control de daños

Con la elaboración de fichas de control de averías se puede reunir información provechosa para originar un antecedente de averías en las máquinas y proyectar el mantenimiento preventivo en función de la demanda de las maquinarias en el área de productiva de la compañía

En el formulario de control de daños que está en el Anexo13, debe recopilar el tiempo que tomó realizar las reparaciones, el trabajo realizado con responsabilidad, etcétera. Con la información proporcionada por estas tablas de historial, es posible realizar el mantenimiento preventivo de la máquina y gestionar los repuestos necesarios. Se elabora con el fin de involucrar a toda la empresa un organigrama para el mantenimiento preventivo como muestra el Anexo 14.

Etapa post test

Variable Independiente: Mantenimiento preventivo

Dimensión 1: Identificación de fallas

Por ello mostramos el promedio de la dimensión inspección de fallas en las trece semanas pre test en la tabla 10

Tabla 10. *Identificación de fallas Post Test*

Semana	Post Test
1	31.00%
2	26.80%
3	40.00%
4	35.80%
5	28.80%
6	24.60%
7	12.80%
8	28.40%
9	44.40%
10	21.80%
11	21.30%
12	25.40%
13	28.20%
Promedio	28.41%

Fuente: el investigador

Dimensión 2: Inspección de máquinas

La información se recopiló a través del check list como evidencia la tabla 11.

Tabla 11. *Inspección de máquinas Post Test*

Semana	Post Test
1	72.30%
2	96.40%
3	78.60%
4	85.10%
5	80.40%
6	86.70%
7	94.80%
8	76.00%
9	84.50%
10	85.90%
11	93.40%
12	97.20%
13	90.60%
Promedio	86.30%

Fuente: el investigador

Dimensión 3: Programación del mantenimiento

La información se recopiló a través del check list como muestra la tabla 12.

Tabla 12. *Programación del mantenimiento Post Test*

Semana	Post Test
1	75.40%
2	76.30%
3	74.50%
4	75.00%
5	80.40%
6	84.40%
7	85.70%
8	85.90%
9	86.70%
10	91.20%
11	94.40%
12	98.80%
13	99.50%
Promedio	85.25%

Fuente: el investigador

Dimensión 4: Control del mantenimiento

La información se recopiló a través del check list como muestra la tabla 13.

Tabla 13. *Control del mantenimiento Post Test*

Semana	Post Test
1	65.40%
2	68.80%
3	72.50%
4	80.00%
5	78.60%
6	80.40%
7	90.10%
8	95.70%
9	97.80%
10	94.30%
11	93.10%
12	92.10%
13	98.90%
Promedio	85.21%

Fuente: el investigador

La variable independiente mantenimiento preventivo post test es calculado de acuerdo a un promedio ponderado como muestra la tabla 14.

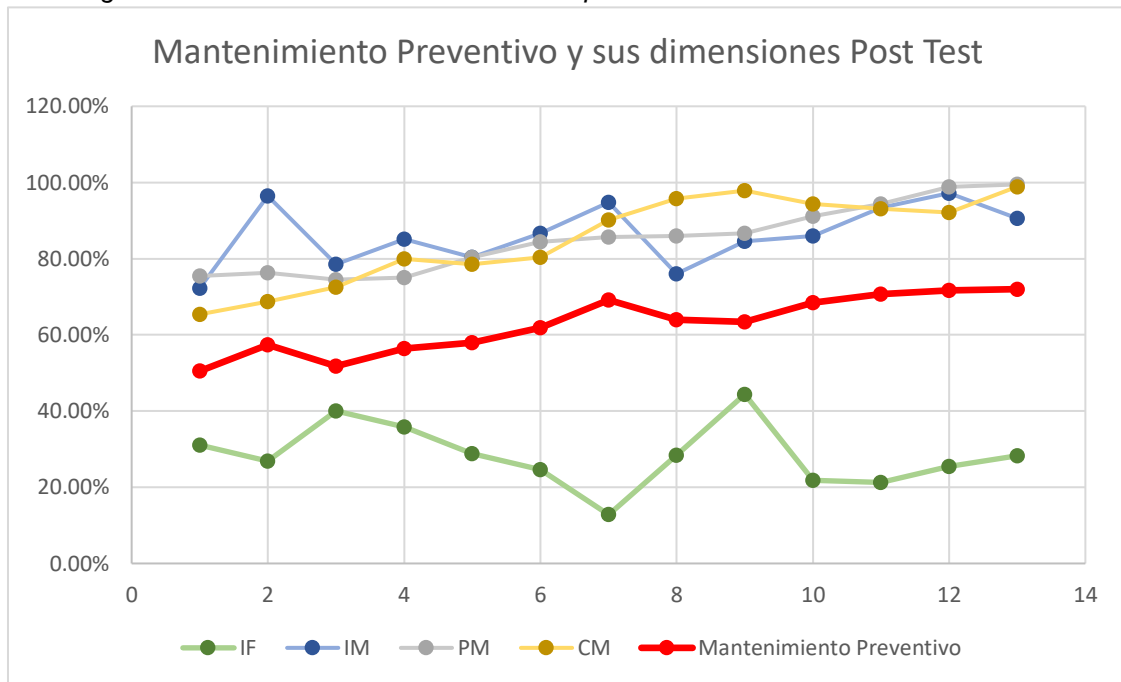
Tabla 14. *Dimensiones y cálculo de la variable Mantenimiento Preventivo*

Pesos	0.2	0.2	0.3	0.3	
	-IF	IM	PM	CM	Mantenimiento Preventivo
Semana	PS T	PS T	PS T	PS T	PS T
1	31.00%	72.30%	75.40%	65.40%	50.50%
2	26.80%	96.40%	76.30%	68.80%	57.45%
3	40.00%	78.60%	74.50%	72.50%	51.82%
4	35.80%	85.10%	75.00%	80.00%	56.36%
5	28.80%	80.40%	80.40%	78.60%	58.02%
6	24.60%	86.70%	84.40%	80.40%	61.86%
7	12.80%	94.80%	85.70%	90.10%	69.14%
8	28.40%	76.00%	85.90%	95.70%	64.00%
9	44.40%	84.50%	86.70%	97.80%	63.37%
10	21.80%	85.90%	91.20%	94.30%	68.47%
11	21.30%	93.40%	94.40%	93.10%	70.67%
12	25.40%	97.20%	98.80%	92.10%	71.63%
13	28.20%	90.60%	99.50%	98.90%	72.00%
Promedio	28.41%	86.30%	85.25%	85.21%	62.71%

Fuente: el investigador

La figura 12 muestra el comportamiento de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo en las 13 semanas de estudio post test

Figura 11. Dimensiones de la variable independiente Mantenimiento Preventivo



Fuente: el investigador

La figura 13, muestra el promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo post test

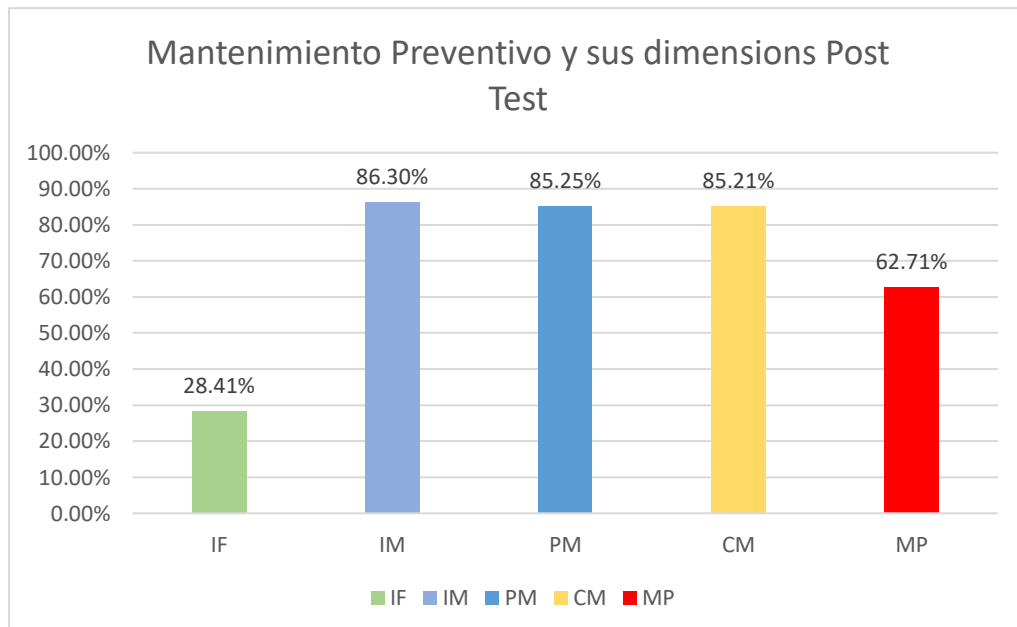


Figura 12. Promedio de las dimensiones de la variable independiente mantenimiento preventivo post test

Fuente: el investigador

Variable Dependiente: Disponibilidad

Dimensión 1: Confiabilidad

Los datos fueron recopilados de manera diaria con el check list con ello, se halló el MTBF y luego la confiabilidad post test como muestra la tabla 15.

Tabla 15. *Cálculo de la confiabilidad a partir del MTBF Pre Test*

Semana	MTBF	Confiabilidad
	Post Test	Post Test
1	176.70	97.21%
2	354.64	98.60%
3	107.37	95.45%
4	132.99	96.31%
5	213.94	97.69%
6	158.78	96.90%
7	205.82	97.60%
8	150.86	96.74%
9	117.96	95.85%
10	306.14	98.38%
11	241.39	97.95%
12	182.67	97.30%
13	367.86	98.65%
Promedio	209.10	97.28 %

Fuente: el investigador

La figura 14 muestra el MTBF y la variación de la confiabilidad en las 13 semanas de estudio Post - Test

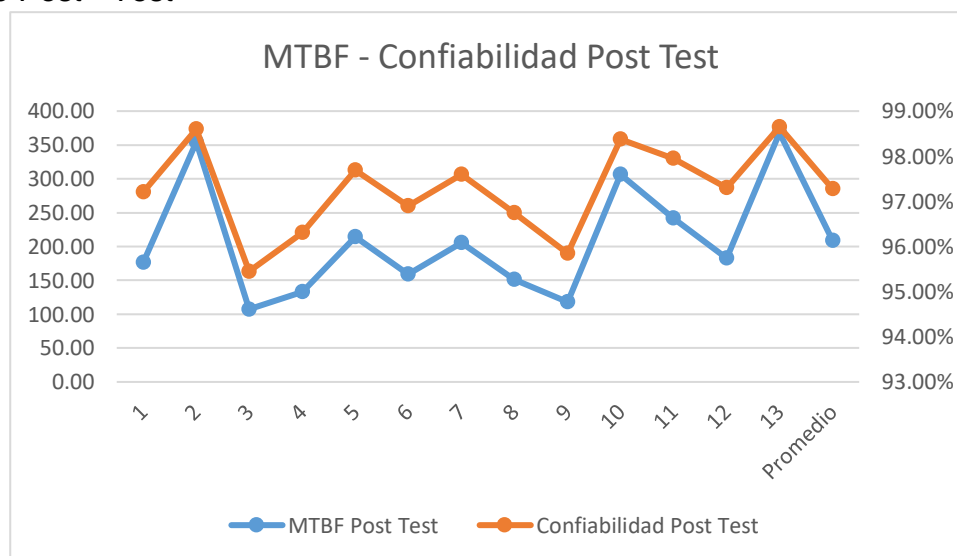


Figura 13. *MTBF y confiabilidad Pre test*

Dimensión 2: Mantenibilidad

Los datos fueron recopilados de manera diaria con el check list con ello, se halló el MTTR y luego la mantenibilidad como muestra la tabla 16

Tabla 16. *Cálculo de la mantenibilidad a partir del MTTR Post Test*

Semana	MTTR	Mantenibilidad
	Post Test	Post-Test
1	1.17	98.61%
2	1.37	97.40%
3	1.17	98.62%
4	1.29	97.90%
5	1.35	97.52%
6	1.17	98.60%
7	1.24	98.20%
8	1.30	97.85%
9	1.41	97.08%
10	1.17	98.60%
11	1.23	98.27%
12	1.25	98.15%
13	1.26	98.10%
Promedio	1.26	98.07%

Fuente: el investigador

La figura 15 muestra el MTTR y la variación de la mantenibilidad en las 13 semanas de estudio Pre- Test

