EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE UN TALLER DE MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

ING. LUIS ALBERTO PULIDO DE LEÓN

DIRECTOR DE TESIS

DRA. IRMA LETICIA GARCIA TREVIÑO

H. Matamoros, Tamaulipas, México **16 de octubre de 2024**

Excelencia en Educación Tecnológica®
Tecnología es progreso®

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

“ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE UN TALLER DE MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA”

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

PRESENTA:

Ing. Luis Alberto Pulido De León

DIRECTOR:

Dra. Irma Leticia García Treviño

CODIRECTOR:

ASESORES:

Secretario: M.C.I.M. Flor De Los Santos Méndez

Vocal: M.I. Miguel Ángel Medina Álvarez

H. Matamoros, Tamaulipas, México 16 de octubre 2024

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR

Luis Alberto Pulido de León, mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Rubí #27, Col. La Joya, en mi calidad de titular y autor de la tesis denominada "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de un taller de mecanizado por arranque de viruta" quien para todos los fines del presente documento se denominará **EL AUTOR Y/O TITULAR**, suscribo el presente documento de autorización de uso de derechos patrimoniales de autor a favor del Instituto Tecnológico de Matamoros el cual se regirá por clausulas siguientes:

PRIMERA – AUTORIZACIÓN: EL AUTOR Y/O TITULAR, mediante el presente documento autoriza la utilización de los derechos patrimoniales de autor al Instituto Tecnológico de Matamoros, de la tesis denominada "Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de un taller de mecanizado por arranque de viruta", a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional, que puede ser consultado en la liga electrónica: (https://www.repositorionacionalcti.mx/).

SEGUNDA - OBJETO: Por medio del presente escrito, **EL AUTOR Y/O TITULAR** Autoriza al Instituto Tecnológico de Matamoros, a través del Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo TecNM) y en el Repositorio Nacional para que de conformidad con la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, use los derechos del documento antes referido, con fines exclusivamente académicos.

TERCERA - TERRITORIO: Los derechos aquí Autorizados se dan sin limitación geográfica o territorial alguna.

CUARTA – ALCANCE: La presente autorización se da tanto para formato o soporte material, y se extiende a la utilización en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar conocido o por conocer, del ejemplar o número respectivo de la publicación.

QUINTA – EXCLUSIVIDAD: La autorización de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Matamoros. Por lo tanto, **EL AUTOR Y/O TITULAR** en su carácter de autor de la obra objeto del presente documento se reserva el derecho de publicar directamente, u otorgar a cualquier tercero, autorizaciones de uso similares o en los mismos términos aquí acordados.

SEXTA - DERECHOS MORALES (Créditos y mención): La Autorización de los derechos antes mencionados no implica la cesión de los derechos morales sobre los mismos por cuanto en conformidad con lo establecido en los artículos 18, 19, 20, 21, 22 y 23 de la Ley Federal de Derechos de Autor, dada la cuenta que estos derechos son inalienables, imprescriptibles, irrenunciables e inembargables. Por lo tanto, los mencionados derechos seguirán radicados en cabeza de EL AUTOR Y/O TITULAR, y siempre deberá mencionarse su nombre cuando se utilice la obra.

SÉPTIMA - AUTORIA: EL AUTOR Y/O TITULAR, declara y ratifica que el material objeto de la presente y fue realizada por él (o ella) sin violar o usurpar derechos de Propiedad Intelectual de terceros.

H. Matamoros, Tamps. a 18 días del mes de octubre de 2024.

Autor de la Tesis	Asesor de la Tesis
Luis Alberto Pulido De León	Dra. Irma Leticia Garcia Treviño
1202699	GATI690119MTSRRR02

OFICIO DE LIBERACIÓN

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Matamoros
División de Estudios de Posgrado e Investigación

H. Matamoros, Tamaulipas a, 18/OCTUBRE/2024
OFICIO No.: 576/2024 D.E.P.I.

M.C. CLAUDIO ALEJANDRO ALCALÁ SALINAS
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
PRESENTE

Por este conducto le comunicamos que una vez efectuada la revisión individual del trabajo de tesis del **C. LUIS ALBERTO PULIDO DE LEÓN,** cuyo título es: **"ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE UN TALLER DE MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA",** y habiendo realizado las observaciones pertinentes nos reunimos en la Sala de Juntas de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), para emitir **DICTAMEN,** el cual es **APROBADO.** Por lo cual nos permitimos autorizarla para que proceda a la impresión de la misma y pueda continuar con los trámites correspondientes, para la obtención del grado de Maestro en Administración Industrial.

ATENTAMENTE

DRA. IRMA LETICIA GARCIA TREVIÑO
DIRECTORA DE TESIS

M.C.I.M. FLOR DE LOS SANTOS MÉNDEZ
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

M.I. MIGUEL ÁNGEL MEDINA ÁLVAREZ
MIEMBRO DEL COMITÉ REVISOR

c.c.p. Interesado(a).
c.c.p Servicios Escolares
c.c.p. Comite Revisor
c.c.p. Div. Est. de Posgrado/ Coordinación

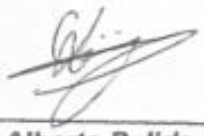
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y NO PLAGIO

El que suscribe y firma la presente carta de originalidad, **Luis Alberto Pulido De León**, autor (a) de la Tesis: **"elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de un taller de mecanizado por arranque de viruta"** para obtener el Título de ***Maestro en Administración Industrial***, declara que la tesis es una **obra original** que no infringe los derechos de propiedad intelectual.

El trabajo terminado fue sometido al Software ***Turnitin***, el cual mostró un porcentaje del 15% plagio, cumpliendo con el límite permitido por la institución.

Del mismo modo, asumo frente al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Matamoros cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la falta de originalidad de su contenido.

Atentamente



Luis Alberto Pulido De León

H. Matamoros, Tamaulipas a 18 de septiembre de 2024

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Tecnológico de Matamoros por permitirme realizar esta investigación, por el apoyo académico y administrativo proporcionado a lo largo del proceso, por facilitarme los recursos y el acceso a información vital para esta investigación. Asimismo, agradezco al Ingeniero Isrrael Espinoza Perales y compañeros de la empresa Maquinados y Multiservicios Frontera por su colaboración, ideas y aportes que enriquecieron el trabajo.

A mis asesores y maestros, por su tiempo orientación y conocimiento que fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación y me brindaron las herramientas necesarias para avanzar en mi formación académica.

A mi madre y hermana, quienes me han brindado el amor, la fortaleza y el apoyo inquebrantable para llegar a este momento. A mi pareja por su comprensión y paciencia y por creer en mi cuando yo mismo dudaba. Su confianza en mí ha sido la energía que me permitió concluir este trabajo.

Quiero también agradecer a mis fieles compañeros de cuatro patas, Kyra y Killer, por su incondicional amor y compañía. Ellos estuvieron a mi lado durante largas jornadas de trabajo, brindándome momentos de alegría y recordándome siempre la importancia de tomar un respiro.

Gracias por estar presentes en cada etapa de este proceso. Este triunfo es también suyo.

Resumen

El presente trabajo de investigación fue realizado en la empresa de Maquinados y Multiservicios Frontera en el municipio de H. Matamoros, Tamaulipas y tiene como objetivo la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en los equipos del taller de mecanizado por arranque de viruta. Se pretende mejorar la fiabilidad de las maquinas, disminuir los costos de reparación y mantenimiento, y aumentar la seguridad y productividad del taller. Para ello, se realizará un análisis de las condiciones actuales del taller, se identificarán los equipos críticos, se establecerán procedimientos de inspección y mantenimiento, y se implementara un sistema de registros y programación de actividades.

Los resultados esperados incluyen la reducción de fallas inesperadas, el incremento en la duración de los equipos y la mejora en el entorno laboral. Y para finalizar la elaboración del plan de mantenimiento preventivo es fundamental para la competitividad y sostenibilidad del taller.

Palabras clave: mantenimiento preventivo, mecanizado por arranque de viruta, confiablidad de equipos, productividad, seguridad industrial

Abstract

This research work was carried out at Maquinados y Multiservicios Frontera in the municipality of H. Matamoros, Tamaulipas and aims to develop a preventive maintenance plan for the equipment in a machining workshop that uses chip removal. The goal is to improve the reliability of the machines, reduce repair and maintenance costs, and increase the safety and productivity of the workshop will be carried out, critical equipment will be identified, inspection and maintenance procedures will be established, and a system of records and scheduling of activities will be implemented.

The expected results include the reduction of unforeseen failures, the increase in the useful life of equipment and improvement of the environment. In conclusion, the development of a preventive maintenance plan is essential for the competitiveness and sustainability of a machining workshop.

Keywords: preventive maintenance, chip removal machining, equipment reliability, productivity, industrial safety

Introducción

En los inicios de la industrialización, el mantenimiento se realizaba de manera reactiva, es decir, solo cuando el equipo ya no podía funcionar. Esta práctica generaba perdidas de producción y costos elevados, ya que las empresas debían recurrir a operadores, especializados para reparar los equipos averiados.

Con el paso del tiempo, el mantenimiento ha evolucionado y madurado, adaptándose a las crecientes necesidades y requerimientos de la industria. A medida que las tecnologías y los procesos de producción se volvieron más complejos, se hizo evidente la necesidad de adoptar enfoques más proactivos y preventivos en el mantenimiento.

Hoy en día, las empresas lideres han adoptado estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo, que les permiten anticipar y prevenir fallas antes de que ocurran. Mediante el uso de análisis de datos, sensores y técnicas de monitoreo, los equipos pueden ser mantenidos de manera más eficiente.

Las empresas que invierten en programas de mantenimientos y en la capacitación continua de su personal, logran obtener una ventaja competitiva significativa en el mercado.

En un taller de mecanizado por arranque de viruta, el mantenimiento preventivo es especialmente esencial debido a la complejidad de los procesos y la necesidad de reducir al mínimo los periodos de inactividad.

Índice

Contenido

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE AUTOR OTORGADO POR 3
OFICIO DE LIBERACIÓN 4
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y NO PLAGIO 5
Agradecimientos 6
Resumen 7
Abstract 8
Introducción 9
Índice 10
CAPÍTULO I. INTRODUCCION 13
1.1. Descripción del problema 13
1.2. Planteamiento del Problema 16
1.3. Objetivos 16
1.3.1. Objetivo general 16
1.3.2. Objetivos secundarios 16
1.4. Hipótesis 17
1.4.1. Hipótesis general 17
1.4.2. Hipótesis secundarias 17
1.5. Justificación 18
1.6. Variables e indicadores 19
CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO TEÓRICO 21
2.1. Marco conceptual 21
2.2. Marco Histórico 23
2.2.1 El cambiante mundo del mantenimiento 23

2.3 Teorías relacionadas con la problemática 29
2.3.1 Los desafíos que enfrenta 29
2.3.2 Teoría de la confiabilidad 29
2.3.3 Teoría de la vida útil restante 29
2.4. Marco Teórico 30
2.4.1 Conceptos básicos del mantenimiento 30
2.4.2 Mantenimiento Preventivo 32
2.4.3 Planificación del Mantenimiento Preventivo 34
2.5 Marco de Referencias 37
2.5.1 Normas y Estándares 37
2.5.2 Legislación y Regulaciones 44
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 51
3.1. Tipo de investigación 51
3.2. Población o muestra 51
3.3 Información de la empresa 52
3.3.1 Maquinados y Multiservicios Frontera 52
3.3.2 Datos 52
3.3. Instrumento 54
3.4 Procesamiento de datos 56
3.5 Actividades de mantenimiento 57
3.6 Unidades de análisis 58
3.7 Cálculo de confiabilidad 59
3.8 Cálculo de disponibilidad 60
3.9 Codificación de los equipos 62
3.10 Inventario de equipos 63
3.11 Codificación de actividades 65
3.12 Lista de verificación de inspección 66

3.13 Elaboración del Plan de mantenimiento preventivo por equipo 84
3.14 Datos históricos 87
CAPÍTULO IV RESULTADOS 89
4.1 Respuestas de los empleados (2023) 89
4.2 Respuestas de los empleados Post-Implementación del plan (2024) 94
4.3 Análisis comparativo 98
4.4 Prevención de fallas 103
4.5 Aumento en la disponibilidad de equipos 103
4.6 Reducción de costos operativos 104
4.7 Mejora en la calidad del trabajo 104
4.9 Capacitación y desarrollo profesional 104
4.10 Codificación de los equipos 105
4.11 Inventario de equipos 105
4.12 Lista de verificación de inspección 106
4.13 Datos históricos 106
4.14 Cálculo de confiabilidad 107
4.15 Cálculo de la disponibilidad 108
CAPÍTULO V CONCLUSION 109
5.1. Conclusión 109
5.2. Recomendaciones 110
FUENTES DE INFORMACIÓN 111
ANEXO 115

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1. Descripción del problema

En la industria metalmecánica, los talleres de mecanizado por arranque de viruta juegan un papel crucial en la fabricación de componentes precisos y de alta calidad. Estos talleres emplean una variedad de máquinas-herramientas, como tornos, fresadoras, taladros y rectificadoras, que son fundamentales para la operación diaria. Sin embargo, el rendimiento y la disponibilidad de estas máquinas pueden verse comprometidos debido al desgaste natural, fallas inesperadas y falta de mantenimiento adecuado. Estos problemas no solo afectan la eficiencia y productividad del taller, sino que también pueden incrementar los costos operativos y provocar retrasos en la entrega de productos.

El taller de Maquinados y Multiservicios Frontera carece de un plan de mantenimiento preventivo, lo que resulta en una ejecución ineficaz de esta práctica. Esta situación provoca fallas inesperadas, periodos de inactividad y costos adicionales, impactando negativamente en la productividad, calidad y rentabilidad del taller. A pesar del avance en el mantenimiento dentro del sector industrial, la empresa no disponible de los procedimientos, técnicas, estudios ni la capacitación necesaria para implementar un plan que mejore su competitividad y permita formar al personal adecuadamente, elevando así la calidad de sus productos y servicios.

Este plan tiene como finalidad reducir los tiempos de inactividad no programados, extender la vida útil, disminuir los gastos de reparación y optimizar la eficiencia operativa del taller. El mantenimiento preventivo implica la realización de inspecciones y servicios regulares en los equipos, lo que permite detectar problemas significativos anticipando fallas críticas.

Para la elaboración de este plan, es esencial analizar detalladamente los tipos de máquinas y herramientas utilizadas en el taller, así como sus especificaciones técnicas y los posibles modos de fallos. También se debe considerar la frecuencia optima de las actividades de mantenimiento y los recursos necesarios, incluyendo personal capacitado y repuestos críticos. Además, es noble modificar un sistema de inspección y figurantes que permita valorar la operatividad del bosquejo y llevar a cabo ajustes continuos en representación de los resultados obtenidos.

La elaboración del plan puede proporcionar múltiples beneficios, incluyendo una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos, mejor calidad de los productos fabricados, y una operación más segura y eficiente del taller. Por tanto, la presente tesis se enfocará en la elaboración de un plan, según los requerimientos específicos del taller de mecanizado por arranque de viruta, contribuyendo así a la mejora continua de sus procesos y resultados.

¿Qué aspectos sociales, laborales, globales se han visto afectados?

Aspectos sociales: Las fallas imprevistas debido a un mantenimiento deficiente ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores, creando un entorno laboral inseguro.

Aspectos laborales: La falta de mantenimiento preventivo adecuado impacta en la productividad del trabajo al generar tiempos de inactividad y costos adicionales, afectando la eficiencia operativa.

Aspectos globales: La ausencia de un mantenimiento preventivo efectivo afecta la competitividad y sostenibilidad a largo plazo del taller.

¿Qué dicen otros estudios sobre el tema?

Según, Lufilsur (2022) “el mantenimiento preventivo es una forma de adelantarse a los problemas, evitar averías y conservar las aplicaciones en las mejores condiciones.”

Por otro lado, Palmet Bechara y Vergara Guerra (2008) mencionan que “el mantenimiento preventivo puede mejorar la calidad del producto y la seguridad del trabajo.”

Gonzalez Guzman (2016) afirma que “el mantenimiento preventivo es una forma de minimizar el riesgo de fallas de los equipos y evitar riesgos laborales.”

1.2. Planteamiento del Problema

¿De qué manera beneficia elaborar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de un taller de mecanizado por arranque de viruta?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que garantice el adecuado funcionamiento y la extensión de la vida útil de los equipos del taller de mecanizado por arranque de viruta.

1.3.2. Objetivos secundarios

1. Realizar un inventario completo de todos los equipos en el taller, calificándolos según su tipo, uso y criticidad en el proceso productivo.
2. Establecer una lista detallada de actividades específicas que deben realizarse para cada equipo.
3. Establecer la periodicidad con las tareas de mantenimiento, basándose en las recomendaciones del fabricante y el uso efectivo del equipo.
4. Crear un formato que detalle todas las actividades programadas, incluyendo:

- Descripción de cada actividad.
- Tiempo estimado para su realización.
- Recursos necesarios (materiales y herramientas).

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La elaboración del plan de mantenimiento preventivo para los equipos del taller de mecanizado por arranque de viruta mejorara significativamente la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, así como prolongara su vida útil, reduciendo los costos operativos asociados a reparaciones y tiempos de inactividad.

1.4.2. Hipótesis secundarias

1. La realización de un inventario completo de todos los equipos en el taller, clasificados según su tipo, uso y criticidad, mejorará la identificación de las necesidades de mantenimiento y permitirá una gestión más eficiente de recursos.

2. Establecer una lista detallada de actividades específicas para cada equipo reducirá el riesgo de fallas operativas al garantizar que se realicen todas las tareas necesarias para el mantenimiento adecuado.

3. Establecer un sistema para evaluar la efectividad del plan mediante indicadores como reducción de fallas, tiempos de inactividad y costos asociados al mantenimiento correctivo permitirá progresar significativamente la eficiencia operativa y la fiabilidad.

4. Crear un formato que detalle todas las actividades programadas, incluyendo descripción, tiempo estimado y recursos necesarios, facilitara la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, mejorando así la eficiencia operativa del taller.

1.5. Justificación

Actualmente no existe un plan de mantenimiento dentro de la empresa, al estar enfocado en la satisfacción del cliente, se puede decir que su implementación tendrá un aporte significativo.

Se pretende elaborar un plan de mantenimiento preventivo que ayude a aumentar al máximo la confiabilidad, favoreciendo el buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo, aumentando la eficiencia del propósito para el cual fueron diseñado.

Ayudará a la empresa a evitar gastos no planificados en mantenimiento correctivo inesperado, lo que permitirá una mejor gestión de los recursos financieros y contribuirá a la estabilidad económica.

Los beneficios del plan estarán vinculados a la vida útil de los equipos, ya que se busca realizar inspecciones periódicas en cada una de las máquina-herramientas.

1.6. Variables e indicadores

La Tabla 1 que se presenta a continuación muestra las variables e indicadores relevantes para el análisis.

Tabla 1. Variables e indicadores

Variable	Indicadores	Unidad	Descripcion

Confiabilidad	MTTR	Tiempo	Tiempo medio para reparar un equipo.
Disponibilidad	MTBF	Tiempo	Tiempo medio entre fallas de un equipo.
Costos	Costo de Mantenimiento	MXN	Costo total del mantenimiento.
Productividad	Productividad del Taller	Porcentaje	Eficiencia total del taller.
Seguridad Laboral	Tasa de Frecuencia de Lesiones con Tiempo Perdido (LTIFR)	Numero	Número de incidentes reportados.
Calidad	Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo	Tiempo	Porcentaje de actividades completadas según el plan.
Vida Útil de los Equipos	Tasa de Fallos	Porcentaje	Determina la durabilidad y necesidad de reemplazo de equipos.

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO TEÓRICO

En este capítulo se abordan los conceptos empleados en esta investigación para lograr cumplir con nuestros objetivos de estudio, también se tratará brevemente de la historia, desde cuando se creó hasta la actualidad pasando por varias generaciones del tema, esto con la finalidad de obtener una comprensión clara.

2.1. Marco conceptual

Esta sección incluye los conceptos utilizados en esta investigación, lo que facilitara una comprensión clara.

Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de acciones destinadas a reducir la degradación de los equipos o su instalación debido al paso del tiempo y su uso. Su objetivo es garantizar el funcionamiento continuo y eficiente de la maquinaria, los equipos y otros tipos de activos utilizados habitualmente en las empresas (Organizadores Gráficos, 2022).

