



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de
la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Álvarez Valencia, Manuel Enrique (orcid.org/0000-0001-9963-7789)

León Martos, Luis Eduardo (orcid.org/0000-0003-2782-5048)

ASESOR:

Dr. Cruz Salinas, Luis Edgardo (orcid.org/0000-0002-3856-3146)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN - PERÚ

2024

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ SALINAS LUIS EDGARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, asesor de Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024", cuyos autores son LEON MARTOS LUIS EDUARDO, ALVAREZ VALENCIA MANUEL ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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.

CHEPÉN, 19 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ SALINAS LUIS EDGARDO DNI: 19223300 ORCID: 0000-0002-3856-3146	Firmado electrónicamente por: LECRUZS el 12-07- 2024 09:04:47

Código documento Trilce: TRI - 0764750

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, LEON MARTOS LUIS EDUARDO, ALVAREZ VALENCIA MANUEL ENRIQUE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
LUIS EDUARDO LEON MARTOS DNI: 72727033 ORCID: 0000-0003-2782-5048	Firmado electrónicamente por: LLEONMA27 el 19-06-2024 18:59:26
MANUEL ENRIQUE ALVAREZ VALENCIA DNI: 71343395 ORCID: 0000-0001-9963-7789	Firmado electrónicamente por: MALVAREZVAL el 19-06-2024 18:21:32

Código documento Trilce: TRI - 0764749

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme ese soporte y guía para lograr culminar con éxito y también a nuestra familia, amigos, así como a nuestros profesores que nos estuvieron apoyando desde un principio y me ayudaron a levantarme en muchos momentos.

Manuel

Dedico este proyecto a mis padres por su inmenso apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda durante los momentos difíciles, así como por los recursos de aprendizaje necesarios. Me dieron todo lo que tengo como ser humano: valores y principios, perseverancia y coraje para perseguir mis metas.

Luis

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los profesores por sus enseñanzas y por haberme brindado todos sus conocimientos, también a nuestra familia y a todas las personas que me apoyaron, en especial a Dios por guiar mis pasos día a día.

Manuel

En primer lugar, doy gracias a Dios, que supo guiarme adelante y no rendirme ante los desafíos, me enseñó a afrontar la adversidad sin perder la dignidad y sin rendirme ante el fracaso. En la prueba. Por otro lado, agradezco a la universidad por darme la oportunidad de seguir el camino del éxito, y al mismo tiempo también agradezco a todos los profesores del colegio por compartir su aprendizaje, profesionalismo y crear las oportunidades necesarias para alcanzar el éxito en el futuro.

Luis

Índice de contenidos

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	8
III. RESULTADOS	12
IV. DISCUSIÓN	27
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS.....	37

Índice de tablas

Tabla 1. Categorización de causas.....	12
Tabla 2. Tiempo promedio entre fallas (enero-febrero)	13
Tabla 3. Tiempo promedio de reparación (enero-febrero)	14
Tabla 4. Disponibilidad (enero-febrero).....	15
Tabla 5. Análisis de criticidad.....	15
Tabla 6. Programa de capacitación	16
Tabla 7. Programa de mantenimiento preventivo.....	21
Tabla 8. Tiempo promedio entre fallas (mayo-junio)	23
Tabla 9. Tiempo promedio de reparación (mayo-junio)	23
Tabla 10. Disponibilidad (mayo-junio).....	24
Tabla 11. Comparación de disponibilidad pre test y postest)	25
Tabla 12. Prueba de normalidad	26
Tabla 13. Prueba t Student de muestra emparejadas	26

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	12
-------------------------------------	----

Resumen

La principal meta de esta investigación es Determinar el efecto de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de la maquinaria del molino Sol de Pacasmayo. Se siguió un enfoque metodológico aplicado, empleando un diseño preexperimental de naturaleza cuantitativa. La población objeto de estudio fueron los registros de disponibilidad de la empresa, mientras que la unidad de análisis consistió en los datos relativos a la disponibilidad de la maquinaria. Se utilizaron técnicas de observación y análisis documental para recopilar información, haciendo uso de fichas de observación y registro como instrumentos. Además, se empleó el diagrama de Ishikawa para identificar posibles problemas dentro del área, y se diseñó un Plan de Mantenimiento Preventivo. Inicialmente, este plan produjo una disponibilidad de maquinaria del 74%. Posteriormente, se implementó un Plan de Mantenimiento Preventivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de maquinaria en el área, lo que se tradujo en un aumento del rendimiento al 86%. Este resultado llevó al rechazo de la hipótesis nula y a la aceptación de la hipótesis alternativa, demostrando que el Plan de Mantenimiento Preventivo tiene un impacto significativo en la disponibilidad de la maquinaria.

Palabras Clave: Plan de Mantenimiento Preventivo, Disponibilidad de maquinaria, Tiempo medio entre fallas, Tiempo medio de reparación.

Abstract

The main goal of this research is to determine the effect of the application of a preventive maintenance plan on the availability of the machinery at the Sol de Pacasmayo mill. An applied methodological approach was followed, using a pre-experimental design of a quantitative nature. The population under study was the company's availability records, while the unit of analysis consisted of data related to the availability of machinery. Observation and documentary analysis techniques were used to collect information, using observation and recording sheets as instruments. Additionally, the Ishikawa diagram was used to identify possible problems within the area, and a Preventive Maintenance Plan was designed. Initially, this plan produced a machinery availability of 74%. Subsequently, a Preventive Maintenance Plan was implemented with the objective of improving the availability of machinery in the area, which resulted in an increase in performance to 86%. This result led to the rejection of the null hypothesis and the acceptance of the alternative hypothesis, demonstrating that the Preventive Maintenance Plan has a significant impact on the availability of the machinery.

Keywords: Preventive Maintenance Plan, Machinery availability, Average time between failures, Average repair time.

I. INTRODUCCIÓN

En el entorno actual, la competencia entre las empresas se vuelve más intensa y compleja, lo que subraya la importancia de comprender claramente las metas de estas organizaciones y cómo alcanzarlas. Por lo tanto, surge la necesidad de herramientas que faciliten la alineación de la visión empresarial con sus objetivos, estrategias y otros aspectos relevantes. En este contexto, las actividades de mantenimiento adquieren un papel crucial para garantizar el funcionamiento óptimo de la organización y la consecución de sus metas, ya que aseguran la disponibilidad y el rendimiento adecuado de la maquinaria. Una gestión de mantenimiento eficaz conlleva a un aumento en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, tal como lo indican Martel y Torero (2021).

En nuestro país, enfrentamos desafíos significativos en cuanto a la operatividad de maquinarias y equipos. Las fallas y problemas técnicos son una realidad innegable en muchos sectores industriales, lo que resulta en tiempos de producción más cortos, mayores costos, incumplimiento de pedidos y un aumento en la inseguridad laboral. Además, la mayoría de las empresas carecen de un plan estratégico que les permita traducir sus declaraciones de visión y misión en acciones concretas de control y rendimiento como lo señalan Pérez, Pérez, y De la Paz (2021).

Las compañías exitosas están implementando una variedad de estrategias de mantenimiento y fiabilidad. Esto les permite operar de manera continua, lo que resulta en el cumplimiento de los planes y programas establecidos, alineándose así con la estrategia general de la empresa (Martínez y Ruiz, 2023).

La compañía analizada es un molino de procesamiento de arroz. Durante los últimos meses, se han experimentado fallas recurrentes en los equipos de producción, lo que ha resultado en la falta de cumplimiento de los pedidos de los clientes y una reducción en la disponibilidad de los equipos. Los costos de mantenimiento y reparación han aumentado como consecuencia. Por lo tanto, es necesario implementar un plan que mejore el funcionamiento de las máquinas, incorporando indicadores y planes de acción para supervisar y aumentar la disponibilidad de los equipos. La problemática identificada nos lleva a plantearnos la pregunta de

investigación: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de la maquinaria del molino Sol de Pacasmayo? El objetivo general planteado es: Determinar el efecto de la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de la maquinaria del molino Sol de Pacasmayo, como objetivo específico: Realizar un diagnóstico preliminar y calcular los indicadores de disponibilidad iniciales; Aplicar el plan de mantenimiento preventivo; Calcular la disponibilidad de la maquinaria después de aplicar el plan de mantenimiento.

Desde un enfoque teórico, se sustenta en la propuesta de métodos que buscan mejorar los procesos productivos mediante la aplicación de la teoría del mantenimiento. Esto resulta lógico desde una perspectiva práctica, ya que tiene como objetivo incrementar la disponibilidad de los dispositivos en la organización bajo estudio. Desde el punto de vista metodológico, se justifica al emplear instrumentos validados para la recolección de datos y al seguir rigurosamente el método científico. Socialmente, beneficiará a la empresa y podría servir como modelo para otras investigaciones y empresas dentro del mismo sector.