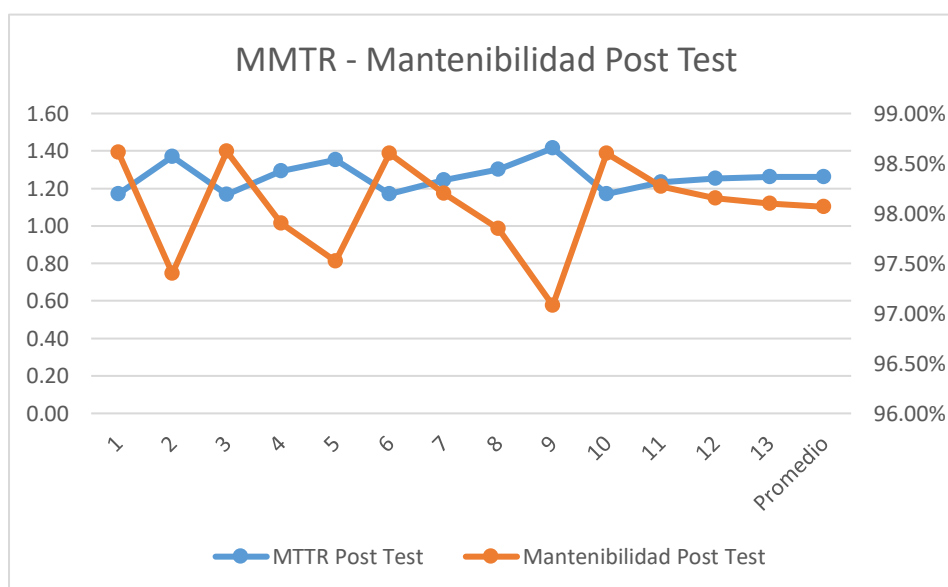


Figura 14. *MTTR y mantenibilidad Pre Test*

Variable Dependiente: Disponibilidad

La tabla 17 muestra el cálculo de la disponibilidad a través de sus dimensiones confiabilidad y mantenibilidad en las 13 semanas de estudio

Tabla 17. *Variable disponibilidad y sus dimensiones*

Post Test			
Semana	Confiabilidad	Mantenibilidad	Disponibilidad
1	97.21%	98.61%	99.3%
2	98.60%	97.40%	99.6%
3	95.45%	98.62%	98.9%
4	96.31%	97.90%	99.0%
5	97.69%	97.52%	99.4%
6	96.90%	98.60%	99.3%
7	97.60%	98.20%	99.4%
8	96.74%	97.85%	99.1%
9	95.85%	97.08%	98.8%
10	98.38%	98.60%	99.6%
11	97.95%	98.27%	99.5%
12	97.30%	98.15%	99.3%
13	98.65%	98.10%	99.7%
Promedio	97.28%	98.07%	99.31%

Fuente: el investigador

La figura 16, da a conocer el promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad post test

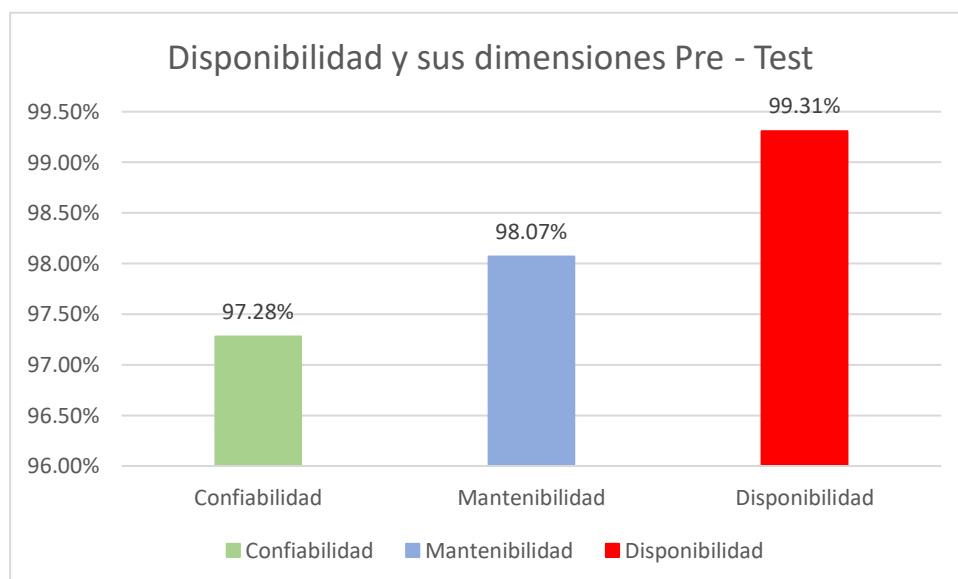


Figura 15. *Promedio de las dimensiones de la variable dependiente disponibilidad*

Fuente: el investigador

En resumen, se tiene para la variable independiente, mantenimiento preventivo y sus dimensiones, mostrado en la figura 17

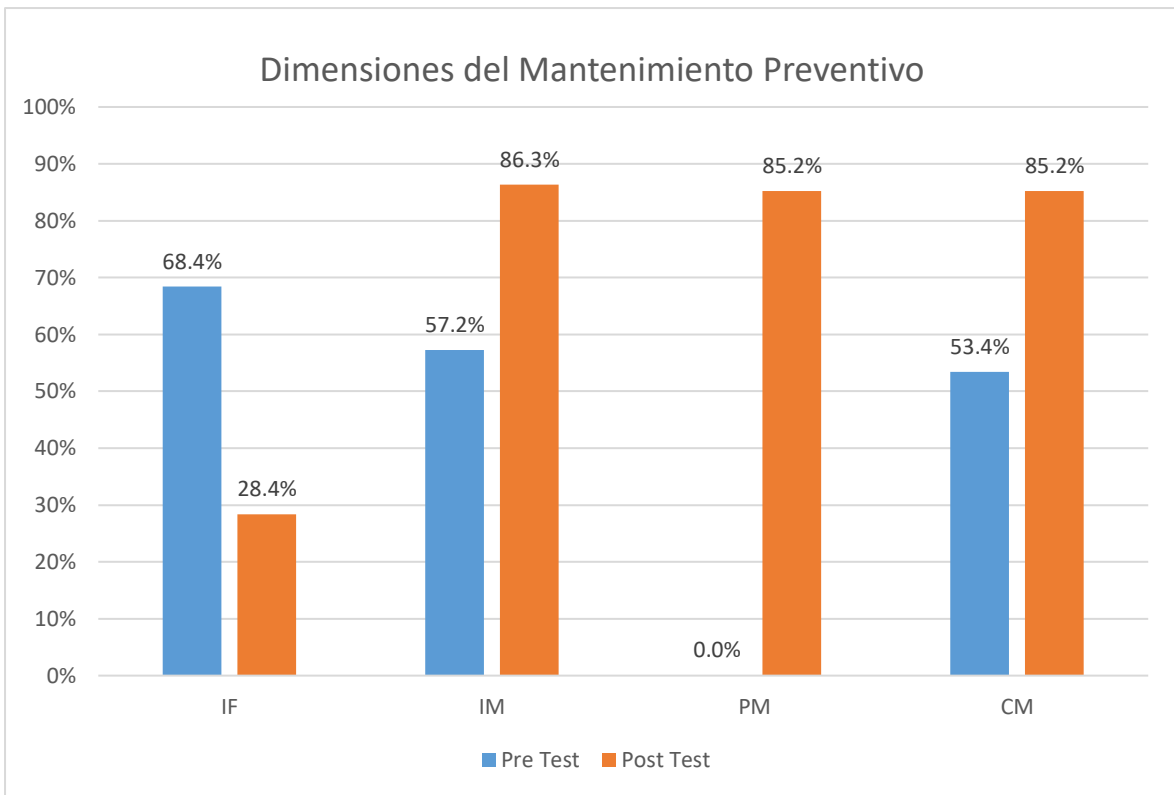


Figura 16. Variable independiente, mantenimiento preventivo y sus dimensiones en el estudio pre test y post test.

Fuente: software Excel

La figura 17, nos muestra las dimensiones de la variable independiente mantenimiento: inspección de fallas (IF), inspección de máquinas (IM), programa de mantenimiento (PM) y control del mantenimiento (CM), las cuales desarrollan un cambio creciente en las dimensiones IM, PM, CM y un cambio decreciente en la dimensión IF

Sintetizando la variable dependiente, disponibilidad con sus dimensiones confiabilidad y mantenibilidad, mostrada en la figura 18.

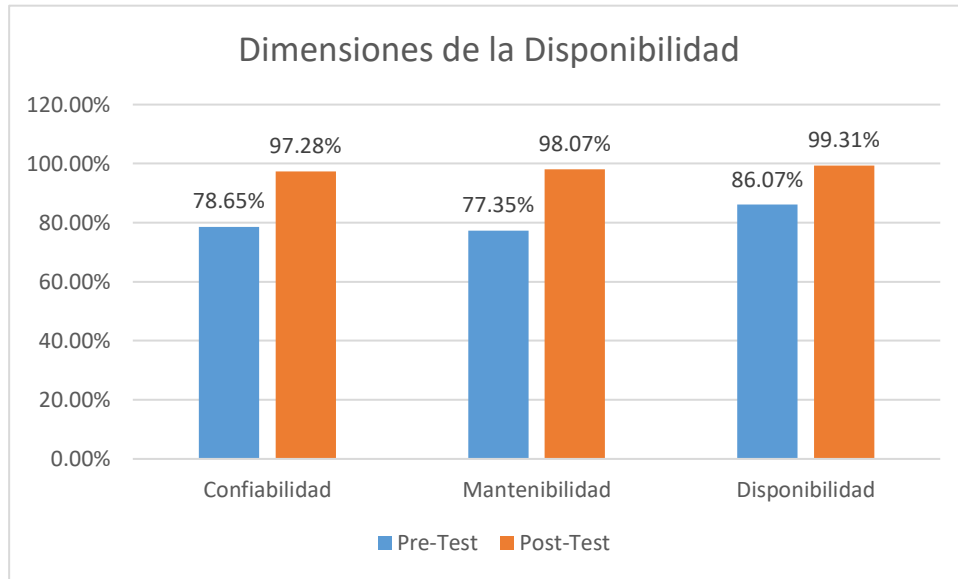


Figura 17. Variable dependiente disponibilidad con sus dimensiones confiabilidad y mantenibilidad

Fuente: el investigador

En la figura 18, muestra la variable dependiente disponibilidad la cual depende del MTBF asociado con la confiabilidad y el MTTR asociado a la mantenibilidad, la disponibilidad post test presentó un incremento respecto a la disponibilidad pre test.

Estudio económico financiero.

En la presente tesis en su etapa inicial, así como en su desarrollo hubo gastos la cual denominamos inversión mostrada en la tabla 18.

Tabla 18. *Inversión en el inicio e implementación de la tesis*

Etapa Inicial						
Compra de Repuestos						
	Rectificador PTS 400	1	\$160.00	\$160.00	S/	600.00
	Motor ventilador 1/10 HP	1	\$110.00	\$110.00	S/	412.50
	Tornillo Sinfín de bronce	3	\$8.00	\$24.00	S/	90.00
	Aisladores rectangulares por docena	1	\$50.00	\$50.00	S/	187.50
	Garruchas	4	\$10.00	\$40.00	S/	150.00
Herramientas de Trabajo						
	Kit de Herramientas	1	\$100.00	\$100.00	S/	375.00
Impresiones						
	Formatos y artículos de oficina	1	\$20.00	\$20.00	S/	75.00
Subtotal etapa inicial			\$504.00	S/		1,890.00
Etapa Implementación						
Impresiones						
	Formatos y artículos de oficina	1	\$20.00	\$20.00	S/	75.00
Equipos de comunicación						
	Celulares	1	\$100.00	\$100.00	S/	375.00
Otros Gastos						
	Movilidad, viáticos por semana	13	\$15.00	\$195.00	S/	731.25
Subtotal etapa inicial			\$315.00	S/		1,181.25
Total			\$819.00	S/		3,071.25

Fuente: el investigador

La tabla muestra la inversión de la etapa inicial a la vez la inversión en la etapa de desarrollo de la tesis, obteniendo una inversión total de S/ 3071.25.

Obteniendo de los datos antes de la implementación y después de la implementación el incremento de la disponibilidad fue del 13.24 % de este modo se monetiza para poder hallar el beneficio mensual, como muestra la tabla 35.

Tabla 19. *Obtención del beneficio por el incremento de la disponibilidad*

	Pre-Test	Post-Test	Incremento
Confiabilidad	78.65%	97.28%	18.63%
Mantenibilidad	77.35%	98.07%	20.72%
Disponibilidad	86.07%	99.31%	13.24%
Valor de la máquina al 100%	S/	4,650.00	
Cantidad de máquinas de soldar		4	

Incremento de Disponibilidad

Post Test - Pre Test 13.24%

Cálculo de los mantenimientos con la Productividad Post-Test

Aplicamos una regla de tres simple

Valor actual de la máquina	Disponibilidad
4002.25	78.65%
X=	13.24%
X=	674

En total son 4 máquinas

Valor Pre Test	S/ 16,008.99
Valor Post Test	S/ 18,471.28
Incremento Mant. Mensual	S/ 2,462.30

Fuente: el investigador

Como muestra la tabla 19, se obtiene un incremento mensual de S/ 2462.30 debido a la mejora de la disponibilidad que fue del 13.24 %

Ello se lleva a un escenario donde ese incremento será siendo progresivo del siguiente modo, 2 %, 3 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 9 %, 10 %, 11 %, 12 %, 13 %, 13% respectivamente del mes primero al mes doce.