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se define como el conjunto de actividades programadas de inspección, detección y corrección de fallas incipientes, con el objetivo de prevenir averías y garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos (Palmet Bechara & Vergara Guerra, 2008).

Mantenimiento Correctivo

Es un tipo de mantenimiento que se ejecuta posteriormente de que un equipo ha fallado o se ha deteriorado. Este tipo de mantenimiento se enfoca en la reparación o reemplazo de los componentes dañados (Valencia, 2020).

Mecanizado por Arranque de Viruta

El mecanizado por arranque de viruta es un proceso de mecanizado que implica la eliminación de material de una piza utilizando herramientas con bordes bien definidos. Este proceso es ampliamente utilizado en la industria debido a su capacidad para producir piezas con precisión y acabados excelentes (Amestoy, 2006).

Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un tipo de cronograma o agenda que define una ruta de ejecución de mantenimiento para los activos de una empresa (Zambelli, 2023).

Confiabilidad

La confiabilidad de un equipo se define como la probabilidad de que este funcione correctamente durante un periodo de tiempo determinado y bajo condiciones de operación especificas (Nieto, 2008).

Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo se refiere a la capacidad de este para estar en condiciones de operar cuando se requiere (Palmet Bechara & Vergara Guerra, 2008).

Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite identificar y priorizar los equipos más importantes de una planta, con el fin de enfocar los esfuerzos de mantenimiento en aquellos que tienen un mayor impacto en la producción (Palmet Bechara & Vergara Guerra, 2008).

Planificación

La planificación y programación del mantenimiento preventivo implica establecer un conjunto de actividades y tareas a realizar en los equipos, con una frecuencia determinada, para mantener su funcionamiento optimo (Palmet Bechara & Vergara Guerra, 2008).

Gestión de Recursos

La gestión eficiente de los recursos de mantenimiento, como mano de obra, repuestos y herramientas, es fundamental para optimizar los costos y garantizar la efectividad del mantenimiento preventivo (Palmet Bechara & Vergara Guerra, 2008).

2.2. Marco Histórico

2.2.1 El cambiante mundo del mantenimiento

El mantenimiento ha evolucionado considerablemente mas que cualquier otra área de gestión. Este cambio se debe al aumento en la cantidad y diversidad de activos físicos (plantas, equipos, edificios) que requieren atención, así como a diseños más complejos, nuevas técnicas de mantenimiento y una ideología en transformación sobre la organización y responsabilidades en este campo. Además, el mantenimiento se

adapta a expectativas cambiantes, incluyendo la creciente conciencia sobre como las fallas en los equipos pueden impactar la seguridad y el medio ambiente, la relación entre el mantenimiento y calidad del producto, y la presión por lograr un alto rendimiento y controlar costos.

Los cambios actuales están desafiando al personal de mantenimiento en todas las áreas de la industria, obligándolos a adoptar nuevas formas de pensar y actuar, tanto como ingenieros como gerentes. Al mismo tiempo, las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se vuelven evidentes, independientemente de su nivel de automatización.

Ante la creciente cantidad de cambios, los lideres de diversas áreas están buscando un nuevo enfoque para el mantenimiento. Quieren evitar comenzar proyectos que resulten infructuosos y que puedan llevar situaciones más graves. En su lugar, buscan una estructura estratégica que integre los nuevos desarrollos en un marco coherente, permitiendo evaluar de manera efectiva cuales son las opciones más adecuadas para sus organizaciones.

Desde 1930, la evolución del mantenimiento ha podido ser dividida en tres generaciones.

La Primera Generación

La primera generación abarca el periodo hasta la segunda guerra mundial. Durante ese tiempo, la industria no estaba altamente mecanizada, lo que hacía que los tiempos de inactividad no fueran considerados un gran problema. Esto implica que la

prevención de fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. Además, la mayoría de los equipos eran sencillos y estaban bien diseñados, lo que hacía confiables y fáciles de reparar.

No había necesidad de realizar un mantenimiento sistemático de ningún tipo, excepto por tareas rutinarias como la limpieza, el control y la lubricación. La demanda de habilidades especificas era incluso menor que en la actualidad.

La Segunda Generación

Todo cambió dramáticamente desde la segunda guerra mundial. Las demandas generadas por la guerra incrementaron la necesidad de todo tipo de suministros, mientras que la disponibilidad de mano de obra disminuyo considerablemente. Esto condujo a una mayor mecanización en la industria. Para 1950, el número y la complejidad de las maquinarias se había multiplicado, y la industria comenzó a depender cada vez mas de estos equipos.

A medida que esta independencia se incrementó, la inactividad comenzó a recibir más atención. Esto llevo a la idea de que las fallas técnicas podían y debían ser prevenidas, lo que dio origen al concepto de mantenimiento preventivo.

En 1960 este proceso se centraba en el reacondicionamiento de los equipos, el cual se realizaba en intervalos predefinidos.

Los costos de mantenimiento comenzaron a aumentar significativamente en comparación con otros gastos operativos. Esto llevo al desarrollo de la planificación del mantenimiento y la implementación de programas de control. Estas iniciativas

fueron una gran contribución para inicial el control del mantenimiento, y hoy en día son parte integral de las prácticas en este ámbito.

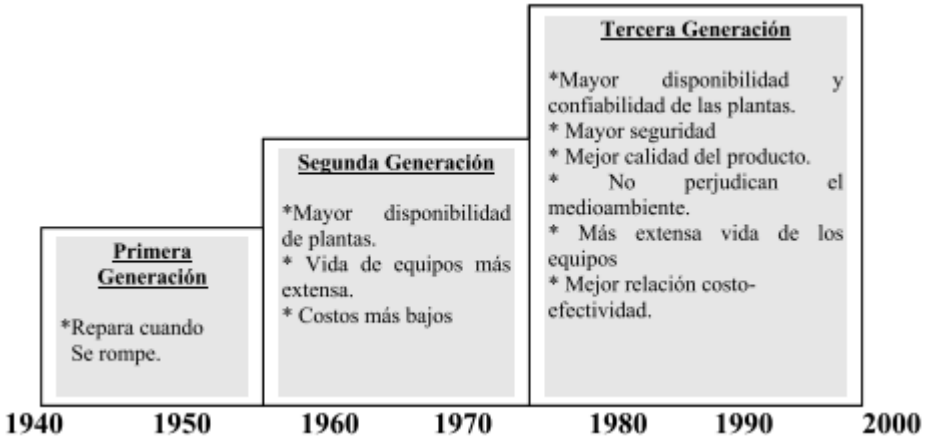
Finalmente, la cantidad de capital invertido en activos físicos y el aumento de los costos motivaron a los propietarios a buscar maneras de maximizar la vida útil de dichos activos.

La Tercera Generación

Desde mediados de 1970, la transformación en la industria ha alcanzado un momento significativo aún más intenso. Los cambios pueden categorizarse en tres áreas: nuevas expectativas, investigaciones innovadoras y técnicas avanzadas.

Nuevas expectativas

La gráfica 1 muestra como evolucionaron las expectativas del mantenimiento.



Gráfica 1

El tiempo de inactividad impacta negativamente la capacidad producida de los bienes físicos, disminuyendo su rendimiento, aumentando los costos operativos y afectando la atención al cliente. Este problema ya era significativo en las décadas de 1960 y

1970, especialmente en los sectores industrial, minero y de transporte. La situación se agrava por la tendencia global hacia sistemas de precisión, donde una reducción en la cantidad de materiales a lo largo de la cadena de suministro hace que incluso un pequeño número de fallas pueda interrumpir las operaciones generales. Recientemente, el aumento de la mecanización y automatización ha convertido la garantía de funcionamiento y disponibilidad en aspectos cruciales en diversas industrias, como la salud, procesamiento de datos, telecomunicaciones y gestión de edificios.

Una mayor automatización implica que las fallas impactan más nuestra capacidad para mantener altos estándares de calidad, afectando tanto los servicios como la calidad del producto. Por ejemplo, problemas en los equipos pueden influir en la climatización esencial de los edificios, y la puntualidad en el transporte es crucial para cumplir con fechas de fabricación específicas.

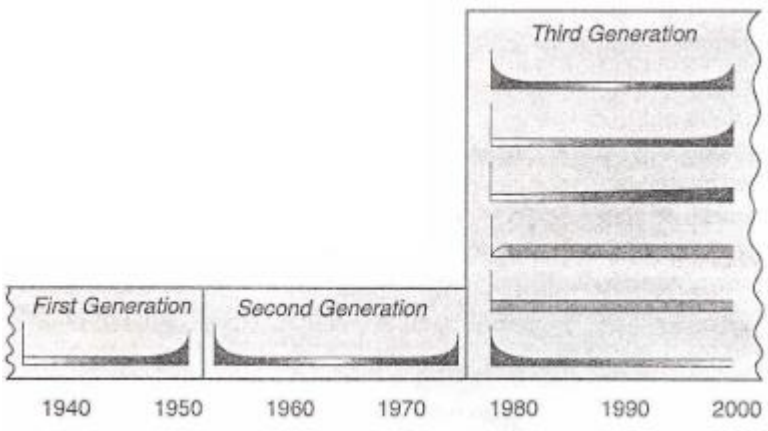
Las fallas en los equipos tienen graves repercusiones ambientales y de seguridad, especialmente en un momento en que los estándares para estos aspectos son cada vez más rigurosos. En algunas regiones del mundo, las organizaciones deben garantizar la seguridad de la sociedad y del medio ambiente, o de lo contrario, deben cesar sus operaciones. Esta situación resalta aún más nuestra dependencia de la integridad de los activos físicos, convirtiendo el tema en una cuestión de supervivencia más que en un simple asunto de costos.

A medida que aumenta nuestra dependencia de los activos materiales, también lo hacen sus costos de operación y adquisición. Para maximizar el retorno de la inversión

que representan, es fundamental que estos activos operen de manera eficiente durante su vida útil esperada. El costo de mantenimiento ha ido en aumento y ahora representa una parte significativa de los gastos generales. En algunas industrias, se ha convertido en el segundo mayor gasto operativo. En los últimos treinta años, su importancia ha crecido desde un aspecto casi irrelevante hasta ser una prioridad en los sistemas de control de costos.

Nueva Investigación

Las nuevas investigaciones están desafiando nuestras creencias sobre la relación entre la antigüedad de los equipos y su propensión a fallar. Actualmente, parece haber una menor correlación entre la edad operativa de los bienes y su tendencia a presentar fallas. La gráfica 2 ilustra como las primeras percepciones sobre las fallas se basaban en la idea de que los equipos más viejos son propensos a fallas. La creciente preocupación por la "mortalidad infantil" ha llevado a expandir el concepto de la Segunda Generación en la curva de "la bañera".



Gráfica 2

2.3 Teorías relacionadas con la problemática

El principal desafío que enfrenta el personal de mantenimiento hoy en día no es solo aprender nuevas técnicas, sino también identificar cuáles son efectivas u beneficiosas. Tomar decisiones adecuadas puede conducir a una mejora en el rendimiento de los equipos, al mismo tiempo que se optimizan y, en algunos casos, se reducen los costos de mantenimiento. En cambio, si se toman decisiones erróneas, pueden surgir nuevos problemas y agravar los existentes.

2.3.1 Los desafíos que enfrenta

La primera industria en abordar estos retos de manera sistemática fue la aviación comercial. Un aspecto fundamental de su respuesta fue reconocer la importancia de asegurar que el personal de mantenimiento no solo realice correctamente sus tareas, también se asegure de que estén llevando a cabo las labores adecuadas.

2.3.2 Teoría de la confiabilidad

Esta teoría propone que el mantenimiento preventivo debe programarse de tal forma que disminuya la probabilidad de fallas inesperadas y aumente la disponibilidad del equipo. Se busca garantizar que los activos funcionen de manera confiable durante su vida útil.

2.3.3 Teoría de la vida útil restante

Esta teoría se basa en evaluar la vida útil restante de los equipos para determinar el momento óptimo para realizar el mantenimiento preventivo. Se emplean métodos de

monitoreo y análisis de datos para anticipar cuando es probable que ocurra una falla y, por lo tanto, cuándo se debe realizar el mantenimiento.

2.3.4 Teoría de la confiabilidad humana

Considera el factor humano en la problemática del mantenimiento preventivo. Se centra en la capacitación del personal, la toma de decisiones, la gestión de equipos y otros aspectos relacionados con el factor humano para mejorar la eficacia del mantenimiento preventivo.

2.4. Marco Teórico

2.4.1 Conceptos básicos del mantenimiento

Mantenimiento

El mantenimiento es la aplicación de técnicas y procedimientos para mantener en buen estado las instalaciones, maquinaria y equipo, y para evitar o reducir los daños y el desgaste, con el fin de asegurar la seguridad, la eficiencia y la productividad en la producción.

Tipos de mantenimiento

- **Mantenimiento Correctivo**

Se ejecuta después de detectar un imperfecto en un equipo o instalación. Su objetivo es reparar el equipo para que pueda funcionar de manera normal y realizar su función lo más rápidamente posible.

- **Mantenimiento Preventivo**

Se realiza con el fin de evitar problemas futuros, detectando y solucionando posibles fallos antes de que surjan. Este tipo de mantenimiento es fundamental para evitar paradas de producción y reducir costos.

- **Mantenimiento Predictivo**

Se basa en la utilización de datos tecnologías avanzadas para anticipar y solucionar problemas antes de que surjan. Esto permite reducir significativamente las paradas de producción y mejorar la eficiencia.

- **Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Un enfoque que involucra a todo el personal en las tareas de mantenimiento, proporcionando las habilidades necesarias para resolver problemas mecánicos o relacionados con los equipos.

Importancia del mantenimiento en la industria manufacturera

En la industria manufacturera es fundamental para salvaguardar la productividad en el proceso industrial, su calidad y el correcto uso de los equipos, lo que contribuye a extender su vida útil.

Es una herramienta esencial para el desempeño adecuado de cualquier empresa. Este aspecto es de suma importancia en el desarrollo de cualquier proceso de producción.

La relevancia del mantenimiento industrial se manifiesta en la necesidad de asegurar que las maquinas continúen desempeñando sus funciones durante el mayor tiempo

posible. No es un secreto que las maquinas tienen un ciclo de vida limitado y no funcionaran indefinidamente. Sin embargo, esto no implica que, dado que las maquinas no son eternas, no se deba llevar a cabo algún tipo de mantenimiento.

Algunos de los beneficios son:

- Prevenir y evitar accidentes laborales, lo que incrementa la seguridad para las personas involucradas en el proceso.
- Mejora la disponibilidad y la productividad de las empresas.
- Reduce costos de reparación y tiempo de inactividad.
- Aumenta la eficiencia operativa de la planta.
- Mejora la calidad de los productos o servicios proporcionados por la empresa.

2.4.2 Mantenimiento Preventivo

Definición y objetivos

Es el conjunto de actividades planificadas de inspección detección y corrección de fallas, con el fin de prevenir avería en los equipos y mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento. El objetivo principal es reducir la probabilidad de fallas o el deterioro del funcionamiento del sistema.

Los principales objetivos son:

- Mejorar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, reduciendo la probabilidad de fallas y paros imprevistos.

- Disminuir los costos de mantenimiento, evitando gastos inesperados en reparaciones y reemplazos de equipos.
- Alargar la vida útil de los equipos, realizando revisiones y mantenimiento periódico para bajar la probabilidad de fallas.
- Arreglar problemas antes de que ocurran, detectando y corrigiendo fallas potenciales para prevenir averías.

Ventajas

1. **Alarga la vida útil de los equipos:** Al realizar revisiones periódicas y sustituir piezas desgastadas, se disminuye la probabilidad de fallas y se alarga la vida útil de los equipos.
2. **Disminuye el mantenimiento correctivo:** Al prevenir fallas, se evitan gastos inesperados en reparaciones y reemplazos de equipos, lo que reduce los costos de mantenimiento.
3. **Reduce la probabilidad de paros imprevistos:** El mantenimiento preventivo ayuda a prevenir paros inesperados, lo que mejora la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.
4. **Permite un mejor control y planeación:** Al tener un plan de mantenimiento preventivo, es posible planificar la detención de los equipos sin interrumpir la productividad, lo que permite además mejorar la organización del personal y la gestión de la documentación.
5. **Ahorro de costos:** Al prevenir fallas y averías, se evitan gastos inesperados en reparaciones y reemplazos de equipos.

Desventajas

1. **No determinar el desgaste de las piezas:** Al sustituir piezas desgastadas, no es posible determinar con precisión el desgaste de las piezas.
2. **No es efectivo para todos los equipos:** El mantenimiento preventivo no es efectivo para todos los equipos, especialmente aquellos de poca importancia o costos económicos que podrían gestar costos más bajos.

Elementos clave en un programa de mantenimiento

- **Monitoreo y mejora continua:** Realizar un seguimiento y análisis de los resultados para mejorar continuamente el programa de mantenimiento.
- **Establecer un plan de mantenimiento:** Definir tareas, frecuencias y procedimientos de mantenimiento para cada equipo.
- **Capacitación del personal:** Entrenar al personal en técnicas y procedimientos de mantenimiento preventivo.
- **Gestión de repuestos y materiales:** Asegurar la disponibilidad de las piezas de repuesto y los materiales requeridos para las labores de mantenimiento.

2.4.3 Planificación del Mantenimiento Preventivo

Análisis de criticidad

Es un proceso que evalúa el riesgo que presentan los dispositivos para la empresa, permitiendo priorizar las acciones de mantenimiento. Este análisis se basa en la clasificación de los equipos en tres categorías: A (criticidad máxima), B (criticidad

media) y C (criticidad baja), según la frecuencia de fallas, la complejidad para detectarlas y el impacto en la operatividad general.

Objetivos del análisis de criticidad

- **Prevenir averías:** Identificar y priorizar los equipos críticos para minimizar la producción interrumpida y reducir los costos de reparación.
- **Mantener la disponibilidad:** Optimizar la disponibilidad de los equipos para garantizar una productividad sólida y efectiva.

Métodos de análisis de criticidad

- **Método ABC:** Clasifica los equipos en función de la frecuencia de fallas, la complejidad para detectarlas y el impacto en la operatividad general.
- **Matriz de criticidad:** Utiliza una matriz para evaluar la frecuencia de fallas y las consecuencias de estas permitiendo identificar los equipos críticos.

Elementos para considerar

- **Frecuencia de fallas:** La frecuencia en que se presentan las fallas es un indicador importante para determinar la criticidad de un equipo.
- **Complejidad para detectar fallas:** La complejidad para detectar las fallas es otro factor clave para evaluar la criticidad.
- **Impacto en la operatividad general:** El impacto que una falla puede tener en la operatividad general es un elemento crucial para determinar la criticidad.

Ventajas del análisis de criticidad

- **Optimización de recursos:** El análisis de criticidad permite asignar recursos adecuados a los equipos críticos.
- **Reducción de costos:** La priorización de equipos críticos disminuye gastos de mantenimiento y reparación.
- **Mejora de la disponibilidad:** El análisis de criticidad optimiza la disponibilidad de los equipos, minimizando la producción interrumpida.

Desventajas del análisis de criticidad

- **Complejidad del proceso:** El análisis de la criticidad puede ser un proceso complejo y requerir recursos significativos.
- **Subjetividad:** La evaluación de la criticidad puede ser subjetiva y dependiente de la experiencia y conocimiento del analista.

Determinación de tareas y frecuencias de mantenimiento

La determinación de estas es un proceso complejo que implica considerar varios factores, como la fiabilidad y el riesgo de los equipos. Posteriormente, se presentan pasos para determinar las tareas y frecuencias del mantenimiento:

1. **Identificación de equipos críticos:** Esto ayudara a priorizar las tareas de mantenimiento y a determinar las frecuencias adecuadas para cada equipo.
2. **Análisis de la confiabilidad y el riesgo**: Evaluar la confiabilidad y el riesgo de cada equipo para determinar las tareas y frecuencia de mantenimiento necesarias. Esto puede involucrar el uso de herramientas y técnicas de monitoreo de condiciones para predecir cuándo podrían ocurrir fallas.