Al revisar investigaciones previas relacionadas con nuestro estudio, se encontró el trabajo de Rébula, Donato, Gabriel y Martins (2023), en su estudio sobre el "Plan de mantenimiento preventivo de enderezadora basado en AHP: un estudio de caso de un fabricante de acero en Brasil", se enfocaron en mejorar la disponibilidad y confiabilidad del equipo en una empresa siderúrgica. Utilizaron técnicas como análisis documental y entrevistas, junto con la aplicación de AHP para categorizar los períodos de mantenimiento preventivo. Implementaron un plan de mantenimiento que resultó en mejoras del 12% en accesibilidad y del 13% en confiabilidad, además de lograr una reducción de costos.

Se halló también la investigación de Hu, Shen y Shen (2020), titulada "Planificación del mantenimiento preventivo periódico para sistemas que trabajan bajo una condición de funcionamiento markoviana". Este estudio examina un sistema compuesto por un único componente que opera en condiciones variables con el tiempo, cuya evolución sigue un proceso de Markov. Se parte del supuesto de que la distribución del tiempo hasta la falla del procedimiento,

operando en diferentes condiciones, puede ser representada mediante un modelo de tiempo de falla acelerado. Se recomienda una estrategia de mantenimiento preventivo periódico para mitigar el riesgo creciente de fallos, considerando tanto el mantenimiento imperfecto como el reemplazo. La combinación óptima de la frecuencia de mantenimiento preventivo y el número de acciones de mantenimiento imperfecto antes de cada reemplazo se determina minimizando el costo promedio a largo plazo, formulado en función de las características semi-regenerativas del estado del sistema. Además, se contempla un escenario especial con solo dos condiciones de operación. Se realizan análisis numéricos para validar la estrategia de mantenimiento propuesta.

De igual manera, Youjun et al. (2022), presentan su estudio sobre la "Optimización conjunta del mantenimiento preventivo y la reprogramación de la producción con la inserción de nuevas máquinas y la selección de la velocidad de procesamiento". Este artículo se centra en la optimización simultánea del mantenimiento preventivo y la reprogramación flexible en el taller, considerando la selección de la velocidad de procesamiento y reconociendo que la incorporación dinámica de una nueva máquina mejora la eficiencia. En detalle, (1) proponen una estrategia de mantenimiento que toma en cuenta la velocidad de procesamiento para elaborar un plan de mantenimiento adecuado para cada máquina; y (2) para abordar, evaluar y optimizar el problema de programación dinámica, desarrollan un modelo de optimización multiobjetivo, dos estrategias de reprogramación y un algoritmo evolutivo cooperativo bipoblacional de forma independiente. En los experimentos numéricos, primero se utilizan el método Taguchi para establecer los parámetros del algoritmo propuesto. Luego, se demuestra la superioridad de la estrategia de reprogramación migratoria propuesta en comparación con la estrategia de reprogramación completa. Posteriormente, se verifica la eficacia de los operadores mejorados y del algoritmo propuesto mediante la comparación con otros algoritmos. Se examinan los beneficios de la velocidad de procesamiento seleccionable en comparación con la velocidad de procesamiento nominal. Finalmente, se realiza un análisis de sensibilidad sobre el rango opcional de velocidad de procesamiento.

En la misma línea, Arroyo y Obando (2022) buscan implementar un plan de mantenimiento destinado a mejorar la accesibilidad y los indicadores de rendimiento en la producción. Este estudio se llevó a cabo en un entorno práctico y demostró que la productividad aumentó en un 25%, los costos se redujeron en un 30%, y la disponibilidad mejoró en un 15% gracias a la optimización de los procesos.

De manera similar, Rosenthal y Mendoza (2022), se propusieron investigar el efecto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los equipos en una empresa especializada en el diseño de sistemas de tableros de control automatizados. Se empleó un diseño pre experimental, utilizando como muestra los equipos de la organización y su disponibilidad. Los resultados indicaron que, tras mejorar la implementación del plan, la disponibilidad aumentó del 88 % al 95 %, lo que valida la efectividad del modelo propuesto.

Un estudio previo llevado a cabo por Checya (2022), a nivel nacional tuvo como meta mejorar la gestión del mantenimiento para aumentar la rentabilidad de los camiones. Antes de implementar mejoras en la gestión del mantenimiento, se observó que la disponibilidad mecánica promedio era del 82.81%. Después de aplicar dichas mejoras, la disponibilidad mecánica promedio acumulada aumentó al 94.32%, lo que representa un incremento del 11.51% en la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes Mercedes Benz. Se concluyó que tener equipos mecánicamente disponibles reduce los costos de mantenimiento, lo que directamente mejora la rentabilidad.

De igual manera, Unzueta (2022), desarrolló un plan de mantenimiento preventivo con el objetivo de incrementar la disponibilidad en una empresa minera, empleando un diseño experimental aplicado. Esta iniciativa resultó en la reducción de tiempos muertos y pérdidas económicas, así como en un aumento de la disponibilidad del 68% al 82%.

En otro contexto, Ascón y Rossell (2021), se propusieron diseñar un plan de mantenimiento preventivo con el fin de mejorar el rendimiento de la maquinaria en una empresa de agregados. Este estudio fue llevado a cabo en el terreno práctico

utilizando como muestra las máquinas de la organización. Después del diagnóstico y la implementación del plan, se logró aumentar la disponibilidad de los equipos del 46% al 77%. Además, en la evaluación económica de la mejora se obtuvo un Valor Actual Neto de 106,000 soles.

Finalmente, Solis (2020), se propuso aumentar la disponibilidad del equipo mediante el empleo de mantenimiento preventivo. Este estudio se llevó a cabo mediante enfoques aplicados y cuantitativos, utilizando un diseño preexperimental. La población estudiada consistió en las órdenes de servicio mensuales. Como resultado de la aplicación del mantenimiento preventivo, se registró un incremento en la disponibilidad del 21.67%, pasando del 70.30% al 91.67%. Además, la confiabilidad experimentó un aumento de 0.217. En resumen, el autor concluyó que la ejecución del plan de mantenimiento beneficia la disponibilidad de los equipos bajo análisis.

En lo que respecta a las teorías respaldadas por la investigación, se menciona a Durán et al. (2018), quienes sostienen que el propósito fundamental del mantenimiento industrial es asegurar que las operaciones de producción cumplan con su función prevista, garantizando disponibilidad, seguridad y confiabilidad. Este objetivo se logra al cumplir con los estándares de gestión de calidad y las regulaciones de seguridad industrial, higiene y medio ambiente, siempre buscando el máximo beneficio integral. La confiabilidad se define como la capacidad de operar sin fallos durante un periodo específico y bajo condiciones determinadas.

Por otra parte, Obeso y Yaya (2018), señalan que, en la actualidad, el concepto de mantenimiento ha evolucionado hacia la búsqueda de mejoras en todas las etapas de un proceso, lo que implica la expectativa de que el equipo esté disponible en todo momento. Los costos asociados con el mantenimiento de un equipo son significativos, de manera que incluso una avería pequeña puede con el tiempo exceder los beneficios obtenidos en un día de trabajo. Por consiguiente, un mantenimiento adecuado se enfoca en mejorar la capacidad del equipo, preservándolo en su condición original a pesar del desgaste, lo que resulta en una ampliación, conservación y prolongación de su eficacia y vida útil.

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo principal identificar las causas fundamentales de las fallas en los equipos y aplicar soluciones basadas en el análisis de las mismas. El resultado esperado es lograr la máxima disponibilidad posible de las máquinas (Jain, Singh y Bhatti, 2018). En concordancia con esto, Lijana (2021), presenta los beneficios de un mantenimiento adecuado, que incluyen la prolongación del tiempo de uso de los equipos y su mantenimiento en condiciones óptimas, el aumento de la disponibilidad y la reducción de los costos de mantenimiento. El ciclo de vida de un equipo consta de períodos en los que funciona normalmente, momentos en los que opera por debajo de las condiciones esperadas y momentos en los que deja de funcionar debido a fallos, requiriendo reparaciones correspondientes.

La disponibilidad se refiere a la capacidad de obtener que los equipos o sistemas operen satisfactoriamente cuando se necesite, después de haber iniciado su funcionamiento y bajo condiciones de uso estables. Este indicador proporciona información sobre el rendimiento del equipo. El objetivo es maximizar la disponibilidad de los equipos, lo que implica implementar métodos que faciliten la reparación en caso de fallo. La medición de este indicador implica los siguientes pasos: 1) Definir métodos para recopilar, registrar, manipular y analizar datos relativos a tiempos de operación efectiva, fallos, reparaciones, tiempos de inactividad por producción y mantenimiento. 2) Preparar los datos y seleccionar el tipo de disponibilidad factible para el cálculo, según la información disponible (Gutiérrez, Rodríguez y Lavado, 2020).

Conforme a Saetta y Caldarelli (2018), el tiempo medio entre fallos (MTBF) es el promedio de tiempo de funcionamiento entre una falla.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo disponible de producción}}{\textit{Paradas de máuinas + otras paradas}}$$

Además, el tiempo medio de reparación (MTTR) se define como el periodo requerido para completar la reparación después de que ocurre una falla, representando el tiempo empleado en intervenir en un proceso particular (Saetta y Caldarelli, 2018).

