

Disponibilidad de máquinas mediante mantenimiento preventivo en el área operativa de una empresa metalmecánica, Chimbote-2023

Availability of machines through preventive maintenance in the operational area of a metalworking company, Chimbote - 2023.

Disponibilização de máquinas através de manutenção preventiva na área operacional de uma metalúrgica, Chimbote - 2023.

Naves Gutiérrez, Diego Joseph ¹

<https://orcid.org/0000-0003-1277-097X>

Recibido: 18.12.2023

Aceptado: 04.02.2024

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo mejorar la disponibilidad de las máquinas mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, el cual se alinea con aporte de ODS9, referido a industrial, innovación e infraestructura. La investigación fue de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y preexperimental, cuya población y muestra son el total de máquinas involucradas directamente en la línea de producción para la reparación de aparejos de pesca. Los instrumentos utilizados fueron el formato Checklist, formato tiempo promedio que tarda una máquina a fallar (TMBF) y tiempo promedio que toma reparar una falla (MTTR) y la disponibilidad de las máquinas. Los resultados mostrados a través del análisis pre test y post test, vieron una mejora de 5% con la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los datos obtenidos durante el periodo de 8 meses fueron analizados por el programa Microsoft Excel y el Software SPSS, a través de este último se pudo afirmar la hipótesis alterna, concluyendo que la disponibilidad junto a sus indicadores mejora tras la aplicación del mantenimiento preventivo. **Palabras clave:** *Mantenimiento preventivo; disponibilidad; MTTR; MTBF; Máquinas.*

ABSTRACT

The research carried out aimed to improve the availability of machines through the implementation of a preventive maintenance plan, which is aligned with the contribution of SDG9, referring to industrial, innovation and infrastructure. The research was applied with a quantitative approach, with experimental and pre-experimental design, whose population and sample are the total number of machines directly involved in the production line for the repair of fishing gear. The instruments used were the Checklist format, the average time it takes for a machine to fail (TMBF) and the average time it takes to repair a failure (MTTR) format, and the availability of the machines. The results shown through the pre-test and post-test analysis saw a 5% improvement with the implementation of the preventive maintenance plan. The data obtained during the 8-month period were analyzed by the Microsoft Excel program and the SPSS Software, through the latter the alternative hypothesis could be affirmed, concluding that availability along with its indicators improves after the application of preventive maintenance.

Key words: *Preventive maintenance, availability, MTTR, MTBF, and machines.*

¹ Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. Bachiller en Ing. Industrial. dnaves@ucvvirtual.edu.pe

RESUMO

A pesquisa realizada teve como objetivo melhorar a disponibilidade das máquinas através da implementação de um plano de manutenção preventiva, que está alinhado com a contribuição do ODS9, referente a industrial, inovação e infraestrutura. A pesquisa foi aplicada com abordagem quantitativa, com delineamento experimental e pré-experimental, cuja população e amostra é o número total de máquinas diretamente envolvidas na linha de produção para reparo de artes de pesca. Os instrumentos utilizados foram o formato Checklist, o formato tempo médio para uma máquina falhar (TMBF) e tempo médio para reparar uma falha (MTTR), e a disponibilidade das máquinas. Os resultados apresentados através da análise pré-teste e pós-teste registaram uma melhoria de 5% com a implementação do plano de manutenção preventiva. Os dados obtidos durante o período de 8 meses foram analisados pelo programa Microsoft Excel e pelo Software SPSS, através deste último a hipótese alternativa pôde ser afirmada, concluindo que a disponibilidade juntamente com seus indicadores melhora após a aplicação da manutenção preventiva.

Palavras-chave: *Manutenção preventiva, disponibilidade, MTTR, MTBF e máquinas.*

Introducción

A nivel global el mantenimiento preventivo aplicado en las empresas metalmecánicas, tuvo como objetivo principal, la implicación de inspecciones regulares antes de que ocurran posibles fallas o desgastes en los equipos, con el fin de evitarlas. Este enfoque buscó incluir la implementación del método, la importancia efectiva del mantenimiento preventivo y la continua optimización de los procesos de producción para minimizar averías, interrupciones, aumentar la disponibilidad y potenciar el desempeño operativo; respaldando la eficacia de esta herramienta en el sector industrial para la competitividad. La aplicación de indicadores de tiempo promedio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR); sirvieron para calcular, el tiempo entre fallas de una máquina y el tiempo promedio que tomó reparar dicha máquina. Una empresa de Brasil, aplicó prácticas de mantenimiento preventivo, aumentando el MTBF a (+700%), se observó una reducción del MTTR, de (40%), y un aumento de disponibilidad en (5%). Mundaca-Lopez et al. (2023). Según Espinoza-Huamash, AranaHurtado y León-Chavarri. (2022), en América Latina, el sector metalmecánico cumplió con el 20% en generación de empleos, encabezando la lista de empleabilidad el país de México. El principal problema que acarreó el Perú en el sector metalmecánico fue la escasa disponibilidad de equipos, lo que implicó un aumento de costos en la producción debido a la necesidad de incrementar horas/hombre. Se recomendó la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo y la mejora continua de los procesos; se obtuvo como resultado un aumento de disponibilidad del 97%, reducción en tiempo de ajuste, cambio y preparación en las máquinas del 45% al 62%; por lo tanto, la aplicación de gestión en mantenimiento mostró resultados favorables en su aplicación.