3. **Definición de tipos de mantenimiento:** Identificar los tipos de mantenimiento necesarios, como mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo. Cada tipo de mantenimiento tiene sus propias frecuencias y tareas específicas.
4. **Distribución de tareas por tipo de mantenimiento:** Asignar tareas de mantenimiento a los recursos apropiados en función de la naturaleza de la tarea. Esto puede involucrar la creación de un planificador de mantenimiento que coordine y planifique las tareas relacionadas con el mantenimiento y reparación de equipos, maquinaria e instalaciones.
5. **Frecuencia de mantenimiento:** Determinar el tiempo que se otorga para el mantenimiento de cada equipo o tarea. Esto puede involucrar la consideración de factores como la complejidad de la tarea, la importancia del equipo y el costo del tiempo de inactividad.
6. **Monitoreo y evaluación:** Monitorear y evaluar el mantenimiento realizado para asegurarse de que se está cumpliendo con los objetivos y para identificar oportunidades de mejora.
7. **Optimización de la frecuencia de mantenimiento:** Utilizar herramientas y técnicas para optimizar la frecuencia de mantenimiento, como la curva de costo y riesgo. Esto ayudara a determinar la frecuencia óptima para cada tarea de mantenimiento.

2.5 Marco de Referencias

2.5.1 Normas y Estándares

Norma ISO 9001:2015 para la gestión de calidad

Es un estándar internacional para sistemas de gestión de calidad, se utiliza para asegurar la calidad en una organización. Fue publicada en 2015.

Ventajas de la Certificación ISO 9001:2015

La certificación ISO 9001:2015 ofrece varias ventajas para las organizaciones, incluyendo:

1. **Mejora de la satisfacción del cliente:** Asegurar que los productos y servicios se ajusten a los requisitos del cliente.
2. **Mejora de procesos:** Identificar y abordar oportunidades de mejora continua.
3. **Precalificación y solicitud de presupuestos:** Facilitar la elección de proveedores y la solicitud de presupuestos.
4. **Eficiencia operativa:** Asegurar que los procesos sean eficientes y efectivos.
5. **Auditoría Interna:** Llevar a cabo auditorías internas para asegurar que la organización cumpla con los requerimientos establecidos por la norma.
6. **Gestión de riesgos:** Identificar y abordar riesgos que pueden afectar la calidad.
7. **Formación y competencia:** Asegurar que los empleados cuenten con las competencias apropiadas para realizar sus tareas.
8. **Marca y reputación:** Demostrar que la empresa se compromete con la calidad y satisfacción del cliente.

La implementación de esta norma puede mejorar la satisfacción del cliente, los procesos y los productos, y facilitar la elección de proveedores y la solicitud de presupuestos.

Norma ISO 14001:2015 para la gestión del medio ambiente

Es un estándar internacional que se utiliza para asistir a las organizaciones a alcanzar los resultados deseados. Establece los requerimientos necesarios que garantice la protección del medio ambiente y la satisfacción de las partes interesadas.

Objetivos de la Norma ISO 14001:2015

Esta norma tiene varios objetivos clave:

1. **Mejora de la gestión ambiental:** Asiste a las organizaciones en el control de consumos, residuos y emisiones atmosféricas.
2. **Imagen verde:** Ofrece una imagen verde y de compromiso de mejora medioambiental, que es beneficioso para la reputación de la empresa.
3. **Gestión de riesgos:** Identifica y gestiona los riesgos ambientales que pueden surgir durante el desarrollo de la actividad empresarial.
4. **Mejora continua:** Proporciona un marco para la mejora continua, lo que permite a las organizaciones reconocer áreas de mejora y actuar en consecuencia.

Estructura de la Norma ISO 14001:2015

Esta se divide en dos partes principales:

1. **La norma:** Establece los requisitos para un sistema de convenio ambiental.
2. **Anexos:** Proporcionan ayuda y explicaciones para la implementación efectiva.

Ventajas de la Norma ISO 14001:2015

Ofrece varias ventajas a las organizaciones, incluyendo:

1. **Mejora de la gestión ambiental:** Garantiza que las organizaciones gestionen su proceso de forma sostenible y en armonía.
2. **Cumplimiento de la legislación ambiental:** Evita sanciones y mala imagen al cumplir con los requisitos legales.
3. **Imagen verde:** Ofrece una imagen verde y de compromiso de mejora medioambiental.
4. **Gestión de riesgos:** Identifica y gestiona los riesgos ambientales que pueden surgir durante el desarrollo de la actividad empresarial.
5. **Mejora continua:** Proporciona un marco para la mejora continua, lo que permite a las organizaciones reconocer áreas de mejora y actuar en consecuencia.

La implementación de esta norma puede mejorar la gestión ambiental, el cumplimiento de la legislación ambiental, lo que es beneficioso para la reputación de la empresa y para el medio ambiente.

La implementación del plan de mantenimiento preventivo impactar en el control del consumo de energía.

Norma OHSAS 18001:2007

Es una norma global para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Objetivos de la Norma OHSAS 18001:2007

Tiene varios objetivos clave:

1. **Disminuir la siniestralidad:** Evaluar y gestionar los peligros para identificar y prevenir accidentes.
2. **Cumplimiento de la legislación:** Certificar que la organización cumple con la legislación de prevención de riesgos laborales para la seguridad y salud en el trabajo.
3. **Aumentar y mejorar la productividad de los trabajadores**: Fomenta una mayor sensación de bienestar en el lugar de trabajo y condiciones más seguras, lo que a su vez incrementa la productividad.
4. **Fomentar a la cultura preventiva:** Implementar sistemas de prevención de riesgos laborales y recompensar la participación de los empleados en la creación de las medidas implementadas.

Estructura de la Norma OHSAS 18001:2007

Esta se centra en un ciclo de mejora continúa conocido como ciclo “PHVA” (Planificar-Hacer-Verificar y Actuar). Se compone de las siguientes etapas:

1. **Planificar:** Establecer objetivos y procedimientos requeridos para lograr un resultado alineado con la política.
2. **Hacer:** Implementar un plan a través de la recopilación de datos.
3. **Verificar:** Evaluar el progreso, así como determinar en qué medida la alta dirección ha logrado cumplir con su responsabilidad de asegurar la seguridad y salud.
4. **Actuar:** Implementar acciones de mejora.

Ventajas de la Certificación OHSAS 198001:2007

La certificación OHSAS 18001:2007 ofrece varias ventajas para las organizaciones, incluyendo:

- **Cumplimiento de la legislación:** Certificar que la tesorería cumple con la constitución de arbitrariedad.
- **Aumento de la productividad:** Fomenta una mayor sensación de bienestar en el trabajo y condiciones laborales más seguras.
- **Fomento a la cultura preventiva:** Implementar sistemas de prevención de peligros en el trabajo y premiar la implicación de los trabajadores.

La adopción de esta norma puede mejorar la gestión de seguridad y salubridad laboral, asegurar el cumplimiento de la legislación vigente y aumentar la productividad.

Norma ISO 31000:2009 para la gestión de riesgo

Es una estándar internacional que proporciona principios directrices para la identificación, análisis, evacuación y tratamiento de riesgos en una organización. Esta norma es aplicable a cualquier tipo de empresa, y tiene como prioridad ayudar a las organizaciones a gestionar los peligros de forma efectiva para proteger su valor y lograr sus objetivos.

Principios de la Norma ISO 31000:2009

Se basa en los siguientes principios:

- **Principio de Integración:** Debe ser integrada en el proceso.

- **Principio de Estructura**: La gestión de riesgos debe tener una estructura clara y definida.
- **Principio de Adaptación:** La gestión de riesgos debe ser dinámica y adaptarse a los cambio internos y externos.
- **Principio de Participación:** La gestión de riesgos debe involucrar a todos los interesados y partes afectadas.
- **Principio de Mejora Continuar:** La gestión de riesgos debe ser un proceso constante y en continua mejora.

Ventajas de la Norma ISO 31000:2009

Esta norma ofrece varias ventajas para las organizaciones, incluyendo:

- **Mejora de la Eficiencia Operativa:** La gestión de riesgos permite identificar y reducir riesgos que pueden afectar su desempeño operativo.
- **Creación de Confianza y Seguridad:** Permite crear confianza y seguridad entre sus partes interesadas.
- **Mejora la Resiliencia:** La gestión ayuda a mejorar la resiliencia y capacidad de respuesta en caso de emergencias.
- **Mejora la Comunicación:** La gestión de riesgos conribuye a la organización a mejorar su comunicación y colaboración entre departamentos y parte interesadas.

La implementación de esta norma puede mejorar la eficiencia operativa, crear confianza y seguridad, mejorar la resiliencia y mejorar la comunicación en una organización.

2.5.2 Legislación y Regulaciones

Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (LSSyT)

Establece los requisitos y protocolos para asegurar la salud y salvaguarda de los empleados en el entorno laboral. Esta ley es fundamental para salvaguardar a los operadores de los daños en el entorno de trabajo y asegurar un lugar de trabajo seguro y favorable para la salud.

Objetivos de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

- **Disminuir la siniestralidad laboral:** Evaluar y controlar los inconvenientes relacionados con cada abarrote de que hacer para identificar e indicar accidentes laborales.
- **Cumplimiento de la legislación:** Certificar que se cumpla con la normativa sobre la prevención de peligros laborales.
- **Incrementar y optimizar el rendimiento de los trabajadores**: Generar una mayor sensación de salud ocupacional y entornos laborales más protegidos, lo que aumenta la productividad.

Estructura de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

La LSSyT se basa en una estructura que incluye:

- **Artículo 1:** Determina los términos y conceptos.
- **Artículo 2:** Establece los deberes de los empresarios y los derechos de los trabajadores.
- **Artículo 3:** Detalla los protocolos que deben seguirse en caso de emergencia.
- **Artículo 4:** Establece las normas de evaluación de riesgos laborales y los procedimientos para su control.
- **Artículo 5:** Define las responsabilidades de los empleados y los supervisores.

Ventajas de la Ley de Seguridad y Salud

La LSSyT ofrece varias ventajas para las organizaciones, incluyendo:

- **Mejora de la seguridad laboral:** La ley garantiza un escenario de labor sólido y saludable para los empleados.
- **Mejora de la imagen:** La implementación de la LSSyT mejora la imagen de la organización y su reputación en el mercado.
- **Mejora la gestión de riesgos:** La ley establece protocolos claros para la estimación y custodia de las molestias laborales.

La implementación de esta ley puede mejorar la seguridad laboral, la productividad y la imagen en una organización.

Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (RSSL)

Establece los requisitos y protocolos para garantizar la seguridad y salud de los empleados en el lugar de trabajo. Este reglamento es muy importante para

salvaguardar al personal de trabajo de los riesgos laborales y garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludables.

Objetivos del RSSL

El objetivo principal del RSSL es establecer regulaciones en seguridad y salud laboral que prevengan peligros que puedan poner en riesgo la vida, integridad física o salud de los operadores. Además, busca evitar cambios negativos significativos en el entorno laboral que puedan afectar la seguridad o salud de los empleados, así como causar daños a las instalaciones, maquinaria, equipos y materiales.

Estructura del RSSL

El RSSL se divide en varios artículos. Algunos de los artículos clave son:

- **Artículo 7:** Establece las obligaciones de los patrones, incluyendo la integración y la elaboración de programas específicos, manuales y procedimientos.
- **Artículo 8:** Establece las obligaciones de los trabajadores.
- **Artículo 11:** Establece que los proyectos de normas deben fundamentarse en una disección que contenga el esclarecimiento sucinto de los objetivos finalidades de la norma y la factibilidad técnica para el recuento de su cumplimiento.

Ventajas del RSSL

El RSSL ofrece varias ventajas para las organizaciones, incluyendo:

- **Mejora de la seguridad laboral:** El reglamento garantiza un escenario de labor sólido y saludable para los empleados.
- **Mejora de la imagen:** La implementación del RSSL mejora la imagen de la organización y su reputación en el mercado.
- **Mejora la gestión de riesgos:** El reglamento establece protocolos claros para la estimación y custodia de las molestias laborales.

La implementación del RSSL puede mejorar la seguridad laboral, la productividad, la imagen y la gestión de riesgos en una organización.

Reglamento de Protección del Medio Ambiente (RPMA)

El Reglamento de Protección del Medio Ambiente (RPMA) es una norma jurídica que establece las disposiciones aplicables para la protección del medio ambiente. Este reglamento tiene como objetivo garantizar la defensa y optimización, junto con la salvaguarda de la salud de los individuos y el uso eficiente de los recursos naturales.

Artículos clave del RPMA

- **Artículo 1:** Establece las disposiciones generales para la protección del medio ambiente.
- **Artículo 2:** Define los deberes y responsabilidades de los patrones y trabajadores en materia de protección del medio ambiente.
- **Artículo 3:** Establece las normas de la evaluación y gestión de los efectos ambientales de las actividades.
- **Artículo 4:** Regula la gestión de residuos y vertidos.

- **Artículo 5:** Establece las normas para salvaguardar la biodiversidad y los ecosistemas.

Ventajas del RPMA

- **Mejora la calidad del aire y agua:** El reglamento garantiza la salvaguarda de la calidad.
- **Salvaguardar la salubridad de las personas:** La legislación protege la salubridad de las personas al convenir normas para el ajuste de restos y vertidos.
- **Utilización racional de los recursos naturales:** El reglamento promueve la conveniencia inductiva de las pertenencias naturales.
- **Conservación de la biodiversidad:** El reglamento protege la biodiversidad y los ecosistemas.

La implementación del RPMA puede mejorar la calidad del aire y agua, proteger la salubridad de los individuos, promover el uso de recursos naturales y conservar la biodiversidad.

Reglamento de Protección de la Salud (RPS)

Es una norma jurídica que establece las disposiciones aplicables para la protección de la salud de las personas en México.

Objetivos del RPS

- **Garantizar la salvaguarda de la salud de las personas:** RPS tiene como objetivo salvaguardar la salud de las personas, especialmente aquellos grupos vulnerables como niños menores, mujeres en periodo de gestación, adultos mayores y personas discapacitadas.
- **Establecer la aportación solidaria estatal:** El RPS establece la contribución solidaria del estado para financiar los servicios de salud a la comunidad, considerando la población beneficiaria ajustada por necesidades de salud y metodología para calcular la asignación correspondiente a cada entidad federativa.
- **Definir los gastos catastróficos:** El RPS define los gastos catastróficos como aquellos que generan gastos de alto costo.
- **Garantizar la efectividad y eficiencia en la gestión de recursos:** El RPS busca contribuir en la efectividad y la eficiencia para la protección de la salud.
- **Promover la concordancia en los presupuestos estatales y federales:** El RPS promueve la alineación entre el presupuesto estatal y federal, vinculando los compromisos de recursos al número de beneficiarios y a la programación presupuestaria.

El RPS tiene como objetivo principal asegurar la salvaguarda de la salud de los individuos, especialmente de aquellos grupos vulnerables, y establecer la contribución estatal solidaria para financiar los servicios de salud comunitarios.

La implementación del RPS puede mejorar la calidad del aire y agua, proteger la salubridad de los individuos, fomentar el uso sostenible de los recursos y preservar la biodiversidad en el país.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Diagnóstico: Se analizan los cambios en aumento del gasto en cuanto a mantenimiento correctivo desde el 2023 hasta el 2024, que pudieron impactar en la economía de la empresa.

Documental: Se revisaron documentos, libros y sitios web.

De campo: Se estudia y analiza información recolectada en un taller de mecanizado por arranque de viruta.

Investigación aplicada: Se aplicaron conocimientos aprendidos durante la formación de la Maestría de Administración Industrial.

Trasversal: Se estudia y analiza la información desde el 2023 hasta el 2024.

Cuantitativo: Se dedicarán los tiempos necesarios para finalizar la investigación, lo que permitirá evidenciar las mejoras en términos de tiempo y costos.

3.2. Población o muestra

La población será en el taller de la empresa Maquinados y Multiservicios Frontera, ubicado en calle Vidal de la Garza #55 Colonia Melchor Ocampo, en H. Matamoros Tamaulipas, y la muestra son 8 máquinas industriales, 2 tornos, 2 fresadoras 1 taladro de pedestal, 1 sierra cinta, 1 prensa hidráulica y 1 afiladora de herramientas, se seleccionaron a 6 empleados del taller para aplicarles una encuesta que más adelante se muestra. Dado que el número total de empleados es reducido la determinación de

la muestra se hizo a criterio del investigador, lo cual es perfectamente aceptable desde una perspectiva del investigador.

3.3 Información de la empresa

3.3.1 Maquinados y Multiservicios Frontera

Maquinados y Multiservicios Frontera es una empresa que ofrece servicios de maquinados y una variedad de otros servicios industriales, se emplea en la industria automotriz y manufacturera cuando se requieren piezas y equipos precisos o servicios complementarios para mantener sus operaciones funcionando de manera eficiente.

3.3.2 Datos

Nombre de la empresa: Maquinados y Multiservicios Frontera

Domicilio: Calle Vidal de la Garza #55 Colonia Melchor Ocampo

Ciudad: H. Matamoros, Tamaulipas. **C.P:** 87399 **Teléfono:**8682306592

Misión

“Ofrecemos soluciones de maquinados y multiservicios, superando las expectativas de nuestros clientes a través de la innovación, precisión y compromiso total con la excelencia en cada paso.”

Visión

"Ser líderes en maquinados y multiservicios, destacados por nuestras soluciones técnicas innovadoras, atención al cliente personalizada y compromiso constante con la mejora y la excelencia operativa."

Valores

Calidad: "Nos esforzamos por la excelencia en cada producto y servicio, garantizando máxima precisión y fiabilidad en nuestros maquinados."

Innovación: “Buscamos constantemente mejorar nuestros procesos y adoptar tecnologías avanzadas para satisfacer las cambiantes necesidades de nuestros clientes.”

Compromiso con el cliente: "Nos comprometemos a entender y superar las expectativas de nuestros clientes en cada oportunidad."

Colaboración: “Fomentamos un entorno de trabajo colaborativo donde el trabajo en equipo y el intercambio de conocimientos son fundamentales para nuestro éxito.”

Organigrama

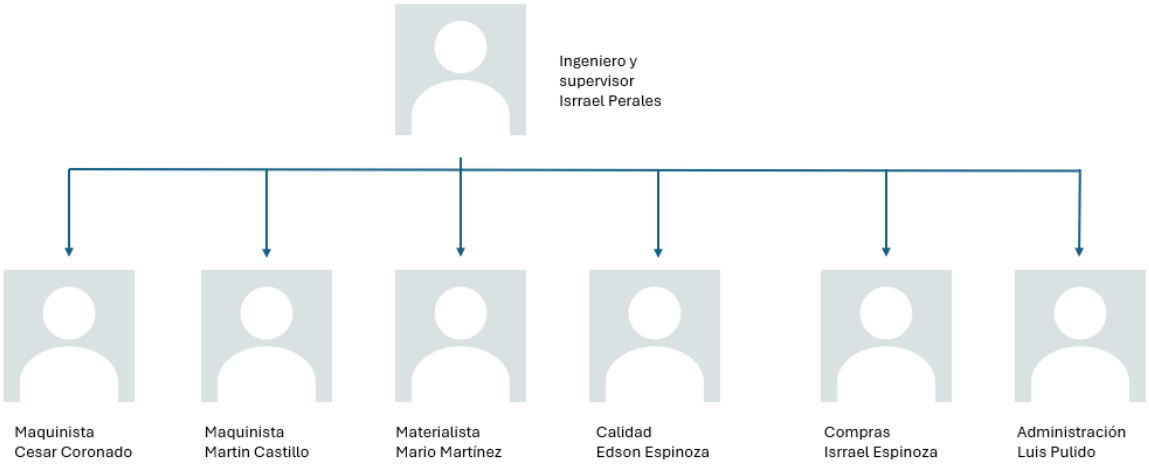


Ilustración 1. Organigrama de la empresa

3.3. Instrumento

La siguiente encuesta se aplicó al personal seleccionado para conformar la muestra a examinar.

Encuesta

Las respuestas se manejarán de forma confidencial y se usarán exclusivamente para la investigación destinada a mejorar el plan de mantenimiento preventivo en el taller de mecanizado por arranque de viruta.

1. ¿Conoce el concepto de mantenimiento preventivo?
   - Si
   - Mas o menos
   - No
2. ¿Ha recibido capacitación sobre mantenimiento preventivo?