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo de paradas de máquinas} + \textit{tiempo de otras paradas}}{\textit{Paradas de máuinas} + \textit{otras paradas}}$$

Para calcular la Disponibilidad, se requiere disponer de un historial de fallos. Se emplearán dos métodos para obtener un porcentaje de forma estadística: En el primer enfoque, se emplearon los datos de MTBF y MTTR para analizar los tiempos promedio de operación sin fallos y los tiempos promedio de reparación. En el segundo enfoque, se contrastó el tiempo de funcionamiento esperado con el tiempo total en que el equipo estuvo inactivo debido a reparaciones. El criterio a seguir se fundamenta en los valores de MTBF y MTTR (Macías, Artega y Rodríguez, 2021).

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La hipótesis de investigación es que implementar un plan de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de equipos en la planta Sol de Pacasmayo.

II. METODOLOGÍA

Se recurre a este enfoque de investigación debido a la variedad de teorías disponibles para abordar un problema específico (Hernández y Mendoza, 2018). En este estudio, se emplearon diversos conocimientos en el área de mantenimiento con el objetivo de mejorar la disponibilidad de la maquinaria. Asimismo, se adoptó un enfoque cuantitativo con un nivel explicativo, orientado a analizar el impacto que la variable independiente tiene sobre la dependiente.

Se optó por un diseño preexperimental para motivar al equipo de análisis a evaluar el efecto (Hernández y Mendoza, 2018). Este estudio se centra en analizar cómo un plan de mantenimiento preventivo afecta la disponibilidad de los equipos.

G O1 X O2

G: Grupo de experimentación

X: Estímulo

O: Observación o medición de la variable dependiente

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual: Se refiere al proceso de realizar intervenciones planificadas de forma periódica con el fin de reducir las averías imprevistas, lo que resulta en una reducción de los costos asociados con las reparaciones y el tiempo empleado por el personal en realizar dichas reparaciones (Gasca, 2019).

Definición operacional: La evaluación del plan de mantenimiento preventivo se llevó a cabo mediante la medición del tiempo promedio entre fallos y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).

Indicadores:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo disponible de producción}}{\textit{Paradas de máquinas + otras paradas}}$$

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo disponible de producción}}{\textit{Paradas de máquinas + otras paradas}}$$

Escala de medición: Razón

Variable dependiente: Disponibilidad

Definición conceptual: Se trata del tiempo empleado en la producción real de un producto y el tiempo total en que la producción se detiene debido a tareas de mantenimiento (Gasca, 2019).

Definición operacional: Se consideró la relación entre el tiempo promedio entre fallos y la suma del tiempo promedio de reparación y fallos (Gasca, 2019).

Indicadores

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Escala de medición: Razón

La población consistió en los registros de disponibilidad de la compañía.

Se incorporaron registros de accesibilidad organizativa durante los años 2023 y 2024.

Los registros de inventario durante los periodos de baja producción fueron omitidos.

La prueba consistió en perfiles de disponibilidad semanales durante un periodo de seis meses: desde octubre hasta diciembre de 2023, y de mayo a julio de 2024, abarcando tres meses antes y después de la implementación del plan de mantenimiento.

Los métodos de muestreo hacen referencia a los procedimientos, criterios y principios que orientan la selección de participantes en la investigación. En esta instancia, se emplea un enfoque no probabilístico por conveniencia, ya que las entidades cercanas serán seleccionadas antes y después de la implementación de la mejora.

La unidad de análisis en el estudio consistió en cualquier información relacionada con la disponibilidad del dispositivo.

En lo que respecta a los métodos y herramientas para recopilar datos, el primer objetivo consiste en emplear el método de observación, utilizando fichas de observación y fichas de registro para obtener datos sobre tiempos disponibles, número de paradas y tiempos de reparación, los cuales fueron utilizados para calcular la disponibilidad. Para el segundo propósito, se llevó a cabo observación y análisis de documentos para recopilar información sobre las máquinas, fallas, fichas técnicas e historiales. Finalmente, la disponibilidad final se midió recolectando información en una ficha de registro y mediante observación. La validación de los instrumentos fue realizada por tres docentes expertos del área de Ingeniería Industrial.

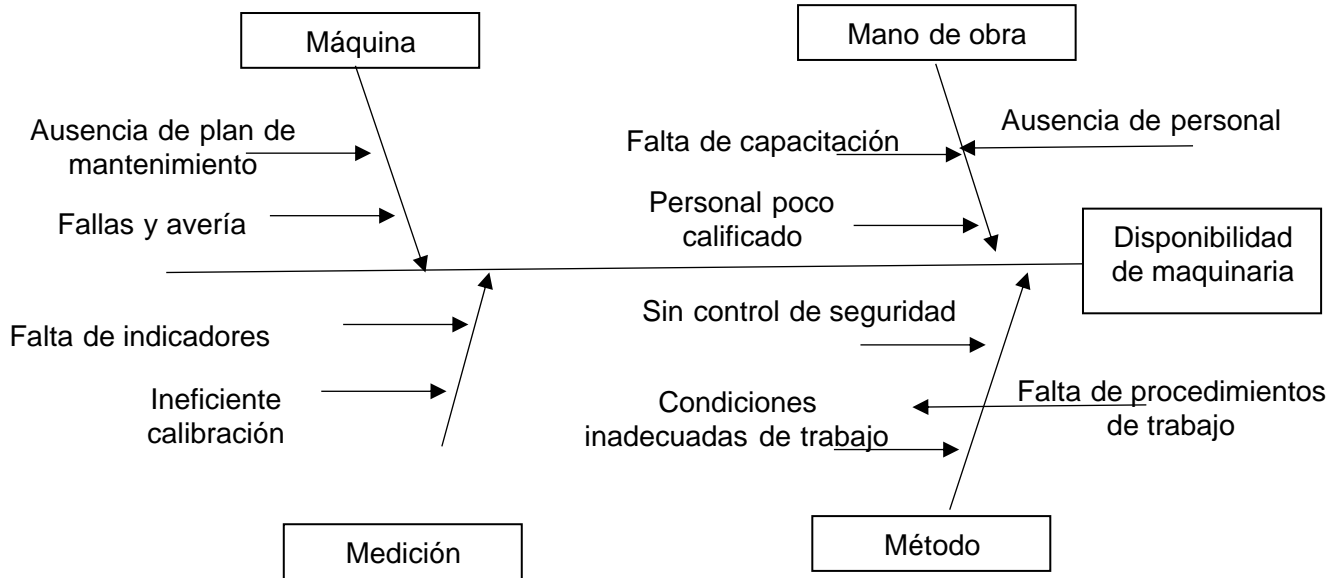
En cuanto al proceso, se llevaron a cabo las gestiones correspondientes para obtener acceso a la información de la empresa. En primer lugar, se examinó la problemática del área en estudio con el fin de identificar las causas. Se evaluó la disponibilidad inicial de las máquinas bajo estudio mediante la recopilación de datos sobre los tiempos disponibles, tiempos de reparación y número de paradas. Luego, se procedió a recabar la información necesaria para diseñar, aplicar e implementar el plan de mantenimiento preventivo, para posteriormente volver a medir la disponibilidad y determinar el impacto que tuvo el plan en la misma. La prueba de la hipótesis contrastará nuestros resultados para validarlos.

Este estudio utilizó el análisis estadístico descriptivo para organizar y examinar los datos en tablas, empleando medidas de tendencia central. Además, se recurrió al análisis inferencial para contrastar la hipótesis, previa verificación de la normalidad de los datos. La investigación contiene información genuina y auténtica específicamente de la empresa, obtenida con la coordinación y autorización de los directivos. Se aplicaron principios como veracidad, ya que los datos son auténticos y provienen directamente de la empresa; confiabilidad, dado que los datos no fueron alterados ni manipulados en modo alguno; todo esto en cumplimiento con las normativas de investigación de la Universidad. Además, se utilizó el estilo de referencia ISO para citar la información.

III. RESULTADOS

OE1. Realizar un diagnóstico inicial y calcular los indicadores de disponibilidad iniciales

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura previa se señaló la causa principal que afecta la disponibilidad de la maquinaria, lo que facilitó la identificación de las más influyentes.

Se empleó la técnica de Pareto para descubrir las causas que ejercen mayor influencia en la reducción de la disponibilidad.

Tabla 1. *Categorización de causas*

Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
Fallas y averías	90	20%	20%
Ausencia de plan de mantenimiento	75	16%	36%
Ineficiente calibración	70	15%	52%

Falta de indicadores	65	14%	66%
Personal poco calificado	50	11%	77%
Falta de procedimientos de trabajo	40	9%	86%
Condiciones inadecuadas de trabajo	30	7%	92%
Ausencia de personal	20	4%	97%
Falta de capacitación	10	2%	99%
Sin control de seguridad	5	1%	100%

Fuente: Encuesta aplicada.