Luego, obtenemos los costos directos e indirectos de la fabricación como muestra la tabla 20

. Tabla 20. *Costos directos e indirectos*

Por las 4 máquinas		Dólares	Soles
Costos de Mantenimiento			
Costos Directos			
Materiales			
Insumos	1	\$ 28.95	S/ 108.56
Mano de Obra			
Operario	1	\$ 18.67	S/ 70.00
Técnico	1	\$ 26.67	S/ 100.00
Total Costos directos de fabricación		\$ 74.28	S/ 278.56
Costos indirectos en los doce meses			
Costos Indirectos en el mes diez y doce			
Mes Diez			
Calibración de Instrumentos		\$ 120.00	S/ 450.00
Certificación de 2 máquinas		\$ 1,066.67	S/ 4,000.00
Total mes diez		\$ 1,186.67	S/ 4,450.00
Mes Doce			
Renovación de Herramientas		\$ 100.00	\$ 375.00
Certificación de 2 máquinas		\$ 1,066.67	\$ 4,000.00
Total mes doce		\$ 1,166.67	S/ 4,375.00

Fuente: el investigador

La tabla 36, muestra los costos directos de fabricación y los costos indirectos teniendo en el mes 10, calibración de instrumentos y certificación de dos máquinas y en el mes 12, renovación de herramientas y calibración de dos máquinas.

Se presenta el flujo de caja efectuado para 12 meses, donde el mes 0, se coloca la inversión para el desarrollo de la tesis, se nota específicamente en la tabla 21

Tabla 21. Flujo de caja para doce meses.

Conceptos	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ingresos por Servicios de Mantenimiento		S/. 372	S/. 558	S/. 744	S/. 930	S/. 1,116	S/. 1,302	S/. 1,674	S/. 1,860	S/. 2,046	S/. 2,232	S/. 2,418	S/. 2,463
Ingresos por préstamos													
Total Ingresos	S/ -	S/ 372	S/ 558	S/ 744	S/ 930	S/ 1,116	S/ 1,302	S/ 1,674	S/ 1,860	S/ 2,046	S/ 2,232	S/ 2,418	S/ 2,463
Costos de Fabricación Proyectados		S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279	S/. 279
Gastos Operativos Proyectados		S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Costos Indirectos											S/. 4,450		S/. 4,375
Total Egresos	S/ -	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 279	S/ 4,729	S/ 279	S/ 4,654
Inversión	-S/. 3,071.25												
Beneficio mensual después de la mejora (Saldo final)		S/. 93	S/. 279	S/. 465	S/. 651	S/. 837	S/. 1,023	S/. 1,395	S/. 1,581	S/. 1,767	-S/. 2,497	S/. 2,139	-S/. 2,191
Saldo final acumulado		S/. 93	S/. 373	S/. 838	S/. 1,490	S/. 2,327	S/. 3,351	S/. 4,746	S/. 6,327	S/. 8,095	S/. 5,598	S/. 7,738	S/. 5,547

Fuente: el investigador

Para una TEA de 4.50 % se tiene una TEM de 0.37 %, con ello calculamos el VAN y el TIR

VAN = S/ 2382.33 y un TIR=12.94 %

El beneficio costo se obtiene: B/C=1.78, donde refleja que por cada sol invertido se puede ganar S/ 1.78

El pay back o tiempo de retorno de la inversión resulta, 4 meses y 23 días.

3.4. Método de análisis de datos

Los datos fueron recopilados y procesados por el software estadístico SPSS 26 para producir resultados descriptivos consistentes en tablas de frecuencia y cifras porcentuales. Asimismo, se realizaron inferencias de resultados, incluyendo pruebas de normalidad, y en la validación de hipótesis se utilizaron pruebas estadísticas t de Student en estudios experimentales con aplicaciones de pretest y postest.

3.5. Aspectos éticos

En el transcurso de la investigación se ha tenido como base todo lo señalado en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo y en las directrices del producto académico. Con el fin de proteger los derechos de los autores se utilizó correctamente la norma ISO 690, citando los conceptos utilizados por los autores en el desarrollo de la tesis, en definitiva, respetando los principios éticos de la investigación científica como son: humanidad y respeto a las personas.

IV. RESULTADOS

Análisis descriptivo

Variable Dependiente: Disponibilidad

Confiabilidad

En la tabla 22 se muestra el detalle descriptivo de la confiabilidad antes y después de la implementación y la diferencia siendo lo más resaltante la mejora de la confiabilidad en 18.63 %.

Tabla 22 .Análisis descriptivo de la confiabilidad

		Confiabilidad Pretest	Confiabilidad Postest	Confiabilidad Diferencia
N	Tomados	13	13	13
	No Tomados	-	-	-
Media		,7865	,9727	,1863
Error estándar de la media		,00462	,00281	,00467
Mediana		,7852	,9730	,1887
Moda		,75	,95	,14
Desviación estándar		,01666	,01012	,01684
Varianza		,000	,000	,000
Asimetría		-,192	-,324	-1,998
Error estándar de asimetría		,616	,616	,616
Curtosis		,192	-,693	5,605
Error estándar de curtosis		1,191	1,191	1,191
Rango		,06	,03	,07
Mín		,75	,95	,14
Máx		,82	,99	,21
Sum		10,22	12,65	2,42
Percentiles	25	,7762	,9652	,1798
	50	,7852	,9730	,1887
	75	,7972	,9817	,1966
	100	,8162	,9865	,2055

Fuente: software SPSS

Mantenibilidad

En la tabla 23 se muestra el detalle descriptivo de la mantenibilidad antes y después de la implementación y la diferencia, en ello se visualiza una mejora de 20.72 %.

Tabla 23. *Análisis descriptivo de la mantenibilidad*

		Mantenibilidad Pretest	Mantenibilidad Postest	Mantenibilidad Diferencia
N	Tomados	13	13	13
	No tomados	-	-	-
Media		,7735	,9807	,2072
Error estándar de la media		,00255	,00139	,00249
Mediana		,7720	,9815	,2078
Moda		,76	,99	,20
Desviación estándar		,00919	,00502	,00899
Varianza		,000	,000	,000
Asimetría		,947	-,632	-,186
Error estándar de asimetría		,616	,616	,616
Curtosis		,984	-,485	-,1327
Error estándar de curtosis		1,191	1,191	1,191
Rango		,03	,02	,03
Mín		,76	,97	,19
Máx		,80	,99	,22
Sum		10,06	12,75	2,69
Percentiles	25	,7656	,9769	,1994
	50	,7720	,9815	,2078
	75	,7793	,9860	,2166
	100	,7950	,9862	,2180

Fuente: software SPSS

Disponibilidad

En la tabla 24 se muestra el detalle descriptivo de la disponibilidad pre test, post test y su diferencia, se evidenció un aumento del 13.24 %

Tabla 24. *Análisis descriptivo de la disponibilidad*

		Disponibilidad Pretest	Disponibilidad Protest	Disponibilidad Diferencia
N	Tomados	13	13	13
	No Tomados	-	-	-
Media		,8607	,9931	,1324
Error estándar de la media		,00339	,00074	,00322
Mediana		,8588	,9934	,1337
Moda		,86	1,00	,10 ^a
Desviación estándar		,01223	,00269	,01161
Varianza		,000	,000	,000
Asimetría		,049	-,477	-,998
Error estándar de asimetría		,616	,616	,616
Curtosis		1,581	-,599	3,406
Error estándar de curtosis		1,191	1,191	1,191
Rango		,05	,01	,05
Mín		,84	,99	,10
Máx		,89	1,00	,15
Sum		11,19	12,91	1,72
Percentiles	25	,8554	,9909	,1276
	50	,8588	,9934	,1337
	75	,8686	,9955	,1378
	100	,8864	,9966	,1527

Fuente: software SPSS

Análisis Inferencial

Para desarrollar el estudio inferencial se inicia por diseño de la investigación que es pre experimental en el cual por tratarse de un grupo experimental estudiado en diferentes momentos de tiempo (antes y después) son datos relacionados a los cuales se debe analizar las diferencias del antes y después de la implementación de la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk debido a que las parejas de datos analizadas fue menor a cincuenta, se determinó si son paramétricos o no paramétricos.

Prueba de normalidad de confiabilidad

Ho: La distribución de frecuencias de la diferencia de la confiabilidad es paramétrica

H1: La distribución de frecuencias de la diferencia de la confiabilidad es no paramétrica

Postulado: Se acepta Ho si la significancia (la probabilidad generada con el estadístico de prueba Shapiro Wilk) es mayor o igual que 5 %

Tabla 25. *Prueba de normalidad de diferencia de confiabilidad*

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad Diferencia	,232	13	,053	,809	13	,009

Fuente: software SPSS

La significancia obtenida en la tabla 25 es 0.9 % es menor que 5 % por lo que se rechaza Ho, la distribución de frecuencias de la diferencia de la confiabilidad es no paramétrica, lo cual nos indicó que para el contraste de la hipótesis de la investigación debemos utilizar la prueba no paramétrica de signos de Wilcoxon la cual compara la mediana poblacional en diferentes momentos (antes y después).

Prueba de normalidad de mantenibilidad

Ho: La distribución de frecuencias de la diferencia de la mantenibilidad es paramétrica

H1: La distribución de frecuencias de la diferencia de la mantenibilidad es no paramétrica

Postulado: Se acepta Ho si la significancia (la probabilidad generada con el estadístico de prueba Shapiro Wilk) es mayor o igual que 5 %

Tabla 26. Prueba de normalidad de diferencia de mantenibilidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mantenibilidad_ dif	,219	13	,090	,891	13	,099

Fuente: software SPSS

La significancia obtenida en la Tabla 26 es 9.9 % es mayor que 5 % por lo que se acepta H_0 , la distribución de frecuencias de la diferencia de la mantenibilidad es paramétrica, nos indicó que para el contraste de la hipótesis de la investigación se debe emplear la prueba paramétrica T de Student de parejas relacionadas la cual compara las medias de la población en diferentes momentos (antes y después).

Prueba de normalidad de disponibilidad

H_0 : La distribución de frecuencias de la diferencia de la disponibilidad es paramétrica

H_1 : La distribución de frecuencias de la diferencia de la disponibilidad es no paramétrica

Postulado: Se acepta H_0 si la significancia (la probabilidad generada con el estadístico de prueba Shapiro Wilk) es mayor o igual que 5 %

Tabla 27. Prueba de normalidad de diferencia de la disponibilidad

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad_ Dif	,200	13	,163	,899	13	,128

Fuente: Propia SPSS

La significancia obtenida en la tabla 27 es 12.8 % es mayor que 5 % por lo que se

acepta H_0 , la distribución de frecuencias de la diferencia de la disponibilidad es paramétrica, nos indicó que para la comparación de la hipótesis de la instigación se debe emplear la prueba paramétrica de T de Student de parejas relacionadas.

Prueba de hipótesis de la confiabilidad

El mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánica de la empresa PICOFAM S.A.C, Lima 2023

$H_0: M_A = M_D$

$H_1: M_A \neq M_D$, se acepta H_0 si la significancia es $\geq 5\%$

Tabla 28. Prueba signos de Wilcoxon de la confiabilidad

	Confiabilidad_Pretest - Confiabilidad_Posttest
Z	-3,180
Sig. asintótica (bilateral)	,001

Fuente: software SPSS

En la tabla 28 se muestra la significancia de 0.1 % la que comparada con el error de 5 % resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , indicando que la mediana de los datos después es diferente a la mediana de los datos antes, el incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico g de Hedges cuyo valor puntual es 13.5 indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medianas poblacionales es grande.

De acuerdo a la tabla 29, la diferencia de medianas es 18.87 % con un rango intercuartil de 1.71 % y un intervalo de confianza el cual tiene como límite inferior de 15.415 % y un límite superior de 22.255 %.