- Si
- No

3. ¿Qué tipo de capacitación ha recibido? (Marque todas las que apliquen)
   - Talleres
   - Cursos en línea
   - Manuales o guías
   - Otros
4. ¿Qué tan importante considera el mantenimiento preventivo para la operación del taller?
   - 1 (Nada importante)
   - 2 (Poco importante)
   - 3 (Moderadamente importante)
   - 4 (Importante)
   - 5 (Muy importante)
5. ¿Con que frecuencia cree que deberían realizarse las actividades de mantenimiento preventivo?
   - Diariamente
   - Semanalmente
   - Mensualmente
   - Anualmente
6. ¿Qué beneficios considera que aporta el mantenimiento preventivo? (Marque todas las que apliquen)
   - Aumento la vida útil del equipo

- Reducción de costos por reparaciones
- Mejora en la seguridad laboral
- Aumento en la productividad
- Otros

7. ¿Con que frecuencia se realizan actividades de mantenimiento preventivo en los equipos?
   - Nunca
   - Rara vez
   - A veces
   - Frecuentemente
   - Siempre
8. ¿Ha notado alguna mejora en el rendimiento del equipo después de realizar mantenimiento preventivo?
   - Si
   - No

3.4 Procesamiento de datos

Las respuestas del personal se presentan en graficas que indican la distribución de estas una vez aplicada la encuesta anterior a la muestra seleccionada.

3.5 Actividades de mantenimiento

Los operadores de maquinados, junto con el supervisor, actualmente se encargan de coordinar las actividades de mantenimiento; sin embargo, no existe un plan de mantenimiento preventivo. Esta ausencia de planificación ha dificultado alcanzar una disponibilidad optima de los equipos y garantizar un rendimiento adecuado durante el proceso productivo. Para identificar las deficiencias en estas actividades, se iniciará con la identificación de criterios y aspectos generales que deben considerarse para desarrollar un plan de mantenimiento. Estos elementos sentaran las bases requeridas para obtener los diferentes beneficios.

Las actividades de mantenimiento son procedimientos detallados para llevar a cabo tareas de mantenimiento en equipos específicos. Estos procedimientos están desarrollados para estandarizar las prácticas y servir como guía en el departamento de mantenimiento. Cada actividad tiene un código y una descripción para facilitar su identificación, junto con información sobre el personal necesario, los materiales, repuestos y herramientas requeridos. Se enfatiza en la seguridad, proporcionando precauciones específicas para cada equipo y recomendando el uso de equipos de protección personal para asegurar la seguridad del personal durante las labores de mantenimiento. Además, se mencionan los costos asociados con cada actividad de mantenimiento realizada por la empresa.

3.6 Unidades de análisis

1.- Realizar un análisis detallado de cada uno de los equipos del taller a través de una revisión exhaustiva con el fin de determinar de manera precisa la condición actual en la que se encuentran los equipos.

2.- Evaluar, desde la perspectiva de costos y eficacia, las actividades de mantenimiento llevadas a cabo con el equipo con el objetivo de identificar si es necesario mejorar la ejecución de dichas actividades.

3.- Planificar acciones concretas para realizar mantenimiento preventivo en los diversos equipos, con el propósito de disminuir costos innecesarios y asegurar un rendimiento óptimo de los equipos durante las fases de producción.

4.- Enumerar los elementos necesarios para ocasionar la ejecución del plan, tales como la formación del personal, la realización de auditorías y el respaldo activo de la gerencia hacia las labores del mantenimiento.

5.- Establecer métricas para la gestión del mantenimiento, como el tiempo medio entre fallas y el tiempo estándar para la reparación, es esencial para contar con un método que permita evaluar la efectividad del plan de mantenimiento preventivo. Esto facilitara la retroalimentación y la mejora continua de los procesos de ejecución.

6.- Realizar cálculos relacionados con el efecto del mantenimiento preventivo en la fiabilidad y disponibilidad de los equipos utilizando diferentes métodos y formulas.

3.7 Cálculo de confiabilidad

Este proceso nos permite evaluar la confiabilidad del equipo y tomar decisiones informadas sobre las acciones necesarias para mejorar el desempeño del taller.

1. **Recolección de datos:**
    - Registra el número total de fallas del equipo durante un periodo especifico.
    - Anota el tiempo total de operación del equipo durante ese mismo periodo.
2. **Cálculo de la tasa de fallas :**
    - La tasa de fallas se calcula como el número total de fallas divido por el tiempo total de operación.

3. **Cálculo de la confiabilidad**
    - Utiliza la fórmula de confiabilidad, que se basa en la tasa de fallas y el tiempo que deseas evaluar.

donde es el tiempo en horas para el que deseas calcular la confiabilidad.

Supongamos que nuestro torno ha estado en operación durante 1,000 horas y ha tenido las siguientes fallas.

- Numero de fallas: 4

Paso 1: Calcular la tasa de fallas

Paso 2: Calcular la confiabilidad para 500 horas

Esto significa que hay aproximadamente un 13.53% de probabilidad de que el torno funcione sin fallas durante las próximas 500 horas.

Un valor bajo de confiabilidad indica que el equipo tiene una alta probabilidad de falla en un periodo determinado, lo que sugiere implementar un plan de mantenimiento preventivo para beneficiar su rendimiento como también prolongar su vida útil.

3.8 Cálculo de disponibilidad

Este proceso nos permite calcular la disponibilidad de un equipo y evaluar su rendimiento operativo. Al aplicar estos cálculos a diferentes equipos podremos identificar áreas para mejorar y optimizar la eficiencia general.

1. **Recolección de datos:**
    - Tiempo total de operación (TTO): Es el tiempo total que el equipo ha estado operativo y disponible para su uso.
    - Tiempo total de inactividad (TTI): Es el tiempo total que el equipo ha estado fuera de servicio debido a fallas, mantenimiento o reparaciones.
2. **Cálculo de la disponibilidad (A):**
    - La fórmula para calcular la disponibilidad es:

donde:

- A es la disponibilidad.
- TTO es el tiempo total de operación
- TTI es el tiempo total de inactividad

Supongamos que la fresadora tiene los siguientes datos:

- Tiempo total de operación (TTO): 800 horas
- Tiempo total de inactividad (TTI): 200 horas

Paso 1: Aplicar la formula

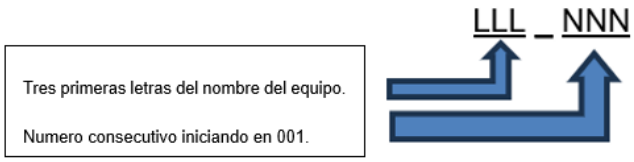
Paso 2: Interpretar el resultado

- La disponibilidad de la fresadora del 80% indica que hay un 20% del tiempo en que el torno no estuvo operativo, lo cual puede ser mejorado mediante un plan de mantenimiento preventivo.

3.9 Codificación de los equipos

Se requiere una codificación adecuada para cada equipo, facilitando su ubicación física en el área de trabajo, asegurando una identificación sencilla y proporcionando la capacidad de resguardar toda la información generada por cada uno de ellos.

Establecer un sistema de codificación debe implicar una secuencia alfanumérica que comience con tres letras (LLL), seguido del modelo del equipo y termine con tres números (NNN), tal como se muestra en la Grafica 4. Las letras iniciales representan las tres primeras letras que identificar el tipo de máquina. Los últimos tres números deben ser consecutivos, comenzando en 001 y aumentando a medida que se agregan más equipos del mismo tipo. Por ejemplo, la codificación TOR_001 indica que se trata de un torno y es el primer equipo de este tipo registrado en el taller. De manera similar, TOR_002 señala que también es un torno, pero corresponde al segundo equipo registrado bajo ese nombre.



Grafica 3. Regla de codificación de los equipos

Los formatos para codificar los equipos presentes en el taller de mecanizado por arranque de viruta se pueden encontrar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Codificación de equipos

Codificación	
Descripción	Código
Torno	TOR_001
Fresadora	FRE_001
Taladro	TAL_001
Sierra	SIE_001
Prensa	PRE_001
Afiladora de herramientas	AFI_001

3.10 Inventario de equipos

La Tabla 3 presenta un registro detallado de los equipos incluidos en esta investigación. Es esencial mantener este inventario al día, anotando cualquier equipo adquirido en el futuro, así como también los cambios que ocurran, ya sea por sustituciones o desincorporaciones.

Tabla 3. Inventario de equipos

Inventario de equipos								
Código	**Descripción del equipo**	**Marca**	**Modelo**	**Antigüedad en años**	**Año de adquisición**	**Estado**	**Valor de compra**	**Vida útil estimada (años)**
TOR_001	Torno Convencional	Morturn	Morturn 200	5	2018	Operativo	$50,000	10
TOR_002	Torno Convencional	Morturn	Morturn 200	5	2018	Operativo	$50,000	10
FRE_001	Fresadora Convencional	Lagun	FU5	5	2018	Operativo	$70,000	10
FRE_002	Fresadora Convencional	Lagun	FU5	5	2018	Operativo	$70,000	10
TAL_001	Taladro de Pedestal	Strands	Semiradial	5	2018	Operativo	$15,000	8
SIE_001	Sierra cinta	DoAll	C-1000	5	2018	Operativo	$10,000	8
PRE_001	Prensa hidráulica	Enerpac	P3920	5	2018	Operativo	$20,000	15
AFI_001	Afiladora de herramientas	Tormek	T-8	5	2018	Operativo	$15,000	10

Descripción de las columnas:

- **Código:** Un código único para identificar cada equipo.
- **Descripción del equipo:** Nombre y tipo del equipo.
- **Marca:** Fabricante del equipo.
- **Modelo:** Modelo específico del equipo.
- **Estado:** Condición actual del equipo (Operativo, en reparación, etc).
- **Año de adquisición:** Año en que se adquirió el equipo.
- **Valor de compra:** Costo inicial del equipo al momento de compra.
- **Vida útil estimada (años):** Tiempo estimado en que el equipo puede operar eficientemente.

3.11 Codificación de actividades

La codificación de las actividades se seguirá según el formato mostrado en la ilustración 2.

Comienza con las letras “ACT”, que indican que se trata de una actividad de mantenimiento, seguidas de tres dígitos numéricos consecutivos. Estos números se distribuyen de la siguiente manera:

a) Las actividades de cambio de aceite van desde ACT-001 hasta ACT-100
b) Las de rellenado de aceite van desde ACT-101 hasta ACT-200
c) La lubricación manual va desde ACT-201 hasta ACT-300
d) Las de cambio de soluble se codifica desde ACT-301 hasta ACT-400
e) Cambio de refrigerante desde ACT-401 hasta ACT-500
f) Cambio de rodamientos desde ACT-501 hasta ACT-600
g) Ajuste de bandas desde ACT-601 hasta ACT-700
h) Inspección de correderas desde ACT-701 hasta ACT-800
i) Actividades de limpieza desde ACT-801 hasta ACT-900

Una lista de actividades que se generaron en esta investigación y sus respectivos códigos se puede visualizar en la Tabla 4.

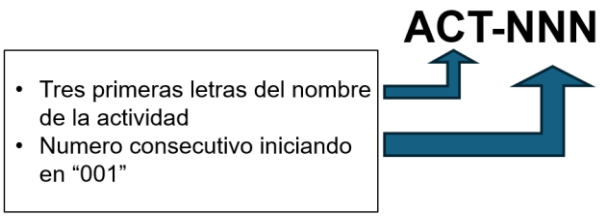


Ilustración 2. Regla de codificación de actividades

Tabla 4. Lista de actividades con sus respectivos códigos

Código Actividad	Descripción
ACT-001	Cambio de aceite 1
ACT-002	Cambio de aceite 2
ACT-003	Cambio de aceite 3
ACT-101	Rellenado de aceite para guías y correderas
ACT-201	Lubricación manual 1
ACT-202	Lubricación manual 2
ACT-203	Lubricación manual 3
ACT-301	Cambio de soluble
ACT-401	Cambio de refrigerante anticongelante
ACT-402	Cambio de refrigerante de engranes
ACT-501	Cambio de rodamientos alineadores de cinta dentada
ACT-601	Ajuste de bandas
ACT-701	Inspección de guías correderas y/o partes en fricción
ACT-801	Limpieza de Chuck
ACT-802	Limpieza de filtros de aire
ACT-803	Limpieza general de la maquina

3.12 Lista de verificación de inspección

Esta es una herramienta útil para garantizar que todos los equipos estén en condiciones óptimas antes de su uso, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia del taller, como se plantea en esta investigación.

- Antes de operar cualquier equipo, es necesario completar la lista de verificación.

- Marque “Si” o “No” en la columna correspondiente.
- En caso de marcar “No”, proporcione observaciones específicas sobre el tema detectado.

Esta lista debe ser revisada y firmada por el supervisor o técnico responsable.

	Descripción	Cumple (Si/No)	Observaciones
1. Limpieza General	El equipo está libre de virutas y residuos.		
2. Lubricación	Se han lubricado todas las partes móviles según lo requerido.		
3. Estado eléctrico	Verificar que no haya cables desgastados o expuestos.		
4. Protección del equipo	Todos los resguardos y cubiertas están en su lugar.		
5. Alineación	El equipo esta correctamente alineado y nivelado.		
6. Herramientas de corte	Las herramientas están en buen estado y afiladas.		
7. Sistema de refrigeración	El nivel de refrigerante es adecuado y no hay fugas.		
8. Medición de vibraciones	Realizar una medición para detectar vibraciones anormales.		
9. Control de seguridad	Todos los dispositivos de seguridad funcionan correctamente (emergencia, paradas, etc.).		
10. Documentación	Todos los registros de mantenimiento están actualizados y accesibles.		

Desde la tabla 5 hasta la tabla 20 se presenta la descripción de las actividades requeridas para asegurar el buen estado de los equipos incluidos en esta investigación.

Tabla 5. Descripción de la actividad ACT-001

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-001</td><td colspan="4">Cambio de aceite 1</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Sustitución de aceite en centrales hidráulicas para equipos que funcionan con presión hidráulica</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Montacargas
• Eslinga de cinta</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Embudo
• Cubeta
• Estopa
• Manguera o tubo</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite DTE-25</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza del tanque: Utiliza una estopa para limpiar el exterior del tanque de la central hidráulica.
Elevación del tanque: Si es necesario, emplea la grúa y la eslinga para levantar el tanque lo suficiente como para colocar una cubeta debajo del tapón de purga.
Drenaje del aceite usado: Una vez que la cubeta este en su lugar, retira el tapón de purga y el tapón de llenado para vaciar el aceite usado en la cubeta.
Cierre de tanque: Después de que el tanque este completamente vacío, vuelve a colocar el tapón de purga y regresa el tanque a su posición original.
Llenado con aceite nuevo: Con ayuda del embudo y la manguera, llena el tanque con el nuevo aceite.
Finalización: Vuelve a poner el tapón de llenado y limpia cualquier residuo con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 6. Descripción de la actividad ACT-002

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-002</td><td colspan="4">Cambio de aceite 2</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Reemplazo de aceite en cajas de transmisión para todos los equipos</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Embudo
• Cubeta
• Estopa
• Manguera o tubo</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite DTE-24</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza externa: Utiliza una estopa para limpiar el exterior de la caja o depósito de aceite.
Drenaje del aceite usado: Colocar una cubeta debajo del tapón de purga, retira este tapón y el de llenado para vaciar el aceite usado. Si es necesario, usa una manguera para transferir el contenido a la cubeta.
Cierre del depósito: Una vez que se haya drenado por completo el depósito, vuelve a colocar el tapón de purga.
Llenado con aceite nuevo: Con la ayuda del embudo y la manguera, llena el depósito con el nuevo aceite.
Finalización: Vuelve a poner el tapón de llenado y limpia cualquier residuo con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 7. Descripción de la actividad ACT-003

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-003</td><td colspan="4">Cambio de aceite 3</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Reemplazo de aceite en la caja de carro longitudinal de torno convencionales</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Embudo
• Cubeta
• Estopa
• Manguera o tubo</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite Vactra No. 2</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza externa: Limpia el exterior de la caja o deposito de aceite con la estopa
Drenaje del aceite usado: Colocar una cubeta debajo del tapón de purga, retira tanto este tapón como el de llenado, y vacía el aceite usado. Si es necesario, utiliza la manguera para facilitar el drenaje en la cubeta.
Cierre del depósito: Una vez que el tanque este completamente vacío, vuelve a colocar el tapón de purga.
Llenado con aceite nuevo: Con la ayuda del embudo y la manguera, llena el tanque con el nuevo aceite.
Finalización: Vuelve a colocar el tapón de llenado y limpia cualquier residuo con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 8. Descripción de la actividad ACT-101

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-101</td><td colspan="4">Rellenado de aceite del deposito de lubricante</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Llenado del deposito de aceite para la lubricación de guias y correderas en equipos generales</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Embudo
• Cubeta
• Estopa
• Manguera o tubo</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite Vactra No. 2</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza externa: Limpia el exterior del depósito de aceite con la estopa
Llenado del aceite: Retira el tapón de llenado y, utilizando el embudo y la manguera, vierte el aceite hasta alcanzar el nivel indicado.
Finalización: Vuelve a colocar el tapón de llenado y limpia cualquier residuo con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 9. Descripción de la actividad ACT-201

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-201</td><td colspan="4">Lubricación manual 1</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Aplicación manual de aceite en puntos de lubricacion</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Pistola de aceite
• Brocha</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite Vactra No. 2</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de zona externa: Utiliza la estopa para limpiar el área exterior alrededor de la aceitera.
Eliminación de partículas: Con una brocha y un pedazo de estopa, retira cualquier partícula presente en las guías y correderas.
Inspección de componentes: Verifica que las guías, correderas y cualquier parte en fricción que será lubricada este en buen estado.
Aplicación del lubricante: Usa la pistola de aceite para aplicar el lubricante en la aceitera hasta que las partes lubricadas comiencen a llorar.
Limpieza del exceso: Limpia con la estopa cualquier exceso de aceite que haya quedado.</td></tr>
</table>

Tabla 10. Descripción de la actividad ACT-202

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-202</td><td colspan="4">Lubricación manual 2</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Aplicación manual de aceite en guías, correderas y otras partes en fricción sin puntos de lubricación o deposito.</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Aceitera
• Brocha</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite Vactra No. 2</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de zona externa: Utiliza la estopa para limpiar el área exterior alrededor de la aceitera.
Eliminación de partículas: Con una brocha y un pedazo de estopa, retira cualquier partícula presente en las guías y correderas.
Inspección de componentes: Verifica que las guías, correderas y cualquier parte en fricción que será lubricada este en buen estado.
Aplicación del lubricante: Utiliza la aceitera para aplicar el lubricante directamente sobre las partes mencionadas anteriormente.
Limpieza del exceso: Si es necesario, limpia cualquier exceso de aceite que haya quedado con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 11. Descripción de la actividad ACT-203

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-203</td><td colspan="4">Lubricación manual 3</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Aplicación manual de grasa en guías, correderas y otras partes en fricción sin puntos de lubricación o deposito.</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Brocha</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Grasa</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Eliminación de partículas: Con una brocha y un pedazo de estopa, retira cualquier partícula presente en las guías y correderas.
Inspección de componentes: Verifica que las guías, correderas y cualquier parte en fricción que será lubricada este en buen estado.
Aplicación de grasa: Coloca la cantidad adecuada de grasa en las partes en fricción.
Limpieza del exceso: Si es necesario, limpia cualquier exceso de grasa que haya quedado con la estopa.</td></tr>
</table>

Tabla 12. Descripción de la actividad ACT-301

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-301</td><td colspan="4">Cambio de soluble</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Remplazo de liquido soluble para corte en todos los equipos</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Embudo
• Tubo o manguera
• Cubeta
• Esponja
• Agua
• Detergente</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite soluble</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Drenaje del líquido refrigerante: Coloca una cubeta bajo la salida de la maguera de aplicación del liquido refrigerante y activa la bomba para vaciar el depósito.
Desmontaje y limpieza de la bomba: Retira la bomba y limpia el succionador de cualquier partícula adherida.
Eliminación de partículas de la bomba: Usa una esponja para quitar cualquier partícula que este presente en el deposito y que la bomba no haya podido succionar.
Lavado del interior del depósito: Limpia el interior del deposito con agua y detergente, luego sécalo con el pedazo de estopa.
Reensamblaje de la bomba: Vuelve a montar la bomba en su posición original.
Llenado del deposito con nuevo liquido refrigerante: Llena el depósito con el nuevo liquido refrigerante utilizando un embudo y una manguera.</td></tr>
</table>