Se ha notado que las principales causas que más inciden en la reducción de la disponibilidad de la maquinaria son la aparición de fallos y averías, la carencia de un plan de mantenimiento y la calibración ineficiente de la maquinaria.

Después, se llevó a cabo el cálculo de la disponibilidad inicial de los equipos, considerando el tiempo promedio entre fallos (MTBF) y el tiempo promedio de reparación (MTTR).

Tabla 2. Tiempo promedio entre fallas (enero-febrero)

Semana	Tiempo disponible (h)	N° de fallas	MTBF (Tiempo disponible/N° de fallas)
1	35	5	7
2	36	4	9
3	35	6	6
4	37	5	7
5	36	4	9
6	35	5	7

7	36	5	7
8	34	5	7
Promedio			7

Fuente: *Elaboración propia.*

Se nota que la maquinaria experimenta averías aproximadamente cada 7 horas debido a diversas razones. Por ende, se requiere implementar un plan de mantenimiento.

Tabla 3. *Tiempo promedio de reparación (enero-febrero)*

Semana	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTTR (Tiempo inactividad/N° de fallas)
1	13	5	3
2	12	4	3
3	13	6	2
4	11	5	2
5	12	4	3
6	13	5	3
7	12	5	2
8	14	5	3
Promedio			3

Fuente: *Elaboración propia.*

Durante el período de observación de ocho semanas, se notó que, en promedio, se dedicaron tres horas a la reparación de la maquinaria.

Tabla 4. Disponibilidad (enero-febrero)

Semana	MTBF	MTTR	Disponibilidad (MTBF/(MTBF+MTTR) *100)
1	7	3	73%
2	9	3	75%
3	6	2	73%
4	7	2	77%
5	9	3	75%
6	7	3	73%
7	7	2	75%
8	7	3	71%
Promedio			74%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla previa indica que la disponibilidad promedio de los equipos es del 74% durante los meses de febrero y marzo.

OE2. Aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

Se llevó a cabo un análisis de criticidad para identificar las máquinas con mayor nivel de criticidad.

Tabla 5. Análisis de criticidad

Máquina o Equipo	Frecuencia	Impacto Operacional	Flexibilidad operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto en la seguridad ambiental y humana	Consecuencia	Criticidad
Pre - Limpia	4	10	4	2	5	47	188
Descascaradora 1	4	10	2	2	3	25	100
Descascaradora 2	4	7	2	2	3	19	76
Pulidora 1	3	10	2	2	3	25	75
Pulidora 2	3	10	2	2	3	25	75
Mesa Paddy	3	10	2	2	3	25	75
Zaranda 1	2	7	2	1	1	16	32

Zaranda 2	2	7	2	1	1	16	32
Zaranda 3	2	7	2	1	1	16	32
Clasificadora	2	10	2	2	3	25	50
Selectora	3	10	4	2	3	45	135
Elevadores	4	4	1	1	3	8	32

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla anterior se puede notar que las máquinas pre-limpiadoras, seleccionadora y descascaradora1 son las más críticas. Otros equipos tienen un nivel de criticidad menor, como la descascaradora 2, las pulidoras 1 y 2 y la mesa para granos, por lo que necesitan una atención adicional para prevenir la continuación de los desperdicios.

Capacitación de los trabajadores

El personal recibió formación en mantenimiento preventivo, organización y limpieza. El principal propósito fue crear conciencia sobre la importancia de mantener los equipos adecuadamente para garantizar su funcionamiento, así como la relevancia de mantener el área de trabajo limpia y ordenada. Se trataron temas como la lubricación, ajustes, limpieza e inspección.

Tabla 6. *Programa de capacitación*

N°	Tema	Fecha	Horas
1	Limpieza	05/04/2024	3
2	Lubricación	12/04/2024	3
3	Ajustes	19/04/2024	3
4	Inspección	26/04/2024	3
5	Mantenimiento	03/05/2024	3

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla anterior se confirma el plan de formación impartido a los empleados del departamento de producción, el cual abarcó un total de 15 horas distribuidas en varios días.

Buscar que el trabajador realice actividades básicas de mantenimiento

El objetivo fue que los empleados se comprometieran con ciertas tareas de mantenimiento para asegurar el rendimiento y la confiabilidad del equipo. Las principales tareas involucradas son la limpieza, la lubricación, los ajustes y la inspección.

Limpieza: Eliminar la suciedad, el polvo, los desechos y cualquier otro material extraño de las superficies del equipo y del entorno laboral. Emplear herramientas y productos de limpieza apropiados de acuerdo con las indicaciones del fabricante y los procedimientos establecidos. Realizar limpiezas periódicas en las zonas de difícil acceso para evitar la acumulación de suciedad y prevenir posibles fallos en el funcionamiento.

Lubricación: Emplear los lubricantes sugeridos por el fabricante y seguir los intervalos de lubricación recomendados. Asegurarse de aplicar la cantidad correcta de lubricante para promover un funcionamiento fluido y minimizar el desgaste de las partes móviles. Controlar periódicamente los niveles de lubricación y reponerlos según sea necesario para mantener un desempeño óptimo del equipo.

Ajustes: Efectuar pequeñas correcciones en el equipo para corregir posibles desviaciones en su funcionamiento o para mantener las especificaciones de rendimiento. Emplear las herramientas apropiadas y seguir los procedimientos establecidos para realizar los ajustes de forma segura y eficiente. Registrar cualquier ajuste realizado y comunicar a los supervisores cualquier problema que necesite atención adicional.

Inspección: Llevar a cabo revisiones visuales y operativas del equipo para detectar cualquier indicio de desgaste, daño o mal funcionamiento. Utilizar listas de verificación y protocolos de inspección predefinidos para garantizar que se examinen todos los componentes relevantes. Informar sobre cualquier hallazgo inusual y tomar medidas correctivas según sea necesario para evitar fallos o deterioro del equipo.

Basándose en la matriz de criticidad, se elaboró el programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de mayor importancia.

Máquina: Descascaradora de arroz

Programa de inspecciones periódicas:

- Revisar diariamente visualmente: buscar ruidos extraños, fugas de aceite, y partes sueltas o dañadas.
- Realizar una inspección semanal para comprobar los niveles de aceite, la tensión de las correas y la alineación de las poleas.
- Realizar una inspección mensual para verificar el desgaste de las cuchillas descascaradoras, ajustar los rodamientos y llevar a cabo una limpieza general.

Mantenimiento preventivo programado:

- Mensual: Engrase de rodamientos y piñones, ajuste de correas, y limpieza de filtros de aire.
- Trimestral: Reemplazo del lubricante de la caja de cambios, evaluación de los sistemas de embrague y frenos.
- Semestral: Sustitución de hojas peladoras desgastadas, equilibrado de rotores y revisión de los cojinetes.
- Anual: Cambio de correas de transmisión, revisión de motores eléctricos y ajuste de sistemas de control.

Capacitación del personal: Los empleados de mantenimiento serán instruidos regularmente en prácticas seguras de trabajo, comprensión de manuales técnicos, manejo de herramientas y dispositivos de medición, y estarán al tanto de las últimas tecnologías o cambios en la maquinaria.

Abastecimiento de repuestos: Se llevará un registro de piezas de repuesto esenciales, como cuchillas peladoras, correas de transmisión, rodamientos, embragues y frenos, basado en el historial de uso y las sugerencias del fabricante.

Máquina: Selectora de arroz

Programa de inspecciones periódicas:

- Revisión cotidiana: Examen visual para detectar escapes de aire, bloqueos en las boquillas y cualquier ruido inusual.
- Revisión semanal: Control de los niveles de lubricante en los sistemas neumáticos y mantenimiento de los filtros de aire.
- Revisión mensual: examen de cribas y tamices, ajuste de la tensión de correas y verificación de la alineación de poleas.

Mantenimiento preventivo programado:

- Cada mes: aplicación de lubricante a los rodamientos, engrase de las cadenas de transmisión y limpieza de los sensores ópticos.
- Cada tres meses: sustitución de lubricantes en sistemas neumáticos, evaluación de válvulas y cilindros de aire, ajuste de sistemas de control.
- Cada seis meses: renovación de cribas y tamices deteriorados, revisión de rodamientos, y ajuste de la tensión de las correas.
- Cada año: sustitución de correas de transmisión, revisión completa de motores eléctricos, evaluación de estructuras y soportes.

Capacitación del personal: El equipo de mantenimiento será entrenado en sistemas neumáticos, comprensión de manuales técnicos, manejo de herramientas y dispositivos de medición, además de recibir información actualizada sobre nuevas tecnologías o cambios en la maquinaria.

Abastecimiento de repuestos: Se llevará un registro de piezas de repuesto esenciales, como cribas, tamices, correas de transmisión, rodamientos, válvulas y componentes neumáticos, basado en el historial de uso y las sugerencias del fabricante.

Actualización del plan: El plan de mantenimiento preventivo será evaluado y modificado cada año, integrando mejoras, nuevas técnicas de mantenimiento o ajustes en los procedimientos del molino.