Tabla 29. Estadísticos de la diferencia Post Test y Pre Test de la confiabilidad

Confiabilidad		
PST – PT		
N	Tomados	13
	No Tomados	-
Media		,1863
Mediana		,1887
Desviación estándar		,01684
Varianza		,000
Percentiles	25 = Cuartil 1	,1798
	50 = Cuartil 2	,1887
	75= Cuartil 3	,1966
Rango Inter cuartil (RIC)		,00171

Fuente: software SPSS

Los datos de media, mediana, desviación estándar, varianza, percentiles fueron determinados de la diferencia post test y pre test de la confiabilidad y llevados al software SPSS, con los datos se pudo calcular el rango intercuartil y los límites superiores e inferiores de la mediana con un nivel de confianza del 95.4 %

Prueba de hipótesis de la mantenibilidad

El mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánica de la empresa PICOFAM S.A.C, Lima 2023

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

Postulado: Se acepta H_0 si la significancia o probabilidad calculada con el estadístico de prueba de signos de Wilcoxon, es mayor o igual a 5 %

Tabla 30. Prueba T de student de parejas relacionadas de la mantenibilidad

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Mantenibilidad_Postest - Mantenibilidad_Prestest	,20718	,00899	,00249	,20175	,21261	83,130	12	,000

Fuente: software SPSS

En la tabla 30, se muestra la significancia de 6.1249×10^{-16} % la que comparada con el error de 5 % resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , indicando que la media de los datos después es diferente que los datos de la media antes.

El incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico d de Cohen cuyo valor puntual es 23 como muestra la tabla 31.

Indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medias poblacionales es grande teniendo un límite inferior de 13.2 y un límite superior de 32.0, el cual se analiza con la estimación puntual de diferencia de medias cuyo valor es 20.7 % con un error estándar medio de la diferencia de 0.25 % un nivel de confianza de 95.4 % generando el siguiente intervalo inferior 20.2 % y superior 21.3 %

Tabla 31. Estadístico d de Cohen para la mantenibilidad

	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Intervalo de Confianza al 95.4%		Tamaño del Efecto	Intervalo de Confianza al 95.4%	
			Inferior	Superior		Inferior	Superior
Diferencia Mantenibilidad	0.207	0.00249	0.202	0.213	La d de Cohen 23	13.2	32

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

Fuente: software Jamovi

Prueba de hipótesis de la disponibilidad

El mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánica de la empresa PICOFAM S.A.C, Lima 2023

$$H_0: \mu_A = \mu_D$$

$$H_1: \mu_A \neq \mu_D$$

Se acepta H_0 si la significancia es $\geq 5\%$

Tabla 32. Prueba T de Student de parejas relacionadas de la disponibilidad

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Disponibilidad_Protest - Disponibilidad_Prestest	,13238	,01161	,00322	,12537	,13940	41,104	12	,000

Fuente: software SPSS

En la tabla 32 se muestra la significancia es de $2.7842 \times 10^{-12}\%$ la que comparada con el valor frontera de 5% resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , indicando que la media de los datos después es diferente que los datos de la media antes. El incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico d de Cohen cuyo valor puntual es 11.5 como muestra la tabla 33. Indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medias poblacionales es grande teniendo un límite inferior de 6.83 y un límite superior de 15.9, el cual se analiza con la estimación puntual de diferencia de medias cuyo valor es 13.2% con un error estándar medio de la diferencia de 0.32% un nivel de confianza de 95.4% generando el siguiente intervalo inferior 12.5% y superior 13.9% .

Tabla 33. Estadístico *d* de Cohen para la disponibilidad

	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Intervalo de Confianza al 95.4%		Tamaño del Efecto	Intervalo de Confianza al 95.4%		
			Inferior	Superior		Inferior	Superior	
Diferencia Disponibilidad	0.132	0.0032	0.125	0.139	La <i>d</i> de Cohen	11.5	6.83	15.9

Nota. $H_a: \mu_{\text{Medida 1}} - \mu_{\text{Medida 2}} \neq 0$

Fuente: software Jamovi

V. DISCUSIÓN

Como objetivo general se consideró, evaluar la aplicación del mantenimiento preventivo en la mejora de la disponibilidad de equipos de soldadura en el taller metalmeccánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, por ello, se investigó el concepto de disponibilidad como un sistema o sus componentes realizan las tareas de manera óptima en un momento desconocido, esto significa que un equipo debe estar disponible mientras se espera la operación, la medida en que puede realizar sus tareas, con instrucciones de disponibilidad, si es necesario (BICEN, 2019). Con respecto a la hipótesis general, se rechazó la hipótesis nula H_0 y se afirmó la hipótesis alterna H_1 a causa de que la significancia en la prueba T de student de pares relacionados fue de 2.7842×10^{-14} la que comparada con el valor frontera de 5 % resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , el incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico d de Cohen cuyo valor puntual es 11.5, indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medias poblacionales es grande teniendo un límite inferior de 6.83 y un límite superior de 15.9, el cual se analiza con la estimación puntual de diferencia de medias cuyo valor es 13.2 % con un error estándar medio de la diferencia de 0.32 % un nivel de confianza de 95.4 % generando el siguiente intervalo inferior 12.5 % y superior 13.9 %. Los resultados de la siguiente investigación concurren con lo logrado en la investigación de ALBA & CHINCHAY (2019), quien encontró que la disponibilidad mejoró en un 8 % luego de aplicar el mantenimiento preventivo en equipos. Existe un interés en la empresa para implementar metodologías de mejora continua. Las técnicas empleadas en la tesis de ALBA & CHINCHAY (2019) fueron acopio de información por observación, los instrumentos empleados en la tesis de ALBA & CHINCHAY fueron la ficha de observación, el tamaño de la muestra de la tesis de ALBA & CHINCHAY (2019) fueron cuatro meses de toma de datos de 20 equipos antes y después de la implementación, mientras que en la investigación las técnicas fueron observación y análisis documental, los instrumentos fueron ficha de observación, check list y cronómetro el tamaño de la muestra fue la toma de datos de 13 semanas antes y después de la implementación. El

antecedente y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que el análisis de la disponibilidad se encuentra presente en las empresas peruanas, no obstante, el encontrar la disponibilidad de las maquinarias en una empresa es determinante con ello podemos tener de manera real, que tiempo podemos contar con la maquinaria de este modo poder saber la capacidad y con ello una mejor utilización en el desarrollo del trabajo.

Como objetivo específico 1 se consideró, evaluar la aplicación del mantenimiento preventivo en la mejora de la confiabilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023., por ello, se investigó el concepto de confiabilidad y es definida como predeterminado nivel de confianza dirigido hacia un componente, un equipo o un sistema que realiza una función básica durante un período de tiempo y en condiciones que cumplen con los estándares operativos (BICEN, 2019). Con respecto a la hipótesis general 1, se rechazó la hipótesis nula H_0 y se afirmó la hipótesis alterna H_1 a causa de que la significancia en la prueba signos de Wilcoxon fue de 0.1 % la que comparada con el valor frontera de 5 % resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , indicando que la mediana de los datos post test es diferente a la mediana de los datos pre test, el incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico g de Hedges cuyo valor puntual es 13.5 indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medianas poblacionales es grande, la diferencia de medianas en forma puntual es 18.87 % con un rango inter cuartil de 1.71 % y un intervalo de confianza el cual tiene como límite inferior de 15.415 % y un límite superior de 22.255 %. Los resultados de la siguiente investigación concurren con lo logrado en la investigación de LUJÁN (2020), quien encontró que la confiabilidad mejoró en un 34.3 % luego de aplicar el mantenimiento preventivo en equipos. Existe un interés en la empresa para implementar metodologías de mejora continua. Las técnicas empleadas en la tesis de LUJÁN (2019) fueron por observación directa, y la entrevista personal, los instrumentos empleados en la tesis de LUJÁN (2019) fueron ficha de observación, reporte de fallas ficha técnicas de equipos, el tamaño de la muestra de la tesis de LUJÁN (2020) fueron 12 meses de toma de datos de

16 equipos antes y después de la implementación, mientras que en la investigación las técnicas fueron observación y análisis documental, los instrumentos fueron ficha de observación, check list, cronómetro el tamaño de la muestra fue la toma de datos de 13 semanas antes y después de la implementación. El antecedente y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que el análisis de la confiabilidad se encuentra presente en las empresas peruanas, por otro lado, tener un constante seguimiento del tiempo promedio de fallas hará que nuestra confiabilidad de las máquinas tenga un seguimiento más predominante, evaluar las causas para poder eliminarlas o en lo posible disminuirlas.

Como objetivo específico 2 se consideró, evaluar la aplicación del mantenimiento preventivo en la mejora de la mantenibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, por ello, se investigó el concepto de la mantenibilidad y es definida es una calificación a un dispositivo, por su desplazamiento de ser regenerado para el auxilio cuando se ejecuta la labor de sostenimiento ineludible (MUÑOZ, 2017). Con respecto a la hipótesis general 2, se rechazó la hipótesis nula H_0 y se afirmó la hipótesis alterna H_1 a causa de que la significancia en la prueba T de Student de pares relacionados fue de 6.1249×10^{-18} la que comparada con el valor frontera de 5 % resulta ser menor por lo que se rechaza H_0 , indicando que la media de los datos después es diferente que los datos de la media antes, el incremento se analizó con el tamaño del efecto del estadístico d de Cohen cuyo valor puntual es 23, indicando que el tamaño del efecto de la diferencia de medias poblacionales es grande teniendo un límite inferior de 13.2 y un límite superior de 32.0, el cual se analiza con la estimación puntual de diferencia de medias cuyo valor es 20.7 % con un error estándar medio de la diferencia de 0.25 % un nivel de confianza de 95.4 % generando el siguiente intervalo inferior 20.2 % y superior 21.3%. Los resultados de la siguiente investigación concurren con lo logrado en la investigación FAYZIMATOV *et al.* (2018), quien encontró que la mantenibilidad mejoró en un 25 % luego de aplicar el mantenimiento preventivo en equipos. Existe un interés en la empresa para implementar

metodologías de mejora continua. Las técnicas empleadas en la investigación de FAYZIMATOV *et al.* (2018) fueron por observación directa y acopio de información (data), los instrumentos empleados en la investigación de FAYZIMATOV *et al.* (2018) fueron ficha de observación, reporte de fallas ficha técnicas de equipos y software de modelamiento de datos, el tamaño de la muestra de la investigación de FAYZIMATOV *et al.* (2018) fueron los datos de horas semanales de trabajo de dos máquinas, mientras que en la investigación las técnicas fueron observación y análisis documental, los instrumentos fueron ficha de observación, check list, cronómetro el tamaño de la muestra fue la toma de datos de 13 semanas antes y después de la implementación. El antecedente y sus coincidencias con la presente investigación, evidencian que el análisis de la mantenibilidad se encuentra presente en las empresas peruanas, el llevar un control sobre el tiempo medio de reparación hará que podamos desarrollar la mantenibilidad del equipo.

VI. **CONCLUSIONES**

Primera: Respecto a la hipótesis general, el mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, la disponibilidad incrementó en 13.24 %

Segunda: Respecto a la hipótesis específica 1, el mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, la confiabilidad incrementó en 18.63 %

Tercera: Respecto a la hipótesis específica 2, el mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de soldadura del taller metalmecánico en la empresa Picofam SAC., Lima 2023, la mantenibilidad incrementó en 20.72 %

VII. **RECOMENDACIONES**

Primera: Con respecto a la disponibilidad, realizar capacitaciones de mejora continua al personal operativo, con respecto a las buenas prácticas de trabajo correspondiente al uso de equipos de soldadura e inculcar la prevención de fallas, se incluiría la implementación de las 5S.

Segunda: Con respecto a la confiabilidad, hacer una inspección diaria antes y después del uso del equipo de soldadura, cumplir estrictamente el cronograma de mantenimiento preventivo.

Tercera: Con respecto a la mantenibilidad, tomar datos de todas las operaciones que se ejecutan a las maquinarias, con los formatos establecidos, con el propósito de recopilar data y realizar hojas de vida, con esto se podrá analizar y obtener el tipo de falla más común y tomar una acción preventiva. Realizar una clasificación ABC de los repuestos con ello se puede contar con un stock.

REFERENCIAS

- ABBASSI, ROUZBETH, *et. al.* 2022. 2022, Process Safety and Environmental Protection, Vol. 165, págs. 776-790.
- ALBA Rosales, Franklin & CHINCHAY Guerrero, William. Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos - unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2019. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Industrial, 2018. 179 pp.
- AMY, H. 2021. What Is Equipment Reliability And How Do You Improve It? Nonstop Group. [En línea] 2021. [Citado el: 10 de octubre de 2022.] <https://reliability.thenonstopgroup.com/equipment-reliability/>.
- AN, Youjun, y otros. 2022. Joint optimization of preventive maintenance and production rescheduling with new machine insertion and selection of processing speed. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Universidad de Chongqing, China: Universidad de Ciencia y Tecnología Electrónica de China, Chengdu, 2022. Artículo. 09518320.
- APAZA, Ticona, Rodrigo. 2020. Implementación de programas preventivos en el mantenimiento de equipos críticos de una planta de producción metalmecánica. Facultad de ingeniería de procesos, Universidad nacional San Agustín de Arequipa. Arequipa: Repositorio UNSA, 2020. págs. 1-111, Tesis.
- ARANGO Marín, Jaime Antero, ROSERO Otero, Silvio León y MONTTOYA Arias, Mario Enrique. 2020. 23, Colombia: s.n., 2020, págs. 37-44.
- BELTRAN Freite, Mayra Alejandra, FUENTES Polo, Brainer Yesid y MARTINEZ Ramírez, Katherin Dayana. 2014. Definición de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos clasificados como críticos e identificación de las

fallas mecánicas de mayor impacto en la planta de producción de Itacol S.A. Barranquilla. Universidad de la Costa. Barranquilla: s.n., 2014. pág. 179.