Tabla 13. Descripción de la actividad ACT-401

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-401</td><td colspan="4">Cambio de refrigerante anticongelante</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Reemplazo del refrigerante anticongelante para el enfriamiento de las partes internas de la fresadora.</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Embudo
• Tubo o manguera
• Cubeta</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Refrigerante anticongelante</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones actuales.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de la zona externa: Utiliza un pedazo de estopa para limpiar el área exterior alrededor del depósito del refrigerante anticongelante.
Retiro de tapones: Quita el tapón de purga y el tapón de entrada.
Drenaje del refrigerante: Vacía el refrigerante anticongelante utilizando el tubo y el embudo.
Limpieza del tanque: Limpia el tanque y vuelve a colocar el tapón de purga en su lugar.
Llenado con nuevo refrigerante: Vierte el nuevo refrigerante anticongelante en el depósito.
Colocación del tapón: Vuelve a colocar el tapón.</td></tr>
</table>

Tabla 14. Descripción de la actividad ACT-402

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-402</td><td colspan="4">Cambio de refrigerante de engranes</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Sustitución del aceite para la refrigeración de los engranajes de la fresadora</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Embudo
• Tubo o manguera
• Cubeta</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td colspan="4">• Aceite refrigerante</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de la zona externa: Utiliza un pedazo de estopa para limpiar el área exterior alrededor del depósito del aceite de refrigeración.
Retiro de tapones: Quita el tapón de purga y el tapón de entrada.
Drenaje del refrigerante: Vacía el refrigerante anticongelante utilizando el tubo y el embudo.
Limpieza del tanque: Limpia el tanque y vuelve a colocar el tapón de purga en su lugar.
Llenado con nuevo refrigerante: Vierte el nuevo aceite refrigerante en el depósito.
Colocación del tapón: Vuelve a colocar el tapón.</td></tr>
</table>

Tabla 15. Descripción de la actividad ACT-501

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-501</td><td colspan="4">Cambio de rodamiento alineadores de cinta dentada</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Reemplazo de los rodamientos alineadores de la correa dentada de la sierra cinta</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>02</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Embudo
• Tubo o manguera
• Cubeta</td></tr>
<tr><td>Partes y repuestos</td><td>Descripción</td><td>Rodamiento 6001 RS</td><td>Cantidad</td><td>08</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de las partes cercanas: Utiliza un pedazo de estopa para limpiar todas las áreas cercanas a los dispositivos que se van a manipular.
Retiro de la cinta dentada: Retira la cinta dentada. Este paso es crucial; intentar quitar los rodamientos sin retirar la cinta puede provocar que esta se flexione de manera repentina, lo que podría causar lesiones graves al personal involucrado en la operación.
Desmontaje de rodamientos viejos: Quita los seguros truarc y los rodamientos antiguos de los dispositivos de alineación.
Instalación de nuevos rodamientos: Coloca los nuevos rodamientos junto son sus respectivos seguros.
Reinstalación de la cinta dentada: Vuelve a colocar la cinta dentada.</td></tr>
</table>

Tabla 16. Descripción de la actividad ACT-601

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-601</td><td colspan="4">Ajuste de bandas</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Ajuste de las bandas de transmisión en todos los equipos</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Brocha</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inspección visual: Realiza una inspección visual del estado de las bandas girando manualmente las poleas para verificar toda la periferia de la banda.
Ajuste de tensión: Ajusta la polea tensora (si esta presente) o desplaza el motor para tensar las bandas si se encuentran flojas.
Limpieza de bandas y polea: Utiliza la brocha para limpiar cualquier partícula que este presente en las bandas y en la polea.</td></tr>
</table>

Tabla 17. Descripción de la actividad ACT-701

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-701</td><td colspan="4">Inspección de guías correderas y/o partes en fricción</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Inspección de guías, correderas y otras partes en fricción en todos los equipos.</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Brocha</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza de superficie: Utiliza un pedazo de estopa para limpiar las superficies o partes que están en contacto durante la operación.
Inspección visual: Una vez que estén totalmente limpias, realiza una inspección visual para asegurarte de que todas las partes estén en buen estado, sin corrosión ni golpes que puedan afectar su movimiento.
Reporte de anomalías: Si se detecta alguna irregularidad, debe ser reportada de inmediato al supervisor en turno.</td></tr>
</table>

Tabla 18. Descripción de la actividad ACT-801

<table>
<tr><th>Código de actividad</th><th colspan="4">Nombre de la actividad</th></tr>
<tr><td>ACT-801</td><td colspan="4">Limpieza de Chuck</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Limpieza del Chuck del torno</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Llave de las mordazas del Chuck
• Montacargas
• Eslinga de cinta</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Brocha
• Grasa
• Gasolina</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Desmontaje de las mordazas: Retira las cuatro mordazas utilizando una llave. Para sacarlas, necesitaras una grúa y una eslinga para sostenerlas. Ten en cuenta que cada mordaza tiene un numero grabado que coincide con el de la guía en la que está instalada; esto es importante para su correcta reinstalación.
Limpieza de las mordazas: Limpia las mordazas con una brocha y gasolina, posteriormente sécalas con un pedazo de estopa.
Limpieza de canales y husillos: Utiliza la brocha y gasolina para limpiar los canales y husillos de las mordazas, asegurándose de eliminar cualquier partícula presente. Seca todas las partes con un pedazo de estopa.
Engrasado: Aplica grasa a los husillos y canales.
Reinstalación de las mordazas: Vuelve a colocar las mordazas en su guía correspondiente.</td></tr>
</table>

Tabla 19. Descripción de la actividad ACT-802

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-802</td><td colspan="4">Limpieza del filtro del aire</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Limpieza de los filtros de aire de las tomas de la línea general de cada máquina.</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Llave de las mordazas del Chuck
• Montacargas
• Eslinga de cinta</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Agua
• Jabón
• Aire a presión</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Corte del suministro de aire: Cierra la válvula de paso que viene de la línea general para interrumpir el suministro de aire.
Desmontaje de componentes: Retira las guardas, capsulas, o-rings, filtros y porta filtros tanto de la válvula de paso como de los que están a bordo de la máquina.
Lavado de partes: Lava todas las partes desmontadas con agua y jabón, y luego secadas con un pedazo de estopa.
Soplado de filtros: Usa aire comprimido para eliminar el agua absorbida por los filtros.
Reinstalación de componentes: Vuelve a colocar las partes en su lugar correspondiente, asegurándote de que los o-rings sellen correctamente.
Restablecimiento del suministro de aire: Abre la válvula de la toma para restablecer el suministro de aire y verifica que la presión sea la adecuada.</td></tr>
</table>

Tabla 20. Descripción de la actividad ACT-803

<table>
<tr><td>Código de actividad</td><td colspan="4">Nombre de la actividad</td></tr>
<tr><td>ACT-803</td><td colspan="4">Limpieza general de la maquina</td></tr>
<tr><td>Descripción de la actividad</td><td colspan="4">Limpieza general del interior y exterior de la maquina</td></tr>
<tr><td>Personal requerido</td><td>Descripción</td><td>Operador</td><td>Cantidad</td><td>01</td></tr>
<tr><td>Herramientas y equipos</td><td colspan="4">• Herramientas generales de mano
• Llave de tableros de alimentación de cada maquina</td></tr>
<tr><td>Equipos de protección personal</td><td colspan="4">• Overol
• Calzado de seguridad
• Gafas de seguridad
• Guantes</td></tr>
<tr><td>Materiales</td><td colspan="4">• Estopa
• Agua
• Aire a presión
• Brocha
• Montacargas
• Eslinga
• Detergente
• Gasolina</td></tr>
<tr><td>Precauciones de seguridad</td><td colspan="4">• Identificación del equipo: Reconocer el equipo.
• Asegurarse de que el equipo este apagado: Comprobar que no haya energía en el equipo
• Temperatura de las partes: Confirmar que las secciones del equipo a intervenir estén a una temperatura segura.
• Revisión del equipo de protección personal: Asegurarse de que los equipos de protección personal se encuentren en condiciones adecuadas.
• Estado de las herramientas: Asegurarse de que las herramientas estén en buen estado y se utilicen correctamente.
• Limpieza y orden en el área de trabajo: Mantener el espacio donde se va a realizar la intervención limpio y organizado.
• Señalización del área: Delimitar la zona con cinta de seguridad.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descripción de la practica</td></tr>
<tr><td colspan="5">Limpieza exterior: Limpia todas las superficies externas del equipo con agua, detergente, gasolina para eliminar cualquier suciedad.
Limpieza interior del tablero de alimentación: Realiza una limpieza en seco del interior del tablero de alimentación de los equipos a bordo de la maquina utilizando una brocha y un pedazo de estopa.
Eliminación de polvo en partes eléctricas: Usa aire comprimido para eliminar el polvo de las partes eléctricas.</td></tr>
</table>

3.13 Elaboración del Plan de mantenimiento preventivo por equipo

Después de codificar los equipos y las actividades, junto con sus descripciones correspondientes, se procede a elaborar un plan de mantenimiento por equipo. Este plan contiene información esencial sobre las actividades que se deben realizar en cada equipo, incluyendo la frecuencia, duración y costo de cada actividad, para que el personal pueda acceder rápidamente a toda esta información.

El plan de mantenimiento sirve como un vínculo entre la información de las actividades de mantenimiento y los equipos incluidos en esta investigación.

Tabla 21. Mantenimiento programado del equipo SIE_001

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Sierra cinta		**Marca:** DoAll		**Modelo:** C-1000		**Código Equipo:** SIE_001
N°	Código Act.	Descripción	Personal	Frecuencia	Tiempo (minutos)	Costo (MXN)
01	ACT-001	Cambio de aceite 1	1 operador	Bimestral	180	900.00
02	ACT-101	Rellenado del aceite del depósito de lubricante	1 operador	Cuando sea necesario	20	100.00
03	ACT-301	Cambio de soluble	1 operador	Bimestral	180	900.00
04	ACT-501	Cambio de rodamiento alineadores de cinta dentada	1 operador	Anual	60	300.00
05	ACT-701	Inspección de guías, correderas y/o partes en fricción	1 operador	Diario	10	300.00
06	ACT-802	Limpieza de filtros de aire	1 operador	Bimestral	120	600.00
07	ACT-803	Limpieza general de la maquina	1 operador	Bimestral	180	900.00

Tabla 22. Mantenimiento programado de los equipos TOR_001 y TOR_002

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Torno Convencional	**Marca:** Morturn			**Modelo:** Morturn 200		**Código equipo:** TOR_001 y TOR_002
N°	**Código de la actividad**	**Descripción**	**Personal**	**Frecuencia**	**Tiempo (minutos)**	**Costo (MXN)**
01	ACT-002	Cambio de aceite 2	1 operadores	Bimestral	240	900.00
02	ACT-003	Cambio de aceite 3	1 operador	Bimestral	240	900.00
03	ACT-201	Lubricación manual 1	1 operador	Diario	20	900.00
05	ACT-202	Lubricación manual 2	1 operador	Diario	20	900.00
06	ACT-301	Cambio de soluble	1 operadores	Bimestral	360	600.00
07	ACT-601	Ajuste de bandas	1 operador	Bimestral	60	900.00
08	ACT-701	Inspección de guías correderas y/o partes en fricción	1 operador	Diario	10	300.00
09	ACT-801	Limpieza de Chuck	1 operador	Bimestral	180	900.00
10	ACT-803	Limpieza general de la maquina	1 operador	Bimestral	180	900.00

Tabla 23. Mantenimiento programado de los equipos FRE_001 y FRE_002

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Fresadora Convencional	**Marca:** Lagun		**Modelo:** FU5		**Código equipo:** FRE_001 y FRE_002	
N°	**Código de la actividad**	**Descripción**	**Personal**	**Frecuencia**	**Tiempo (minutos)**	**Costo (MXN)**
01	ACT-002	Cambio de aceite 2	1 operador	Bimestral	180	900.00
02	ACT-101	Rellenado del aceite del depósito de lubricante	1 operador	Cuando sea necesario	10	100.00
03	ACT-301	Cambio de líquido refrigerante	1 operador	Bimestral	180	600.00
05	ACT-601	Ajuste de bandas	1 operador	Bimestral	180	900.00
06	ACT-701	Inspección de guías correderas y/o partes en fricción	1 operador	Diario	10	300.00
07	ACT-802	Limpieza de filtros de aire	1 operador	Bimestral	60	600.00
08	ACT-803	Limpieza general de la maquina	1 operador	Bimestral	180	900.00

Tabla 24. Mantenimiento programado del equipo AFI_001

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Afiladora de herramientas		**Marca:** Tormek		**Modelo:** T-8		**Código Equipo:** AFI_001
N°	**Código de la actividad**	**Descripción**	**Personal**	**Frecuencia**	**Tiempo (minutos)**	**Costo (MXN)**
01	ACT-203	Lubricación manual 3	1 operador	Cuando sea necesario	20	100.00
02	ACT-804	Limpieza general de la maquina	1 operador	Cuando sea necesario	30	150.00

Tabla 25. Mantenimiento programado del equipo TAL_001

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Taladro de pedestal		**Marca:** Strands		**Modelo:** Semiradial		**Código Equipo:** TAL_001
N°	**Código de la actividad**	**Descripción**	**Personal**	**Frecuencia**	**Tiempo (minutos)**	**Costo (MXN)**
01	ACT-002	Cambio de aceite 2	1 operador	Bimestral	180	900.00
02	ACT-101	Rellenado del aceite del depósito de lubricante	1 operador	Cuando sea necesario	10	100.00
03	ACT-301	Cambio de líquido refrigerante	1 operador	Bimestral	180	600.00
05	ACT-601	Ajuste de bandas	1 operador	Bimestral	180	900.00
06	ACT-701	Inspección de guías correderas y/o partes en fricción	1 operador	Diario	10	300.00
07	ACT-802	Limpieza de filtros de aire	1 operador	Bimestral	60	600.00
08	ACT-803	Limpieza general de la maquina	1 operador	Bimestral	180	900.00

Tabla 26. Mantenimiento programado del equipo PRE_001

Instructivo de mantenimiento						
Equipo: Prensa hidráulica		**Marca:** Enerpac		**Modelo:** P3920		**Código Equipo:** PRE_001
N°	**Código de la actividad**	**Descripción**	**Personal**	**Frecuencia**	**Tiempo (minutos)**	**Costo (MXN)**
01	ACT-001	Cambio de aceite 1	1 operador	Bimestral	180	900.00
02	ACT-101	Rellenado del aceite del depósito de lubricante	1 operador	Cuando sea necesario	10	100.00
03	ACT-701	Inspección de guías correderas y/o partes en fricción	1 operador	Diario	10	300.00
05	ACT-803	Limpieza general de la maquina	1 operador	Bimestral	180	900.00

3.14 Datos históricos

Registro de fallas y mantenimiento (Año 2023)

Los datos presentados a continuación son con el fin de analizar el rendimiento del taller antes y después de implementar el plan.

Mes	Equipo	Código del equipo	Numero de fallas	Tiempo de inactividad (horas)	Costo de reparación (MXN)	Mantenimiento preventivo realizado
Enero	Torno convencional	TOR_001	4	15	$5,000	No
Febrero	Fresadora convencional	FRE_002	2	10	$4,000	No
Marzo	Sierra cinta	SIE_001	1	5	$2,000	No
Abril	Taladro de pedestal	TAL_001	2	6	$2,000	No
Mayo	Prensa hidráulica	PRE_001	2	4	$2,500	No
Junio	Torno convencional	TOR_002	3	15	$5,000	No
Julio	Fresadora convencional	FRE_001	3	12	$4,500	No
Agosto	Sierra cinta	SIE_001	2	4	$1,000	No
Septiembre	Taladro de pedestal	TAL_001	1	6	$2,200	No
Octubre	Prensa hidráulica	PRE_001	1	4	$2,000	No
Noviembre	Torno convencional	TOR_002	3	15	$5,000	No
Diciembre	Fresadora convencional	FRE_002	2	10	$4,800	No

Resumen anual (2023)

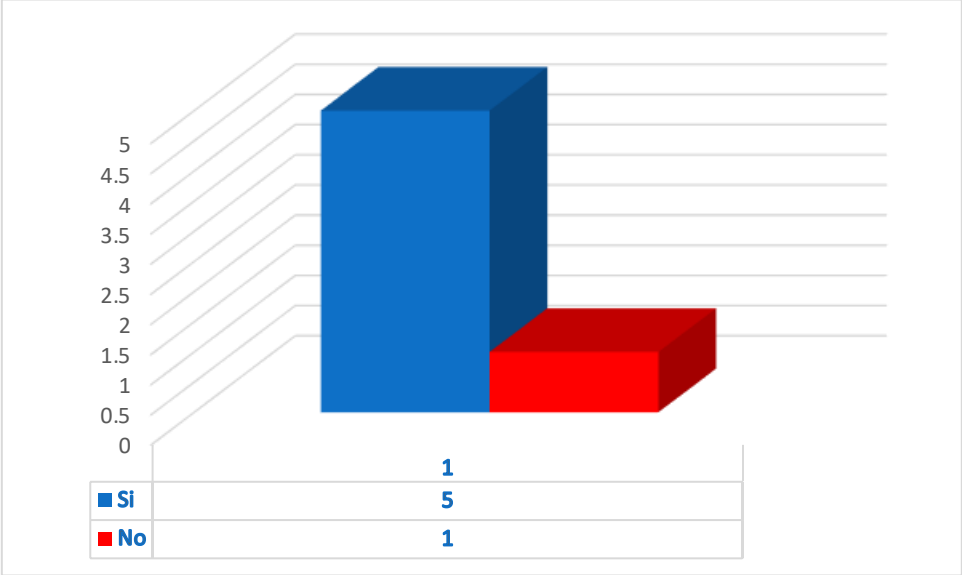
- Total, de fallas: 26
- Total, tiempo de inactividad: 106 horas
- Total, costo de reparación: $40,000
- Total, mantenimiento preventivo: $0.00

CAPÍTULO IV RESULTADOS

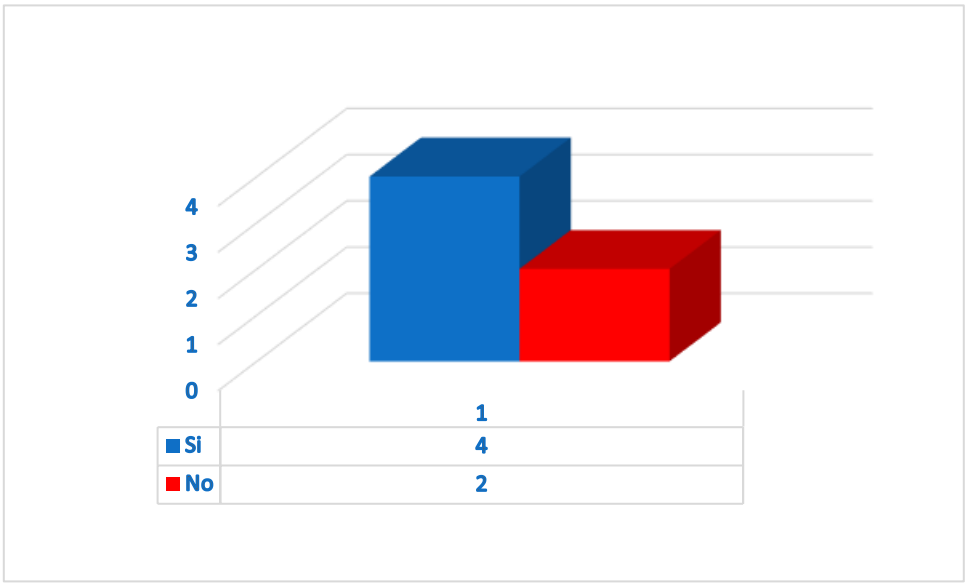
A continuación, se presentan las gráficas que muestran la forma en la que las respuestas de los operadores se distribuyeron en cada pregunta y las visiones de estos en torno a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

4.1 Respuestas de los empleados (2023)

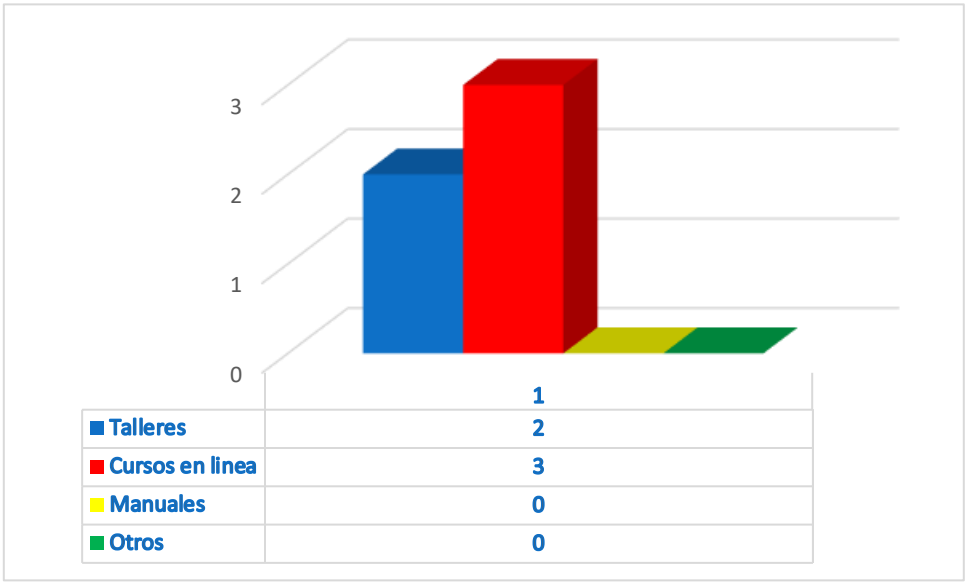
1. ¿Conoce el concepto de mantenimiento preventivo?