Máquina: Pre-limpiadora de arroz

Programa de inspecciones periódicas:

- Revisión diaria: examen visual para detectar pérdidas de aire, bloqueos en las boquillas y sonidos inusuales.
- Revisión semanal: control de los niveles de lubricante en los sistemas neumáticos y mantenimiento de los filtros de aire.
- Revisión mensual: examen de cribas y tamices, ajuste de la tensión de las correas, y verificación de la alineación de las poleas.

Mantenimiento preventivo programado:

- Cada mes: lubricación de los rodamientos, engrase de las cadenas de transmisión y limpieza de los sensores.
- Cada tres meses: sustitución del aceite en sistemas neumáticos, revisión de válvulas y cilindros de aire, ajuste de sistemas de control.

- Cada seis meses: renovación de cribas y tamices deteriorados, revisión de rodamientos, y ajuste de la tensión de las correas.
- Cada año: sustitución de correas de transmisión, revisión exhaustiva de motores eléctricos, evaluación de estructuras y soportes.

Capacitación del personal: El equipo de mantenimiento será entrenado en sistemas neumáticos, comprensión de manuales técnicos, manejo de herramientas y dispositivos de medición, además de recibir información actualizada sobre nuevas tecnologías o cambios en la pre-limpiadora.

Abastecimiento de repuestos: Se llevará un registro de piezas de repuesto esenciales, como cribas, tamices, correas de transmisión, rodamientos, válvulas y componentes neumáticos, basado en el historial de consumo y las recomendaciones del fabricante.

Luego, se llevó a cabo la ejecución del plan de mantenimiento de los equipos de menor importancia.

Tabla 7. Programa de mantenimiento preventivo

Maquinaria / Equipo	Descripción	Frecuencia	Recurso humano
Separadora	Revisión y control	Diario	operador
	Limpieza de tolva	Semanal	operador
	Inspección de fajas	Mensual	operador
	Limpieza de canales	Semanal	operador y personal de producción
	Limpieza General	Mensual	operador y personal de producción
	Revisión eléctrica	Trimestral	Externo
Pulidora	Revisión y control	Diario	operador
	Engrase de rodajes	Quincenal	operador y personal de operador
	Cambio de fajas	Anual	operador
	Inspección de cribas	Bimestral	operador

	Cambio de cribas	Trimestral	operador
	Cambio de rodajes	Semestral	operador
	Inspección del tornillo sin fin	Bimestral	operador
	Limpieza General	Mensual	operador y personal de producción
	Revisión eléctrica	Trimestral	Externo
Clasificadora	Revisión y control	Diario	operador
	Engrase de bocinas	Semanal	operador
	Lubricación de rodajes	Quincenal	operador y personal de producción
	Control de fajas	Quincenal	operador y personal de producción
	Cambio de fajas	Semestral	operador
	Limpieza General	Mensual	operador y equipo de producción
	Revisión eléctrica	Trimestral	Externo
	Tablero de Control	Revisión y control	Diario
Cambio de pulsadores		Semestral	operador
Revisión de contactores		Trimestral	operador
Revisión de lámparas		Trimestral	operador
Revisión de conexiones eléctricas		Trimestral	Externo
Elevadores	Revisión y control	Diario	equipo de Producción
	Engrase de rodajes	Quincenal	operador y equipo de producción
	Engrase de chumaceras	Quincenal	operador y equipo de producción
	Tensión de poleas	Semanal	operador
	Limpieza de cangilones	Mensual	operador
	Revisión eléctrica del motor	Trimestral	Externo
Maquina selladora	Revisión y control	Diario	equipo de Producción
	Revisión de agujas	Semanal	equipo de Producción
	Revisión general	Mensual	equipo de Producción

Balanzas	Limpieza	Diario	equipo de Producción
	Revisión eléctrica	Mensual	operador

Fuente: *Elaboración propia.*

OE3. Calcular la disponibilidad de la maquinaria después de aplicar el plan de mantenimiento.

Se llevó a cabo el cálculo de la disponibilidad posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 8. *Tiempo promedio entre fallas (mayo-junio)*

Semana	Tiempo disponible (h)	N° de fallas	MTBF (Tiempo disponible/N° de fallas)
1	40	2	20
2	40	2	20
3	41	2	21
4	41	2	21
5	42	2	21
6	42	1	42
7	42	1	42
8	43	1	43
Promedio			29

Fuente: *Elaboración propia.*

Se nota que la maquinaria experimenta una avería cada 29 horas en promedio debido a diversas razones, lo que hace necesario implementar el plan de mantenimiento.

Tabla 9. *Tiempo promedio de reparación (mayo-junio)*

Semana	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	MTTR (Tiempo inactividad/N° de fallas)
1	8	2	4
2	8	2	4
3	7	2	4
4	7	2	4
5	6	2	3
6	6	1	6
7	6	1	6
8	5	1	5
Promedio			4

Fuente: *Elaboración propia.*

Durante las últimas ocho semanas, se ha notado que, en promedio, se destinaron cuatro horas para reparar la maquinaria.

Tabla 10. *Disponibilidad (mayo-junio)*

Semana	MTBF	MTTR	Disponibilidad (MTBF/(MTBF+MTTR) *100)
1	20	4	83%
2	20	4	83%
3	21	4	85%
4	21	4	85%
5	21	3	88%
6	42	6	88%
7	42	6	88%
8	43	5	90%

Promedio	86%
----------	-----

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla previa se confirma que la disponibilidad promedio de los equipos es del 86% durante los meses de mayo y junio.

Tabla 11. *Comparación de disponibilidad pre test y postest)*

Semana	Pre test	Postest
1	73%	83%
2	75%	83%
3	73%	85%
4	77%	85%
5	75%	88%
6	73%	88%
7	75%	88%
8	71%	90%
Promedio	74%	86%

Fuente: *Elaboración propia.*

Los resultados están presentes en la tabla previa, mostrando la disponibilidad antes y después de implementar el plan de mantenimiento preventivo. Se observa un aumento del 12 % en comparación con el período inicial.

Prueba de hipótesis

Prueba de normalidad

H0: La disponibilidad de los equipos sigue una distribución normal

H1: La disponibilidad de los equipos no sigue una distribución normal

Tabla 12. Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	,931	8	,522
Postest	,893	8	,248

Fuente: Reporte Software SPSS.

El valor p es mayor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H0), lo que sugiere que los datos de disponibilidad siguen una distribución normal.

Prueba t Student

H0: La aplicación del plan de mantenimiento no incrementa la disponibilidad de los equipos de la empresa

H1: La aplicación del plan de mantenimiento incrementa la disponibilidad de los equipos de la empresa

Tabla 13. Prueba t Student de muestra emparejadas

	Media	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)
		Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Pretest	-12,2500	3,69362	1,30589	-15,33795	-9,16205	-9,381	7	,000
- Postest								

Fuente: Reporte Software SPSS.

Se confirma que el valor de p es de 0.001, lo cual es inferior a 0.05, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede deducir que la implementación del plan de mantenimiento preventivo aumenta la disponibilidad de los equipos en la empresa.

IV. DISCUSIÓN

La inspección inicial en la planta reveló que los problemas en la cadena de valor se originaron principalmente por daños y perjuicios a los activos, la interrupción de equipos, la falta de mantenimiento, y programas de desempeño deficientes y corrección inadecuada de los activos. Estos factores representaron el 52% de los incidentes registrados en la evaluación. Estos hallazgos se derivaron del empleo de técnicas cualitativas como los diagramas de Ishikawa, utilizados para identificar las causas de los problemas, y el análisis de Pareto, que señala los factores más significativos que provocan los problemas.

Los hallazgos de este estudio inicial se vinculan con los resultados señalados por Álvarez y Hernández (2020), en una investigación llevada a cabo en una empresa del sector energético. En ese estudio se identificó que los principales problemas estaban asociados con fallos, averías y paradas no planificadas de los activos, lo que resultó en una disponibilidad inicial del 89%.

La evaluación inicial de los indicadores de disponibilidad de activos en la empresa molinera reveló un tiempo medio entre fallas (MTBF) de 7 horas, un tiempo medio de reparación (MTRR) de 3 horas y una disponibilidad semanal promedio del 74%. Estos resultados se comparan con los obtenidos por Álvarez y Hernández (2020), quienes registraron una disponibilidad inicial del 89% en una empresa del sector energético. Del mismo modo, Unzueta (2022), reportó una disponibilidad previa del 68% en una empresa industrial, mientras que Solís (2020), determinó una disponibilidad inicial del 21.67%.