BICEN, Samet. 2019. Proposing A Reliability Availability Maintainability (Ram) Analysis In Shipboard Machinery Systems. Istanbul Technical University. Estambul, Turquía: s.n., 2019. pág. 99, [degree thesis].

CHANG Nieto, Enrique. 2008. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: s.n., 2008. pág. 94.

CHEN, Lu, WANG, Jinfeng y YANG, Wenhui. 2021. A single machine scheduling problem considering machine availability constraints. Departamento de Ingeniería y Gestión Industrial, Universidad Jiao Tong de Shanghai. China: Shanghai Jiaotong Daxue Xuebao/Diario de la Universidad de Shanghai Jiaotong, 2021. págs. 103-110, Artículo. 10062467.

A single machine scheduling problem with machine availability constraints and preventative maintenance. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Jiao Tong de Shanghai. China: Revista internacional de investigación de producción, 2021. págs. 2708 - 2721, Artículo. 00207543.

CHRISTIANSEN, Bryan. 2022. How to improve the maintainability of critical assets. Plan Engineering. [En línea] 25 de January de 2022. [Citado el: 10 de October de 2022.]<https://www.plantengineering.com/articles/how-to-improve-the-maintainability-of-critical-assets/>.

COGOLLO Henao, Freddy y MILANES Diaz, José Carlos. 2006. Plan de mantenimiento preventivo para los talleres de: Máquinas y herramientas, soldadura y fundición de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias: s.n., 2006. pág. 120.

DIESTRA Juan, Esquivel Lourdes, GUEVARA Robert. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la

disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *ingeniería: Ciencia, tecnología innovación*, 4(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v4i1.530>

DUFFUAA, Salih O., RAOUF, A. y DIXON Campbell, Jhon. 2000. Sistema de mantenimiento planeación y control. México: Limusa S.A. de C.V., 2000. págs. 1-404.

ERAZO Águila, Victor Bartolo. 2019. "Plan de mantenimiento preventivo total para mejorar la disponibilidad de las unidades móviles del Programa Juntos, Piura 2019. Universidad Cesar Vallejo. Piura, Perú: s.n., 2019. [tesis de Titulación].

FAYZIMATOV, Ulugbek *et. al.* 2018. 8, 2018, Int J Performability Eng, Vol. 14, págs. 1833-1841.

FIIX. 2022. Preventive maintenance. Fiix by Rockwell Automation. [En línea] 10 de october de 2022. <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/preventative-maintenance/>.

GALVÁN, J. Calculando correctamente la disponibilidad operacional. CMC Latam. [En línea] [Citado el: 22 de noviembre de 2022.] <https://cmc-latam.com/wp-content/uploads/2022/01/CALCULANDO-CORRECTAMENTE-LA-DISPONIBILIDAD-OPERACIONAL%E2%80%8B.pdf>.

GEFASOFT. 2022. Machine monitoring to increase equipment availability. Gefasoft. [En línea] 10 de october de 2022. <https://www.gefasoft.de/en/machine-monitoring-to-improve-plant-availability/>.

GÓMEZ Vargas, Oscar Armando & ORTIZ Domínguez, Martín. 2022. Análisis de falla, ¿cómo afecta una evaluación? Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [En línea] 11 de noviembre de 2022. <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/analisis-falla/index.html>.

GRIMALDO, A.F, Macacuay, J.A & VILCHEZ, E.D. 2021. Application of Method Engineering Tools to Improve the Productivity of the Productive System in the Andes Textile Company. Perú: Scopus, 2021. págs. 61 - 70. 21954356.

- GUTIÉRREZ Bueno, Janet & LLANOS Gonzales, Ana. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos médicos en el Centro de Salud de los Baños del Inca. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Industrial, 2022. 137 pp.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto & MENDOZA Torres, Christian Paulina. 2018. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. s.l.: McGraw-Hill INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V., 2018. págs. 1-753.
- HIERSCHKE, David. 2022. What Is Overall Equipment Effectiveness? Tool Sense. [En línea] 10 de october de 2022. <https://toolsense.io/glossary/oeef/>.
- HUPJE, Erik. 2021. 9 Types of maintenance: How to choose the right maintenance strategy. Roadtoreliability. [En línea] 2021. <https://roadtoreliability.com/wp-content/uploads/2021/10/9-Types-of-maintenance-how-to-choose-the-right-maintenance-strategy.pdf>.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHARMACEUTICAL ENGINEERING. 2020. Good Practice Guide: Equipment Reliability. International Society for Pharmaceutical Engineering. [En línea] december de 2020. [Citado el: 10 de october de 2022.] <https://ispe.org/publications/guidance-documents/equipment-reliability#>.
- IOT and machine learning enable predictive maintenance for manufacturing systems: a use-case of laser welding machine implementation. Van, Tung Tran, y otros. 2022. 2022, Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories, págs. 1-6. <https://ssrn.com/abstract=4073901>.
- JAKKULA, Balaraju, Mandela, Govinda, Raj & CHIVUKULA, Suryanarayana, Murthy. 2022. Load Haul Dumpers (LHD) Reliability, Availability, and Maintainability (RAM) Research: A Case Study. Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad Tecnológica de Lulea, Suecia. India: Revista internacional de ingeniería y gestión de garantía de sistemas, 2022. págs.

504 - 515, Artículo. 09756809.

JARAMILLO Suárez, Héctor Enrique, *et al.* 2008. Evaluación y análisis de fallas de componentes estructurales desde la óptica de la mecánica de fractura. Universidad Autónoma de Occidente. Colombia: s.n., 2008.

KUMER Sarker, Alok. 2019. Development of a preventive maintenance schedule and evaluation of overall equipment effectiveness in a selected garment factory: A case study. Bangladesh University of Engineering and Technology. Dhaka : s.n., 2019. pág. 79.

LAUZIER, Jacob. 2022. How To Calculate And Improve Machine Availability. Machine Metrics. [En línea] 10 de february de 2022. <https://www.machinometrics.com/blog/machine-availability>.

LI, Zhe, Kristoffersen, Eivind & LI, Jingyue. 2022. Deep Transfer Learning for Failure Prediction on All Failure Types. Noruega: Informática e Ingeniería Industrial, 2022. 03608352.

LIMBLECMMS. 2022. 7 Tried-and-Tested Ways to Improve Equipment Reliability. LimbleCMMS. [En línea] 2022. <https://limblecmms.com/blog/equipment-reliability/>.

LUJÁN Lezama, Jossimar. 2020. Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y sus efectos en la disponibilidad de máquinas de soldadura en la empresa Weldes Perú SAC. Universidad Privada del Norte. Lima: s.n., 2020. pág. 143.

LEONG Chee, Him, YU Yong, Poh y LEE Wah, Pheng. 2020. 2020, International Conference on Digital Transformation and Applications.

MEJÍA, Carbajal, Josimar, Percy & IBARAN, Vasquez, John, Lander. 2021. Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metalmecánica de la Región. Facultad de ingeniería y arquitectura, Universidad Cesar Vallejo. Lima: Repositorio UCV, 2021. págs. 1-120, Tesis.

- MESA Grajales, Dairo, ORTIZ Sánchez, Yesid y PINZÓN, Manuel. 2006. 30, mayo de 2006, Scientia et Technica, Vol. XII, págs. 155-160.
- MICROMAIN. 2022. What Is Breakdown Maintenance? Micromain. [En línea] 10 de october de 2022. <https://www.micromain.com/breakdown-maintenance/>.
- MUJICA Cortijo, Greicy Brigitte & SARMIENTO Rojas, Edith Vonavi. 2020. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las grúas en AGROMAR S.A.C. 2020. Universidad César Vallejo. Chimbote: s.n., 2020. pág. 336.
- Muñoz (SF), libro de mantenimiento industrial, Universidad Carlos III Madrid, España
- NASIR. 2021. What is Overall Equipment Efficiency (OEE) and how to calculate it? Logiccladder. [En línea] 29 de october de 2021. <https://www.logicladder.com/overall-equipment-efficiency/>.
- PABLO, Amrit, Raj, BISWAS, Shatarupa y MUKHERIEE, Manidipto. 2022. Conceptualization of a novel technique to incorporate artificial intelligence in preventive and predictive maintenance in tandem. Academia de Investigación Científica e Innovadora, Uttar Pradesh, Ghaziabad, CSIR-Instituto de Investigación de Ingeniería Mecánica Central, Bengala Occidental, Durgapur. India: Materiales hoy: Actas, 2022. Revista. 22147853.
- PERALTA Salvatierra, Guido. Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de la empresa metal mecánica AR&ML Constructores EIRL, San Juan de Lurigancho. Tesis (Maestro en Gerencia de Mantenimiento). Callao: Universidad Nacional del Callo, Escuela de Posgrado, 2019. 166 pp.
- PÉREZ Rondón, Félix Antonio. 2021. Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Universidad Santo Tomás. Bucaramanga: s.n., 2021. pág. 112.
- RAYME Flores, Maricielo Scarlett. 2021. Lima: s.n., 2021.

- RIVAS García, Eulises David. 2006. Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas: s.n., 2006. pág. 215.
- RODRIGUEZ, Gabriel. 2021. Planificación y control del mantenimiento (PCM): ¿qué es y cómo se hace? [En línea] 8 de mayo de 2021. [Citado el: 22 de noviembre de 2022.] <https://www.2workers.com/post/planificaci%C3%B3n-y-control-del-mantenimiento-pcm-qu%C3%A9-es-y-c%C3%B3mo-se-hace>.
- RUIZ, Rodríguez, Marcelo, Luis, *et al.* 2022. Predictive maintenance based on multi-agent deep reinforcement learning on parallel machines. Luxemburgo: Universidad de Luxemburgo, 2022. Vol. 78. 07365845.
- SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Primera. s.l. : Bussiness Support Aneth S.R.L., 2018. pág. 146.
- SÁNCHEZ, Shira, Pedro, Jesús. 2020. Propuesta de gestión de mantenimiento para la mejora de la productividad de las máquinas de soldar en el área de producción en una empresa metalmecánica Talara-2020. Facultad de ingeniería y arquitectura, Universidad de Cesar Vallejo. Lima: Repositorio UCV, 2020. págs. 1-81, Tesis.
- SOURGET, Lénaïc. 2022. How to evaluate the maintainability of your equipment with a CMMS. Mobility Work. [En línea] 11 de march de 2022. [Citado el: 10 de october de 2022.] <https://mobility-work.com/blog/evaluate-maintainability-equipment-cmms/>.
- TERRANOVA, Jhonatan. 2022. Sector metalmecánico multiplica el empleo por cuatro y depende de la inversión minera. Economía, Noticias. Lima: Diario gestión, 2022. págs. 1-2, Noticias.
- TIWARI, S, K, SINGH, R, k y KUMAR, B. 2022. Optimizing PM Ranges for Manufacturing Industries Using Lag Time and MOGA Analysis. India: Jordan Revista de Ingeniería Mecánica e Industrial, 2022. págs. 327 - 332.

19956665.

TRAINI, E., Bruno, G. & LOMBARDI, F. 2020. 23, 2020, International Journal of Production Research, Vol. LIX.

UPKEEP TECHNOLOGIES, INC. 2022. Maintainability. UpKeep Technologies, Inc. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de october de 2022.] <https://www.upkeep.com/learning/maintainability#c%C3%B3mo-medir-la-mantenibilidad>.

VELASCO, Gallego, Christian & LAZAKIS, Iraklis. 2022. RADIS: an intelligent real-time anomaly detection system for marine machinery fault diagnosis. [ed.] Sistemas Expertos con Aplicaciones. Reino Unido: Universidad de Strathclyde, 2022. Vol. 204. 09574174.

VELÁSQUEZ Rodríguez, Esther & CUSTODIO Ruiz, Ángel. 2011. 59, Venezuela: s.n., 2011, Vol. XV.

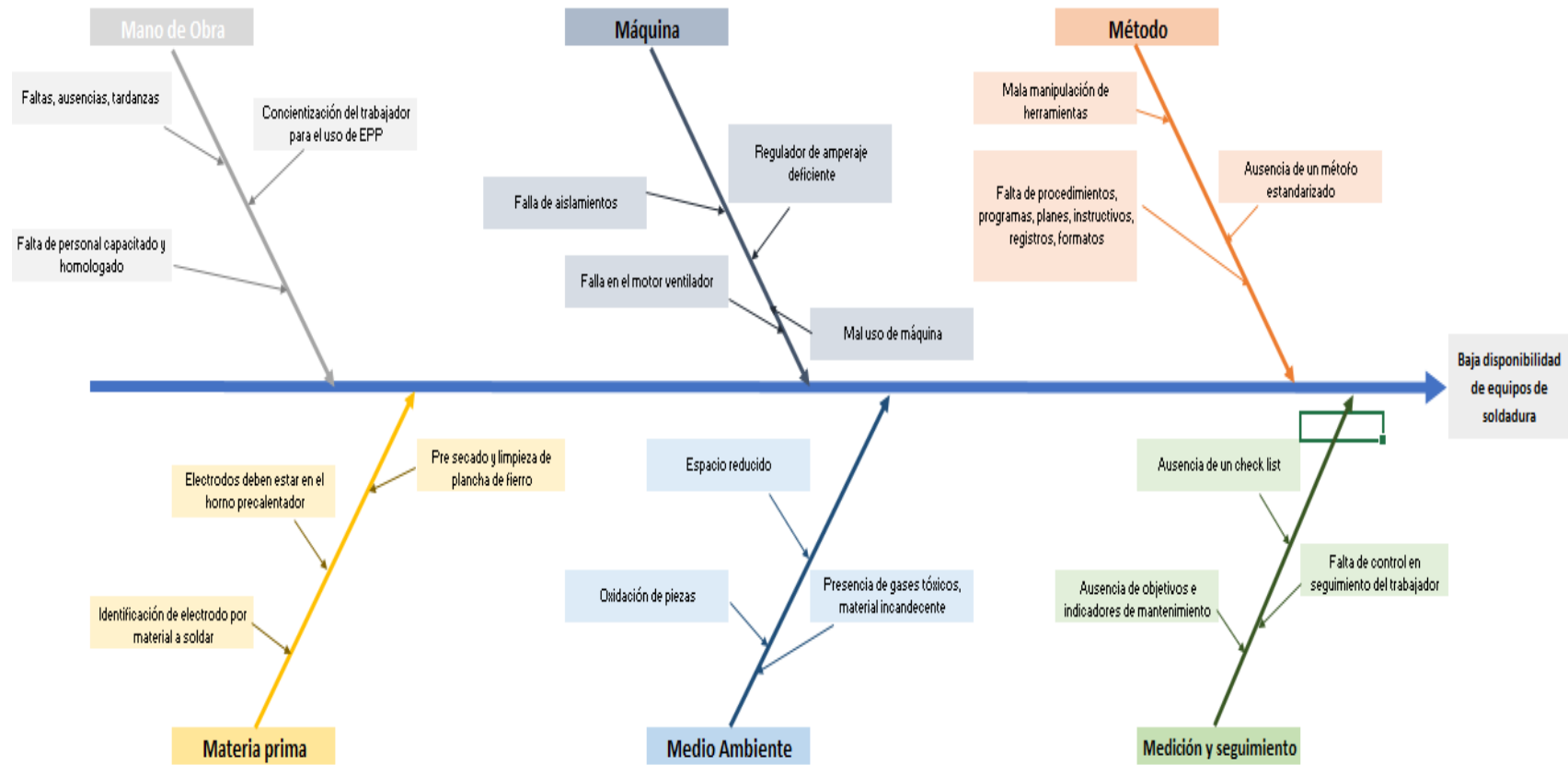
WANNAWISSET, S & TANGJITSITCHAROEN, S. 2019. 2019, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

WANG, Rongcai, *et al.* 2021. Optimizing the availability of two-dimensional warranty products under imperfect preventive maintenance. Novena Base de Entrenamiento Integral del Ejército, Universidad de Ingeniería del Ejército, China: Campus de Shijiazhuang de la Universidad de Ingeniería del Ejército, 2021. págs. 8099 - 8109, Artículo. 21693536.

YAMATO Scale Dataweigh (Uk) Ltd. 2022. What is overall equipment efficiency (OEE)? Yamato Scale Dataweigh (Uk) Ltd. [En línea] 10 de october de 2022. <https://www.yamatoscale.co.uk/what-is-overall-equipment-efficiency-oeef/>.

ANEXOS

Anexo 01: Diagrama de Ishikawa



Fuente: el investigador

Anexo 02: Matriz de correlación de Vester

			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	Total, de activos
Faltas, ausencias y tardanzas	L	C1	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	1	3	3	1	5	3	3	3	43
Falta de personal capacitado y homologado	L	C2	3	3	0	0	0	0	0	1	3	3	1	1	1	1	0	0	1	1	3	19
No utilización de los EPP's	L	C3	0	5	3	1	0	0	0	3	3	1	0	0	3	1	1	5	3	3	5	34
Falla de aislamientos	L	C4	0	0	1	3	1	0	1	1	3	1	0	0	0	1	0	3	0	1	5	18
Falla en el motor ventilador	L	C5	0	1	0	3	3	0	3	1	3	1	0	0	0	5	0	3	3	3	5	31
Regulador de amperaje	L	C6	0	0	0	1	0	3	3	1	1	0	0	0	1	3	0	0	1	3	3	20
Mal uso de la maquina	OP	C7	1	3	0	3	0	1	3	1	3	1	1	0	1	0	0	0	3	3	3	24
Mala manipulación de herramientas	OP	C8	0	3	0	3	0	1	1	3	1	0	1	0	1	0	3	1	1	3	22	
Falta de procedimientos, registros, instructivos, formatos	L	C9	0	3	3	0	1	1	3	3	1	1	0	3	0	0	3	3	1	1	27	
Ausencia de un método estandarizado	L	C10	1	1	3	0	0	0	3	1	1	1	1	1	1	0	1	3	3	1	3	24
Electrodos deben estar en el horno precalentador	OP	C11	0	3	0	0	0	0	0	3	1	3	5	0	0	1	3	1	0	3	23	
Identificación de electrodo por material a soldar	OP	C12	0	1	5	0	0	5	1	0	0	0	3	1	1	3	3	3	3	1	30	
Pre secado y limpieza de plancha de fierro	OP	C13	0	3	3	0	0	0	1	1	1	3	3	3	0	3	3	1	1	3	29	
Espacio reducido	L	C14	0	1	3	1	1	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	1	16
Oxidación de piezas	OP	C15	1	0	3	1	1	0	1	0	1	3	1	1	3	1	3	3	1	3	27	
Presencia de gases tóxicos, material incandescente	OP	C16	0	0	5	3	1	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	3	3	3	23	
Ausencia de un check list	OP	C17	0	1	3	0	3	3	1	1	1	3	0	0	0	0	3	3	3	3	25	
Ausencia de objetivos e indicadores de mantenimiento	OP	C18	0	3	1	1	1	0	3	3	3	3	1	1	0	0	3	3	1	3	30	
Falta de control en el seguimiento del trabajador	OP	C19	3	1	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1	0	3	3	3	3	41	
		Total, de pasivos	9	32	36	20	12	15	27	26	35	37	16	15	19	17	16	46	39	35	54	
Niveles de relación		Nivel																				
Fuerte		5																				
Media		3																				
Débil		1																				
Sin relación		0																				

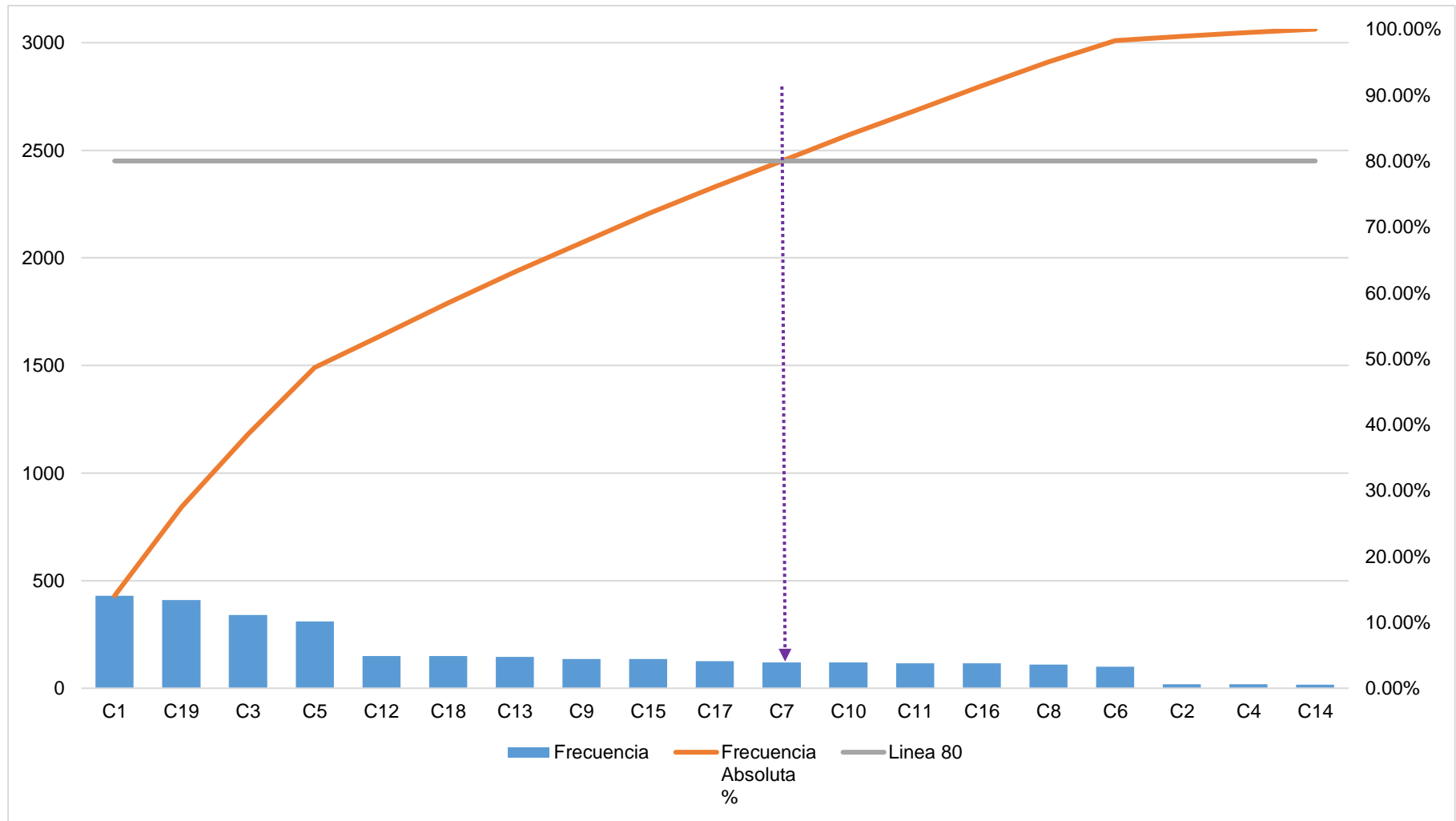
Fuente: el investigador

Anexo 03: Tabla de porcentajes acumulados

Causas	Dep	Código	Puntaje Influencia	Puntaje Nivel	Nivel	Frecuencia	Frecuencia %	Frecuencia Absoluta %	Línea 80
Faltas, ausencias y tardanzas	L	C1	43	10	ALTA	430	14.04%	14.04%	80%
Falta de control en el seguimiento del trabajador	OP	C19	41	10	ALTA	410	13.39%	27.42%	80%
No utilización de los EPP's	L	C3	34	10	ALTA	340	11.10%	38.52%	80%
Falla en el motor ventilador	L	C5	31	10	ALTA	310	10.12%	48.65%	80%
Identificación de electrodo por material a soldar	OP	C12	30	5	MEDIA	150	4.90%	53.54%	80%
Ausencia de objetivos e indicadores de mantenimiento	OP	C18	30	5	MEDIA	150	4.90%	58.44%	80%
Pre secado y limpieza de plancha de fierro	OP	C13	29	5	MEDIA	145	4.73%	63.17%	80%
Falta de procedimientos, registros, instructivos, formatos	L	C9	27	5	MEDIA	135	4.41%	67.58%	80%
Oxidación de piezas	OP	C15	27	5	MEDIA	135	4.41%	71.99%	80%
Ausencia de un check list	OP	C17	25	5	MEDIA	125	4.08%	76.07%	80%
Mal uso de la maquina	OP	C7	24	5	MEDIA	120	3.92%	79.99%	80%
Ausencia de un método estandarizado	L	C10	24	5	MEDIA	120	3.92%	83.90%	80%
Electrodos deben estar en el horno precalentador	OP	C11	23	5	MEDIA	115	3.75%	87.66%	80%
Presencia de gases tóxicos, material incandescente	OP	C16	23	5	MEDIA	115	3.75%	91.41%	80%
Mala manipulación de herramientas	OP	C8	22	5	MEDIA	110	3.59%	95.00%	80%
Regulador de amperaje	L	C6	20	5	MEDIA	100	3.26%	98.27%	80%
Falta de personal capacitado y homologado	L	C2	19	1	BAJA	19	0.62%	98.89%	80%
Falla de aislamientos	L	C4	18	1	BAJA	18	0.59%	99.48%	80%
Espacio reducido	L	C14	16	1	BAJA	16	0.52%	100.00%	80%
							100.00%		

Fuente: el investigador

Anexo 04: Diagrama de Pareto



Fuente: el investigador

Anexo 05: Matriz de estratificación de las causas

Estratificación de las causas

CONSOLIDACIÓN DE CAUSAS POR AREAS	Medición	Mano de obra	Materia prima	Ambiente	Maquinaria	Métodos	NIVEL DE CRITICIDAD	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
Procesos	0	0	24	0	14	36	ALTO	74	67%	10	740	1	Estudio de trabajo
Gestión	9	10	0	0	0	0	ALTO	19	17%	9	171	2	Gestión de mantenimiento
Mantenimiento	0	0	0	14	3	0	MEDIO	17	15%	8	136	3	Disponibilidad de equipos
Total, de Problemas	9	10	24	14	17	36		110	100%				

CONSOLIDACIÓN DE CAUSAS POR AREAS	Medición	Mano de obra	Materia prima	Ambiente	Métodos	NIVEL DE CRITICIDAD	Total de problemas	Porcentaje	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
Sistema integrado de gestiones	63	0	0	14	368	ALTO	445	51.6%	8	3560	1	Gestión almacenamiento: ABC
Recursos humanos	30	99	0	34	36	MEDIO	199	23.1%	5	995	2	Gestión RR.HH. Software
SOMA	1	0	0	0	22	MEDIO	86	10.0%	3	258	3	SGSST
Logística	1	0	2	0	111	MEDIO	111	12.9%	3	333	4	Ventas horarias de
Operaciones	1	2	2	0	22	BAJO	22	2.5%	1	22	5	Programa
Total, de problemas	96	101	4	48	559		863	100%				

Matriz de solución de problema

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				Total
	Solución a la problemática	Costo de aplicación	Facilidad de aplicación	Tiempo de aplicación	
Gestión de mantenimiento	2	1	2	2	7
Disponibilidad de equipos	1	1	2	2	6
Estudio de trabajo	0	1	2	2	5
No bueno (0)-Bueno (1)-Muy Bueno (2)					
Los criterios fueron establecidos con el jefe de producción					

Anexo 06: Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumentos	Unidad de medida	Formula
V1: Mantenimiento preventivo	Es un conjunto de tareas diseñadas para abordar la fuente de posibles fallas de actividad. Se puede planear y programar basado en el uso, el tiempo o el estado del equipo (Duffuaa et al., 2000).	La variable fue analizada a partir de sus dimensiones: Identificación de fallas, Inspección de máquinas, Programación del mantenimiento y Control del mantenimiento a través del Check list (preprueba – posprueba).	Identificación de fallas	Porcentaje de fallas	Razón	Observación	check list	Diario	$IF(\%) = \frac{\text{Numero de fallas imprevistas}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100\%$
			Inspección de máquinas	Cantidad e inspecciones realizadas	Razón	Observación	check list	Diario	$IM(\%) = \frac{\text{Números de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}} \times 100$
			Programación del mantenimiento	Cronograma de mantenimiento	Razón	Observación	check list	Mensual	$MP(\%) = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el MP}}{\text{Total de máquinas}} \times 100$
			Control del mantenimiento	Índice de control de mantenimiento	Razón	Observación	check list	Diario	$CM(\%) = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el MP}}{\text{Horas – Hombre ejecutadas para el MP}} \times 100$
V2: Disponibilidad de equipos	Se define como el grado en que un sistema o sus componentes realizan las tareas de manera óptima en un momento desconocido. Esto significa que un equipo debe estar disponible mientras se espera la operación. La medida en que puede realizar sus tareas, con instrucciones de disponibilidad, si es necesario (Biçen, 2019).	La variable fue analizado a partir de sus dimensiones: Confiabilidad y mantenibilidad a través del Check list(preprueba – posprueba).	D1: Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas de equipos	Razón	Observación	check list	Mensual	$Confiabilidad = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$
			D2: Mantenibilidad	Tiempo de reparación	Razón	Observación	check list	Mensual	$Mantabilidad = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$

Anexo 07. Validez por juicio de expertos

Validez de contenido por los jueces experto del instrumento Mantenimiento preventivo

N°	Grado académico	Apellidos y nombres	Dictamen
1	Magister en Ingeniería	Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo	Hay suficiencia
2	Doctor en Ingeniería	Dávila Laguna, Ronald	Hay suficiencia
3	Magister en Ingeniería	Gil Sandoval, Héctor Antonio	Hay suficiencia

Fuente: producción propia

Validez de contenido por los jueces experto del instrumento Disponibilidad de equipos

N°	Grado académico	Apellidos y nombres	Dictamen
1	Magister en Ingeniería	Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo	Hay suficiencia
2	Doctor en Ingeniería	Dávila Laguna, Ronald	Hay suficiencia
3	Magister en Ingeniería	Gil Sandoval, Héctor Antonio	Hay suficiencia

Fuente: el investigador

Conforme a la tabla, se evidencio la calificación de los docentes conforme a la valoración de la prueba binomial que significa: 1 suficiencia y 0 no existe suficiencia.

Calificación de los jueces expertos

Variables	Dimensiones	Docente 1	Docente 2	Docente 3
Mantenimiento Preventivo	Identificación de Fallas	1	1	1
	Inspección de máquinas	1	1	1
	Programación del mantenimiento	1	1	1
	Control del mantenimiento	1	1	1
Disponibilidad de equipos	Confiability	1	1	1
	Mantenibilidad	1	1	1

Fuente: Producción propia

La información fue agradada en el programa estadístico SPSS 26, en la cual se realizó la prueba binomial a efectos de comprobar la hipótesis plasmada.

Planteamiento de la hipótesis para los jueces expertos

H₀: La validez efectuada por el primer juez experto es igual a 0,95

H₁: La validez efectuada por el primer juez experto es diferente a 0,95

Valor de significancia:

Si la significancia valor es $> 0,05$ se acepta la H₀ y se rechaza la H₁.

Si la significancia valor es $\leq 0,05$ se acepta la H₁ y se rechaza la H₀.

Prueba binomial para el juicio de expertos

		Categoría	N	Prop. Observada	Prop. de Prueba	Significación exacta (unilateral)
Juez 1	Grupo 1	1.00	6	1.00	0.95	0.735
Juez 2	Grupo 1	1.00	6	1.00	0.95	0.735
Juez 3	Grupo 1	1.00	6	1.00	0.95	0.735
Total			6	1.00		

Fuente: software SPSS

De acuerdo a los hallazgos como muestra la tabla, obtenidos por la prueba binomial de los tres jueces expertos se obtiene la significancia equivalente a 0.735 la cual es mayor a 0.05 por lo que se refuta el H₁ y se aprueba el H₀ por lo que se considera que la eficacia experta de los jueces es igual a 0,95 (95%), lo que significa que lo que hicieron cumplir los tres peritos fue efectivo.

Confiabilidad

La confiabilidad se realizó a través del T de Student empleando en el software de estadística SPSS versión 26.

La fiabilidad deviene del uso de estadísticas para medir la consistencia interna de si una herramienta funciona o no (SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

Para efectos de la prueba de confiabilidad del instrumento se han considerado un tiempo de dos meses junio, julio y agosto sobre la disponibilidad de los equipos de soldar, conforme a la siguiente tabla:

Datos de disponibilidad de los equipos

Equipos	Disponibilidad inicial	Disponibilidad final	Diferencia
Máquina de soldar marca Solandina RN-400	80,25	80,13	-0,12
Máquina de soldar marca Solandina R-440	80,1	80,10	0,00
Máquina de soldar marca Solandina R-330	80,15	80,15	0,00
Máquina de soldar marca Solandina RS-400	80,12	79,2	0,92

Fuente: Producción propia

Acorde a los datos antes hallados por la aplicación del Check list se obtuvo para los cuatro equipos, el porcentaje de confiabilidad inicial y porcentaje de confiabilidad final, se realizó la prueba de normalidad, conforme al siguiente criterio de valoración de normalidad:

Kolmogórov-Smirnov: Se emplea para muestras grandes (> 50)

Shapiro-Wilk: Se emplea para muestra pequeñas (< 50)

Criterios para determinar normalidad:

Si el valor $p \geq \alpha$, acepte H_0 para que los datos provengan de una distribución normal.

Se acepta H_1 si el valor $p < \alpha$, por lo que los datos no provienen de una distribución normal

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,410	4	.	,729	4	,024

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: software SPSS

De acuerdo con la tabla, se verificó que la significación es menor que p valor = 0,05, esto significa que los datos no obedecen a la distribución normal, aceptando H_0 .

Posteriormente, se realizó una comparación de la prueba de signos de Wilcoxon de dos muestras relacionadas (pretest y postest).

Planteamiento de las hipótesis:

H₀: La mediana de la disponibilidad pre test es igual a la mediana de la disponibilidad post test.

H₁: La mediana de la disponibilidad pre test es diferente a la mediana de la disponibilidad post test.

Si Sig valor es $\leq 0,05$ se acepta la H₁ y se rechaza la H₀.

Si Sig valor es $> 0,05$ se acepta la H₀ y se rechaza la H₁.

Utilización de la prueba estadística:

Prueba de signos de Wilcoxon

Estadísticos de prueba ^a	
	Pruebaretest - Pruebatest
Z	-1,342 ^b
Sig. asintótica (bilateral)	,180

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

Fuente: software SPSS

De los resultados alcanzados en la tabla, es evidente la significación de $\alpha=0,180 > 0,05$.

Decisión estadística:

Decisión estadística

Significancia = 0,180	>	p = 0,05
-----------------------	---	----------

Fuente: producción propia

De la tabla, se logra dirimir que las medianas de la disponibilidad del pre test y post test son iguales por lo que existe confianza en el instrumento de medición de disponibilidad

Anexo 08. Ficha Técnica del producto

		MAQ. SOLDAR
DESCRIPCIÓN:	MAQ. SOLDAR	
CÓDIGO:	MSE001	
MARCA:	SOLANDINA	
POSEE MANUAL:	SI	
DIMENSIONES:	808x480x985 mm	
PROCEDENCIA:	NACIONAL	
FECHA DE INSTALACIÓN:	2013	
COLOR:	GRISS	
MODELO:	RN-400	
USO:	SOLDADURA DE ACABADO	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		DESCRIPCIÓN

Fuente: el investigador

Anexo 09. Stock de repuestos y su valoración económica.

Stock para procesos de soldadura antes de la mejora

Repuestos para equipos de soldadura		Stock
Soldadura eléctrica	Porta electrodo de 500 amp	1
	Grapa a tierra modelo lenco de 500 amp	1
	Cable para soldar extra flexible	1
	Tizas para calderos y portatizas	1
	Conectores rápidos para cable de soldar	1

Fuente: el investigador

Costos de stock de repuestos para procesos de soldadura antes de la mejora

Repuestos para equipos de soldadura		Stock	Precio	
Soldadura eléctrica	Porta electrodo de 500 amp	1	S/	50.00
	Grapa a tierra modelo lenco de 500 amp	1	S/	120.00
	Cable para soldar extra flexible	1	S/	943.00
	Tizas para calderos y portatizas	1	S/	42.00
	Conectores rápidos para cable de soldar	1	S/	23.00

Fuente: el investigador

Anexo 10. Rutina de mantenimiento de las maquinarias antes de la mejora

Actividades a realizar	Frecuencia de mantenimiento preventivo		
	Diario	Semanal	Mensual
Verificar que las conexiones eléctricas se encuentren en buen estado (sin fisuras, ni cortes) antes de conectar	x		
Verificar que las perillas y los interruptores frontales y posteriores se accionen fácilmente	x		
Verificar que el ventilador funcione correctamente	x		
Al finalizar la jornada laboral limpiar externamente el equipo	x		
Revisión de los electrodos		x	
Revisar la manilla de regulación del amperaje		x	
Verificar el funcionamiento del equipo que no presente ruidos extraños o vibraciones		x	
Inspección visual y limpieza a intervalos usando aire comprimido limpio y seco			x
Revisar contactos de los interruptores de rango y selección para ver si hay alguna evidencia de sobrecalentamiento			x
Revisar que no haya ninguna obstrucción en las aspas del ventilador			x
Chequear que la operación del contactor primario y de los relays para asegurarse que no tengan una operación restringida			x

Fuente: el investigador

Anexo 11. Ficha de inspección de máquinas y equipos.

FICHA DE INSPECCIONES DE MÁQUINAS Y EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO (CHECK LIST)

FECHA: _____ N° DE SERIE _____

UBICACIÓN DE MÁQUINA DE SOLDAR: _____

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	No	Si	NA	OBS
Los cables del porta electrodo a tierra y alimentaciones está completamente aislado				
El porta electrodo está en buenas condiciones y aislado				
El switch encendido funciona correctamente				
La pinza de cable a tierra está correctamente adherida al cable de contacto				
La manilla de regulación de amperaje funciona correctamente				
El cableado de conexión se encuentra sin corte y buen estado				
El cableado de alimentación cuenta con toma industrial				
Se encuentra con extintor - indicar capacidad				

APELLIDOS Y NOMBRE DEL INSPECCIONADOR

FIRMA

APELLIDOS Y NOMBRE DEL SUPERVISOR

FIRMA

NOTA: Colocar un () si en cada de los itms que correspondan.

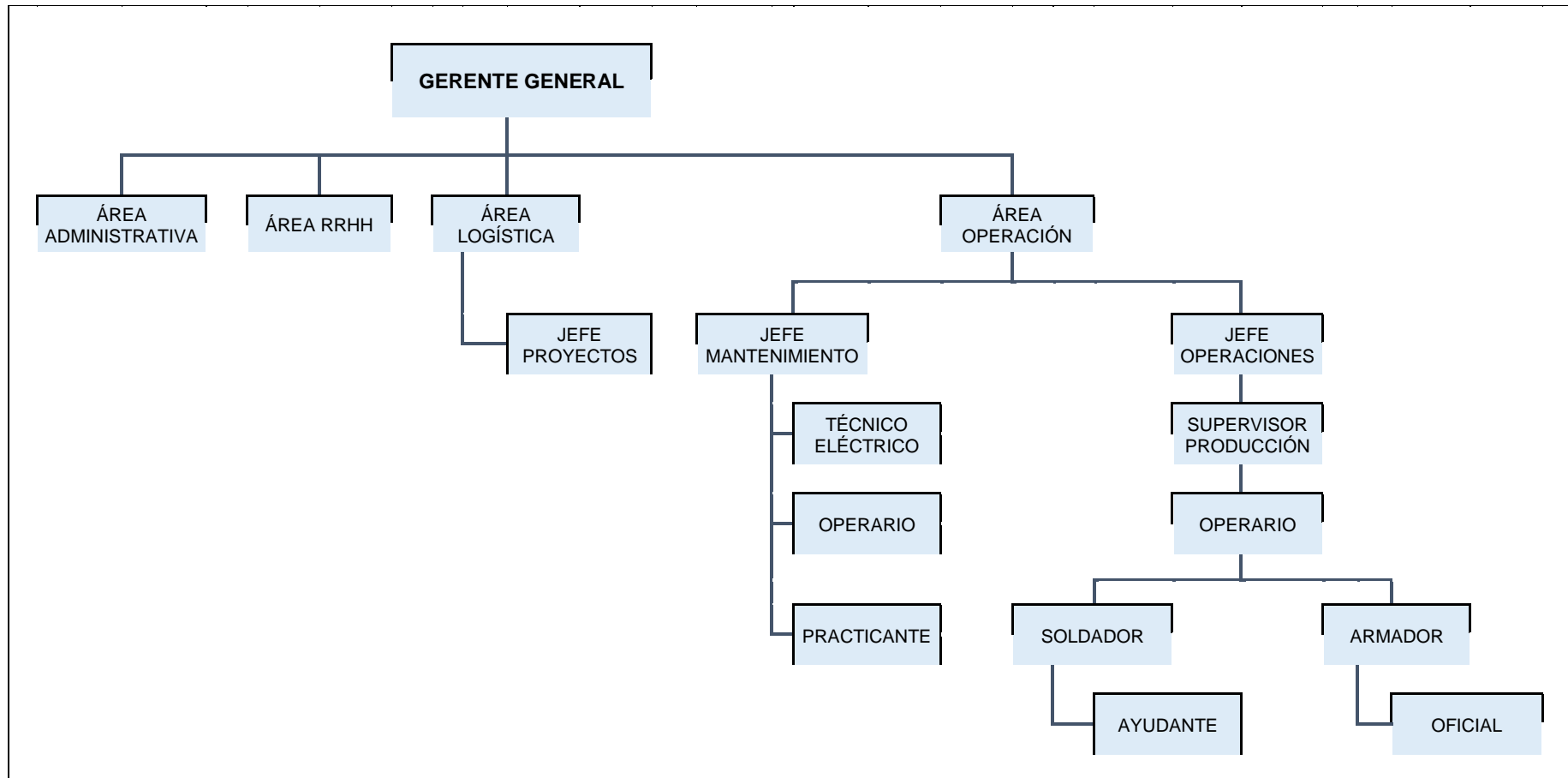
Fuente: el investigador

Anexo 14. Hoja de control de daños

		HOJAS DE CONTROL DE DAÑOS DE LA MÁQUINA				
MÁQUINA:		PROCEDENCIA:		CÓDIGO:		
MARCA:		AÑO DE FABRICACIÓN:		MODELO:		
FECHA	PARTE REVISADA	HORA		TRABAJO REALIZADO	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
		INICIO	FIN			

Fuente: el investigador

Anexo 15. Organigrama de mantenimiento preventivo



Fuente: el investigador

**Anexo 16 CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: Identificación de fallas							
1	$IF = \frac{\text{Número de fallas imprevistas}}{\text{En un periodo de tiempo}}$							
	Dimensión 2 Inspección de máquinas							
2	$IM = \frac{\text{Número de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}}$							
	Dimensión 3 Programación del mantenimiento							
3	$PM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo}}{\text{Total de máquinas}}$							
	Dimensión 4 Control del mantenimiento							
4	$CM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo} \times 100\%}{\text{Horas – Hombre ejecutadas para el mantenimiento preventivo}}$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

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

Apellidos y nombres del juez validador: _____

DNI: _____ Especialidad del validador: _____ CIP: _____

11 de abril de 2023

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

Firma del Expositor Informante.

CERTIFICADO VALIDEZ CONTENIDO INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		1		2		3		
	Dimensión 1: Confiabilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
1	$Confiabilidad = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$							
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
2	$Mantabilidad = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

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

Apellidos y nombres del juez validador: _____

DNI: _____ Especialidad del validador: _____ CIP: _____

11 de abril de 2023

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

Firma del Expositor Informante.

Anexo 17: Certificado de juicio de expertos- Juez 1

Nº	DIMENSIONES / Items	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: Identificación de fallas							
1	$IF = \frac{\text{Número de fallas imprevistas}}{\text{En un periodo de tiempo}}$	x		x		x		
	Dimensión 2 Inspección de máquinas							
2	$IM = \frac{\text{Número de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}}$	x		x		x		
	Dimensión 3 Programación del mantenimiento							
3	$PM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo}}{\text{Total de máquinas}}$	x		x		x		
	Dimensión 4 Control del mantenimiento							
4	$CM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo x100\%}}{\text{Horas – Hombre ejecutadas para el mantenimiento preventivo}}$	x		x		x		



Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

Apellidos y nombres del juez validador: Dr. Ronald Dávila Laguna

DNI: 22423025

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencia mención en ingeniería industrial CIP: 100497

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

11 de abril de 2023

Firma del Expositor Informante.

CERTIFICADO VALIDEZ CONTENIDO INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

N°	DIMENSIONES / items	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		1		2		3		
	Dimensión 1: Confiabilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
1	$Confiabilidad = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$	x		x		x		
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
2	$Mantenibilidad = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

Apellidos y nombres del juez validador: Dr. Ronald Dávila Laguna

DNI: 22423025

Especialidad del validador: Ingeniero industrial con maestría en ciencia mención en ingeniería industrial CIP: 100497

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

11 de abril de 2023



Firma del Expositor Informante.

Anexo 18: Certificado de juicio de expertos- Juez 2



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

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: Identificación de fallas							
1	$IF = \frac{\text{Número de fallas imprevistas}}{\text{En un periodo de tiempo}}$	x		x		x		
	Dimensión 2 Inspección de máquinas							
2	$IM = \frac{\text{Número de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}}$	x		x		x		
	Dimensión 3 Programación del mantenimiento							
3	$PM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo}}{\text{Total de máquinas}}$	x		x		x		
	Dimensión 4 Control del mantenimiento							
4	$CM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo} \times 100\%}{\text{Horas – Hombre ejecutadas para el mantenimiento preventivo}}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

Apellidos y nombres del juez validador: MSc. Ing Héctor Antonio Gil Sandoval

DNI: 03684198

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

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

30 de abril de 2023



Firma del Expositor Informante.

CERTIFICADO VALIDEZ CONTENIDO INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		1		2		3		
	Dimensión 1: Confiabilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
1	$Confiabilidad = e^{-\frac{t}{MTBF}}$	x		x		x		
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
2	$Mantenibilidad = 1 - e^{-\frac{t}{MTTR}}$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

Apellidos y nombres del juez validador: MSc. Ing Héctor Antonio Gil Sandoval

DNI: 03684198

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

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

30 de abril de 2023



Firma del Expositor Informante.

Anexo 19: Certificado de juicio de expertos- Juez 3



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

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: Identificación de fallas							
1	$IF = \frac{\text{Número de fallas imprevistas}}{\text{En un periodo de tiempo}}$	X		X		X		
	Dimensión 2 Inspección de máquinas							
2	$IM = \frac{\text{Número de máquinas examinadas}}{\text{Total de máquinas}}$	X		X		X		
	Dimensión 3 Programación del mantenimiento							
3	$PM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo}}{\text{Total de máquinas}}$	X		X		X		
	Dimensión 4 Control del mantenimiento							
4	$CM = \frac{\text{Horas – Hombre planificadas para el mantenimiento preventivo} \times 100\%}{\text{Horas – Hombre ejecutadas para el mantenimiento preventivo}}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _Hay suficiencia_

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

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

DNI: 07500140

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

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

03 de mayo de 2023


GUSTAVO ADOLFO
MONTAYA CÁRDENAS
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 14400

Firma del Expositor Informante.

CERTIFICADO VALIDEZ CONTENIDO INSTRUMENTO QUE MIDE VARIABLE DEPENDIENTE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Nº	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencias
		1		2		3		
	Dimensión 1: Confiabilidad	Si	No	Si	No	Si	No	
1	<i>Confiabilidad = $e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)}$</i>	X		X		X		
	Dimensión 2: Mantenibilidad							
2	<i>Mantenibilidad = $1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)}$</i>	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

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

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

DNI: 07500140

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

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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

03 de mayo de 2023


GUSTAVO ADOLFOS
MONTAYA CÁRDENAS
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. Nº 144201

Firma del Expositor Informante.

Anexo 21: Consentimiento para realizar la investigación

Replantee toda su matriz de operacionalización con las dimensiones trabajadas en el punto 3.2

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Juan Carlos Rimari Estrella, identificado con DNI: **40374182** en mi calidad de Gerente General de la empresa **Picofam sac** con R.U.C 20602628397, ubicada en la ciudad de Mza. D Lote. 13 Asc. Villa la Oroya (Alt Paradero Alisos) Santa Anita Lima.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN:

Al señor Sebastián Chambilla Chambi, identificado con DNI N° 25703929 de la carrera profesional de ingeniería Industrial, para que utilice la siguiente información de la empresa: uso de datos, estadísticas e inspecciones del área de seguridad y salud en el trabajo, con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Industrial y publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa.

(X) Mencionar el nombre de la empresa.

Picofam sac

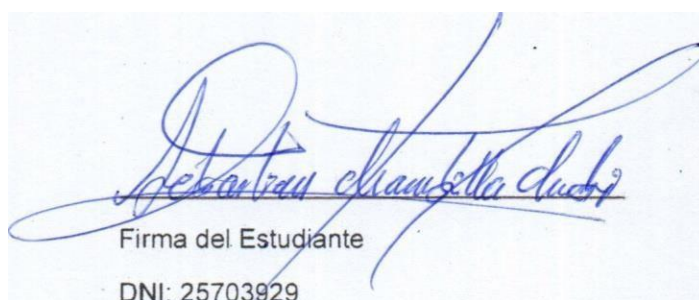


J°vA., J IA 12.t ESTI2EL.I.4

Firma y sello del Representante Legal

DNI: 40374182

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



Firma del Estudiante
DNI: 25703929



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HECTOR ANTONIO GIL SANDOVAL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de soldadura del taller metalmecánica en la empresa Picofam SAC., Lima 2023", cuyo autor es CHAMBILLA CHAMBI SEBASTIAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 06 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HECTOR ANTONIO GIL SANDOVAL DNI: 03684198 ORCID: 0000-0001-5288-8281	Firmado electrónicamente por: HAGILS el 06-06- 2023 11:35:56

Código documento Trilce: TRI - 0544108