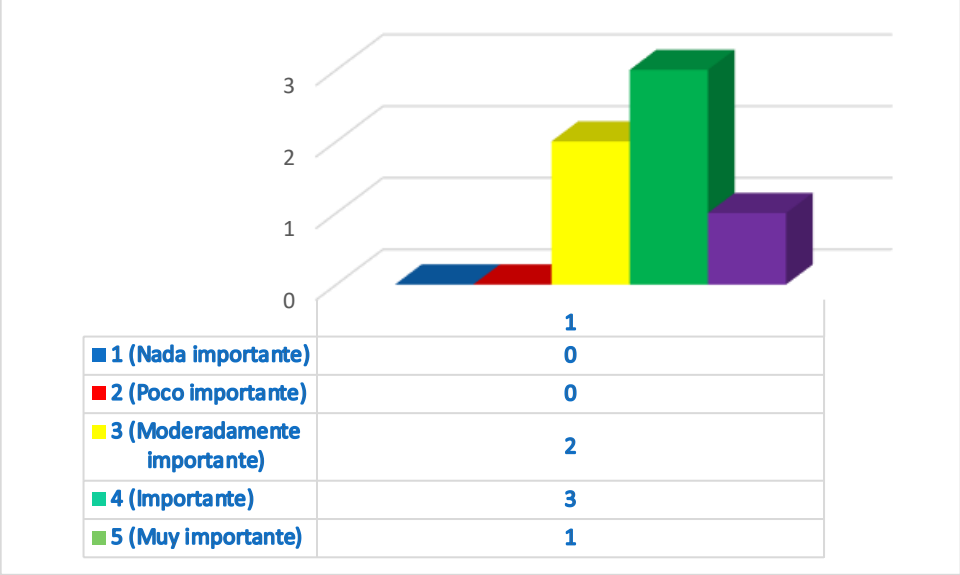
2. ¿Ha recibido capacitación sobre mantenimiento preventivo?



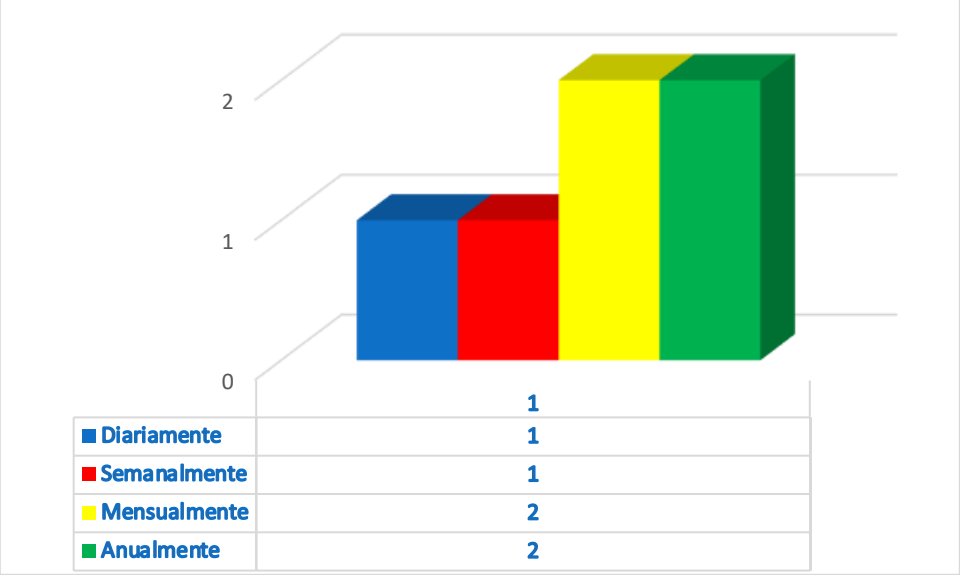
3. ¿Qué tipo de capacitación ha recibido? (Marque todas las que apliquen)



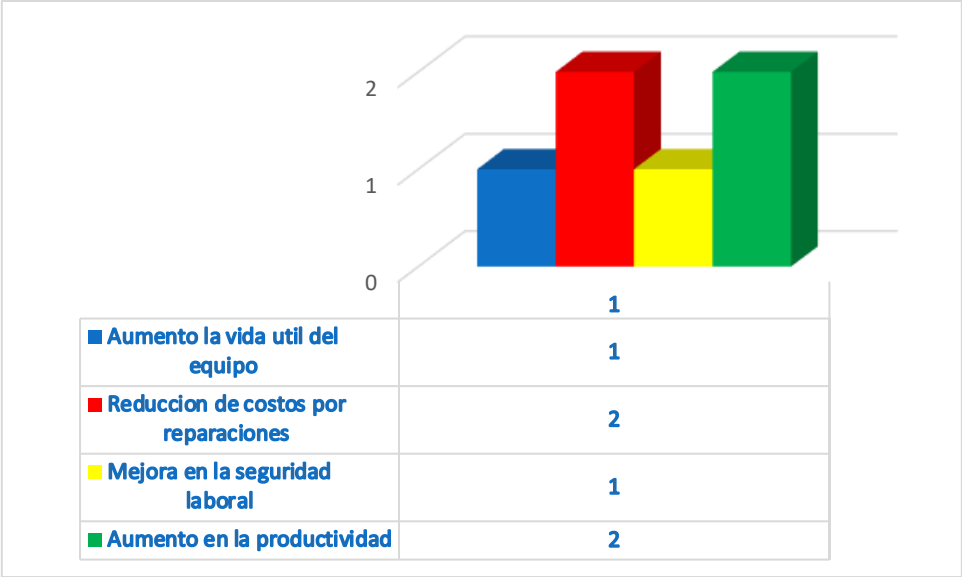
4. ¿Qué tan importante considera el mantenimiento preventivo para la operación del taller?



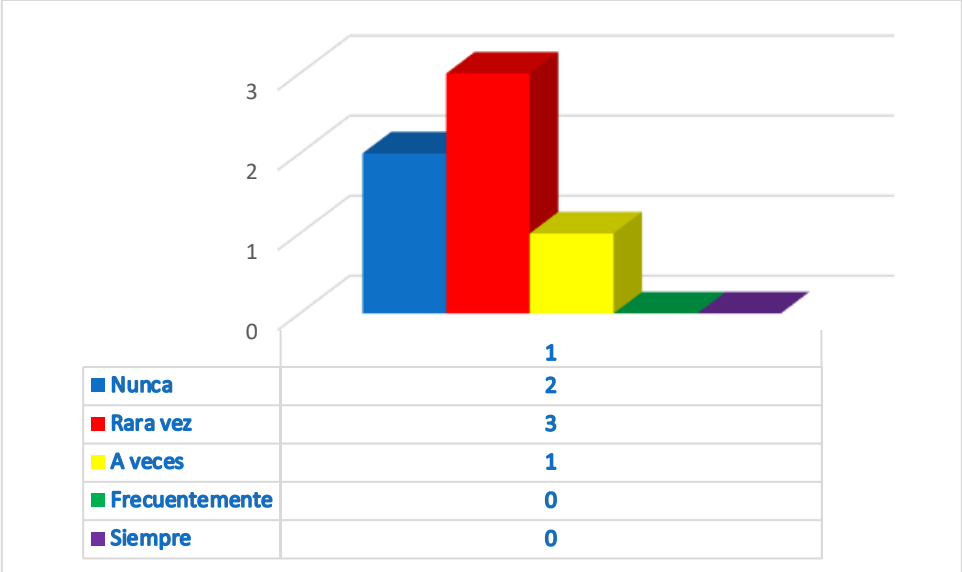
5. ¿Con que frecuencia cree que deberían realizarse las actividades de mantenimiento preventivo?



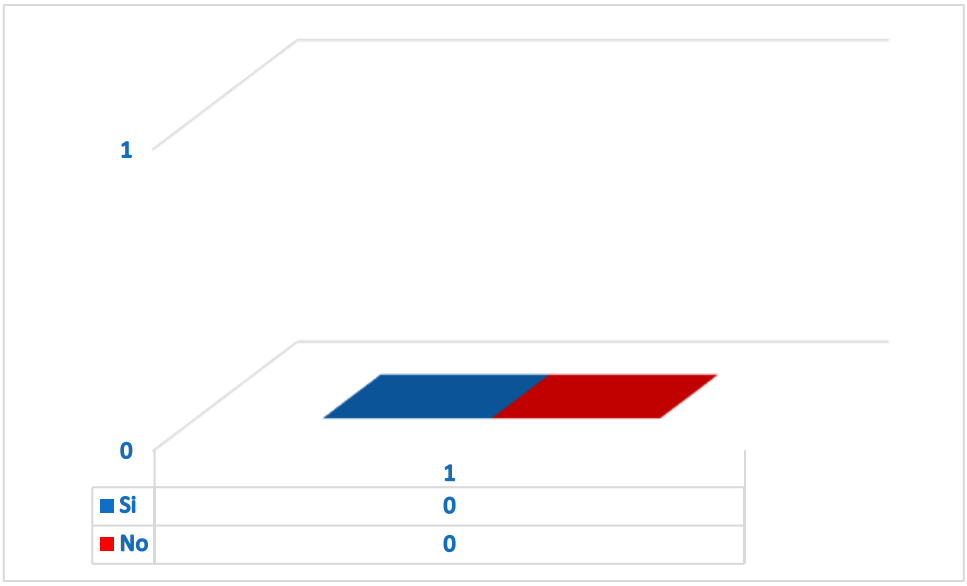
6. ¿Qué beneficios considera que aporta el mantenimiento preventivo? (Marque todas las que apliquen)



7. ¿Con que frecuencia se realizan actividades de mantenimiento preventivo en los equipos?



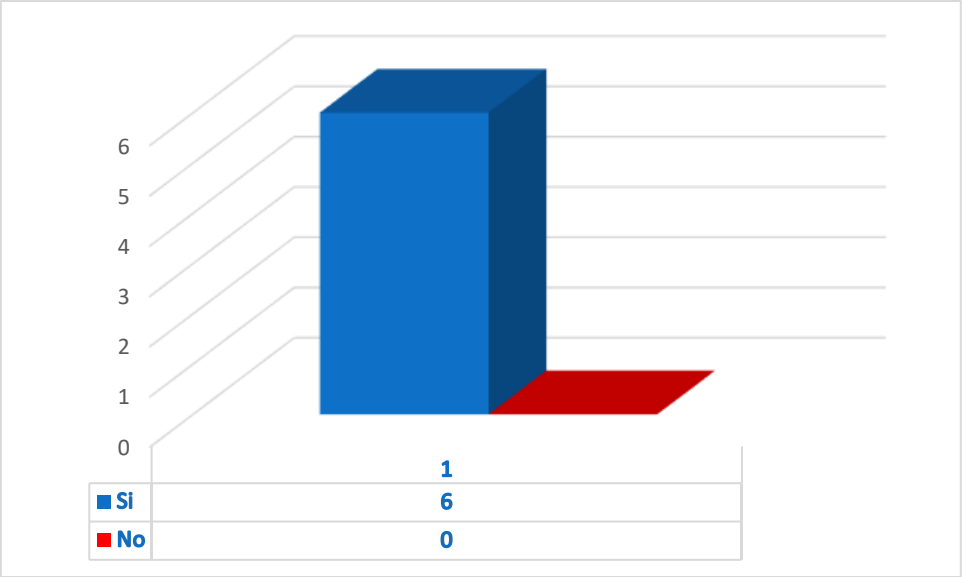
8. ¿Ha notado alguna mejora en el rendimiento del equipo después de realizar mantenimiento preventivo?



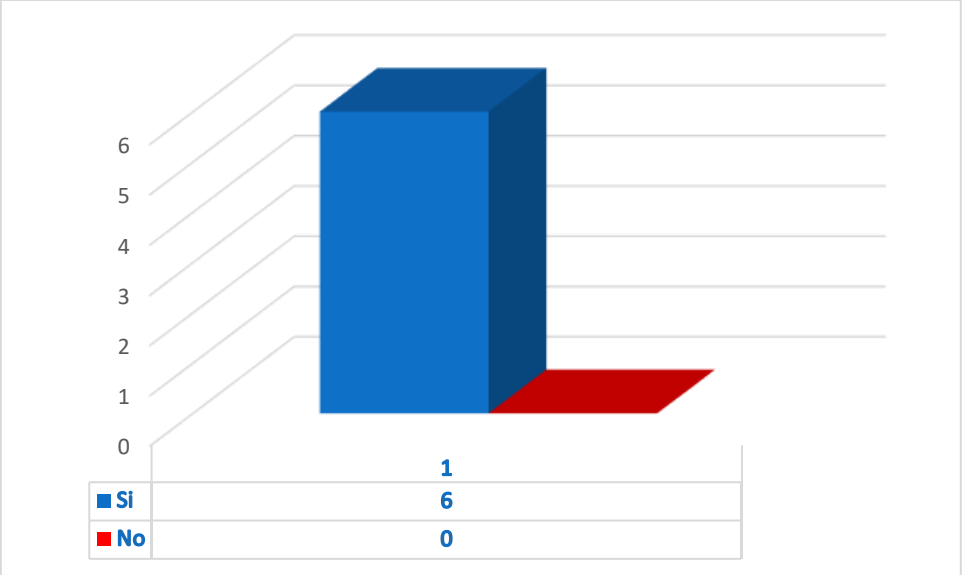
Este formado de encuesta nos permitió recopilar información valiosa sobre la percepción y conocimientos del personal técnico respecto al mantenimiento preventivo, lo cual es esencial para la implementación exitosa de nuestra investigación.

4.2 Respuestas de los empleados Post-Implementación del plan (2024)

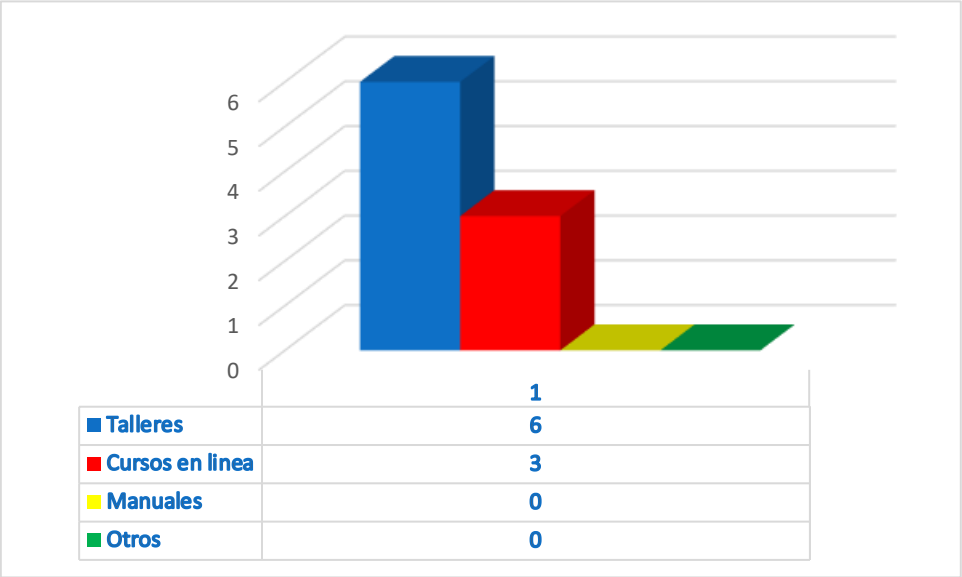
1. ¿Conoce el concepto de mantenimiento preventivo?



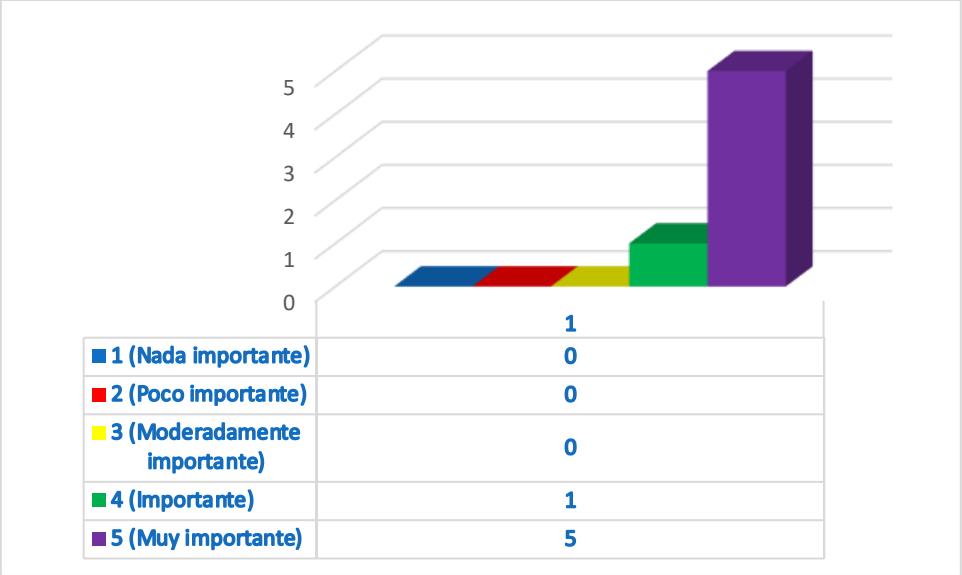
2. ¿Ha recibido capacitación sobre mantenimiento preventivo?