Estos resultados se basan en fundamentos teóricos respaldados tanto por la ciencia como por investigadores previos. Alavedra y colaboradores (2021), señalan que la disponibilidad de los equipos es un aspecto crucial para alcanzar altos niveles de eficiencia y productividad en las operaciones industriales. La medición y análisis de la disponibilidad permiten identificar áreas de mejora y tomar decisiones fundamentadas para optimizar el rendimiento de los activos. De manera similar, Martínez y colegas (2022), argumentan que la evaluación de la disponibilidad de los equipos es esencial para evaluar la eficacia de la gestión

de mantenimiento y garantizar la continuidad de las operaciones, lo que posibilita la detección temprana de problemas y la implementación de acciones correctivas oportunas para maximizar la utilización de los activos. Por último, García y colaboradores (2023), subrayan la importancia de medir la disponibilidad de los equipos para asegurar un alto nivel de confiabilidad y minimizar los tiempos de inactividad. La medición de la disponibilidad proporciona información valiosa para optimizar las estrategias de mantenimiento y mejorar la eficiencia operativa.

El desarrollo de este estudio se enfrentó a varias limitaciones, como la dificultad para acceder a las métricas de tiempo de funcionamiento del hardware durante el período de evaluación, lo que complicó la determinación del tiempo medio entre fallas. A pesar de estos obstáculos, el equipo logró llevar a cabo el estudio con éxito, lo que demostró determinación, habilidades de afrontamiento y trabajo en equipo al evaluar el impacto de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los equipos. El proceso para implementar dicho plan de mantenimiento guarda similitudes con el utilizado en otros estudios, como el de Askona y Rossella (2021), donde se desarrolló un plan desde la ubicación y codificación de la maquinaria y equipos a lo largo de la cadena de valor hasta la ejecución de cada acción planificada relacionada con los diferentes activos objeto de estudio. De manera similar, Chesia (2022), diseñó su plan de mantenimiento para una empresa de logística enfocada en el comercio y transporte de mercancías, implementando diversas actividades de mantenimiento siguiendo las directrices del investigador y logrando con éxito la culminación de los estudios.

Estos descubrimientos y aplicaciones se basan en conocimientos y fundamentos teóricos probados. Por ejemplo, Gómez y colaboradores (2021), destacan la importancia de implementar un plan de mantenimiento preventivo en las empresas para asegurar la disponibilidad y fiabilidad de los equipos, reducir los costos de mantenimiento y evitar interrupciones en la producción. Un plan de mantenimiento preventivo bien concebido y ejecutado permite anticipar y prevenir fallos, prolongando la vida útil de los activos. De manera similar, Hernández y colegas (2022), enfatizan la necesidad de aplicar un plan de mantenimiento preventivo en las empresas para optimizar el rendimiento de los

equipos, reducir los tiempos de inactividad y mejorar la calidad de los productos. Un plan de mantenimiento preventivo eficaz permite identificar y corregir problemas potenciales antes de que ocurran, minimizando los impactos negativos en la producción y la rentabilidad. Por último, López y colaboradores (2023), resaltan que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en las empresas es esencial para garantizar la continuidad de las operaciones, optimizar la utilización de los recursos y mejorar la seguridad de los trabajadores. Un plan de mantenimiento preventivo bien estructurado permite detectar y corregir anomalías antes de que se conviertan en fallos críticos, reduciendo los riesgos y costos asociados con las paradas no planificadas.

Tras llevar a cabo el mantenimiento, el equipo de trabajo identificó los siguientes indicadores de disponibilidad de maquinaria: un tiempo medio entre fallos (MTBF) de 29 horas, un tiempo medio de reparación (MTRR) de 4 horas y una disponibilidad del 86 % en promedio semanal durante la segunda fase de evaluación. Estos resultados señalan una mejora notable con respecto a los datos iniciales.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de otros estudios posteriores a intervenciones de mantenimiento. Por ejemplo, Rebula, Donato, Gabriel y Martins (2023), intentaron incrementar la accesibilidad en un 12%. De manera similar, Arroyo y Obando (2022), consiguieron aumentar la disponibilidad en un 15%, mientras que Rosenthal y Mendoza (2022), determinaron que la disponibilidad final de los equipos en la planta alcanzaba el 95%. Estos resultados respaldan las afirmaciones de Ramírez y Pérez (2021), quienes sostienen que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es esencial para mejorar la disponibilidad de los equipos en las empresas. Un plan de mantenimiento preventivo adecuadamente diseñado y ejecutado puede anticipar y prevenir fallos, reducir el tiempo de inactividad y maximizar la utilización de los activos contribuyendo así a una mayor disponibilidad y eficiencia operativa. Torres y colaboradores (2022), enfatizan que mejorar la disponibilidad de los equipos es el objetivo principal de la gestión del mantenimiento en las empresas, y la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es una estrategia efectiva para lograrlo. Un plan de

mantenimiento preventivo bien planificado y ejecutado puede identificar y resolver problemas potenciales antes de que se conviertan en fallos importantes, reduciendo así el tiempo de inactividad y aumentando la confiabilidad del equipo, lo que se traduce en una mayor disponibilidad y productividad. Además, González y colaboradores (2023), resaltan la importancia de aumentar la disponibilidad de equipos para garantizar la continuidad del negocio y la competitividad empresarial. Implementar un plan de mantenimiento preventivo es una estrategia clave para lograr este objetivo, ya que puede detectar y corregir anomalías antes de que se conviertan en fallos importantes, reduciendo el tiempo de inactividad no planificado y optimizando el uso de recursos. Un plan de mantenimiento preventivo bien organizado y ejecutado contribuirá significativamente a mejorar la disponibilidad de los equipos, lo que se traducirá en una mayor eficiencia operativa y rentabilidad para las empresas. Finalmente, se realizó una comparación estadística de la hipótesis mediante pruebas paramétricas en SPSS, obteniendo una significancia de $p=0.000$, lo que permite respaldar la hipótesis de investigación y proporcionar nuevos conocimientos científicos, actualizados, y como punto de partida para futuras investigaciones.

V. CONCLUSIONES

La primera evaluación reveló que los factores principales que contribuían a los problemas incluían fallos y averías de los activos, tiempo de inactividad del equipo, ausencia de programas de mantenimiento y ajuste inadecuado de los activos. Estos factores constituían el 52 % de las incidencias registradas durante la evaluación, según los análisis de Ishikawa y Pareto.

Se estableció que el lapso promedio entre fallas (MTBF) era de 7 horas, el tiempo medio de reparación (MTRR) era de 3 horas, y la disponibilidad inicial de la maquinaria en la empresa molinera alcanzaba el 74 % en promedio semanal.

La ejecución del mantenimiento preventivo se desarrolló mediante una secuencia de etapas, las cuales abarcaron la ubicación, el inventario y la evaluación de la criticidad de los activos, además de la elección y codificación de los activos críticos, desarrollo de fichas técnicas, registros de mantenimiento, acciones preventivas, manuales instructivos y un plan de actividades programadas.

Tras la implementación del mantenimiento preventivo, se notó una mejora notable en los indicadores. El tiempo medio entre fallos (MTBF) aumentó a 29 horas, el tiempo medio de reparación (MTRR) se redujo a 4 horas y la disponibilidad de la maquinaria llegó a un promedio semanal del 86% durante la segunda fase de evaluación.

El mantenimiento preventivo generó un aumento notable del 12% en la disponibilidad de la maquinaria en la empresa arrocera.

VI. RECOMENDACIONES

- Los protocolos de mantenimiento preventivo propuestos en este estudio están fundamentados en una reprogramación, lo que implica que al llevar a cabo el mantenimiento preventivo será necesario implementar procedimientos adicionales que respalden o contribuyan a optimizar la eficacia del mantenimiento para abordar todas estas áreas.
- Es crucial mantener registros bien estructurados tanto del mantenimiento efectuado como de las averías detectadas, con el fin de poder calcular la duración esperada de vida y los intervalos necesarios para el mantenimiento de cada máquina.
- La empresa necesita mejorar las condiciones operativas del equipo, garantizando que funcione en un entorno con la temperatura adecuada y evitando la exposición a daños causados por el polvo, entre otros factores. Esto también contribuirá a asegurar la seguridad del dispositivo.

REFERENCIAS

- ÁLAYEDRA, C., Gastelu, Y., Méndez, G., Minaya, C., Pineda, B., Prieto, K., Ríos, K., & Moreno, C. (2021). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería Industrial*, (34), 11-26. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2016.n034.1899>
- ÁLVAREZ, D. & Hernández, O. (2019). Propuesta de un nuevo programa de mantenimiento a los motores hyundai de grupos fuel oil. [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329164306004>
- ARROYO, C. & Obando, R. (2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *ESCI*, vol. 4, n.º 10, pp. 59-69. [en línea].
- ASCÓN, R. & Rossell, R. (2021). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar el rendimiento total de la maquinaria pesada en la empresa JAR agregados y servicios EIRL, Cajamarca 2021. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8754/REP_MARY.ASC%c3%93N_ANDR%c3%89S.ROSSELL_PLAN.DE.MANTEMIMIENTO.PREVENTIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CHECYA, D. (2022). Mejora de la Gestion de los Volquetes Mercedes Benz actross 3344k para incremenmtar rentabilidad en Multicosailor S.A.C. Unidad minera Huaron. 2022. [en línea].
- DURÁN, V., Apablaza, W. & Flores, D. (2017). Plan de Mantenimiento Automatizado Pontón Pesquera Camanchaca Pesca Sur S.A. 2017. [en línea]. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2241/1/Apablaza_Solis_Walter.pdf
- GARCÍA, L., Pérez, R. & Sánchez, M. (2023). Indicadores clave de desempeño para la gestión de mantenimiento en la industria manufacturera. *Revista de Ingeniería Industrial*, 18(1), 35-48. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.5678/rini.v18i1.234>

- GASCA, M., Camargo, L. & Medina, B. (2019). Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial. *Información tecnológica*, 2019, vol. 28, no 4, p. 111-124. [en línea].
- GÓMEZ, A., Sánchez, J. & Torres, L. (2021). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de manufactura: Un estudio de caso. *Revista de Ingeniería de Mantenimiento*, 12(2), 145-158. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.7890/rim.v12i2.567>
- GONZÁLEZ, M., Silva, A. & Ramírez, L. (2023). Impacto de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de equipos críticos en una empresa de producción de alimentos. [en línea].
- GUTIERREZ, E, Rodríguez, P. & Lavado, C. (2020). Mejoras para elevar la disponibilidad de las unidades acuáticas livianas. *Ingeniería Mecánica*, 2020, vol.23, n.1. e593. [en línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442020000100002&lng=es&nrm=iso
- HERNÁNDEZ, M., Ramírez, ´. & Vargas, G. (2022). Impacto de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la eficiencia global de los equipos (OEE) en una empresa de alimentos. *Revista de Ingeniería Industrial*, 17(3), 85-98. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.2468/rini.v17i3.901>
- HERNÁNDEZ, R. & Mendoza, C. (2021). *Metodología de la investigación*. (1ed.).2018 Mexico: McGraw-Hill Interamericana editors. [en línea].
- JAIN, A., Singh, H. & Bhatti, R. (2018). Identification of key enablers for total productive maintenance (TPM) implementation in Indian SMEs: A graph theoretic approach. *Benchmarking: An International Journal*, Volume 25, Number 8, 2018, 2611-2634. [en línea].
- JIAWEN, H., Jingyuan, S. & Lijuan, S. (2020). Periodic preventive maintenance planning for systems working under a Markovian operating condition, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 142, 2020, 106291, ISSN 0360-8352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106291> [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03608352203002>

- LIJANA, B. (2021). El poder del mantenimiento preventivo en las industrias de alimentos. 2021. Revista Alimentaria - poder-del - mantenimiento-preventivo – en – las – industrias – de – alimentos. [en línea]. Disponible en: <https://alimentosecuador.com/2021/09/12/el-poder-del-mantenimiento-preventivo-en-las-industrias-de-alimentos/>
- LÓPEZ, R., Mendoza, A. & Silva, C. (2023). Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa de producción de plásticos. Revista de Ingeniería de Mantenimiento Industrial, 9(2), 208-223. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1357/rimi.v9i2.246>
- MACIAS, A., Arteaga, A. & Rodríguez, P. (2021). Análisis de los indicadores de la caldera de una planta procesadora de conservas de atún. Ingeniería Mecánica, 2021, vol.24, n.3. [en línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442021000300011&lng=es&nrm=iso
- MARTEL, C. & Torero, N. (2021). Modelo de gestión balanced scorecard en la atención al cliente de una institución educativa, gacien, vol. 7, n.º 1, pp. 9–16, ene. 2021. [en línea].
- MARTÍNEZ, F. & Ruiz, M. (2020). Una estrategia de mantenimiento, IAgri, vol. 13, n.º 2. [en línea].
- MARTÍNEZ, P., Fernández, M. & Díaz, J., (2022). Impacto de la gestión de mantenimiento en la disponibilidad de equipos críticos en una empresa de manufactura. Revista de Ingeniería Mecánica, 25(3), 285-294. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1234/rim.v25i3.789>
- MENDOZA, J. & Rosenthal, R. (2022). Aplicación de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos UPS de la empresa Theltacom SAC Lima-2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32560/Mendoza%20Oxolon%2c%20Junelly%20Karen-%20Rosenthal%20Delgado%2c%20Raul%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OBESO, A. & Yaya, J. (2018). Implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado en la empresa INVERSIONES REGAL Chimbote. [en línea].

Disponible en: file:///C:/Users/HP/Downloads/Obeso_AAP-Yaya_SJJ-SD.pdf

- PÉREZ, M., Pérez, A. & De la Paz, E. (2021). Cuadro de mando integral para gestión del mantenimiento con enfoque sostenible en industrias del plástico. [en línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552021000200060&lng=es&nrm=iso
- RAMPIREZ, L. & Pérez, M. (2021). Impacto del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de equipos críticos en una planta de producción. *Revista de Ingeniería de Mantenimiento*, 13(1), 178-191. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.5678/rim.v13i1.432>.
- RÉBULA, U., Donato, H., Gabriel, C. & Martins, H. (2023). Straightening machine preventive maintenance intervention plan based on AHP: a case study in a steel company in Brazil. *Oper Manag Res* 16, 1577–1593 (2023). [en línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12063-023-00368-x>
- SEETTA, S. & Caldarelli, V. (2018). The machinery performance analysis with smart technologies: a case in the food industry. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 441-446. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.34>
- TORRES, A., Guzmán, C. & Rojas, J. (2022). Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en una empresa de manufactura. *Revista de Ingeniería Industrial*, 18(2), 59-74. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3456/rini.v18i2.789>
- UNZUETA, V. (2021). Propuesta de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad en la maquinaria procesadora de mineral de la Empresa Sereminas S.A.C Arequipa -2021. [en línea].

ANEXOS

Anexo 1

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento preventivo	Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).	El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).	Tiempo medio entre fallas (MTBF) Tiempo medio de reparación (MTTR)	$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$	Razón
Disponibilidad	Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento (Gasca, 2019).	Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).	Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón

Anexo 2

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

EMPRESA			
PERIODO 2023	Tiempo medio entre fallas (MTBF)		
SEMANAS	Tiempo total de funcionamiento (h)	N° de fallas	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{N° de fallas}}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

EMPRESA			
PERIODO 2023	Tiempo medio de reparación (MTRR)		
SEMANAS	Tiempo total de inactividad (h)	N° de fallas	$MTRR = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{N° de fallas}}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

EMPRESA			
PERIODO 2023	Disponibilidad de Maquinaria (D)		
SEMANAS	MTBF	MTRR	$\frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTRR})} \times 100$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

FICHA DE REGISTRO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO			
EMPRESA			
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
N°	ETAPA	ACTIVIDADES	PERIODO
1			
2			
3			
4			
5			
6			
APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

Anexo 3

FICHAS DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

CARTA DE PRESENTACIÓN 1

Señor: Carlos Sandoval Reyes

Presente

Asunto: **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.**

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Chepén, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

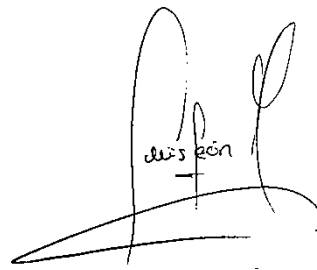
- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Álvarez Valencia Manuel Enrique
D.N.I: 71343395



León Martos Luis Eduardo
D.N. I: 7272703



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual: Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).

Definición operacional: El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- D2: Tiempo medio de reparación (MTTR)

Indicadores:

- $MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$
- $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$

Escala de medición: Razón

Dependiente: Disponibilidad

Definición conceptual: Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento (Gasca, 2019).

Definición operacional: Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Disponibilidad

Indicadores:

- $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Escala de medición: Razón



TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento preventivo	Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).	El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> <p>Tiempo medio de reparación (MTTR)</p>	$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$	Razón
Disponibilidad	Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento. (Gasca, 2019).	Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).	Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón



CERTIFICADO DE VALIZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

N°	VARIABLES	Pertinencia ¹		Relevancia ¹		Claridad ¹		Sugerencia
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Plan de mantenimiento preventivo							
	DIMENSIÓN 1							
1	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Tiempo medio de reparación (MTTR)	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad							
	DIMENSIÓN 1							
3	Disponibilidad	X		X		X		



Observaciones (precisar si hay suficiencia): Aplicable

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

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. Sandoval Reyes Carlos

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

07 de noviembre del 2023

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

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

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

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



Carlos J. Sandoval Reyes
ING. INDUSTRIAL
R. CIP. 151871

Firma del Experto Informante

CARTA DE PRESENTACIÓN 2

Señor: Luis Edgardo Cruz Salinas

Presente

Asunto: **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.**

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Chepén, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.


El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

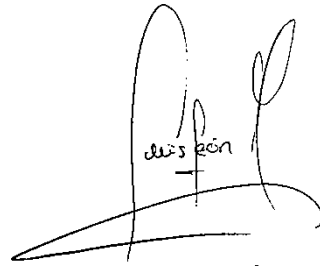
- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Álvarez Valencia Manuel Enrique
D.N.I: 71343395



León Martos Luis Eduardo
D.N. I: 7272703



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual: Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).

Definición operacional: El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- D2: Tiempo medio de reparación (MTTR)

Indicadores:

- $MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$
- $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$

Escala de medición: Razón

Dependiente: Disponibilidad

Definición conceptual: Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento (Gasca, 2019).

Definición operacional: Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Disponibilidad

Indicadores:

- $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Escala de medición: Razón



TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<p>Plan de mantenimiento preventivo</p>	<p>Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).</p>	<p>El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).</p>	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> <p>Tiempo medio de reparación (MTTR)</p>	$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$	<p>Razón</p>
<p>Disponibilidad</p>	<p>Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento. (Gasca, 2019).</p>	<p>Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).</p>	<p>Disponibilidad</p>	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	<p>Razón</p>



CERTIFICADO DE VALIZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

N°	VARIABLES	Pertinencia ₁		Relevancia ¹		Claridad ¹		Sugerencia
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Ingeniería de métodos							
	DIMENSIÓN 1							
1	Estudios de métodos	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Estudios de métodos	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:							
	Productividad							
	DIMENSIÓN 1							
3	$Productividad MO = \frac{N^{\circ} \text{ de trámites realizados}}{\text{Trabajadores empleados}}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Aplicable

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

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Luis Edgardo Cruz Salinas

DNI: 19223300

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

07 de noviembre del 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



Luis Edgardo Cruz Salinas

Firma del Experto Informante

CARTA DE PRESENTACIÓN 3

Señor: Carlos Enrique Mendoza Ocaña

Presente

Asunto: **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.**

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Chepén, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

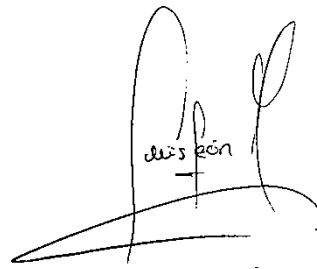
- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Álvarez Valencia Manuel Enrique
D.N.I: 71343395



León Martos Luis Eduardo
D.N. I: 7272703



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual: Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).

Definición operacional: El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Tiempo medio entre fallas (MTBF)
- D2: Tiempo medio de reparación (MTTR)

Indicadores:

- $MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$
- $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$

Escala de medición: Razón

Dependiente: Disponibilidad

Definición conceptual: Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento (Gasca, 2019).

Definición operacional: Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).

Dimensiones:

- D1: Disponibilidad

Indicadores:

- $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Escala de medición: Razón



TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Plan de mantenimiento preventivo	Es el proceso que implica llevar a cabo intervenciones programadas de manera regular con el propósito de minimizar las averías que surgen de manera imprevisible, lo que conlleva a una disminución de los gastos relacionados con las reparaciones y el tiempo invertido por el personal en llevar a cabo dichas reparaciones (Gasca, 2019).	El plan de mantenimiento preventivo se midió por medio del tiempo promedio de fallas y el tiempo promedio de reparación (Gasca, 2019).	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> <p>Tiempo medio de reparación (MTTR)</p>	$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo de paradas de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$	Razón
Disponibilidad	Se refiere al tiempo dedicado a la producción efectiva de un producto y el tiempo total de inactividad causado por las labores de mantenimiento. (Gasca, 2019).	Se tuvo en cuenta la relación entre el tiempo promedio de fallas y la suma del tiempo promedio de relación y fallas (Gasca, 2019).	Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón



CERTIFICADO DE VALIZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS

N°	VARIABLES	Pertinencia ₁		Relevancia ¹		Claridad ¹		Sugerencia
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE:							
	Ingeniería de métodos							
	DIMENSIÓN 1							
1	Estudios de métodos	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2							
2	Estudios de métodos	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE:							
	Productividad							
	DIMENSIÓN 1							
3	$Productividad MO = \frac{N^{\circ} \text{ de trámites realizados}}{\text{Trabajadores empleados}}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Aplicable

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

Apellidos y nombres del juez validador. Mg. Carlos Enrique Mendoza Ocaña

DNI: 17806063

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

07 de noviembre del 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



Carlos Mendoza Ocaña
ING. INDUSTRIAL
R. GIP, 61807

Firma del Experto Informante

Anexo 4

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA INTERNA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CHEPÉN, 21 de Mayo del 2024

Siendo las 16:00 horas del 21/05/2024, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Trabajo de Investigación titulado: "Importancia del mantenimiento preventivo y su impacto en la empresa 2019-2023.", presentado por los autores LEON MARTOS LUIS EDUARDO, ALVAREZ VALENCIA MANUEL ENRIQUE egresados de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Trabajo de Investigación, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
LUIS EDUARDO LEON MARTOS	(16)Cum Laude
MANUEL ENRIQUE ALVAREZ VALENCIA	

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado

Firmado electrónicamente por: LECRUZS el
26 Jul 2024 08:45:12

LUIS EDGARDO CRUZ SALINAS
PRESIDENTE

Código documento Trilce: TRI - 0835709

* Para Pre y posgrado los rangos de dictamen se establecen en el Reglamento de trabajos conducentes a grados y títulos

Anexo 5

CONSENTIMIENTO O ASENTAMIENTO INFORMADO UCV



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, ALVAREZ VALENCIA MANUEL ENRIQUE, LEON MARTOS LUIS EDUARDO identificados con N° de Docume N° 71343395, 72727033 (respectivamente), estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, autorizamos (X), no autorizamos () la divulgación y comunicación pública de nuestra Trabajo de Investigación: "Importancia del mantenimiento preventivo y su impacto en la empresa 2019-2023."

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según esta estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

--

CHEPEN, 21 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
LEON MARTOS LUIS EDUARDO DNI: 72727033 ORCID: 0000-0003-2782-5048	Firmado electrónicamente por: LLEONMA27 el 21-07- 2024 19:50:25
ALVAREZ VALENCIA MANUEL ENRIQUE DNI: 71343395 ORCID: 0000-0001-9963-7789	Firmado electrónicamente por: MALVAREZVAL el 21- 07-2024 19:47:23

Código documento Trilce: INV - 1692654

ANEXO 6

REPORTE DE SIMILITUD EN SOFTWARE TURNITIN

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?o=2415736861&u=1088032488&lang=es&s=1&ro=103

feedback studio LUIS EDUARDO LEON MARTOS | Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024

Resumen de coincidencias X

20 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

Rank	Source	Percentage
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6 %
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	5 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	www.hitecsa.com Fuente de Internet	<1 %
5	Entregado a Instituto S... Trabajo del estudiante	<1 %
6	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
10	www.juiming.com.tw Fuente de Internet	<1 %
11	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %

Página: 1 de 33 Número de palabras: 7209 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado 10:42 12/07/2024

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Plan de mantenimiento preventivo y su efecto en la disponibilidad de la maquinaria Sol de Pacasmayo, Guadalupe 2024

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTORES:

Álvarez Valencia, Manuel Enrique (orcid.org/0000-0001-9963-7789)
León Martos, Luis Eduardo (orcid.org/0000-0003-2782-5048)

ASESOR:

Dr. Cruz Salinas, Luis Edgardo (orcid.org/0000-0002-3858-3146)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN — PERÚ

2024

ANEXO 7

AUTORIZACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Castañeda Ubillus Luis Eduardo, identificado con DNI N.º **47704504**, en mi calidad de

Dueño y Gerente general de la empresa **Molino Sol Pacasmayo SAC** con R.U.C N°

20608004905, ubicada en la ciudad de Guadalupe.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor(a, ita,) **Alvarez Valencia Manuel Enrique y León Martos Luis Eduardo**, Identificado(s) con DNI N° **71343395** y **72727033** respectivamente, de la Carrera profesional Ingeniería Industrial, para que utilice la siguiente información de la empresa: **Molino Sol Pacasmayo SAC con la finalidad de obtener datos que sirvan para fines académicos y análisis respectivos**; con la finalidad de que pueda desarrollar su Informe estadístico, Trabajo de Investigación, Tesis para optar el Título Profesional.

Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

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

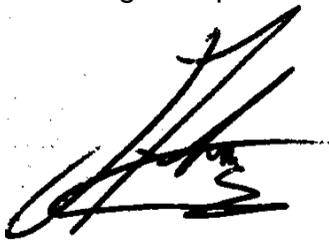
Mencionar el nombre de la empresa.



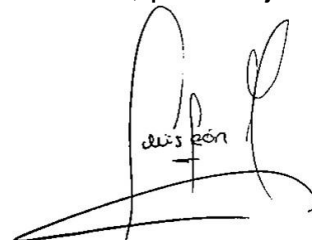
LUIS EDUARDO
CASTAÑEDA UBILLUS
Ingeniero Industrial
CIP N° 289050

Firma y sello del Representante Legal
DNI: 47704504

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.



Álvarez Valencia Manuel Enrique
DNI: 71343395



León Martos Luis Eduardo
DNI: 72727033