Según Guerrero Medina et al. (2021), en su investigación menciona que para un correcto mantenimiento es necesario realizar una buena planificación, con el fin de contar con una programación acertada, tomando en cuenta datos de momentos específicos, horas, estados de maquinarias, reporte de actividades realizadas y monitoreo de control. Para la planificación de mantenimiento, es necesario llevar una adecuada comunicación y coordinación con los diferentes departamentos de la empresa, calidad, materiales e ingeniería. Con el fin de evitar retrasos o cuellos de botella. El resultado mostró que el correcto servicio de mantenimiento a la empresa Komatsu – Mitsui, cumplió con el aumento promedio de disponibilidad en 92.7%, confiabilidad operacional en 84.24% y una mantenibilidad de 3.28 horas. Se procedió a definir las teorías de acuerdo a las variables aplicadas según autores. Para Singal et al. (2023), la variable independiente plan de mantenimiento preventivo fue como un conjunto de actividades planificadas que se realizan en intervalos definidos. Estas actividades tienen como objetivo garantizar que los recursos de las organizaciones estén alineados con las capacidades necesarias para mantener la productividad de los ciclos de trabajo. Según Wang et al. (2020), menciona que a variable independiente; disponibilidad, es la capacidad de las máquinas y equipos industriales

para estar operativos y listos para su uso cuando se necesitaban. Constituía una medida de su confiabilidad, indicando cuánto tiempo estaban disponibles para la producción en relación con el tiempo total. La disponibilidad evalúa el rendimiento disponible de los equipos o máquinas por el tiempo no disponible, comparándolo en un porcentaje. La disponibilidad influye directamente en la producción, ya que involucra la capacidad de entrega del producto, en las organizaciones.

En la presente investigación el objetivo general es, mejorar la disponibilidad de las máquinas, mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa, como objetivos específicos realizar un diagnóstico del estado actual de la gestión de mantenimiento, evaluar los indicadores de disponibilidad de las máquinas en el área operativa antes de la implementación, implementar un plan de mantenimiento preventivo y evaluar los indicadores de disponibilidad de las máquinas en el área operativa después de la implementación.

Material y métodos:

El proyecto de investigación según Rose. (2022), centró de manera aplicada, ya que buscó el cambio o modificación de la realidad en la empresa, se pretende encontrar las causas del problema a través del estudio realizado; con el fin de aproximarse a la realidad del asunto para mejorar la disponibilidad de la empresa, Reparaciones Navales M&B S.A.C. La investigación se centró en el marco de enfoque cuantitativo, que entiende sobre la recopilación de datos a través de la aplicación de instrumentos para verificar la hipótesis propuesta y confirmar la problemática planteada. Para Pattnayak, Pandey y Dutt. (2023) el diseño de investigación se clasificó como experimental, debido a la variable independiente influye en la dependiente y la relación existente de causa y efecto entre las dos variables.

Resultados

Para determinar el objetivo 1 se procedió a la realización de un diagrama de análisis de proceso de la línea directa de investigación y un diagnóstico de checklist.

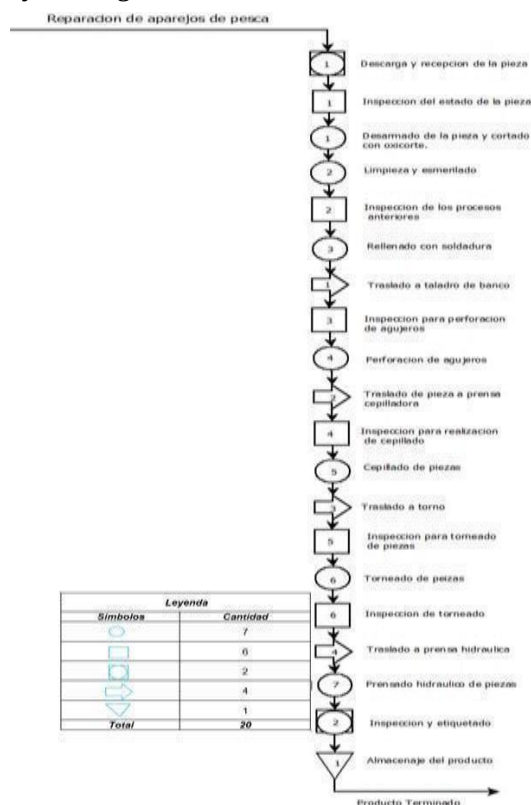


Figura 1. Diagrama de análisis de proceso de reparación del aparejo de pesca.

El proceso de reparación de aparejos de pesca (motones y pastecas) para embarcaciones pesqueras, están dados por operaciones mecánicas dentro del área de producción. Se describen las etapas y principales operaciones elaboradas para la reparación de dichas piezas según indica la (Figura 1).

Tabla 1.*Máquinas que intervienen en el mantenimiento y reparación*

Máquina	Cantidad
Torno	1
Taladro de Columna	1
Cepilladora	1
Prensa Hidráulica	1
Máquina de soldadura	1
Total	5

Para determinar el estado actual de la gestión de mantenimiento, se realizó la técnica de Checklist, de observación de manera directa, para la identificación de procesos como; planificación, ejecución y control de suma importancia para toda gestión a desarrollar.

Tabla 2.*Realización de Checklist para el diagnóstico de la gestión de mantenimiento.*

DIAGNÓSTICO - GESTIÓN DE MANTENIMIENTO - 2023			
ITE M	DESCRIPCIÓN	CUMPL E	
PASO 1: PLANIFICACIÓN		SI	NO
1	Elabora documentación dirigida a máquinas		x
2	Elabora instrucciones de fechas y uso para los repuestos de las máquinas		x
3	Desarrolla prácticas de mantenimiento de acuerdo a la necesidad de la empresa		x
4	Existen responsabilidades esenciales según la estructura interna del área.		x
5	Existe un plan de mantenimiento adecuado		x
6	Se realiza capacitaciones a los colaboradores	x	
7	Elabora documentación dirigida a máquinas		x
PASO 2: EJECUCIÓN			
8	Se asegura del cumplimiento del mantenimiento preventivo		x
9	Se lleva a cabo el registro de órdenes por trabajo	x	
10	Se lleva a cabo un registro adecuado de uso de energía y otros insumos		x
11	Se realiza de manera correcta una programación por prioridad de tareas de mantenimiento		x
12	Se realiza de manera programada las reparaciones que poseen las máquinas		x
13	Se realiza de manera adecuada los procedimientos de mantenimiento		x
14	Se realiza labores de orden y limpieza en equipos	x	
15	Se realiza de manera adecuada una logística para la entrega de repuestos para las máquinas		x
PASO 3: CONTROL			
16	Se realiza un control de los monitoreos de las máquinas		x
17	Se cuenta con información del estado de las máquinas		x
18	Existe un control adecuado de los componentes existentes de las máquinas		x
19	Se cuenta con información de vida útil, de manera histórica de las máquinas	x	
20	Existe un adecuado control de personal	x	
21	Se cuenta con indicadores relacionados al mantenimiento de las máquinas		x
TOTAL		5	16

La tabla 2 muestra 21 ítems a responder con resultados de respuesta entre SI – NO, donde figura un total de 5 ítems respondidos de manera positiva (SI) debido al cumplimiento y 15 ítems respondidos de manera negativa, correspondiente al no cumplimiento (NO).

Se visualizaron en la tabla 4 los resultados de la gestión de mantenimiento según opinión del jefe de operaciones navales, donde muestra las tres etapas, planificación, ejecución y control.

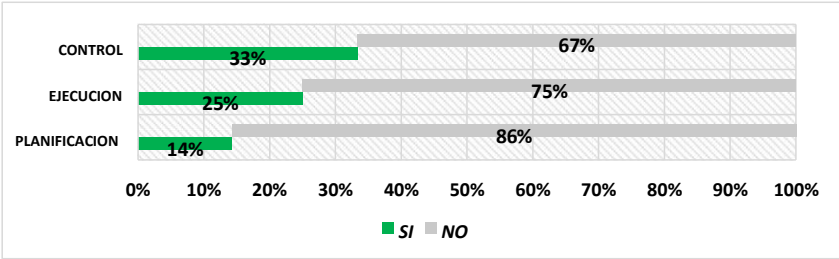


Figura 2. Resultados Checklist diagnóstico de la gestión de mantenimiento.

Según la figura 2 se observa el resultado en porcentaje de la aplicación Checklist para el diagnóstico de mantenimiento preventivo, así se obtuvo, que la planificación cumple con un 14% de las actividades y un 67% de actividades no cumplidas.

Para la determinar el objetivo 2, se procedió a realizar la recolección de resultados (PRETEST), a través de la variable dependiente (Disponibilidad).

Tabla 3.
Análisis de la disponibilidad – MTBF – MTTR. Mes de Septiembre – 2023.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA CALCULAR EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD MES - SETIEMBRE					
PROCESO	Taladro de radial	Cepilladora	Torno	Prensado Hidráulico	Maq. Soldar
Horas de trabajo	208	208	208	208	208
Numero de fallas	11	14	14	12	11
Horas de parada	18.3	23.4	23.6	20.4	9.5
MTBF - HORAS	17.25	13.19	13.17	15.63	18.05
MTTR - HORAS	1.66	1.67	1.69	1.70	0.86
Disponibilidad del proceso	91%	89%	89%	90%	95%
Disponibilidad del mes	91%				

Según la tabla 3 se observa, el MTTR, MTBF y la disponibilidad de manera individual para las máquinas fue de 91%, 89%, 89%, 90% y 95%. La disponibilidad total del mes de septiembre fue de 91% durante los días laborales.

Tabla 4.
Análisis de la disponibilidad – MTBF – MTTR. Mes de Octubre – 2023.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA CALCULAR EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD MES - OCTUBRE					
PROCESO	Taladro de radial	Cepilladora	Torno	Prensado Hidráulico	Maq. Soldar
Horas de trabajo	208	208	208	208	208
Número de fallas	9	14	15	12	12
Horas de parada	15	23.7	23.7	20.2	11.1
MTBF - HORAS	21.44	13.16	12.29	15.65	16.41
MTTR - HORAS	1.67	1.69	1.58	1.68	0.93
Disponibilidad del proceso	93%	89%	89%	90%	95%
Disponibilidad del mes	91%				

Según la tabla 4 se observa, el MTTR, MTBF y la disponibilidad de manera individual para las máquinas fue de 93%, 89%, 89%, 90% y 95%. La disponibilidad total del mes de septiembre fue de 91% durante los días laborales.

Tabla 5.
Análisis de la disponibilidad – MTBF – MTTR. Mes de Noviembre – 2023.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA CALCULAR EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD MES - NOVIEMBRE					
PROCESO	Taladro de radial	Cepilladora	Torno	Prensado Hidráulico	Maq. Soldar
Horas de trabajo	208	208	208	208	208
Número de fallas	11	12	14	13	10
Horas de parada	18.2	19.3	22.2	20.8	6.9
MTBF - HORAS	17.25	15.73	13.27	14.40	20.11
MTTR - HORAS	1.65	1.61	1.59	1.60	0.69
Disponibilidad del proceso	91%	91%	89%	90%	97%
Disponibilidad del mes	92%				

Según la tabla 5 se observa, el MTTR, MTBF y la disponibilidad de manera individual para las máquinas fue de 91%, 91%, 89%, 90% y 97%. La disponibilidad total del mes de septiembre fue de 92% durante los días laborales.

Tabla 6.
Análisis de la disponibilidad – MTBF – MTTR. Mes de Diciembre – 2023.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA CALCULAR EL INDICADOR DE DISPONIBILIDAD MES - DICIEMBRE					
PROCESO	Taladro de radial	Cepilladora	Torno	Prensado Hidráulico	Maq. Soldar
Horas de trabajo	208	208	208	208	208
Número de fallas	7	12	13	11	11
Horas de parada	11.4	20.4	21	17.8	8.6
MTBF - HORAS	28.09	15.63	14.38	17.29	18.13
MTTR - HORAS	1.63	1.70	1.62	1.62	0.78
Disponibilidad del proceso	95%	90%	90%	91%	96%
Disponibilidad del mes	92%				

Según la tabla 6 se observa, el MTTR, MTBF y la disponibilidad de manera individual para las máquinas fue de 95%, 90%, 90%, 91% y 96%. La disponibilidad total del mes de septiembre fue de 92% durante los días laborales.

Se procedió a realizar la sustracción de datos para la evaluación de indicadores de las máquinas en el área operativa, antes de la implementación. Es así como se obtuvo el cálculo en la dimensión MTBF, MTTR y la disponibilidad total a través de la comparativa entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

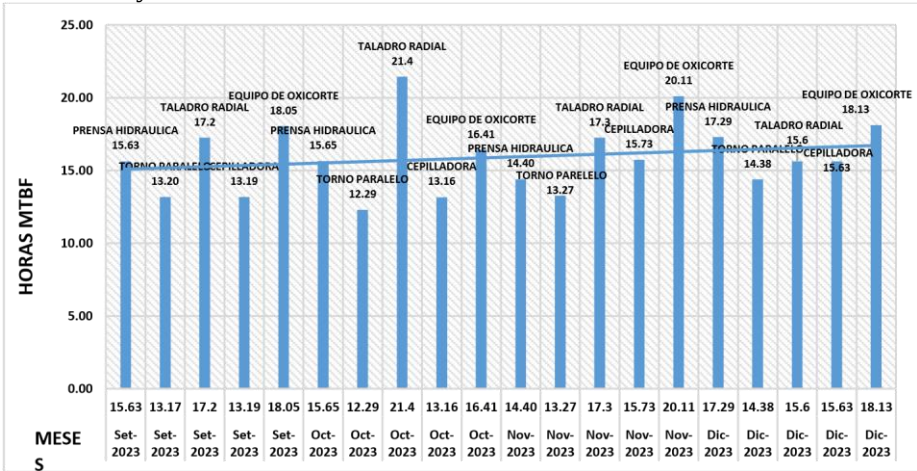


Figura 3. Resultados MTBF durante el PRETEST.

Según la figura 5, indica que existe una baja disponibilidad en las máquinas para los datos obtenidos de análisis PRETEST de esta investigación dentro de los meses de setiembre, octubre, noviembre, diciembre, con resultados de 90% 89% 91% 89%, 95% en las máquinas taladro radial, cepilladora, torno, prensa hidráulica y máquina de soldar. Es así que se considera una disponibilidad menor debido al límite porcentual que se propuso mayor al 97%.

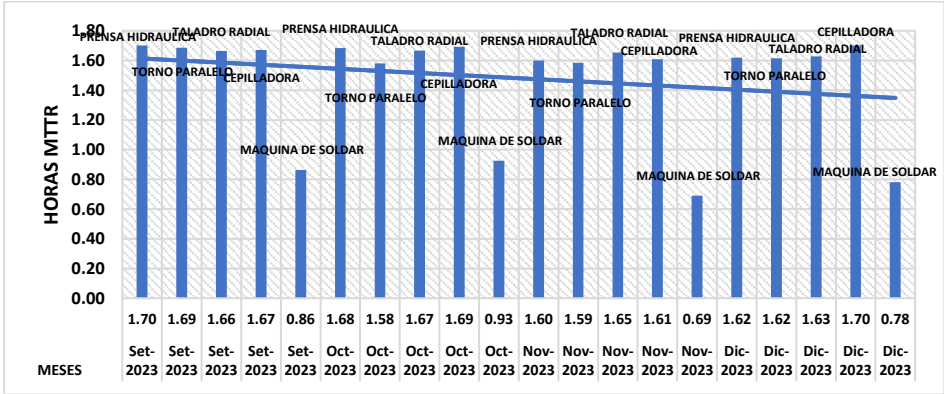


Figura 4. Resultados MTTR durante el PRETEST.

Según el gráfico de la figura 4, indica que el tiempo promedio que toma reparar las máquinas cuentan, no cumplen con el tiempo de reparación promedio a reparar contando con estados críticos dentro de la máquina cepilladora con 1.67 horas, torno con 1.69, prensa hidráulica con 1.70, taladro radial 1.66 horas. Durante el proceso de reparación de aparejos de pesca. Los resultados de la disponibilidad del total de las máquinas durante el análisis PRETEST, en función de los indicadores MTBF y MTTR, para el mes de setiembre se obtuvo un total de 92%, octubre 91%, noviembre 91% y diciembre con un 92%, por ende, el resultado final es una baja disponibilidad en el conjunto total durante el proceso, considerándose un límite porcentual propuesto mayor al 97%.

Para determinar el objetivo 3, implementar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa.

Paso 1 Planificar: La empresa metalmecánica en estudio, ha presentado en los últimos 4 meses una serie de problemas relacionados con la disponibilidad de las máquinas, para la realización de sus servicios en su sector. Es necesario aplicar una estrategia que permita incrementar la disponibilidad de las máquinas en la empresa, se propuso la implementación de un plan de mantenimiento, con la finalidad de asegurar la disponibilidad de las máquinas, involucrando al personal requerido para la aplicación.

Tabla 7. Descripción de herramientas aplicadas a la implementación del mantenimiento según sus problemas.

Problemas a tomar de prioridad	Herramientas a aplicar	Solución
Indicadores de mantenimiento preventivo para las maquinas	Aplicar tablero de control de máquinas.	Contar con un seguimiento del avance de los indicadores del mantenimiento para evitar fallas de máquinas o paradas.
Paradas de máquinas en servicio	Mantenimiento autónomo	Culturizar a los empleados en métodos básicos de limpieza con el fin de no esperar a técnicos de esta manera evitando paradas no programadas.
Falta de procedimiento de trabajo	Realización de diagrama de actividades para de proceso	Elaboración de un DAP, así lograr la visualización a las tareas a realizar evitando tiempos muertos durante la labor.
Falta de incorporación de metodología de mantenimiento	Ciclo Deming	Buscar mediante el ciclo Deming la mejora a través de sus cuatro pasos.
Fallas por falta de mantenimiento	Análisis modal de fallos y efectos	Se debe identificar cada falla o parada con el fin de evaluar y concluir con la toma de acciones preventivas.
Falta de capacitaciones al personal técnico	Realización de un programa de mantenimiento	Se realizaron capacitaciones técnicas a los operarios, así dando inicio a la correcta manipulación para el mantenimiento de las máquinas.
Falta de control sobre el mantenimiento preventivo	Realizar fichas de inspección de mantenimiento preventivo	Realizar el continuo seguimiento del mantenimiento preventivo de las máquinas, cumpliendo con lo programado.

Tabla 8.*Determinación de máquinas por baja disponibilidad.*

Determinación de máquinas por baja disponibilidad						
RESPONSABLE	Naves Gutierrez Diego Joseph			ANÁLISIS PRETEST		2023
MESES		Setiembre - Diciembre	PROCESOS			REPARACIÓN
PROCESO	MÁQUINA	MESES	MTB F	MTT R	DISPONIBILIDAD (%)	META (%)
Torneado	TORNO	Setiembre	13.71	1.69	89	95
		Octubre	12.29	1.58	89	
		Noviembre	13.27	1.59	89	
		Diciembre	14.38	1.62	90	
PROMEDIO						
Cepillado	CEPILLADORA	Setiembre	13.19	1.67	89	95
		Octubre	13.16	1.69	89	
		Noviembre	15.73	1.61	91	
		Diciembre	15.63	1.70	90	
PROMEDIO						
Perforación de agujeros	TALADRO DE RADIAL	Setiembre	17.2	1.66	91	95
		Octubre	21.4	1.67	93	
		Noviembre	17.3	1.65	91	
		Diciembre	15.6	1.63	95	
PROMEDIO						
Prensado	PRENSA HIDRAULICA	Setiembre	15.63	1.70	90	95
		Octubre	15.65	1.68	90	
		Noviembre	14.40	1.60	90	
		Diciembre	17.29	1.62	91	
PROMEDIO						
Cortado a calor	MAQ. SOLDAR	Setiembre	18.05	0.86	95	95
		Octubre	16.41	0.93	95	
		Noviembre	20.11	0.69	97	
		Diciembre	18.13	0.78	96	
PROMEDIO						

Según la tabla 10, muestra el número total de máquinas a tratar debido a la baja disponibilidad durante el proceso de reparación, en el año 2023 aplicados en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Por lo cual se pretendió realizar acciones de mejora para el incremento de la disponibilidad a través de acciones preventivas dentro del procesos de reparación de aparejos de pesca.

Paso 2 Hacer: la aplicación de la metodología PHVA, donde se procedió a realizar el tablero de control mediante el cual se pudo manipular la información identificando las fallas de las máquinas. Tablas de control: Según el ciclo Deming, indica la incorporación de un plan de control, donde se mostró el desempeño de las máquinas en el trabajo a través del control de los indicadores, siendo de total manipulación a cargo del jefe de operaciones, personal técnico de la empresa y el tesista, a través del seguimiento se pudo tomar acciones a los diferentes tipos de fallas existentes dentro de los meses de trabajo, así mejorar los indicadores de disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación.

Tabla 9.
Programa de capacitación.

Tema de capacitación	Fecha de programación	Personal a cargo	Tiempo
Beneficios del plan de mantenimiento preventivo.	Viernes 12/01/2024	Naves Gutiérrez Diego Joseph. Encargado de actividades relacionadas a mantenimiento.	30 min.
Ventajas y desventajas de un plan de mantenimiento preventivo	Jueves 18/01/2024	Naves Gutiérrez Diego Joseph. Encargado de actividades relacionadas a mantenimiento.	30 min.
Responsables de ejecutar un mantenimiento preventivo en la empresa	Jueves 25/02/2024	Naves Gutiérrez Diego Joseph. Encargado de actividades relacionadas a mantenimiento.	30 min.
Importancia de la lubricación a las máquinas.	Lunes 05/02/2024	(Nombre Reservado), Encargado de actividades relacionadas a mantenimiento.	30 min
Importancia de la limpieza de máquinas antes y después de.	Lunes 12/02/2024	Naves Gutiérrez Diego Joseph. Encargado de actividades relacionadas a mantenimiento.	30 min

Se pretende implementar un programa de capacitaciones, para aumentar la disponibilidad con temas de interés aplicados al personal a cargo de las maquinarias.

Paso 3 Verificar: Según la tercera parte del Ciclo Deming, se procedió a la verificación, donde se pretende cumplir con la revisión, luego de completar la fase de ejecución. El punto de verificar, es importante para identificar problemas antes de que pueda producirse. Por esta razón se ejecutan revisiones y control de inspecciones, asegurando que cumplan con los objetivos planteados. la inspección del mantenimiento preventivo a las máquinas, a fin de llevar un seguimiento, verificando el cumplimiento según el programa de control llevado por la empresa, ejecutado por personal autorizado.

Paso 4 Acción: El implica tomar medidas correctivas basadas en los resultados de la fase de Verificación, ajustar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar continuamente y asegurar que las máquinas funcionen de manera óptima. Este enfoque proactivo permite a las empresas minimizar los tiempos de inactividad, mejorar la eficiencia operativa y extender la vida útil de sus equipos, mediante acciones como; aumentar la frecuencia de inspección, capacitación del personal, incorporar tareas adicionales y revisión periódica son ejemplos claros de acción para mejorar continuamente.

Para determinar el objetivo 4, Se presentan los resultados después de la aplicación del mantenimiento preventivo y la proposición de incrementar el mantenimiento preventivo. Entonces se pretende comparar los resultados pre test y post test dentro de los meses, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2023 y los resultados de enero, febrero, marzo y abril del año 2024.

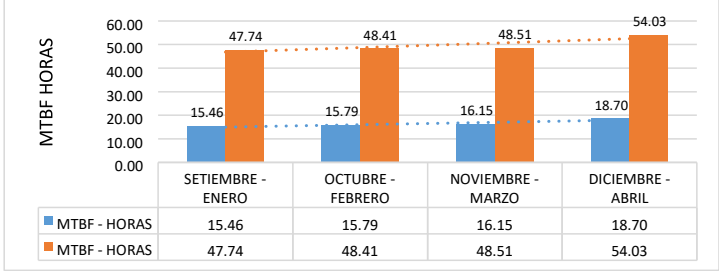


Figura 6. MTBF comparativa por mes.

Se observa los resultados del MTBF, mostrando un aumento de horas operativas de las máquinas, se observó que existe un incremento superando la meta propuesta para los siguientes meses.

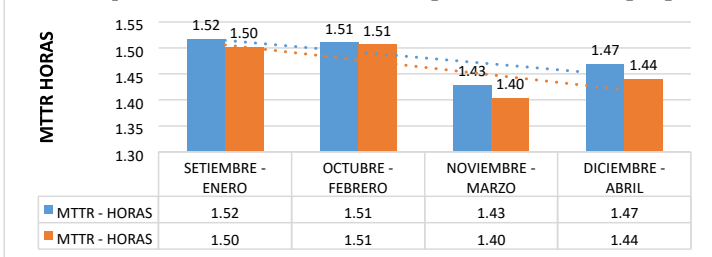


Figura 7. MTTR comparativa por mes.

Se muestran los resultados del MTTR, mostrando la disminución de horas de reparación por máquina, se observó que existe una leve disminución que no supera la meta deseada.

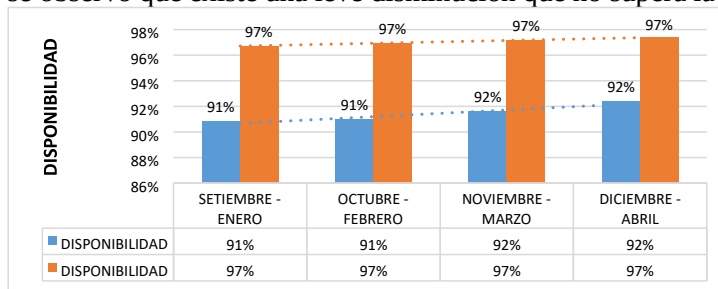


Figura 8. Disponibilidad, comparativa por mes.

Se muestran los resultados totales de disponibilidad de los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre, mostrando un incremento de disponibilidad, se observó que cumple con la meta propuesta de incrementar al 97%.

Discusión

Se realizó la comparación a partir de los resultados logrados. Según Gutiérrez Jara y Salazar Tarrillo. (2023), para el objetivo 1, destacan la realización de un diagnóstico a través de la aplicación de los instrumentos de recolección de datos MTBF y MTTR, durante el pre test y post test de las máquinas fumigadoras. Para Nuñez Lopez. (2022), destaca la importancia de la realización de gráficas relacionadas a la aplicación de la disponibilidad durante el pre test. Ccoyllo Meza y Claudio Niño (2021), señalan la importancia de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo y para Chávez Arévalo y Contreras Morales. (2023) el objetivo es obtener resultados favorables direccionados a la disponibilidad, mejorando los equipos dentro de la aplicación del plan de mantenimiento, como el tiempo de reparación y el tiempo en que toma un equipo en fallar. Según Huaripata Bardales y León Flores Santos (2022), el impacto que genera la aplicación del mantenimiento preventivo para los equipos industriales de una empresa, se mejora por las capacitaciones, el cual permite mostrar las diferentes opciones para mejorar dentro del área operativa de la empresa, las inspecciones a tiempo.

Para Esquivel Perez. (2023), a través de dentro del ciclo Deming, se realizó como primeros pasos la determinación de máquinas y de fallas, la aplicación del tablero de control para el mantenimiento preventivo y sus capacitaciones, las inspecciones internas del mantenimiento preventivo y la evaluación de la disponibilidad de las máquinas. Para Sullca Cañahuire y Yman Solano. (2020), para determinar la situación actual de la empresa vulcanizadora, aplicó los indicadores de disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparación, para obtener resultados de crecimiento de las horas operativas y disminución del tiempo de reparación de las máquinas, a través de diagrama causa efecto, se pudo conocer el problema original de la baja disponibilidad.

Conclusiones

Según los objetivos planteados de la investigación, se obtuvieron resultados positivos mediante el análisis de los datos Pre test y Post test. Así se obtuvo mejoras en la empresa Reparaciones Navales M&B S.A.C. 2023 – 2024. El diagnóstico del estado actual de la empresa permitió conocer los datos registrados para el avance de la implementación obteniendo resultados de disponibilidad durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre rondando entre el 90% lo cual indicaba una baja disponibilidad generada en las máquinas.

Tras evaluar los indicadores de disponibilidad se obtuvo resultados similares, encontrando los indicadores de MTBF por debajo de lo planeado, aumentando hasta 40 horas antes de una falla o mantenimiento planificado, por consiguiente, los resultados obtenidos del MTTR, se encontraron en un rango similar al obtenido en resultados Post test, debido a que el tiempo de reparación de máquinas no varió en lo mínimo.

Para la implementación del plan de mantenimiento a la empresa, se procedió a realizar un control para la disponibilidad de las máquinas a través de la recolección de datos de indicadores, de tiempo de

reparación y tiempo de falla de máquinas, sin minimizar las capacitaciones brindadas al personal durante la implementación.

Como último paso, se procedió a realizar la comparativa entre el análisis Post test y Pre test para comprobar el incremento de la disponibilidad y sus indicadores, los cuales fueron positivos, aprobando a través del análisis SPSS, la aprobación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula. Mejorando notoriamente la disponibilidad de un 91% 90% 92% 91%, 92% entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. A diferencia del aumento de disponibilidad entre el mes de enero de 97%, febrero, 97%, marzo 97% y abril de 97%.

Referencias

- Ccoyllo Meza, K., & Claudio Niño, M. (2021). *Implementación del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa Jardel Perú S.A.C. Lima 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68023>
- Chávez Arévalo, J., & Contreras Morales, M. (2023). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de tractores en la Empresa Agroberries Perú S.A.C., Virú 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/112323>
- Demeter, C. (2024). A typology of quantitative approaches to discovery. *Annals of Tourism Research*, 100, 103704. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2023.103704>
- Espinoza-Huamash, R., Arana-Hurtado, J., & León-Chavarri, J. (2022). Maintenance management model to increase availability in a metalworking SME applying TPM, SMED and PDCA. En *Proceedings of the 2022 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI)*. <https://laccei.org/LEIRD2022-VirtualEdition/meta/FP70.html>
- Esquivel Pérez, J. (2023). *Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en las máquinas de la producción de harina en una empresa pesquera* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/131164>
- Guerrero Medina, L., Sánchez Torres, H., & Díaz Delgado, M. (2021). Propuesta técnica de mejora en la planificación del mantenimiento preventivo de la flota de cargadores Komatsu WA800-3EO en la mina Bayóvar. Sechura 2014. *Revista IngNosis*, 1(1), 25–33. <https://doi.org/10.18050/ingnosis.v1i1.1905>
- Gutiérrez Jara, S., & Salazar Tarrillo, A. (2023). *Gestión de mantenimiento y planificación para la disponibilidad de máquinas fumigadoras en la fitosanidad de la empresa AQUANQA S.A.C.* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133431>
- Huaripata Bardales, J., & León Flores Santos, H. (2022). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos industriales – La Libertad* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/113361>
- Mundaca-Lopez, H., Torres-Agurto, R., & Ramos-Maldonado, J. (2023). Improving OEE in a Peruvian SME: A case study on the application of lean manufacturing tools in the metalworking sector. *Procedia CIRP*, 118, 441–446. <https://doi.org/10.15488/15520>
- Naves Gutierrez, D. J. (2023). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en máquinas del área operativa de una empresa metalmecánica, Chimbote - 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial.
- Nuñez Lopez, W. (2022). *Mejora en la disponibilidad de la maquinaria pesada mediante un plan de mantenimiento preventivo en la empresa SETRAMI S.A.C. Trujillo 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97428>

- Pattnayak, P., Pandey, R. K., & Dutt, J. K. (2023). Experimental research on the performance improvement of aerodynamic journal bearing with a new bore design. *Tribology International*, 186, 108882. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108882>
- Rose, M. R. (2022). Basic research, applied research, and the real world. En *Evolutionary Biology: Self/Nonself Evolution, Species and Complex Traits Evolution, Methods and Concepts* (pp. 171–177). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99149-0.00010-9>
- Singal, A. K., Singh, M., & Sharma, R. (2023). Troubleshooting and fault diagnosis in small SHPs. En *Small Hydropower Plants* (pp. 239–256). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91757-5.00014-2>
- Sullca Cañahuire, J., & Yman Solano, R. (2020). *Aplicación del mantenimiento preventivo y la mejora continua para mejorar la fiabilidad de los equipos de una empresa de servicio de vulcanizado, Lima 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53801>
- Wang, W., Pham, H., & Chen, Y. (2020). Availability analysis and preventive maintenance planning for systems with general time distributions. *Reliability Engineering & System Safety*, 195, 106993. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106993>