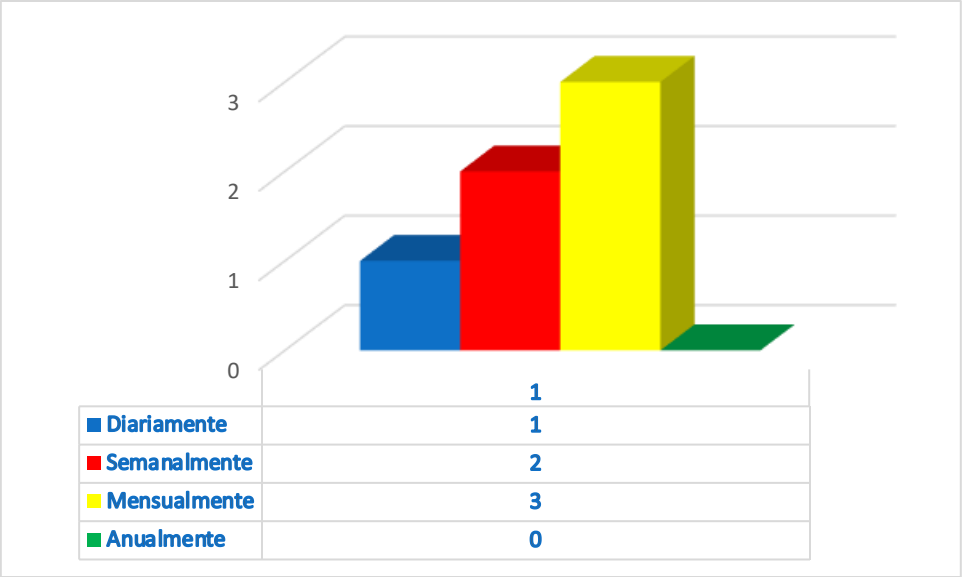
3. ¿Qué tipo de capacitación ha recibido? (Marque todas las que apliquen)



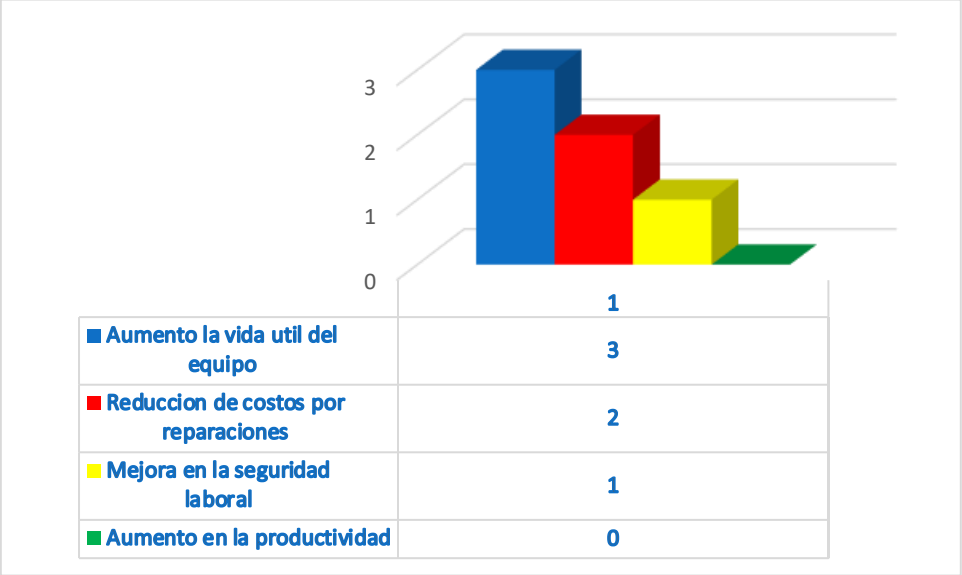
4. ¿Qué tan importante considera el mantenimiento preventivo para la operación del taller?



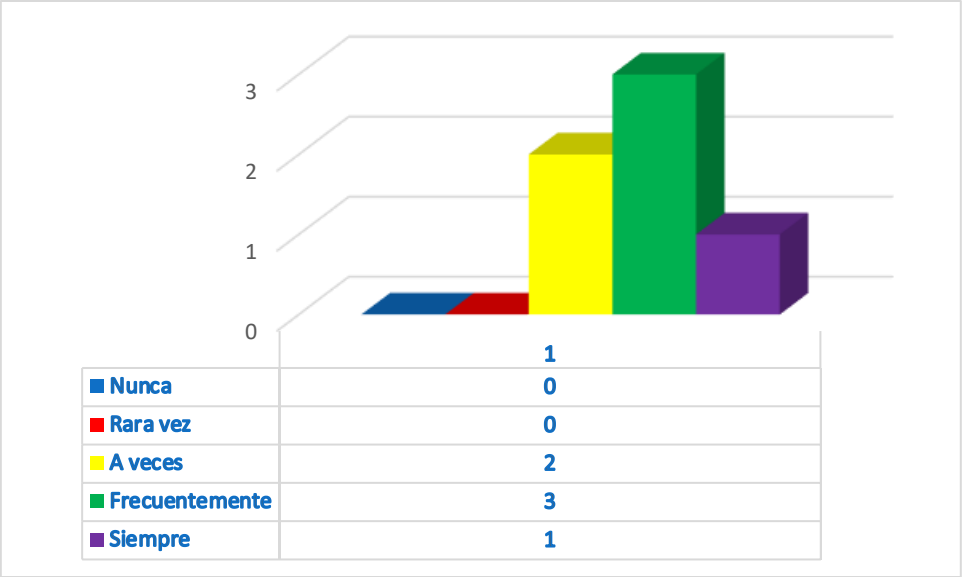
5. ¿Con que frecuencia cree que deberían realizarse las actividades de mantenimiento preventivo?



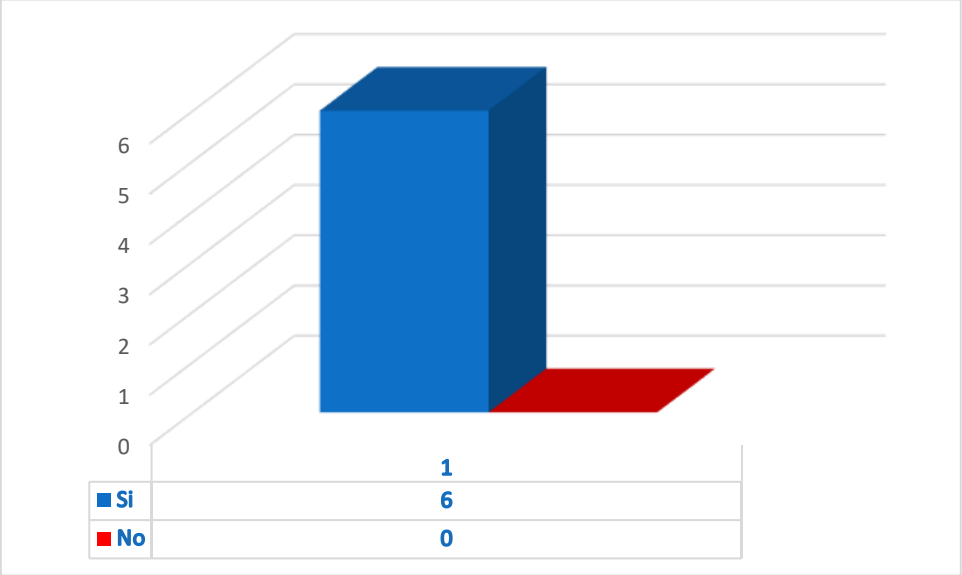
6. ¿Qué beneficios considera que aporta el mantenimiento preventivo? (Marque todas las que apliquen)



7. ¿Con que frecuencia se realizan actividades de mantenimiento preventivo en los equipos?

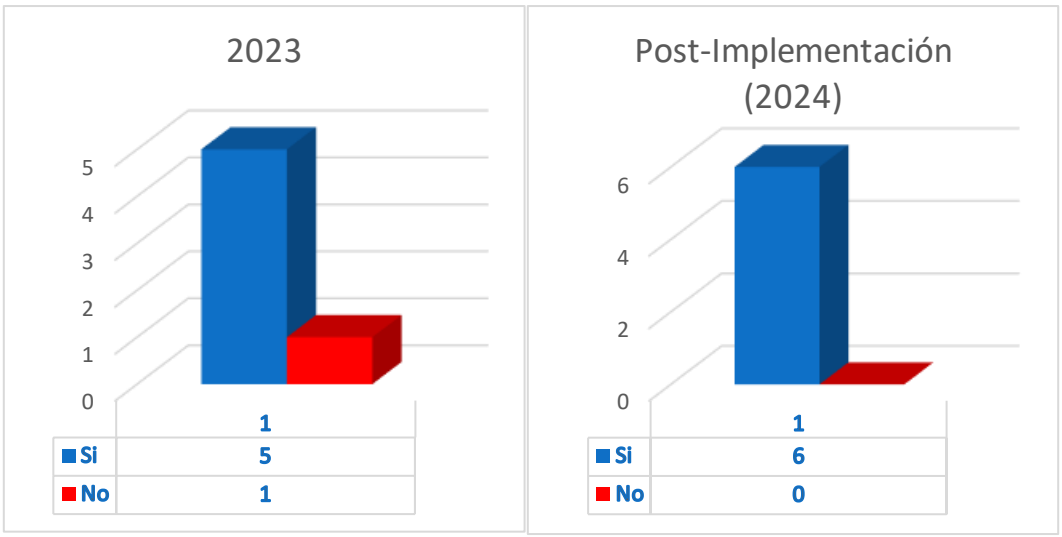


8. ¿Ha notado alguna mejora en el rendimiento del equipo después de realizar mantenimiento preventivo?

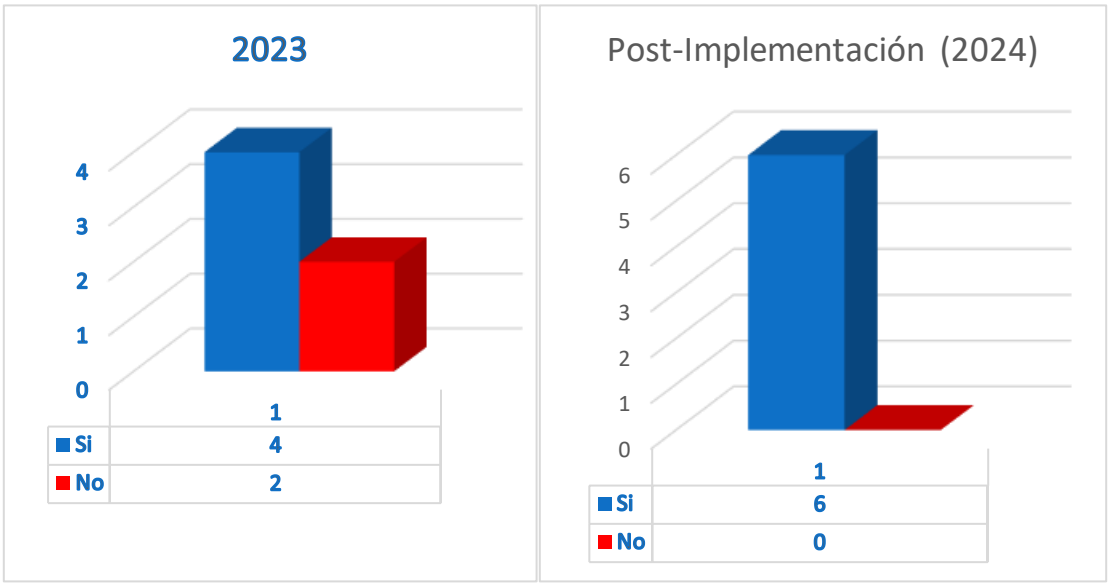


4.3 Análisis comparativo

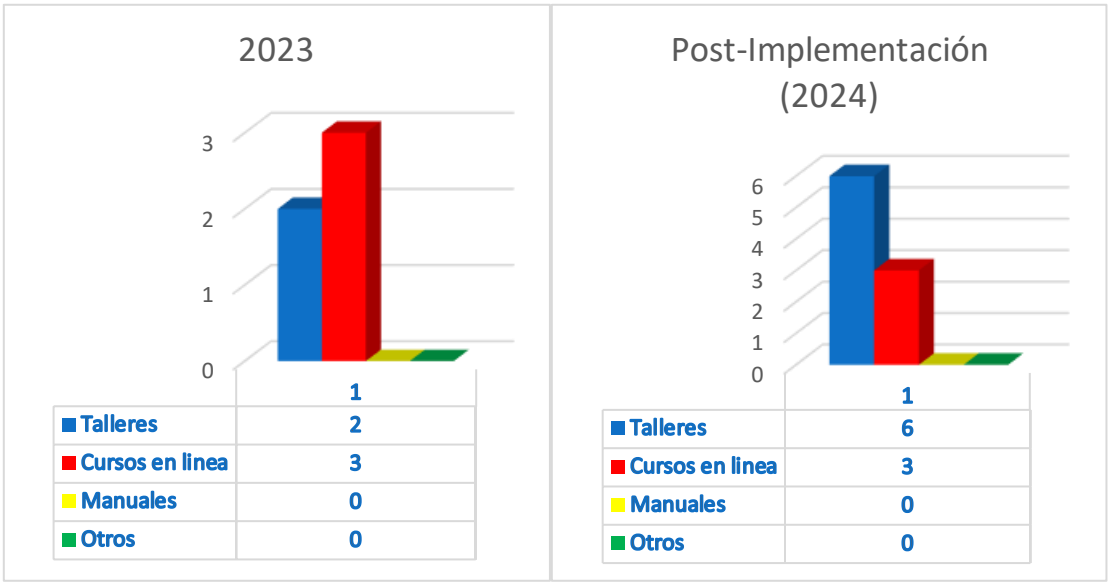
1. ¿Conoce el concepto de mantenimiento preventivo?



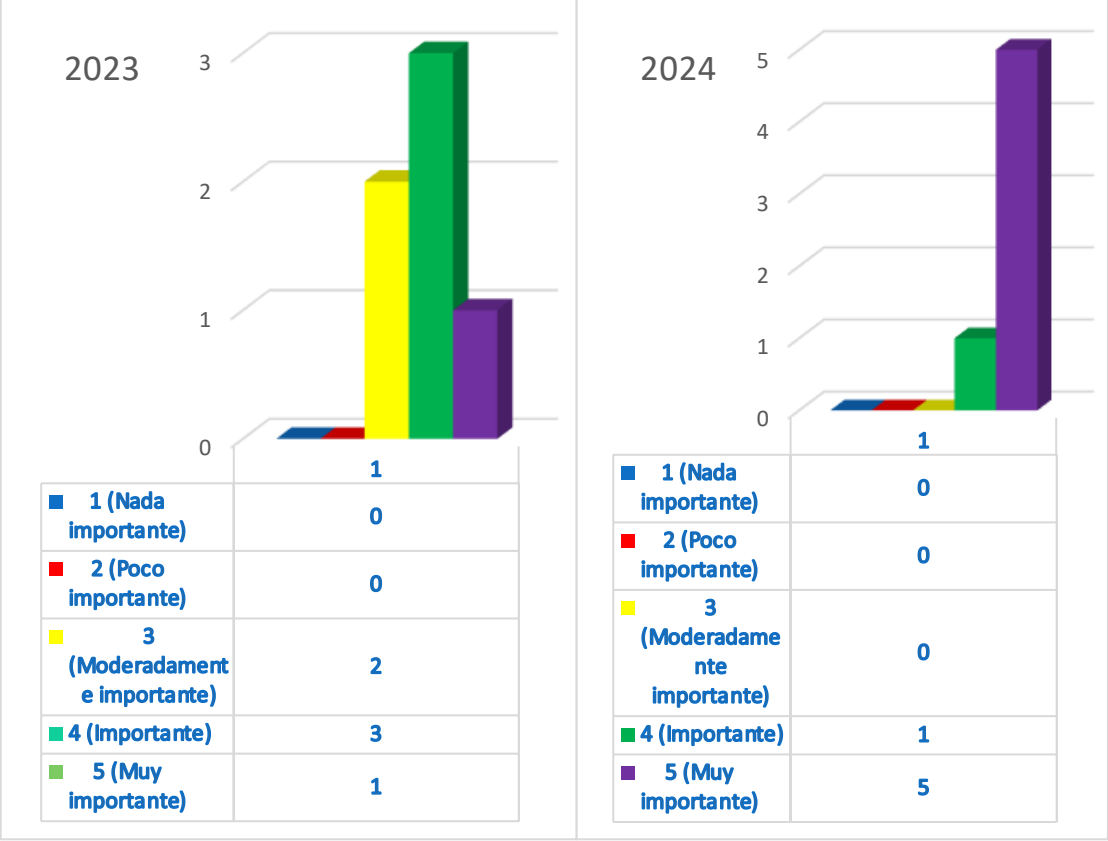
2. ¿Ha recibido capacitación sobre mantenimiento preventivo?



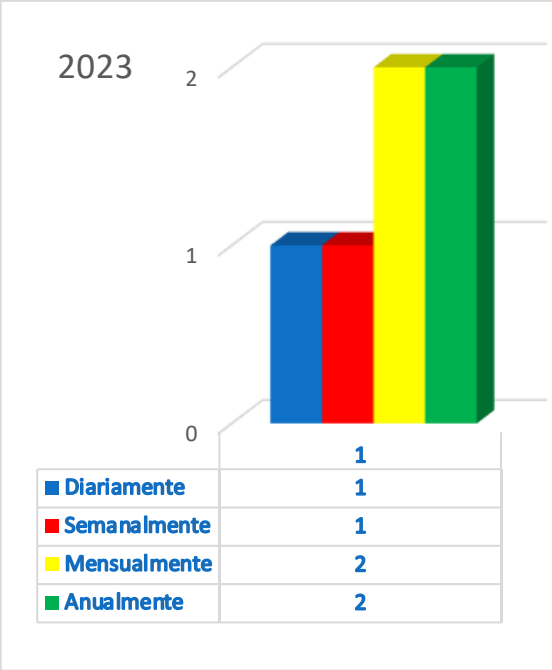
3. ¿Qué tipo de capacitación ha recibido? (Marque todas las que apliquen)

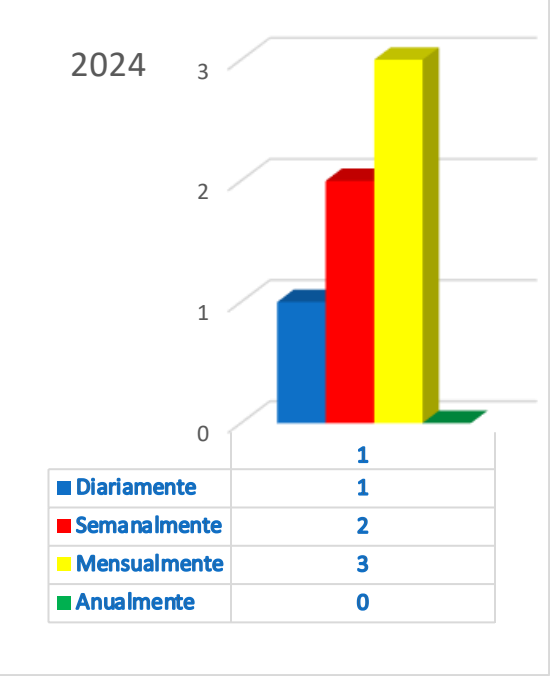


4. ¿Qué tan importante considera el mantenimiento preventivo para la operación del taller?

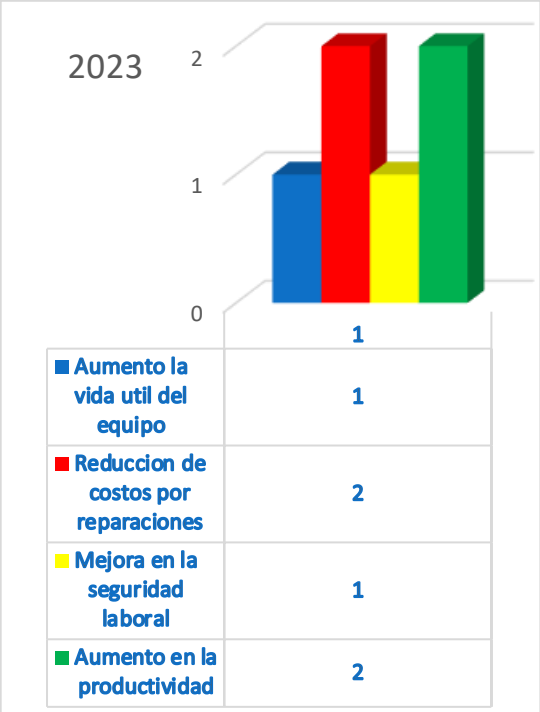


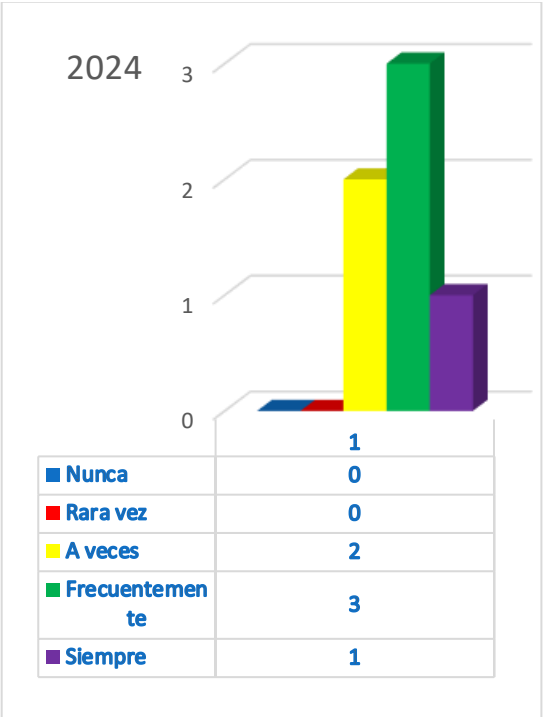
5. ¿Con que frecuencia cree que deberían realizarse las actividades de mantenimiento preventivo?



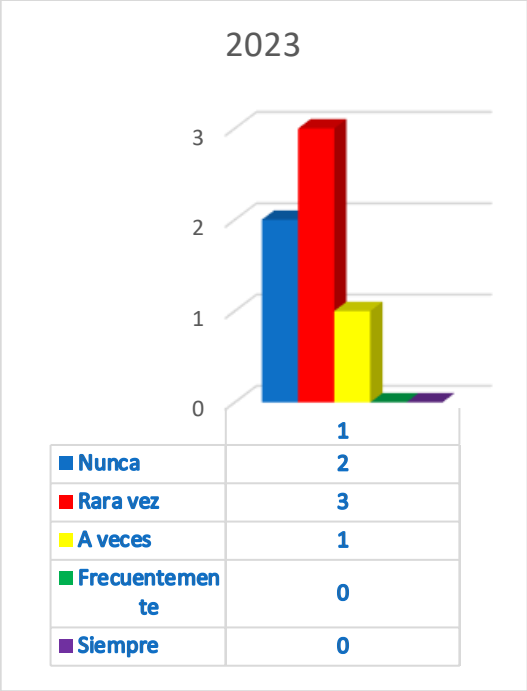


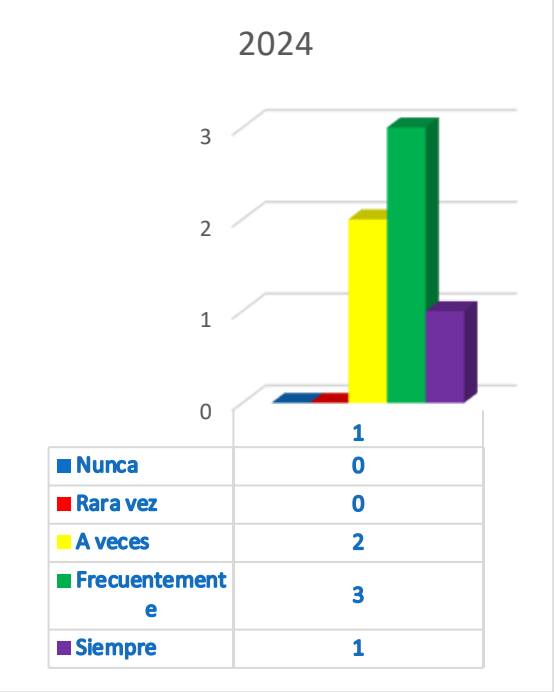
6. ¿Qué beneficios considera que aporta el mantenimiento preventivo? (Marque todas las que apliquen)



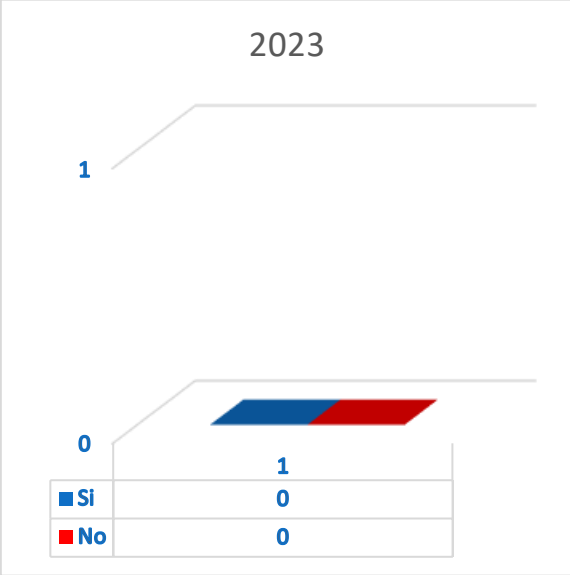


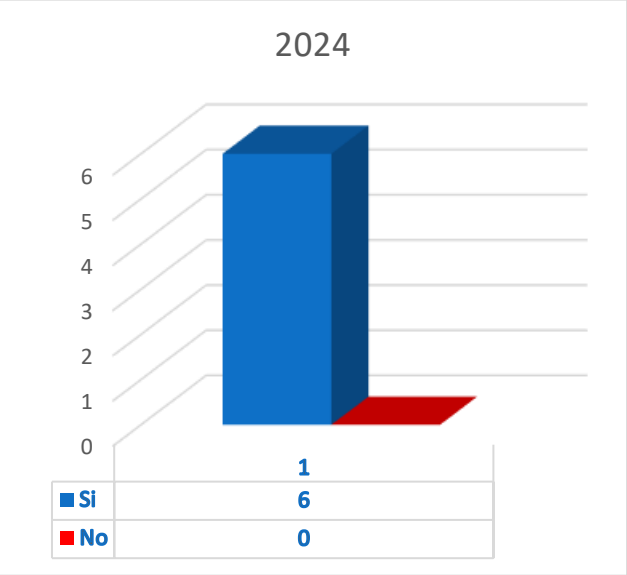
7. ¿Con que frecuencia se realizan actividades de mantenimiento preventivo en los equipos?





8. ¿Ha notado alguna mejora en el rendimiento del equipo después de realizar mantenimiento preventivo?





Los resultados observados en la encuesta son un reflejo directo de como la elaboración del plan de mantenimiento preventivo abordo las deficiencias anteriores y mejoro múltiples aspectos operativos y humanos dentro del taller. Estas mejoras no solo benefician a la empresa al aumentar su eficiencia y competitividad, sino que también contribuyen al bienestar general del personal, creando un entorno laboral más seguro y satisfactorio.

La participación del personal en el proceso de mantenimiento y su retroalimentación fomentan un sentido de pertenencia y colaboración. Los resultados reflejaron una mejora general en el ambiente laboral gracias a la encuesta, donde los operadores se sienten valorados y escuchados.

4.4 Prevención de fallas

La implementación del plan de mantenimiento preventivo permitió realizar inspecciones y tareas programadas que identificaron y corrigieron problemas antes de que se convirtieran en fallas graves. Los empleados reportaron una disminución en el número de fallas y tiempos de inactividad, lo que se traduce en una mayor confianza en el funcionamiento de los equipos.

4.5 Aumento en la disponibilidad de equipos

Con menos interrupciones debido a fallas inesperadas, los equipos estuvieron más disponibles para su uso. Los resultados reflejaron una percepción positiva sobre la disponibilidad de los equipos, lo que mejoro la productividad general del taller.

4.6 Reducción de costos operativos

El mantenimiento preventivo ayudo a disminuir costos no presupuestados con reparaciones correctivas y tiempos de inactividad. Los empleados notaron una mejora operativa y una reducción en los gastos relacionados con el mantenimiento, lo que contribuyó a un ambiente laboral más positivo.

4.7 Mejora en la calidad del trabajo

Los operadores informaron sobre un progreso en la calidad de los productos fabricados, lo que también puede aumentar la satisfacción del cliente.

4.8 Incremento en la seguridad laboral

El mantenimiento preventivo reduce el riesgo de accidentes laborales causados por fallas en el equipo. La percepción sobre el entorno laboral más seguro se tradujo en respuestas positivas, aumentando la moral y confianza del personal.

4.9 Capacitación y desarrollo profesional

La implementación del plan incluyo capacitación para el personal sobre las mejores prácticas de mantenimiento.

Los empleados se sintieron más capacitados y seguros en sus roles, lo que contribuyó a una mayor satisfacción laboral.

4.10 Codificación de los equipos

La codificación permitió una identificación rápida y precisa de cada máquina, facilitando el acceso a su historial de mantenimiento. Se mejoro el seguimiento del mantenimiento preventivo, asegurando que todas las tareas se realizaran según lo programado. La recopilación sistemática de datos facilito el análisis del rendimiento y permitió ajustes continuos en el plan de mantenimiento. La capacitación y el acceso a información relevante aumentaron la confianza y satisfacción del personal técnico.

4.11 Inventario de equipos

El inventario nos permite localizar rápidamente cada equipo, facilitando el acceso a su información crítica para el mantenimiento. Además, se mejoró el seguimiento y la programación del mantenimiento preventivo, asegurando que todas las maquinas reciban atención oportuna. El inventario nos ayuda a entender mejor nuestras máquinas y planificar mejor el mantenimiento.

La codificación permitió estandarizar las actividades, lo que facilita la planificación y ejecución del mantenimiento. Se mejoro el seguimiento y registro de las actividades, lo que proporciona una base sólida para análisis futuros. La claridad de las tareas asignadas contribuyo a una mayor satisfacción entre el personal técnico quienes ahora tienen una guía clara sobre sus responsabilidades. La codificación nos ayuda a ser más organizados.

4.12 Lista de verificación de inspección

Mejora en la eficiencia del mantenimiento

Antes, las inspecciones eran muy escazas y no se seguía un procedimiento estandarizado, lo que resultaba en problemas no detectados.

Ahora con la lista, el 95% de las inspecciones se completaron según lo programado.

4.13 Datos históricos

Registro Post-Implementación del plan (Año 2024)

Mes	Equipo	Código del equipo	Numero de fallas	Tiempo de inactividad (horas)	Costo de reparación (MXN)	Mantenimiento preventivo realizado
Enero	Torno convencional	TOR_001	1	2	$500	Si
Febrero	Fresadora convencional	FRE_001	0	0	0	Si
Marzo	Sierra cinta	SIE_001	1	1	$300	Si
Abril	Taladro de pedestal	TAL_001	0	0	0	Si
Mayo	Prensa hidráulica	PRE_001	1	2	$400	Si
Junio	Torno convencional	TOR_002	1	2	$500	Si
Julio	Fresadora convencional	FRE_002	2	4	$800	Si
Agosto	Sierra cinta	SIE_001	0	0	0	Si
Septiembre	Taladro de pedestal	TAL_001	1	1	$300	Si
Octubre	.		-	-	-	-
Noviembre	.		-	-	-	-
Diciembre	.		-	-	-	-

Resumen anual (2024)

Total, de fallas: 7

Total, tiempo de inactividad: 80 horas

Total, costo de reparación: $2,900

Total, mantenimiento preventivo: $21,350

Análisis comparativo

- Reducción en el número de fallas: De 26 en el año anterior a solo 7 fallas, lo que representa una disminución del 26.92%
- Reducción en el tiempo de inactividad: De 106 horas a solo 80 horas.
- Reducción en costos de reparación: De $40,000 a solo $24,250, lo que indica un ahorro considerable. Considerando que la mayor parte fue invertida en costos de mantenimiento preventivo esto género que se trabajara con mayor seguridad, calidad y en un mejor ambiente de trabajo, a comparación del año anterior.

4.14 Cálculo de confiabilidad

El taller experimentaba frecuentes fallas en sus máquina-herramientas, lo que resultaba en tiempos de inactividad prolongados y costos elevados.

Tras la implementación del plan, los tiempos de inactividad no planificados se redujeron significativamente.

La previsión y previsión de fallas resultaron en una disminución notable en los costos asociados con reparaciones.

La reducción de fallas y el aumento en la seguridad laboral contribuyeron a un ambiente de trabajo más positivo.

4.15 Cálculo de la disponibilidad

Antes de esta implementación, el taller enfrentaba problemas frecuentes de inactividad debido a fallas imprevistas y mantenimiento reactivo. La disponibilidad de los equipos aumento desde el 70% hasta el 90%.

Los tiempos de inactividad no planificados disminuyeron un 60%, lo que permitió una operación más fluida.

Los costos operativos se redujeron hasta un 25% debido a menos reparaciones inesperadas y una mejor planificación del mantenimiento.

El cálculo de disponibilidad contribuye a una mayor satisfacción del cliente y a un entorno laboral más seguro. El caso del taller demuestra como un enfoque basado en datos puede transformar las operaciones y llevar a resultados exitosos.

CAPÍTULO V CONCLUSION

5.1. Conclusión

La implementación exitosa del sistema de codificación, el inventario de los equipos, la codificación para las actividades y la lista de verificación han demostrado ser herramientas efectivas para mejorar la gestión del mantenimiento en el taller. Los resultados positivos reflejan no solo una mejora operativa, sino que incluso un impacto emblemático en la moral del personal y la seguridad laboral.

Los datos históricos reflejan la efectividad del plan de mantenimiento preventivo elaborado en el taller. La reducción en fallas y costos demuestra un enfoque proactivo lo que puede mejorar significativamente la eficiencia y la productividad operativa.

A lo largo de esta investigación, se ha demostrado que la implementación de un enfoque proactivo en el mantenimiento no solo aumenta la fiabilidad y disponibilidad de las maquinas, sino que también ayuda significativamente a la disminución de gastos operativos y al incremento en la productividad. Los hallazgos indican que el taller se enfrenta a desafíos críticos debido a la falta de un plan estructurado. Sin embargo, al adoptar un sistema de mantenimiento preventivo, se espera minimizar las fallas imprevistas, prolongar la vida útil del equipo y crear un ambiente laboral más seguro. Además, este enfoque permitirá al taller adaptarse mejor a las demandas del mercado, asegurando su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

La investigación resalta la importancia de realizar un diagnóstico exhaustivo del estado actual de los equipos, así como la necesidad de capacitación continua del personal encargado del mantenimiento. La implementación efectiva del plan no solo beneficiará

al taller en términos operativos, sino que también contribuirá al desarrollo profesional del personal y a una cultura organizacional orientada hacia la mejora continua.

En conclusión, el mantenimiento preventivo no es solo una práctica recomendada; es una necesidad estratégica para cualquier taller que aspire a alcanzar altos estándares de eficiencia y calidad en sus procesos productivos. La implementación de este plan representa una inversión en el futuro del taller y en su capacidad para afrontar los desafíos del entorno industrial actual.

5.2. Recomendaciones

- Continuar con la capacitación periódica del personal para asegurar el uso efectivo del sistema.
- Continuar con la capacitación del personal para maximizar el uso del sistema.
- Mantener actualizados los registros del inventario para reflejar cambios en el equipo o nuevas adquisiciones.
- Realizar revisiones periódicas del plan para evaluar su efectividad.
- Analizar los datos recopilados permitirá reconocer oportunidades de mejora y modificar el enfoque cuando sea necesario.
- Promover una cultura organizacional que valore el mantenimiento preventivo como una inversión en la eficiencia operativo. Esto puede incluir campañas internas para sensibilizar a todos los empleados sobre la importancia del mantenimiento adecuado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Accelix, & eMaint. (2024, 29 abril). *¿Qué es el mantenimiento preventivo? - eMaint*. eMaint. https://www.emaint.com/es/what-is-preventive-maintenance/

Albornoz, A. (2021, 19 febrero). *¿Cuáles son los diferentes tipos de mantenimiento?* appvizer.es. https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/tipos-de-mantenimiento

Amestoy, M. E. (2006). *Principios de Mecanizado y Planificacion de Procesos*. Universidad Politecnica de Cartagena. http://www.dimf.upct.es/personal/EA_M/Principios%20de%20mecanizado.pdf

Apolon, V., & Apolon, V. (2023, 4 abril). *Objetivos del mantenimiento preventivo en 2023*. Mantenimiento Preventivo. https://www.mantenimientopreventivo.site/ingenieria/objetivos-del-mantenimiento-preventivo-en-2-minutos/

Apolon, V., & Apolon, V. (2023a, enero 17). *Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo en 2023*. Mantenimiento Preventivo. https://www.mantenimientopreventivo.site/ejecucion/mantenimiento-preventivo-4-ventajas-y-2-desventajas/

BuenosDiasBuenasNoches. (2020, 7 agosto). *Mantenimiento preventivo. Ventajas y desventajas*. Empresa de Mantenimiento Integral BDBN. https://www.mantenimientosbdbn.com/mantenimiento-preventivo-ventajas-desventajas/

Electrico, M. (2023, 6 marzo). La importancia del mantenimiento en la industria. *www.mantenimientoelectrico.com*. https://www.mantenimientoelectrico.com/mantenimiento/la-importancia-del-mantenimiento-la-industria-n3183

Equipo editorial, Etecé. (2023, 7 febrero). *Confiabilidad - Qué es, concepto, validez y cómo se analiza*. Concepto. https://concepto.de/confiabilidad/

García Palencia, O. (2006). En *Repositorio*. El mantenimiento general Administración de empresas. https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1297/RED-70.pdf%3Bjsessionid=2A4747006CD9F8D9A3C3AF2BF8302D1E?sequence=1

Gmao. (2024, 26 marzo). ¿Qué es el mantenimiento preventivo? Objetivos y puesta en marcha. *GMAO / LATAM*. https://www.dimomaint.com/latam/guias/que-es-mantenimiento-preventivo/

Gonzalez Guzman, J. (2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la linea de produccion en la empresa Latercer S.A.C* [Tesis, Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/830/1/TL_GonzalesGuzmanJorgeLuis.pdf

Lufilsur. (2022, 10 mayo). *Plan de mantenimiento preventivo en talleres de mecanizado*. LUFILSUR. https://www.lufilsur.es/plan-de-mantenimiento-preventivo-mecanizado/

Mancuzo, G. (2024, 8 febrero). *Evolución del mantenimiento: historia y actualidad*. Blog - ComparaSoftware. https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/

Nieto, E. C. (2008). *PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PEQUEÑA EMPRESA DEL RUBRO DE MINERÍA PARA*

REDUCCIÓN DE COSTOS DEL SERVICIO DE ALQUILER. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf?isAllowed=y&sequence=2

Order, S. (2024, 29 febrero). *Tipos de Mantenimiento más populares [2024] - STEL Order*. STEL Order. https://www.stelorder.com/blog/tipos-de-mantenimiento/

Organizadores Gráficos. (2022, 2 diciembre). Mantenimiento - Definición, objetivos, función, tipos y actividades. *Organizadoresgraficos.org*. https://www.organizadoresgraficos.org/mantenimiento/

Palmet Bechara, J., & Vergara Guerra, L. (2008). Plan de mantenimiento preventivo para los equipos del taller de máquinas y herramientas de la empresa SERVITEC LTDA. *Repositorio*. https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/1455/0050093_merged%20%282%29.pdf?isAllowed=y&sequence=6

Predictiva, A. (2021, 24 septiembre). *Evolución del mantenimiento*. Predictiva21. https://predictiva21.com/evolucion-mantenimiento/

Predictiva. (2024, 19 abril). *El mantenimiento y su evolución*. Predictiva21. https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/

Redacción. (2024, 24 mayo). *Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.* Grupo ORS. https://grupoors.com.mx/2021/11/29/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-preventivo/

Sicma. (2023, 9 marzo). Mantenimiento Industrial: historia, importancia y beneficios. *Soluciones Integrales para la Industria 4.0*. https://www.sicma21.com/mantenimiento-industrial-importancia-y-beneficios/

Soluciones, V. (2023, 17 noviembre). *¿CUAL ES LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL?* Valbor Soluciones. https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/importancia-del-mantenimiento-industrial/

Soluciones, V. (2023a, noviembre 11). *VENTAJAS y DESVENTAJAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.* Valbor Soluciones. https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/ventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-preventivo/

Team, I. (2023, 29 agosto). *Los 3 diferentes tipos de mantenimiento*. Infraspeak Blog. https://blog.infraspeak.com/es/tipos-de-mantenimiento/

Timetoast. (1780). *Evolución del mantenimiento industrial timeline.* Timetoast Timelines. https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-del-mantenimiento-industrial-6011b093-ce2b-48df-9880-ee8295eda47f

Work, M. (2022, 20 enero). *Mantenimiento preventivo: todo lo que tienes que saber*. Mobility Work. https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-preventivo/

Zambelli, R. (2023, 22 mayo). *Plan de mantenimiento: ¿qué es y cómo crear uno?* Blog | Checklist Fácil. https://blog-es.checklistfacil.com/plan-de-mantenimiento/

ANEXO

turnitin **Identificación de reporte de similitud:** oid:20755:394175606

NOMBRE DEL TRABAJO
Tesis_Luis Alberto Pulido De León 2024.docx

AUTOR
Luis Alberto Pulido De León

RECUENTO DE PALABRAS
17831 Words

RECUENTO DE CARACTERES
103408 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS
119 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO
723.2KB

FECHA DE ENTREGA
Oct 18, 2024 12:07 AM CDT

FECHA DEL INFORME
Oct 18, 2024 12:08 AM CDT

15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen