



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación del mantenimiento preventivo en la gestión de
mantenimiento y su influencia sobre la productividad de una
empresa metalmecánica

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTORES:

Quiroz Sanchez, Kenler (orcid.org/0000-0003-1131-3670)

Reyes Quispe, Abner Ronall (orcid.org/0000-0001-8223-5492)

ASESORA:

Mg. Pinedo Palacios, Patricia del Pilar (orcid.org/0000-0003-3058-7757)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHIMBOTE – PERÚ

2023

Dedicatoria

A Dios, por permitirnos culminar nuestros estudios superiores iluminándonos y guiándonos en cada momento para seguir por el camino correcto y así lograr alcanzar nuestras metas.

A nuestros padres, quienes se esfuerzan a diario y nos brindan incondicionalmente su apoyo moral y económico.

A nuestros hermanos, que son parte importante en nuestras vidas y por ayudarnos de alguna manera a seguir adelante durante nuestra vida universitaria.

A nuestros amigos y todas aquellas personas especiales, que en algún momento nos aconsejaron, estuvieron a nuestro lado en los días buenos y malos dándonos fuerzas y alegrías necesarias para seguir adelante.

Agradecimiento

A Dios, por guiar nuestros pasos y estar a nuestro lado ayudándonos a cumplir nuestros objetivos ya que sin el nada sería posible.

A nuestros Padres, por hacer un esfuerzo en apoyarnos en toda la etapa de nuestras vidas.

A la Universidad César Vallejo, por darnos la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, por compartir sus enseñanzas durante nuestra vida universitaria.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PINEDO PALACIOS PATRICIA DEL PILAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación del mantenimiento preventivo en la gestión de mantenimiento y su influencia sobre la productividad de una empresa metalmecánica", cuyos autores son REYES QUISPE ABNER RONALL, QUIROZ SANCHEZ KENLER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHIMBOTE, 11 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PINEDO PALACIOS PATRICIA DEL PILAR DNI: 19082985 ORCID: 0000-0003-3058-7757	Firmado electrónicamente por: DPINEDOPA el 11- 12-2023 18:12:35

Código documento Trilce: TRI - 0693066



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, REYES QUISPE ABNER RONALL, QUIROZ SANCHEZ KENLER identificados con N° de Documentos N° 74395360, 71233120 (respectivamente), estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, autorizamos (), no autorizamos () la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis: "Aplicación del mantenimiento preventivo en la gestión de mantenimiento y su influencia sobre la productividad de una empresa metalmecánica".

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

Fundamentación en caso de NO autorización:

se publicará un artículo

CHIMBOTE, 11 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ABNER RONALL REYES QUISPE DNI: 74395360 ORCID: 0000-0001-8223-5492	Firmado electrónicamente por: RABNERQU el 11-12-2023 20:51:30
KENLER QUIROZ SANCHEZ DNI: 71233120 ORCID: 0000-0003-1131-3670	Firmado electrónicamente por: KQUIROZSA el 11-12-2023 20:57:16

Código documento Trilce: TRI - 0693065



Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	ii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	5
III.METODOLOGÍA	11
3.1.Tipo y diseño de investigación	11
3.1.1.Tipo de investigación	11
3.1.2.Diseño de investigación	11
3.2.Variables y operacionalización	11
3.3.Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	12
3.3.1.Población	12
3.3.2.Muestra	13
3.3.3.Muestreo	13
3.3.4.Unidad de análisis	13
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5.Procedimientos	14
3.6.Método de análisis de datos	15
3.7.Aspectos éticos	16
IV.RESULTADOS	17

4.1.Medir la gestión de mantenimiento y productividad de la empresa	17
4.2.Implementación de un plan de mantenimiento preventivo	19
4.3.Medir el impacto ejercido sobre la productividad	20
V.DISCUSIÓN	24
VI.CONCLUSIONES	27
VII.RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS	33

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de técnicas e instrumentos	14
Tabla 2. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable independiente	17
Tabla 3. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable dependiente.	18
Tabla 4. Alternativas de solución a las principales causas halladas	19
Tabla 5. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable independiente	21
Tabla 6. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable dependiente.	22
Tabla 7. Comparación de los indicadores de la variable dependiente.....	23

Índice de figuras

Figura 1. Flujo grama de mantenimiento preventivo.	20
Figura 2. Nuevo layout físico de la empresa metalmecánica.	21

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar de qué manera influye la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote. La metodología empleada fue de tipo aplicado, enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental. Como resultados se determinó de manera inicial que el indicador tiempo medio entre fallas salió 21 horas, el indicador tiempo medio para reparar fue de 12.67 horas, el indicador disponibilidad se obtuvo un total de 62.33%, el indicador rendimiento fue de 83.62%, el indicador calidad fue de 74.74%, y el OEE salió 39.01%, asimismo, la dimensión eficiencia fue de 77.55% y en la dimensión eficacia fue de 76.86%, siendo indicadores muy bajo; para ello, se aplicó la gestión de mantenimiento preventivo donde se realizó la implementación de protocolos de mantenimiento de las máquinas incluyó tanto calibración como medidas preventivas, se elaboró un cronograma de mantenimiento preventivo en base al tiempo medio entre fallas de las máquinas, se implementó la metodología 5S y se elaboró un plan de capacitaciones. Como conclusión se halló que la eficiencia aumentó un 17.55% y la eficacia incremento un 18.52%, dando a entender que ahora la empresa metalmecánica cumple con sus pedidos en el tiempo establecido.

Palabras clave: gestión de mantenimiento, metalmecánica, productividad.

Abstract

The general objective of this research was to determine how maintenance management influences the productivity of a metal-mechanical company in Chimbote. The methodology used was applied, quantitative approach and preexperimental design. As results, it was initially determined that the average time between failures indicator was 21 hours, the average time to repair indicator was 12.67 hours, the availability indicator obtained a total of 62.33%, the performance indicator was 83.62%, the quality was 74.74%, and the OEE came out 39.01%, likewise, the efficiency dimension was 77.55% and in the effectiveness dimension it was 76.86%, being very low indicators; For this, preventive maintenance management was applied where the implementation of machine maintenance protocols included both calibration and preventive measures, a preventive maintenance schedule was developed based on the average time between machine failures, the 5S methodology and a training plan was developed. In conclusion, it was found that efficiency increased by 17.55% and effectiveness increased by 18.52%, implying that now the metalworking company fulfills its orders within the established time.

Keywords: maintenance management, metalworking, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de mantenimiento desempeña un papel crucial en garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos y maquinarias en una empresa. Consiste en llevar a cabo inspecciones y reparaciones periódicas en los equipos antes de que ocurran fallas o averías, lo que resulta la reducción de los costos de reparación y una minimización del tiempo de inactividad. La gestión de mantenimiento tiene un objetivo principal garantizar la productividad de las funciones de las máquinas, permitiendo así la organización de un proceso de producción con calidad, productividad, seguridad y costos adecuado (Mesa, Ortiz y Pinzón 2006).

El plan de mantenimiento preventivo desempeña una función importante en el funcionamiento adecuado de cualquier planta industrial. Para lograr un buen mantenimiento preventivo, se propone una jerarquía de los equipos de proceso según su importancia en la operación de las plantas. Esta propuesta se basa en la idea de la planificación del plan de mantenimiento debe considerar diversos criterios, no solo el costo o el tiempo, sino que debe ser un enfoque multicriterio (Sevilla 2007).

El mantenimiento tiene varios beneficios, como la reducción del tiempo de inactividad no planificado, una mejor conservación del equipo, ahorro en costos de mantenimiento en comparación con el mantenimiento correctivo, generación de información programática y una relación sólida entre producción y mantenimiento. El mantenimiento preventivo evita paradas inesperadas y mejora significativamente la usabilidad de los equipos. Para lograr un servicio de mantenimiento óptimo, es necesario combinar el mantenimiento predictivo y preventivo, aplicando prácticas adecuadas a cada parte del activo para garantizar su disponibilidad en el momento adecuado durante el proceso productivo (Guerra-López y Oca-Risco 2019).

Actualmente, existen dos métodos de gestión del mantenimiento que permiten una optimización rápida en la industria: la gestión de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) y el mantenimiento productivo total (TPM). Ambos métodos tienen como objetivo obtener el hardware más efectivo

mediante la implementación de un buen programa de mantenimiento preventivo y la participación de todos los departamentos y empleados responsables. La diferencia radica en que el TPM se enfoca en qué se debe hacer para lograr el objetivo, mientras que el RCM busca mejorar la forma en que se hacen algunas cosas en el TPM (Penkova 2007).

La implementación del mantenimiento preventivo es fundamental en la industria para minimizar las averías de las máquinas. Un estudio muestra que este tipo de sistema es una parte importante del proceso general de una organización, y se presentan los pasos necesarios para implementar y mantener este tipo de sistema (Portillo, Castillo y De La Riva 2022).

La efectividad del mantenimiento se puede medir utilizando indicadores relacionados con la eficiencia, la productividad, los recursos humanos y organizacionales, los servicios externos, los costos, la calidad, la percepción del cliente y los resultados técnicos (Ortiz, Rodríguez e Izquierdo 2013).

El propósito de nuestra investigación es desarrollar un procedimiento integral para aumentar la productividad del trabajo en una empresa de la industria metal mecánica. Se busca mejorar y garantizar mejor la producción mediante un análisis de herramientas científicas de gestión del trabajo. (Martínez-Vivar, Sánchez-Rodríguez y Infante-Díaz 2019).

La empresa metal mecánica en Chimbote enfrenta frecuentes tiempos de inactividad no planificados en sus equipos de producción debido a una gestión deficiente del mantenimiento. Estos períodos de inactividad no solo generan costos significativos para la empresa en términos de reparaciones y reemplazos, sino que también impactan negativamente en la productividad general.

La falta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo efectivo ha llevado a la ocurrencia de fallas y averías inesperadas en los equipos de la empresa. Esto provoca retrasos en la producción, interrupciones en las operaciones y una disminución en la capacidad de entrega de productos a tiempo a los clientes.

Además, la falta de un seguimiento adecuado de las actividades de mantenimiento ha llevado a una utilización ineficiente de los recursos y a un mal

manejo de los tiempos de mantenimiento. Esto significa que los trabajos de mantenimiento se realizan de manera reactiva, en lugar de ser programados de antemano, lo que dificulta la planificación y la optimización de los recursos.

Actualmente vivimos en un mundo altamente competitivo donde las empresas necesitan ser dinámicas en sus mercados, manteniendo niveles de calidad y productividad y sosteniéndolas en su entorno. La gestión del mantenimiento es una tarea de alto valor que requiere un enfoque de mantenimiento bien estructurado que le permita lograr todas las metas y objetivos de su empresa, lo que ayuda a reducir costos, reducir el tiempo de inactividad de los equipos y mejorar la calidad.

La fabricación de productos, el aumento de la productividad y el uso de equipos seguros, bien equipados y confiables nos permiten cumplir con las órdenes de producción a tiempo.

El problema principal generado dentro de la empresa metalmecánica es que su productividad es baja, dado que no logra cumplir a tiempo sus trabajos de mantenimiento, y tampoco logra realizar los trabajos programados por la compañía, por lo que hace que la empresa no tenga una buena imagen ante sus clientes, y todo este problema radica en la poca importancia de un plan de mantenimiento preventivo de máquinas.

Ante lo mencionado, se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿De qué manera influye la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote?.

A su vez, la investigación tuvo justificación, ya que la investigación nos ayuda a identificar mejoras en el desempeño en las actividades realizadas por el personal del área de servicio, aumentando la productividad relacionada con el desempeño y la supervisión en las áreas de servicio. Además, las empresas con instalaciones y equipos debidamente mantenidos pueden reducir significativamente el riesgo de accidentes y aumentar la productividad.

Técnicamente, en este estudio, al adaptar sus procesos relacionados con la acción preventiva para lograr mejores resultados, el objetivo y la tarea de las empresas es tratar de reducir el tiempo de trabajo y reducir los costos para ser

competitivos en los mercados. Por lo tanto, es muy importante observar las medidas preventivas planificadas, ya que reduce el costo de las reparaciones, reduce los errores y extiende la funcionalidad del equipo por años. Justificamos el estudio porque al reducir los costos de realizar las actividades en la gestión de mantenimiento preventivo planificadas, la empresa logrará una mejor producción en condiciones óptimas y reducirá los tiempos muertos.

Luego, se planteó el siguiente objetivo general determinar de qué manera influye la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote.

Los objetivos específicos que se establecieron fueron OE1: Medir la gestión de mantenimiento y productividad de la empresa. OE2: Implementación de un plan de mantenimiento preventivo. OE3: Medir el impacto ejercido sobre la productividad.

Luego, se planteó la siguiente hipótesis de investigación: la gestión de mantenimiento influye significativamente sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote.

II. MARCO TEÓRICO

Al realizar una revisión inicial de las fuentes de información seleccionadas, se descubrió un total de 75.496 artículos científicos. La búsqueda se realizó utilizando operadores lógicos junto con palabras clave en las bases de datos virtuales Scielo y Scopus. Luego de la búsqueda inicial, los artículos fueron distribuidos de la siguiente manera: 27.567 encontrados en Scielo y 47.929 en Scopus. La distribución de los artículos encontrados en cada fuente se proporciona a continuación. Cabe destacar que la mayor parte de la información se deriva de Scopus, representando el 63% del total de artículos.

Además, se realizó un proceso de selección para determinar la inclusión y exclusión de los artículos, con el objetivo de obtener un conjunto de referencia de 30 artículos para continuar con desarrollo de los resultados de la investigación. Los 30 artículos finales se clasificaron según su relevancia, las metodologías utilizadas y su relevancia para la investigación futura, considerando la industria y los países en los que se llevaron a cabo, con el fin de identificar posibles mejoras en los sistemas estudiados. En donde se analizaron de acuerdo al periodo entre los años 2018 hasta el 2023.

En la investigación, se identificaron un total de 30 artículos, de los cuales se seleccionaron únicamente 7 debido a su importancia y relevancia en el ámbito del mantenimiento. Estos artículos se centran en el sistema de PM (Plan de Mantenimiento) y su aplicación de mantenimiento. Su gestión constituye una herramienta que asegura el desempeño de los equipos tanto de maquinaria pesada como en los procesos costos de implementación de operación en mantenimiento, en las empresas puede generar un ahorro de hasta el 25% más en las utilidades de como también en el incremento del 20% de la productividad hora-hombre.

El objetivo principal de estos estudios es reducir los costos operativos tanto en tiempo real como en el futuro, a través de mejora en el sistema de planificación y mantenimiento. Dado que el proceso de mantenimiento es altamente complejo, en donde consideramos únicamente aquellos artículos que abordan de manera relevante esta investigación. (Ortiz, Rodríguez e Izquierdo 2013; Mafla- Yépez et

al. 2023; Arteaga-Cortez et al. 2019; Vizcaíno-Cuzco et al. 2017; BorrotoPentón et al. 2021; López-Padilla et al. 2008; Pérez-Pérez, Pérez- Rodríguez y Paz-Martínez 2021).

El mantenimiento es un problema operativo desafiante donde el objetivo es planificar suficiente mantenimiento preventivo (PM) para evitar revisiones y fallas de los activos. Uno de los procesos básicos en cualquier entidad para garantizar su sostenibilidad económica es el proceso de mantenimiento. (Mafla-Yépez et al. 2023). Existen herramientas como la del aprendizaje autónomo que es aplicable en la gestión de mantenimiento con el fin de predecir fallas en el funcionamiento del motor (Villar et al. 2018). Los principales beneficios de la aplicación de herramientas de la optimización se centran en los costos de mantenimiento preventivo y tiempos de intervención, que contribuyen a la mejora de la fiabilidad y la gestión del mantenimiento (Borroto-Pentón et al. 2021).

El mantenimiento y su gestión constituyen una herramienta que asegura el desempeño de los equipos (Vizcaíno-Cuzco et al. 2017). Los costos de implementación, operación y mantenimiento, en las empresas puede generar un ahorro de hasta el 25% más en las utilidades (Villar et al. 2018). La metodología del mantenimiento integra en los avances y cumplimientos de objetivos a la empresa (Díaz-Concepción et al. 2019). La gestión del mantenimiento debe ser estratégica porque es esencial para la supervivencia y el éxito de la organización. Una herramienta de apoyo para tomar decisiones de mantenimiento basadas en el análisis de datos y la importancia de las fallas. El método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) se utiliza para encontrar los modos de falla más riesgosos, los métodos MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) y Mudge se utilizan para clasificar los principales criterios utilizados por los expertos al decidir qué línea construir segunda mano está en una condición más crítica (Sousa y Oliveira 2019).

El mantenimiento y su gestión constituyen una herramienta que asegura el desempeño de los equipos (Vizcaíno-Cuzco et al. 2017). Los costos de implementación, operación y mantenimiento, en las empresas puede generar un ahorro de hasta el 25% más en las utilidades (Villar et al. 2018). La metodología del mantenimiento integra en los avances y cumplimientos de objetivos a la

empresa (Díaz-Concepción et al. 2019). La gestión del mantenimiento debe ser estratégica porque es crucial para la continuidad de la supervivencia y el éxito de la organización. Una herramienta de mucho apoyo para tomar decisiones de mantenimiento basadas en el análisis de datos y la importancia de las fallas. El método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) se utiliza para encontrar los modos de falla más riesgosos, los métodos MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) y Mudge se utilizan para clasificar los principales criterios utilizados por los expertos al decidir qué línea construir. segunda mano está en una condición más crítica (Sousa y Oliveira 2019).

Por lo tanto, la gestión del mantenimiento es un factor importante en la competencia del mercado y su atención aumenta constantemente, por lo que es fundamental comprender lo que implica cada etapa de la incorporación de la gestión del mantenimiento y las herramientas de gestión utilizadas.

Por otro lado, Montoya y Segura (2023, p. 186) señalaron que la gestión de mantenimiento preventivo es una estrategia desplegada a través del mejoramiento efectivo de los equipos, basada en establecer un mantenimiento de la producción, implementado por múltiples departamentos, involucrando al personal y promoviéndolo mediante la realización de actividades autónomas de división de trabajar en grupo. De igual forma, Solís y Torres (2021) plantearon que la gestión del mantenimiento preventivo presenta un enfoque de implementación prescriptivo que detalla los pasos que las empresas siguen para implementar el proceso y lograr los beneficios esperados.

La gestión del mantenimiento preventivo es actualmente una de las principales herramientas para lograr eficiencia y competitividad, lo que implica cumplir con las especificaciones de calidad, tiempos de producción y costos, muchas veces en conjunto con la Gestión de la Calidad Total, que se basa en la búsqueda permanente de mejoras en el desempeño de los procesos y medios de producción (Rayme y Díaz, 2021, p. 166). Los procesos de gestión del mantenimiento preventivo ayudan a mejorar la eficacia, la flexibilidad y la capacidad de respuesta de los sistemas de producción, reducir los costos operativos y preservar el conocimiento de la industria, mejorando así la competitividad de las operaciones de la empresa. (Mesa, et al, 2018, p. 145).

La tasa de ocurrencia de fallas puede disminuir, mantenerse constante o aumentar. Esta medida se emplea para representar el patrón de fallas en diversos sistemas de la vida real (Canahua, 2021).

Tiempo Medio Entre Fallas: El indicador clave de rendimiento (KPI) conocido como tiempo promedio entre fallas (MTBF) se refiere al lapso de tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente ocasión en que se produce (Canahua, 2021).

Tiempo Medio Para Reparar: El tiempo promedio de reparación (MTTR) se refiere al período necesario para llevar a cabo una reparación una vez que se ha producido una falla. En otras palabras, es el tiempo empleado durante la intervención en un proceso específico (Canahua, 2021).

OEE es una métrica de rendimiento que mide la eficiencia general del equipo. Con él, es posible saber qué tan productiva es una empresa, departamento o máquina. Efectividad general del equipo, incluida la disponibilidad, el rendimiento y la calidad (Canahua, 2021).

Disponibilidad: Es la proporción de tiempo en que la máquina está disponible para operar o producir en relación con el tiempo planificado de producción, es decir, la medida del tiempo efectivamente productivo (Díaz-Contreras et al., 2020).

Rendimiento: Demuestra la eficiente utilización de la capacidad de la máquina durante su tiempo de funcionamiento. Las reducciones en el rendimiento suelen ser causadas por breves interrupciones o variaciones de velocidad, que se sitúan por debajo de la capacidad nominal de la máquina (Díaz-Contreras et al., 2020).

Calidad: Se considera como unidades defectuosas todas aquellas producidas dentro de los estándares de calidad establecidos, independientemente de si son productos buenos o defectuosos. Estas unidades pueden ser clasificadas como buenas, de segunda calidad o defectuosas. El cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (OEE) únicamente tiene en cuenta las unidades producidas que cumplen con los criterios de calidad en la primera instancia, excluyendo las unidades de

segunda calidad. Por lo tanto, estas últimas se consideran como unidades defectuosas (Díaz-Contreras et al., 2020).

China se ha convertido en el país líder en productividad científica en el área de estudio. Sin embargo, también destacan en este sentido otros países como India, Turquía, Estados Unidos y Pakistán (Vázquez, Estupiñán y Batista, 2021). A pesar de los recientes attempts to recognize the individual and environmental factors that influence productivity in the service sector, these factors have been identified in less detail than in the manufacturing sector. Exceptuando las exportaciones y la concentración del mercado, los componentes de la productividad en las empresas de las HKIS (que tienen un alto uso intensivo de conocimiento) y de las LKIS (que tienen un bajo uso intensivo de conocimiento) son parecidos.

Las investigaciones han demostrado que las compañías de Hong Kong que tienen menos rivales tienen una mayor productividad y efficiency, esto supone que una mayor capacidad de mercado está ligada a una mayor productivity. La influencia de los tributos sobre la productivity varía en función del tamaño de la compañía. Las empresas de tamaño medio están más perjudicadas que aquellas de tamaño grande. En consecuencia, es de suma importancia considerar el tamaño de la compañía cuando se diseñan estrategias tributarias, ya que tiene una influencia significativamente en el desempeño de la compañía. (GuevaraRosero et al. 2023).

La realidad del nuevo trabajo se ha centrado recientemente en la productividad, la erradicación del trabajo estático que conduce al trabajo a distancia y la creación de equipos colaborativos que respondan a esta nueva tendencia a estar sujetos, afectando así al monasterio de la dependencia del trabajo (Baquero Suárez y Liñan). Solorcano 2020). Productividad Total de los Factores (PTF) en la Manufactura Colombiana Entre 2005 y 2016, la PTF en la manufactura colombiana disminuyó en un promedio de 1,1% debido a una caída en el componente tecnológico. (Becerra-Peña y Mejía 2014).

Según Flores-Tapia et al. (2023), la productividad está impulsada por una combinación de factores, incluidas las capacidades humanas, los entornos

económicos y políticos, el capital financiero, comercial, natural, tecnológico, institucional y social, así como el capital de infraestructura.

Entender las causas que tienen un efecto positivo o negativo sobre la productividad del trabajo se ha vuelto fundamental y apreciado enormemente en la industria y en la academia. (Sarmiento, Luis y Ferreira, 2021). Esto se traduce en provechos, una mejor calidad del producto y una cultura que transforma la forma de pensar de los individuos, de modo que se produce una mayor producción con el mismo esfuerzo y recursos (Vargas y Camero, 2021).

Para aumentar la capacidad del grupo, es importante entender la conducta habitual del grupo en ciertas franjas de días. (Hernández et al. 2019). La productividad les da a las naciones la capacidad de aspirarse a aumentar las condiciones de existencia, disminuir los problemas sociales y mejorar el destino que tiene la sociedad. (Hernández et al. 2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El objetivo de nuestro estudio, se aborda el concepto de investigación aplicada, también denominada como investigación práctica o empírica. Este punto de vista se diferencia por su propósito de utilizar y aplicar los entendimientos obtenidos, al tiempo que se genera un nuevo entendimiento a través de la utilización y formalización de la práctica investigada. Su objetivo principal es conseguir una comprensión profunda, ordenada y sistemática de la realidad, a partir del conocimiento de los resultados de los estudios como soporte fundamental (Murillo, 2008).

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de nuestra investigación es denominado preexperimental, debido a que se realiza antes de llevar a cabo esta investigación propiamente dicha. Por lo tanto, generalmente se lleva a cabo como un paso inicial para establecer la evidencia a favor o en contra de una intervención específica (Hernández, et al, 2017).



Donde:

G: empresa metalmecánica de Chimbote

O1: productividad inicial (PRE TEST)

X: mantenimiento preventivo (ESTÍMULO)

O2: productividad final (POST TEST)

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: gestión de mantenimiento

Definición conceptual: Gestión de mantenimiento implica tener actividades encaminadas a mantener la vida útil de los equipos en condiciones óptimas condiciones de operación para evitar la ocurrencia de imprevistos fallas (Pentón et al.2021).

Definición operacional: La gestión de mantenimiento involucra a la eficiencia general de los equipos, el mismo que incluye la disponibilidad, rendimiento y calidad; de igual forma al análisis de fallas con el fin de modelar el comportamiento de las fallas en un ámbito real, esto incluye la evaluación del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar (Canahua, 2021).

Variable dependiente: productividad

Definición conceptual: La productividad hace relación a la relación a la cantidad de producción en unidades en un proceso productivo con los recursos utilizados para alcanzar una producción requerida (Rosero et al., 2023)

Definición operacional: La productividad es el resultado del producto de la eficiencia y la eficacia de un proceso (Vargas y Camero 2021).

La matriz de operacionalización se muestra en el anexo 1.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población, que también se puede llamar universo, abarca a un grupo de individuos, objetos, herramientas o eventos que comparten características o cualidades similares y que se estudian mediante análisis, ya sea en un número finito o infinito (Solíz, 2019).

La población estuvo conformada por el total de las 10 máquinas de taller en la empresa metal mecánica ubicada en Chimbote.

- **Criterios de inclusión:** máquinas que sean de propiedad de la empresa en estudio.
- **Criterios de exclusión:** Máquinas que fueron obtenidas solo por alquiler por un tiempo determinado.

3.3.2. Muestra

La muestra se refiere a un conjunto de información seleccionada específicamente para su análisis, y representa de manera adecuada a la población en cuestión. Es crucial seleccionarla con precaución, utilizando técnicas de prueba tanto probabilísticas como no probabilísticas (Baena, 2017).

La muestra estuvo formada por el total de la población, siendo las 10 máquinas de taller en la empresa metal mecánica ubicada en Chimbote.

3.3.3. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico, debido a que, la información puede conseguirse de toda la población objetivo, no requiriendo cálculo de muestreo (Arias, 2012).

3.3.4. Unidad de análisis

El objeto de estudio en esta investigación fueron las máquinas de la empresa metalmecánica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica permite observar el comportamiento de unas situaciones que se desea estudiar (Ñaupas et al., 2018).

Para la presente investigación como técnica al análisis documental, este es un proceso para recolectar información mediante documentos y se usa para tener conocimientos previos, sobre el tema (Ñaupas et al., 2018).

Según Ñaupas et al. (2018) los instrumentos de investigación se refieren a herramientas conceptuales o materiales que se utilizan para recolectar datos e información. Estos instrumentos son cualquier medio tangible y concreto que facilita la recopilación de datos de manera sistemática y organizada. Como instrumento de recolección de datos se utilizó a la ficha de recolección de datos, tanto para la variable gestión de mantenimiento y la productividad.

Tabla 1. *Matriz de técnicas e instrumentos.*

Objetivo	Técnica	Instrumento
Medir la gestión de mantenimiento y productividad de la empresa.	Análisis documental y observación	Hoja de recolección de datos
Implementación de un plan de mantenimiento preventivo.	Observación	Hoja de recolección de datos
Medir el impacto ejercido sobre la productividad.	Análisis documental	Hoja de recolección de datos

La validez es una característica fundamental que asegura la correcta utilización de un instrumento antes de la recolección de datos. En otras palabras, la validez se define como el nivel de precisión con el que el instrumento mide la variable de estudio (Hernández, et al, 2014).

Para la validez y confiabilidad de aplicación de instrumentos en la presente investigación se someterá a evaluación por juicio de tres expertos, quienes calificarán los instrumentos que utilizaremos para la recolección de información importante para dar cumplimiento a la investigación.

3.5. Procedimientos

El paso inicial que implica la evaluación de la gestión del mantenimiento en una empresa especializada en metalurgia pasa por realizar un diagnóstico de la situación existente. Esto se logra mediante el uso de un diagrama de Ishikawa, cuyo objetivo es identificar las diversas causas de la baja productividad. Posteriormente, se utiliza un diagrama de Pareto para determinar las causas fundamentales de estos problemas. En base a esto se formulan medidas correctivas mediante la aplicación de la gestión de mantenimiento.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico se utilizará la técnica de análisis documental para recoger la información histórica de la empresa metalmeccánica en cuanto a la productividad que tiene como data histórica, y se conoció el nivel de la eficiencia y eficacia que se está realizando dentro del área operativa, y si los niveles se encuentran por debajo de lo establecido se procedió a corregirlos, pero si se encuentra por encima de lo establecido, se aplicará herramientas de mejora continua para mantener la situación en post de mejorar todo dentro de la empresa metalmeccánica.

Para el desarrollo del tercer objetivo específico se procedió a realizar un plan de acción basado en la gestión de mantenimiento, es post de mejorar la productividad de la empresa, para lo cual, se elaboró un procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo para que cada trabajador pueda conocer los pasos que estos deben de seguir cuando una máquina sufre una parada intempestiva; seguido a ello, se estableció un cronograma de mantenimiento preventivo a todas las máquinas a fin de reducir el nivel de criticidad y poder aumentar la disponibilidad de las mismas, sumado a ello, se realizó un cronograma de capacitaciones al personal operativo de la empresa metalmeccánica para que pueda conocer todas las mejoras realizadas dentro de los procedimientos de mantenimiento, finalmente, se aplicó un procedimiento de orden y limpieza a fin de que todos los materiales se encuentren aptos para realizar todos los trabajos de mantenimiento, y las mejoras se vieron reflejadas dentro de un nuevo layout, todo esto se hizo en base a la metodología 5S para que la productividad pueda aumentar de manera significativa.

3.6. Método de análisis de datos

La próxima investigación empleó dos métodos distintos de análisis: el método de análisis descriptivo y el método de análisis inferencial.

El método de análisis descriptivo se utilizó para elaborar cada uno de los hallazgos descubiertos en la investigación. Su objetivo principal es proporcionar una explicación de las causas subyacentes que llevaron al surgimiento de esos valores específicos.

Cuando se emplea análisis inferencial, se utilizan la herramienta estadística tstudent y el software estadístico SPSS V. 22 para validar la hipótesis de investigación alternativa o nula.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación preservó los principios éticos basados en la resolución del conselho de estudiantes de la UCV, los cuales se fundan en la norma ISO 690, donde se considera la necesidad de evitar la falsedad, se preservaron los datos confidenciales de la compañía en cuestión con el fin de evitar ciertas dificultades legales, además se fue abierto con respecto a la disposición de la información, por último, se usó el sistema de plagiarism de manera que se estableció que la información fue de la misma autoría, finalmente, se anexó el permiso de la compañía para poder tener la autorización de la institución.

IV. RESULTADOS

4.1. Medir la gestión de mantenimiento y productividad de la empresa

Se procedió a determinar los resultados de las variables de estudio, de manera inicial dentro de la empresa metalmecánica.

Análisis de la variable independiente

Tabla 2. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable independiente.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Resultado obtenido
Gestión de mantenimiento	Análisis de fallas	Tiempo medio entre fallas: Tiempo disponible de producción / (paradas de máquinas + otras paradas)	21 horas (ver anexo 5)
		Tiempo medio para reparar: (Tiempo de paradas de máquinas + tiempo de otras paradas) / (paradas de máquinas + otras paradas)	12.67 horas (ver anexo 6)
	Eficiencia general de los equipos (OEE)	Disponibilidad: (Tiempo programado – tiempo de parada) / tiempo programado	62.33% (ver anexo 7)
		Rendimiento: (Tiempo de ciclo teórico – Eficiencia cantidad procesado) / tiempo general de los de operación	83.62% (ver anexo 8)
		Calidad: (cantidad procesada – defectos) / cantidad procesada	74.74% (ver anexo 9)

OEE:	39.01% (ver anexo 10)
Disponibilidad x Rendimiento x Calidad	

Fuente: datos obtenidos de la empresa metalmecánica (ver anexo 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

En la tabla 2 se muestra que el indicador tiempo medio entre fallas salió 21 horas, esto refleja que en promedio cada 21 horas una máquina sufre una falla intempestivamente. El indicador tiempo medio para reparar fue de 12.67 horas, el cual refleja que en promedio el área de mantenimiento se demora 12.67 horas en reparar esa falla que se produjo. En el indicador disponibilidad se obtuvo un total de 62.33%, el cual refleja que, de cada 100 horas de trabajos disponibles, 62.33 horas se encuentran disponibles las máquinas para ser usadas en trabajo. En el indicador rendimiento se obtuvo 83.62%, el cual indica que de 100 pedidos que la empresa recibe, solo 83.62 de ellos, puede cumplir a tiempo. En el indicador calidad se obtuvo 74.74%, mostrando que, de cada 100 productos obtenidos, solo 74.74 de ellos, salen en óptimas condiciones. Finalmente, el indicador OEE salió 39.01% el cual refleja que existe un nivel malo en cuanto a la gestión de mantenimiento dentro de la empresa metalmecánica.

Análisis de la variable dependiente

Tabla 3. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable dependiente.

Variable	Dimensión	Indicadores	Resultado obtenido
Productividad	Eficiencia	Horas máquinas trabajadas / horas máquinas disponibles	77.55% (ver anexo 11)
	Eficacia	Producción real / producción programada	76.86% (ver anexo 12)

Fuente: datos obtenidos de la empresa metalmecánica (ver anexo 11 y 12).

En la tabla 3 se muestra que la dimensión eficiencia fue de 77.55%, lo cual indica que por cada 100 horas disponibles que las máquinas están, solo 77.55

horas son eficientes, las demás horas están en mantenimiento correctivo. En la dimensión eficacia fue de 76.86%, lo que indica que, de un total de 100 trabajos a realizar, solo 76.86 de ellos, se cumplen a tiempo, mientras que los demás se entregan a destiempo.

4.2. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Después de analizar la situación actual dentro de la empresa, se determinó cuatro causas raíces a solucionar (ver tabla 4). Como respuesta, se implementó una estrategia de gestión de mantenimiento preventivo.

Tabla 4. Alternativas de solución a las principales causas halladas.

N°	Causa raíz a Lugar solucionar	Herramientas de mejora
1	Procedimientos sub estándar del operario con la	La implementación de protocolos de mantenimiento de las máquinas incluyó tanto calibración máquina como medidas preventivas
2	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Se elaboró un cronograma de mantenimiento preventivo en base al tiempo medio entre fallas de las máquinas
3	Falta de orden y limpieza en el área de mantenimiento	Se implementó la metodología 5S
4	elaboró un plan capacitado	Personal no Se de capacitaciones

Fuente: elaboración propia (ver anexo 13).

Habiendo analizado los aspectos dentro de la gestión de mantenimiento a continuación se expone de qué manera se implementaron las herramientas de mejora de la tabla anterior.

Análisis de la solución de la causa raíz 1

Para garantizar el correcto mantenimiento de cada máquina de la empresa metalmeccánica, se desarrolló un protocolo de mantenimiento integral. Este protocolo describe los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo que son específicos de cada máquina. Los pasos detallados para cada procedimiento de mantenimiento correspondiente se pueden encontrar en el Anexo 14.

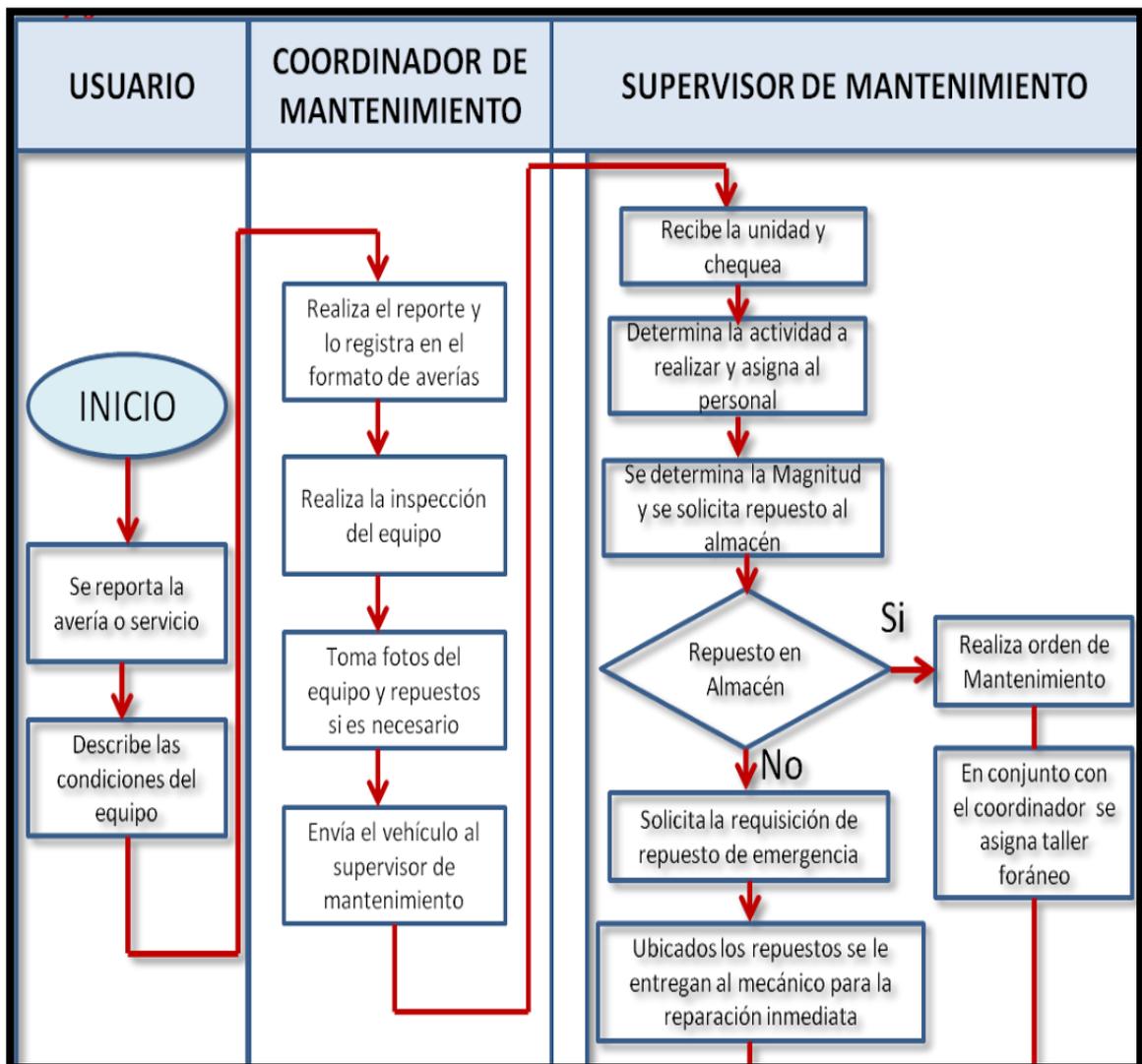


Figura 1. Flujo grama de mantenimiento preventivo.

Fuente: elaboración propia (ver anexo 14).

En la figura 1 se detallan todos los pasos a realizar para llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado de las máquinas en la empresa metalmecánica.

Posteriormente, la empresa de investigación implementó la metodología 5S como enfoque para mejorar la organización y el orden del stock actual de su almacén. En el Anexo 15 se delineó un proceso para la clasificación y organización de los materiales actuales que se encuentran dentro la empresa metalmecánica. La disposición del almacén y la distribución física actualizada se puede observar en la figura 2, mientras que los materiales ordenados se presentan en el Anexo 16 como evidencia de respaldo.

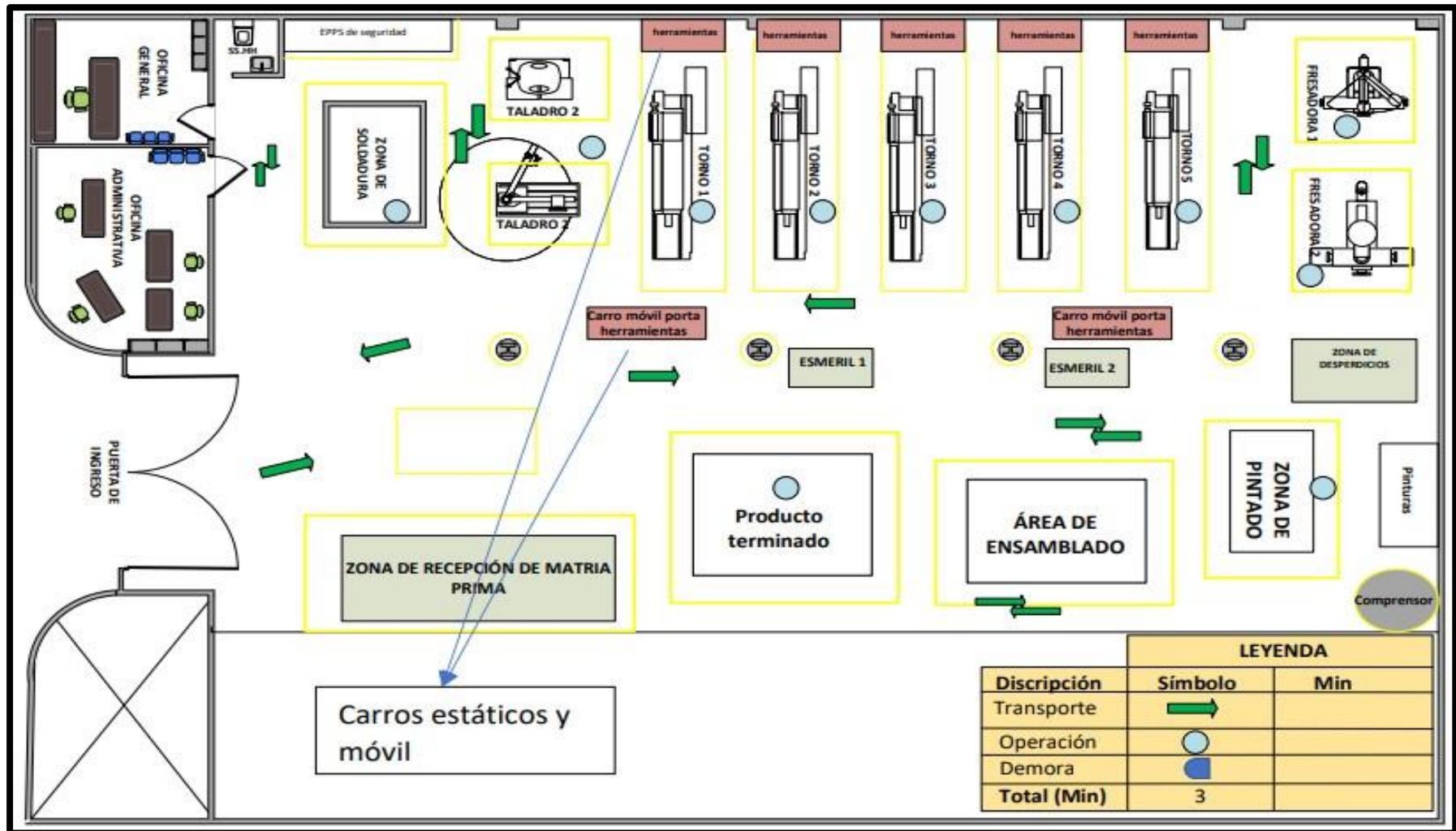


Figura 2. Nuevo layout físico de la empresa metalmeccánica.

Fuente: Datos obtenidos de la empresa metalmeccánica (Anexo 15 y 16).

El programa de mantenimiento para las 10 máquinas principales utilizadas por la empresa metalmecánica para completar los proyectos de los clientes se detalla en el Anexo 17. Este plan fue diseñado para evitar posibles problemas y garantizar que las máquinas funcionen correctamente, donde el criterio para realizar este cronograma de mantenimiento preventivo fue debido al historial de fallas (tiempo medio entre fallas) y la ficha técnica de cada máquina, según ello, se fue dando mayor mantenimiento preventivo, que correctivo, de esa manera, la disponibilidad de las máquinas aumentó de manera significativa. La empresa logró alcanzar un índice de cumplimiento del 100% del plan de mantenimiento, lo que indica que todas las tareas necesarias se completaron según lo programado de abril a septiembre de 2023.

Para abordar el último problema subyacente, se creó un régimen de capacitación centrado en mejorar la disponibilidad de las máquinas, implementar el mantenimiento preventivo y utilizar la metodología 5S. Los temas de capacitación que se realizaron entre junio y septiembre de 2023 se detallan en el Anexo 18. Se programaron y culminaron exitosamente siete diferentes temas de capacitación, con un perfecto cumplimiento del cronograma de capacitación logrando un cumplimiento del 100%.

4.3. Medir el impacto ejercido sobre la productividad

Después de haber implementado la gestión de mantenimiento preventivo dentro de la empresa metalmecánica, se procedió a evaluar las mejoras obtenidas en cuanto a la productividad de la misma.

Análisis de la variable independiente

Tabla 5. Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable independiente.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Resultado obtenido
Gestión de mantenimiento	Análisis de fallas	Tiempo medio entre fallas:	49.43 horas
		Tiempo disponible de producción / (paradas de máquinas + otras paradas)	(ver anexo 19)
	Tiempo medio para reparar:		
	(Tiempo de paradas de máquinas + tiempo de otras paradas) / (paradas de máquinas + otras paradas)	0.50 horas (ver anexo 20)	
	Disponibilidad:	99.00% (ver anexo 21)	
		(Tiempo programado – tiempo de parada) / tiempo programado	
		Rendimiento:	95.31% (ver anexo 22)
		(Tiempo de ciclo teórico – cantidad procesado) / tiempo de operación	
		Calidad:	94.17% (ver anexo 23)
		(cantidad procesada – defectos) / cantidad procesada	
	Eficiencia general de los equipos (OEE)	OEE:	
		Disponibilidad x Rendimiento x Calidad	88.85% (ver anexo 24)

Fuente: datos obtenidos de la empresa metalmeccánica (ver anexo 19, 20, 21, 22, 23 y 24).

En la tabla 5 se muestra que el indicador tiempo medio entre fallas salió 49.43 horas, esto refleja que en promedio cada 49.43 horas una máquina sufre una falla intempestivamente.

El indicador tiempo medio para reparar fue de 0.50 horas, el cual refleja que en promedio el área de mantenimiento se demora 0.50 horas en reparar esa falla que se produjo.

En el indicador disponibilidad se obtuvo un total de 99.00%, el cual refleja que, de cada 100 horas de trabajos disponibles, 99 horas se encuentran disponibles las máquinas para ser usadas en trabajo.

En el indicador rendimiento se obtuvo 95.31%, el cual indica que de 100 pedidos que la empresa recibe, solo 95.31 de ellos, puede cumplir a tiempo.

En el indicador calidad se obtuvo 94.17%, mostrando que, de cada 100 productos obtenidos, solo 94.17 de ellos, salen en óptimas condiciones.

Finalmente, el indicador OEE salió 88.85% el cual refleja que existe un nivel muy buena y aceptable en cuanto a la gestión de mantenimiento dentro de la empresa metalmecánica.

Análisis de la variable dependiente

Tabla 6. *Resumen de la evaluación de los indicadores de la variable dependiente.*

Variable	Dimensión	Indicadores	Resultado obtenido
Productividad	Eficiencia	Horas máquinas trabajadas / horas máquinas disponibles	95.07% (ver anexo 25)
	Eficacia	Producción real / producción programada	95.38% (ver anexo 26)

Fuente: datos obtenidos de la empresa metalmecánica (ver anexo 25 y 26).

En la tabla 6 se muestra que la dimensión eficiencia fue de 95.07%, lo cual indica que por cada 100 horas disponibles que las máquinas están, solo 95.07 horas son eficientes.

En la dimensión eficacia fue de 95.38%, lo que indica que, de un total de 100 trabajos a realizar, solo 95.38 de ellos, se cumplen a tiempo.

Análisis del aumento de los indicadores de la productividad

Tabla 7. Comparación de los indicadores de la variable dependiente.

Variable	Dimensión	Resultado inicial	Resultado final	Incremento
Productividad	Eficiencia	77.55%	95.07%	17.55%
	Eficacia	76.86%	95.38%	18.52%

Fuente: datos obtenidos de la empresa metalmecánica (ver tabla 3 y 6).

En la tabla 7 se muestra que la dimensión eficiencia aumentó un 17.55% con respecto al dato inicial obtenido, dando a entender que ahora se aprovechan 17.55 horas en trabajo y ya no en mantenimiento correctivo, siendo muy favorable para la empresa metalmecánica.

En el indicador eficacia se muestra que el incremento fue del 18.52%, dando a entender que ahora la empresa metalmecánica cumple con 18.52 pedidos más con respecto a lo que cumplía al inicio, siendo esto muy favorable para la compañía ya que su productividad fue de aumento en aumento de manera significativa trayendo grandes beneficios económicos.

Finalmente, al determinar que la productividad aumentó de manera significativa, entonces se afirma que se valida la hipótesis alterna de la investigación que hace mención que la gestión de mantenimiento influye significativamente sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote.

V. DISCUSIÓN

Analizando los resultados obtenidos, se procedió a discutir con los antecedentes de la investigación, para ello, se determinó de manera inicial que el indicador tiempo medio entre fallas salió 21 horas, el indicador tiempo medio para reparar fue de 12.67 horas, el indicador disponibilidad se obtuvo un total de 62.33%, el indicador rendimiento fue de 83.62%, el indicador calidad fue de 74.74%, y el indicador OEE salió 39.01% el cual refleja que existe un nivel malo en cuanto a la gestión de mantenimiento dentro de la empresa metalmecánica. Asimismo, se determinó de manera inicial que la dimensión eficiencia fue de 77.55% y en la dimensión eficacia fue de 76.86%, siendo indicadores muy bajo dentro de la empresa metalmecánica. El mantenimiento es un problema operativo desafiante donde el objetivo es planificar suficiente mantenimiento preventivo (PM) para evitar revisiones y fallas de los activos. Uno de los procesos básicos en cualquier entidad para garantizar su sostenibilidad económica es el proceso de mantenimiento. (Mafla-Yépez et al. 2023). Existen herramientas como la del aprendizaje autónomo que es aplicable en la gestión de mantenimiento con el fin de predecir fallas en el funcionamiento del motor (Villar et al. 2018). Los principales beneficios de la aplicación de herramientas de la optimización se centran en los costos de mantenimiento preventivo y tiempos de intervención, que contribuyen a la mejora de la fiabilidad y la gestión del mantenimiento (Borroto-Pentón et al. 2021).

El mantenimiento y su gestión constituyen una herramienta que asegura el desempeño de los equipos (Vizcaíno-Cuzco et al. 2017). Los costos de implementación, operación y mantenimiento, en las empresas puede generar un ahorro de hasta el 25% más en las utilidades (Villar et al. 2018). La metodología del mantenimiento integra en los avances y cumplimientos de objetivos a la empresa (Díaz-Concepción et al. 2019). La gestión del mantenimiento debe ser estratégica porque es esencial para la supervivencia y el éxito de la organización. Una herramienta de apoyo para tomar decisiones de mantenimiento basadas en el análisis de datos y la importancia de las fallas.

El método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) se utiliza para encontrar

los modos de falla más riesgosos, los métodos MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) y Mudge se utilizan para clasificar los principales criterios utilizados por los expertos al decidir qué línea construir segunda mano está en una condición más crítica (Sousa y Oliveira 2019).

El mantenimiento y su gestión constituyen una herramienta que asegura el desempeño de los equipos (Vizcaíno-Cuzco et al. 2017). Los costos de implementación, operación y mantenimiento, en las empresas puede generar un ahorro de hasta el 25% más en las utilidades (Villar et al. 2018). La metodología del mantenimiento integra en los avances y cumplimientos de objetivos a la empresa (Díaz-Concepción et al. 2019). La gestión del mantenimiento debe ser estratégica porque es crucial para la continuidad de la supervivencia y el éxito de la organización. Una herramienta de mucho apoyo para tomar decisiones de mantenimiento basadas en el análisis de datos y la importancia de las fallas. El método FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) se utiliza para encontrar los modos de falla más riesgosos, los métodos MAUT (Multi-Attribute Utility Theory) y Mudge se utilizan para clasificar los principales criterios utilizados por los expertos al decidir qué línea construir segunda mano está en una condición más crítica (Sousa y Oliveira 2019).

Se aplicó la gestión de mantenimiento preventivo donde se realizó la implementación de protocolos de mantenimiento de las máquinas incluyó tanto calibración como medidas preventivas, se elaboró un cronograma de mantenimiento preventivo en base al tiempo medio entre fallas de las máquinas, se implementó la metodología 5S y se elaboró un plan de capacitaciones. Se determinó después de la implementación de la gestión de mantenimiento preventivo dentro de la empresa metalmecánica que el indicador tiempo medio entre fallas salió 49.43 horas, el indicador tiempo medio para reparar fue de 0.50 horas, el indicador disponibilidad fue de 99.00%, el indicador rendimiento fue de 95.31%, el indicador calidad fue de 94.17%, y el indicador OEE salió 88.85%. Se determinó de manera final que la dimensión eficiencia fue de 95.07% y la dimensión eficacia fue de 95.38%, siendo valores favorables para la empresa metalmecánica, asimismo, se halló que la eficiencia

aumentó un 17.55% con respecto al dato inicial obtenido, y la eficacia incremento un 18.52%, dando a entender que ahora la empresa metalmecánica cumple con sus pedidos más con respecto a lo que cumplía al inicio.

La tasa de ocurrencia de fallas puede disminuir, mantenerse constante o aumentar. Esta medida se emplea para representar el patrón de fallas en diversos sistemas de la vida real (Canahua, 2021). El indicador clave de rendimiento (KPI) conocido como tiempo promedio entre fallas (MTBF) se refiere al lapso de tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente ocasión en que se produce (Canahua, 2021). Tiempo Medio Para Reparar: El tiempo promedio de reparación (MTTR) se refiere al período necesario para llevar a cabo una reparación una vez que se ha producido una falla. En otras palabras, es el tiempo empleado durante la intervención en un proceso específico (Canahua, 2021).

OEE es una métrica de rendimiento que mide la eficiencia general del equipo. Con él, es posible saber qué tan productiva es una empresa, departamento o máquina. Efectividad general del equipo, incluida la disponibilidad, el rendimiento y la calidad (Canahua, 2021). Es la proporción de tiempo en que la máquina está disponible para operar o producir en relación con el tiempo planificado de producción, es decir, la medida del tiempo efectivamente productivo (Díaz-Contreras et al., 2020). Demuestra la eficiente utilización de la capacidad de la máquina durante su tiempo de funcionamiento. Las reducciones en el rendimiento suelen ser causadas por breves interrupciones o variaciones de velocidad, que se sitúan por debajo de la capacidad nominal de la máquina (Díaz-Contreras et al., 2020).

Se considera como unidades defectuosas todas aquellas producidas dentro de los estándares de calidad establecidos, independientemente de si son productos buenos o defectuosos. Estas unidades pueden ser clasificadas como buenas, de segunda calidad o defectuosas. El cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (OEE) únicamente tiene en cuenta las unidades producidas que cumplen con los criterios de calidad en la primera instancia, excluyendo las unidades de segunda calidad. Por lo tanto, estas últimas se consideran como unidades defectuosas (Díaz-Contreras et al., 2020).

VI. CONCLUSIONES

- 1.** Se determinó de manera inicial que el tiempo medio entre fallas, tiempo medio para reparar, disponibilidad, rendimiento, calidad, y el OEE salió 21 horas, 12.67 horas, 62.33%, 83.62%, 74.74% y 39.01% respectivamente, reflejando que existe un nivel malo en cuanto a la gestión de mantenimiento dentro de la empresa metalmecánica.
- 2.** Se determinó de manera inicial que la eficiencia y la eficacia fue de 77.55% y 76.86% respectivamente, siendo indicadores muy bajo dentro de la empresa metalmecánica.
- 3.** Se aplicó la gestión de mantenimiento preventivo donde se determinó que el tiempo medio entre fallas salió 49.43 horas, el tiempo medio para reparar fue de 0.50 horas, la disponibilidad fue de 99.00%, el rendimiento fue de 95.31%, la calidad fue de 94.17%, y el OEE salió 88.85%.
- 4.** Se determinó de manera final que la eficiencia y la eficacia fue de 95.07% y 95.38% respectivamente, siendo valores favorables para la empresa metalmecánica, asimismo, se halló que la eficiencia aumentó un 17.55% con respecto al dato inicial obtenido, y la eficacia incremento un 18.52%, dando a entender que ahora la empresa metalmecánica cumple con sus pedidos más con respecto a lo que cumplía al inicio.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Recomendar a futuros investigadores implementar el mantenimiento productivo total dentro de la empresa metalmecánica a fin de mejorar la organización desde la alta gerencia hasta la parte operativa, y de esa manera pueda ser competitiva ante las demás compañías.
- 2.** Sugerir a futuros investigadores que puedan emplear otros tipos de herramientas de diagnóstico con la finalidad de conocer otras posibles causas que generan la baja productividad, y a su vez, se pueda aplicar herramientas de mejora con el objetivo de mejorar los procesos de mantenimiento de la empresa metalmecánica.
- 3.** Incentivar a futuros investigadores que puedan establecer un plan de acción basado en la mejora continua, cuya finalidad sea mantener y aumentar la disponibilidad de los activos fijos, y como consecuencia se tenga un aumento significativo de la productividad.

REFERENCIAS

- ARIAS-ODÓN, F., 2012. El Proyecto de Investigación. 6ta edició. S.l.: s.n. ISBN 9800785299.
- ARTEAGA-CORTEZ, V.M., QUEVEDO-NOLASCO, A., DEL VALLE-PANIAGUA, D.H., CASTRO-POPOCA, M., BRAVO-VINAJA, Á. y RAMÍREZ-ZIEROLD, J.A., 2019. State of art: A current review of the mechanisms that make the artificial wetlands for the removal of nitrogen and phosphorus. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 10, no. 5, ISSN 20072422. DOI 10.24850/j-tyca-2019-05-12.
- BAENA, G., 2017. Metodología de la investigación. 3era Edici. S.l.: s.n. ISBN 9786077440031.
- BECERRA-PEÑA, D. y MEJÍA, M., 2014. The Productivity of the Manufacturing Sector: The Case of Colombia 2005-2016. *Journal of Productivity Analysis*, vol. 41, no. 1, ISSN 15730441. DOI 10.1007/s11123-013-0354-y.
- BORROTO-PENTÓN, Y., CARAZA-MORALES, M., ALFONSO-LLANES, A. y MARRERO-DELGADO, F., 2021. Optimization tools applied to physical asset maintenance management: state of the art. *DYNA (Colombia)*, vol. 88, no. 219, ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna.v88n219.96981.
- CANAHUA, N., 2021. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, vol. 24, no. 1, ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v24i1.18402.
- DÍAZ-CONCEPCIÓN, A., VILLAR-LEDO, L., RODRÍGUEZ-PIÑEIRO, A.J. y TAMAYO-MENDOZA, J., 2019. Methodology for maintenance management based on diagnostic criteria. *DYNA (Colombia)*, vol. 86, no. 211, ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna.v86n211.77704.
- DÍAZ-CONTRERAS, C., VARGAS, D.A.C., DÍAZ-VIDAL, G.A. y QUEZADA-LARA, V.F., 2020. Efectividad General De Equipos (OEE) Ajustado Por Costos. *Comunicaciones [en línea]*, vol. 45, no. 3, Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/339/33962773006/html/#gf3>.

FLORES-TAPIA, C., MAZA-ÁVILA, F., PÉREZ-GONZÁLEZ, M. y FLORES CEVALLOS, K., 2023. The determining factors of productivity and competitiveness from the perspective of territorial and sustainable development. *Regional Studies*, vol. 52, no. 4, ISSN 13600591. DOI 10.1080/00343404.2017.1334118.

GUERRA-LÓPEZ, E. y OCA-RISCO, A., 2019. Relationship between the productivity, the maintenance and the replacement in the large mining. *Boletín de Ciencias de la Tierra [en línea]*, vol. 45, no. 45, [consulta: 9 mayo 2023]. ISSN 0120-3630. DOI 10.15446/RBCT.N45.68711. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302019000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es.

GUEVARA-ROSETO, G., CARRIÓN-CAUJA, C., SIMBAÑA-LANDETA, L. y CAMINO-MOGRO, S., 2023. Identification Properties of Recent Production Function Estimators. *Econometrica*, vol. 83, no. 6, ISSN 0012-9682. DOI 10.3982/ecta13408.

HERNÁNDEZ, G., MARTÍNEZ, Á., JIMÉNEZ, R. y JIMÉNEZ, F., 2019. Métricas de productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software: una revisión sistemática. *TecnoLógicas*, vol. 22, ISSN 0123-7799. DOI 10.22430/22565337.1510.

HERNÁNDEZ, O., ORTIZ, J.P., ORTIZ, M.P. y OROZCO, M., 2020. Measurement of work behavior and its impact on productivity. *Computacion y Sistemas*, vol. 24, no. 3, ISSN 20079737. DOI 10.13053/CYS-24-3-3489.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. Metodología de la investigación. México: Edificio Punta Santa Fe. vol. 1. ISBN 978-1-4562-2396- 0.

LÓPEZ-PADILLA, P., BENITES-ALFARO, E., RODRÍGUEZ-ALEGRE, L., GUTIÉRREZ-ASCÓN, J., ITURRIZAGA-ROMERO, J. y MARTÍNEZ-LOAYZA, J., 2008. Application of the crystal Ball software for uncertainty and sensitivity analyses for predicted concentration and risk levels. octubre 2008. S.l.: s.n.

MAFLA-YÉPEZ, C., MORALES-BAYETERO, C., HERNÁNDEZ-RUEDA, E. y BENAVIDES-CEVALLOS, I., 2023. Vehicle maintenance management based on machine learning in agricultural tractor engines. *DYNA (Colombia)*, vol. 90, no. 225, ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna. v90n225.103612.

MARTÍNEZ-VIVAR, R., SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, A. y INFANTE-DÍAZ, Y., 2019. La mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor. *Ciencias Técnicas* [en línea], vol. 25, no. 2, [consulta: 8 mayo 2023]. ISSN 10272127. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1815/181559111005/>.

MESA, D., ORTÍZ, Y. y PINZÓN, M., 2006. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. [en línea]. [consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920491036>.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, R., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. 5. Bogotá: Ediciones de la U. vol. 1. ISBN 978-958-762-876-0.

ORTÍZ, A., RODRÍGUEZ, C. y IZQUIERDO, H., 2013. Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia* [en línea], vol. 18, no. 61, [consulta: 8 mayo 2023]. ISSN 1315-9984. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>.

PENKOVA, M., 2007. Mantenimiento y análisis de vibraciones. *Ciencia y Sociedad* [en línea], vol. XXXII, no. 4, [consulta: 9 mayo 2023]. ISSN 0378-7680. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87032407>.

PÉREZ-PÉREZ, M., PÉREZ-RODRÍGUEZ, Á. y PAZ-MARTÍNEZ, E., 2021. Contribución del mantenimiento con enfoque sostenible al control de la calidad en la industria del plástico. *Tecnología Química* [en línea], vol. 41, no. 1, Disponible en: <https://orcid.org/0000-0001-8508-2225>.

SARMENTO, M., LUIZ, M. y FERREIRA, R., 2021. Factors affecting construction productivity in Brazil: comparison with recent international research. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea], vol. 36, Disponible en: www.ricuc.cl.

SEVILLA, E. y E.T., 2007. La Eficiencia de la Planeación del Mantenimiento Preventivo y los Métodos Multicriterio: Estudio de un Caso. [en línea]. [consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-55462008000400006&script=sci_abstract.

SOLÍZ, D., 2019. *Cómo hacer un perfil proyecto de Investigación Científica*. S.l.: s.n.
SOUSA, A. y OLIVEIRA, J., 2019. Use of failure data and criticality analysis in a

maintenance management tool for electric power distribution company. DYNA (Colombia), vol. 86, no. 208, ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna.v86n208.69794.

VARGAS, E.L. y CAMERO, J.W., 2021. Application of Lean Manufacturing (5s and Kaizen) to Increase the Productivity in the Aqueous Adhesives Production Area of a Manufacturing Company. Industrial Data, vol. 24, no. 2, ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v24i2.19485.

VÁZQUEZ, L., ESTUPIÑÁN, R. y BATISTA, N., 2021. A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study. Journal of Cleaner Production, vol. 14, no. 55, ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.124462.

VILLAR, L., DÍAZ, A., INFANTE, M., VILALTA, J., ALFONSO, A. y RODRÍGUEZ, A., 2018. A survey of the state of condition-based maintenance (CBM) in the nuclear power industry. 1 febrero 2018. S.I.: Elsevier Ltd.

VISCAÍNO-CUZCO, M., VILLACRÉS-PARRA, S., GALLEGOS-LONDOÑO, C. y NEGRETE-COSTALES, H., 2017. Assessment of the Maintenance Management in Hospitals of the Ecuadorian Institute of Social security of Zona 3 of Ecuador. IFMBE Proceedings. S.I.: Springer Verlag, pp. 258-261. vol. 65. ISBN 9789811051210. DOI 10.1007/978-981-10-5122-7_65.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente: Gestión de mantenimiento	Gestión de mantenimiento implica tener actividades encaminadas a mantener la vida útil de los equipos en condiciones óptimas condiciones de operación para evitar la ocurrencia de imprevistos fallas (Pentón et al.2021).	La gestión de mantenimiento involucra a la eficiencia general de los equipos, el mismo que incluye la disponibilidad, rendimiento y calidad; de igual forma al análisis de fallas con el fin de modelar el comportamiento de las fallas en un ámbito real, esto incluye la evaluación del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar (Canahua, 2021).	Análisis de fallas	Tiempo medio entre fallas: $\frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{(paradas de máquinas + otras paradas)}}$	Razón
				Tiempo medio para reparar: $\frac{\text{(Tiempo de paradas de máquinas + tiempo de otras paradas)}}{\text{(paradas de máquinas + otras paradas)}}$	Razón
			Eficiencia general de los equipos (OEE)	Disponibilidad: $\frac{\text{(Tiempo programado – tiempo de parada)}}{\text{tiempo programado}}$	Razón
				Rendimiento: $\frac{\text{(Tiempo de ciclo teórico – cantidad procesado)}}{\text{tiempo de operación}}$	
Calidad: $\frac{\text{(cantidad procesada – defectos)}}{\text{cantidad procesada}}$					
				OEE: $\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$	

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Variable dependiente: Productividad	La productividad hace relación a la relación a la cantidad de producción en unidades en un proceso productivo con los recursos utilizados para alcanzar una producción requerida (Rosero et al., 2023).	La productividad es el resultado del producto de la eficiencia y la eficacia de un proceso (Vargas y Camero 2021).	Eficiencia	Horas máquinas trabajadas / horas máquinas disponibles	Razón
			Eficacia	Producción real / producción programada	Razón

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos:	Variables / categorías	Metodología
¿De qué manera influye la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote?	General: Determinar de qué manera influye la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metal mecánica en Chimbote.	Variable independiente: Gestión de mantenimiento	Enfoque: Cuantitativo Alcance: Experimental Diseño: Pre experimental
	Hipótesis Específicos		

4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PROMEDIO DEL MES							

Anexo 4. Validación de instrumentos.

Yo, Christian John Minaya Luna, identificado con DNI N° 72449396 de profesión Ingeniero Industrial, con número de colegiatura CIP 264025, ejerciendo actualmente como Jefe de Proyectos de la empresa de Servicios L & M EIRL.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia, a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Influencia de la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metalmeccánica en Chimbote"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				X
Amplitud de contenido				X
Redacción de los ítems			X	
Claridad y precisión				X
Pertinencia				X

En Chimbote, a los 29 días del mes de junio del año 2023.




Christian John Minaya Luna
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP. N° 264025

Yo, Yhomira Azucena Rosales Lozano, con DNI N°74606887 de profesión Ing. Industrial, con número de colegiatura CIP 244917, ejerciendo actualmente como SUPERVISOR DE SEGURIDAD DE PERSONAS en la empresa de AUSTRAL GROUP SAA.

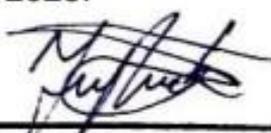
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia, a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Influencia de la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metalmecánica en Chimbote"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				x
Amplitud de contenido			x	
Redacción de los ítems				x
Claridad y precisión				x
Pertinencia				x

En Chimbote, a los 29 días del mes de junio del año 2023.



ROSALES LOZANO YHOMIRA AZUCENA
INGENIERA INDUSTRIAL
CIP N° 244917

Yo, Jhonatan Ulises Pereda Carhuajulca, con DNI N° 46704008 de profesión Ingeniero Industrial, con el grado de magister en MBA, ejerciendo actualmente como docente universitario en la UTP – CHIMBOTE.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia, a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Influencia de la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa metalmeccánica en Chimbote"

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				x
Amplitud de contenido				x
Redacción de los ítems			x	
Claridad y precisión				x
Pertinencia				x

En Chimbote, a los 29 días del mes de junio del año 2023.




COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Ing. Jhonatan Ulises Pereda Carhuajulca
 INGENIERO INDUSTRIAL
 CIP. N° 259100

Calificación del Ing. Christian John Minaya Luna

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	3

Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
TOTAL					19

Fuente: Elaboración propia.

Calificación del Ing. Yhomira Azucena Rosales
Lozano

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	3
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
TOTAL					19

Fuente: Elaboración propia.

Calificación del Ing. Jhonatan Pereda Carhuajulca

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	3
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	4
TOTAL					19

Fuente: Elaboración propia.

Consolidado de la calificación de expertos

Nombre del experto	Calificación de validez	% Calificación
Ing. Christian John Minaya Luna	19	95%
Ing. Yhomira Azucena Rosales Lozano	19	95%
Ing. Jhonatan Pereda Carhuajulca	19	95%
Calificación	19	95%

Fuente: Elaboración propia.

Escala de validez de instrumentos

Escala	Indicador
0.00-0.53	Validez nula
0.54-0.59	Validez baja
0.60-0.65	Valida
0.66-0.71	Muy valida
0.72-0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Oseda y Ramírez, 2011, p. 154.

Anexo 5. Cálculos iniciales del tiempo medio entre fallas de las máquinas.

Máquinas	Horas de procesos	Número de reparaciones	MTBF por máquina
Cizalla Hidráulica	41.5	2	20.8
Cepillo Horizontal	46.1	2	23.1
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	52.4	2	26.2
Mandrinadora "Varnsdorf"	53.2	4	13.3

Prensa Plegadora Hidraulica	47.5	2	23.8
Roladora C.F. Tenge Reitberg	46.3	3	15.4
Roladora Chica	50.6	1	50.6
Taladro Bandera Csepel Grande	38.8	4	9.7
Torno Paralelo 6mts.	35.3	2	17.7
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	36.6	4	9.2
Promedio del MTBF de las máquinas	44.8	2.6	21.0

Anexo 6. Cálculos iniciales del tiempo medio para reparar de las máquinas.

Máquina	Número de reparaciones	Horas de reparación	MTTR por máquina
Cizalla Hidráulica	2	12	6.0
Cepillo Horizontal	2	6	3.0
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	2	45	22.5

Mandrinadora "Varnsdorf"	4	20	5.0
Prensa Plegadora Hidraulica	2	28	14.0
Roladora C.F. Tenge Reitberg	3	36	12.0
Roladora Chica	1	30	30.0
Taladro Bandera Csepel Grande	4	60	15.0
Torno Paralelo 6mts.	2	21	10.5
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	3	26	8.7
Promedio del MTTR de las máquinas	2.50	28.40	12.67

Anexo 7. Disponibilidad inicial de las máquinas.

Máquinas	MTTR por máquina	MTBF por máquina	Disponibilidad por máquina
Cizalla Hidráulica	6.00	20.75	77.57%

Cepillo Horizontal	3.00	23.05	88.48%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	22.50	26.20	53.80%
Mandrinadora "Varnsdorf"	5.00	13.30	72.68%
Prensa Plegadora Hidraulica	14.00	23.75	62.91%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	12.00	15.43	56.26%
Roladora Chica	30.00	50.60	62.78%
Taladro Bandera Csepel Grande	15.00	9.70	39.27%
Torno Paralelo 6mts.	10.50	17.65	62.70%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	8.67	9.15	51.36%
Promedio de la disponibilidad inicial de las máquinas	12.67	20.96	62.33%

Anexo 8. Cálculos del rendimiento de las máquinas iniciales.

Máquinas	Tiempo de ciclo teórico	Cantidad procesado	Tiempo de operación	Rendimiento por máquina
-----------------	--	-------------------------------	--------------------------------	------------------------------------

Cizalla Hidráulica	14	6	9	88.89%
Cepillo Horizontal	13	4	12	75.00%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	13	6	8	87.50%
Mandrinadora "Varnsdorf"	14	5	12	75.00%
Prensa Plegadora Hidraulica	15	5	11	90.91%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	12	5	8	87.50%
Roladora Chica	14	6	10	80.00%
Taladro Bandera Csepel Grande	15	7	9	88.89%
Torno Paralelo 6mts.	12	6	8	75.00%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	13	6	8	87.50%
Promedio del rendimiento				83.62%

Anexo 9. Cálculos de la calidad de las máquinas iniciales.

Máquinas	Cantidad procesada	Defectos	Cantidad procesada	Calidad por máquina
Cizalla Hidráulica	6	1	6	83.33%

Cepillo Horizontal	4	1	4	75.00%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	6	2	6	66.67%
Mandrinadora "Varnsdorf"	5	1	5	80.00%
Prensa Plegadora Hidraulica	5	1	5	80.00%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	5	2	5	60.00%
Roladora Chica	6	2	6	66.67%
Taladro Bandera Csepel Grande	7	1	7	85.71%
Torno Paralelo 6mts.	6	1	6	83.33%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	6	2	6	66.67%
Promedio de la calidad				74.74%

Anexo 10. Cálculos del OEE iniciales.

Máquinas	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE por máquina
Cizalla Hidráulica	77.57%	88.89%	83.33%	57.46%
Cepillo Horizontal	88.48%	75.00%	75.00%	49.77%

Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	53.80%	87.50%	66.67%	31.38%
Mandrinadora "Varnsdorf"	72.68%	75.00%	80.00%	43.61%
Prensa Plegadora Hidraulica	62.91%	90.91%	80.00%	45.75%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	56.26%	87.50%	60.00%	29.54%
Roladora Chica	62.78%	80.00%	66.67%	33.48%
Taladro Bandera Csepel Grande	39.27%	88.89%	85.71%	29.92%
Torno Paralelo 6mts.	62.70%	75.00%	83.33%	39.19%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	51.36%	87.50%	66.67%	29.96%
Promedio del OEE				39.01%

OEE < 65% Malo Inaceptable Grandes pérdidas

económicas. Muy Baja

65% ≤ OEE < 75% Regular Aceptable solo si está en proceso de mejora Grandes pérdidas económicas Baja

75% ≤ OEE < 85% Buena Aceptable Ligeras pérdidas económicas.

Ligeramente Baja o media 85% ≤ OEE < 95% Muy buena Aceptable

Se acerca a la excelencia. Liderazgo

en el Mercado

Buena

OEE ≥ 95% Excelente Excelente

Anexo 11. Cálculos de la eficiencia inicial.

Mes	Semana	Horas máquinas trabajadas	Horas máquinas disponibles	Eficiencia inicial
Ene-23	Semana 1	53	72	73.61%
	Semana 2	51	67	76.12%

	Semana 3	53	71	74.65%
	Semana 4	54	67	80.60%
Feb-23	Semana 1	49	71	69.01%
	Semana 2	50	64	78.13%
	Semana 3	48	65	73.85%
	Semana 4	52	71	73.24%
Mar-23	Semana 1	53	67	79.10%
	Semana 2	49	67	73.13%
	Semana 3	49	63	77.78%
	Semana 4	53	65	81.54%
Abr-23	Semana 1	49	69	71.01%
	Semana 2	48	61	78.69%
	Semana 3	60	61	98.36%
	Semana 4	50	61	81.97%
Promedio de la eficiencia inicial				77.55%

Anexo 12. Cálculos de la eficacia inicial.

Mes	Semana	Producción real	Producción programada	Eficacia inicial
Ene-23	Semana 1	10	12	83.33%
	Semana 2	7	10	70.00%
	Semana 3	10	12	83.33%

	Semana 4	7	12	58.33%
Feb-23	Semana 1	9	12	75.00%
	Semana 2	7	13	53.85%
	Semana 3	10	10	100.00%
	Semana 4	8	11	72.73%
Mar-23	Semana 1	10	11	90.91%
	Semana 2	7	12	58.33%
	Semana 3	8	10	80.00%
	Semana 4	7	11	63.64%
Abr-23	Semana 1	10	12	83.33%
	Semana 2	10	13	76.92%
	Semana 3	9	10	90.00%
	Semana 4	9	10	90.00%
Promedio de la eficacia inicial				76.86%

Anexo 13. Realización del diagrama de Pareto.

Causas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Falta de un plan de mantenimiento preventivo	150	150	22.4	22.39%
No existe una cultura de atención al cliente	140	290	20.9%	43.28%

Falta de orden y limpieza en el área de mantenimiento	130	420	19.4%	62.69%
Procedimientos inadecuados	100	520	14.9%	77.61%
No hay planificación de compras de materiales	26	546	3.9%	81.49%
Capacitación ineficiente	21	567	3.1%	84.63%
Materiales desordenados y en mal estado	20	587	3.0%	87.61%
Mano de obra no calificada	18	605	2.7%	90.30%
Paradas innecesarias	16	621	2.4%	92.69%
Equipo mal calibrado	14	635	2.1%	94.78%
Espacio reducido para realizar actividades	11	646	1.6%	96.42%
No hay correcta clasificación de residuos peligrosos	10	656	1.5%	97.91%
No existe los adecuados EPPS	6	662	0.9%	98.81%
Equipos obsoletos	5	667	0.7%	99.55%
Mala regulación de máquinas	3	670	0.4%	100.00%
	670			

Anexo 14. Procedimientos de mantenimiento preventivo.

Procedimiento de mantenimiento preventivo.

El responsable gestiona el mantenimiento preventivo de los equipos operativos según el mes de correspondencia.

Tomando en cuenta las especificaciones del fabricante, frecuencia de uso y carga de trabajo se puede realizar una reprogramación y/o modificación de los correspondientes programas por diferentes circunstancias como:

- Resultado de las inspecciones periódicas por parte del usuario.
- Resultado de la criticidad de equipos.
- Resultado de la disponibilidad de equipos.
- Resultado de las necesidades del área.

El responsable coordina con los encargados de otras áreas, los mantenimientos preventivos programados para no interrumpir las operaciones o labores en ejecución.

La ejecución de la actividad de mantenimiento se ejecuta solicitándola según el formato Lista de requerimiento, F-MQ-SGI-LOG-06, y el Encargado de logística solicita la prestación de servicios según lo estipulado en el procedimiento de Compras y Servicios, P-MQ-SGI-LOG-03.

Se realiza el mantenimiento siguiendo los Instructivos de Mantenimiento de cada maquinaria o equipo en forma específica.

En caso se requiera un servicio, suministro o repuesto específico se genera un requerimiento mediante el formato Lista de requerimiento, F-MQ-SGI-LOG-06, esto es gestionado por el responsable y recepcionado por el Encargado de Logística.

El responsable se pone en contacto con el Proveedor del Servicio (Contratista) para las coordinaciones de la fecha de realización del trabajo.

El responsable supervisa y apoya a la empresa contratista durante el desarrollo de los trabajos según las actividades de mantenimiento especificadas, en caso que alguna actividad no se cumpla por algún motivo esta será reprogramada, por el responsable y con el encargado de área.

El responsable comunica al encargado de área correspondiente el término de los trabajos y las condiciones en que se deja el equipo, y/o instalaciones. Ambos dan conformidad del trabajo ejecutado luego de efectuar la prueba del equipo y dejando el área donde se realizó los trabajos ordenada y limpia. Visan el formato Registro de Mantenimiento, F-MQ-SGI-MAN-03, quedándose con una copia el encargado del área, el registro original es archivado por el área de mantenimiento.

Los equipos y/o maquinarias de cómputo que sufran daño y/o deterioro no correctivo, o que no es conveniente económicamente para la empresa su reparación, serán separados y catalogados como NO OPERATIVOS; y se procederá con el trámite respectivo para dar su baja definitiva.

Procedimiento de calibraciones de máquinas.

Programa de calibración y verificación: El Jefe de mantenimiento, anualmente elaborará el Programa de Calibración y verificación de equipos, PR-MQ-SGI-05, estableciendo fechas de calibración o verificación de instrumentos o equipos de medición.

Dentro del Programa de Calibraciones, se considerará a los “Patrones de medición” como un ítem adicional a calibrar, debido a que son la referencia para ejecutar las verificaciones de algunos instrumentos.

Responsable: jefe de mantenimiento.

Selección del proveedor: Para la ejecución de las calibraciones, el Jefe de Calidad coordina con el Jefe de Compras para la selección del proveedor, el mismo que deba:

- Cumplir con el rango de valores para la calibración del equipo.
- Otorgar una garantía del servicio ofrecido.
- De preferencia tener una certificación de calidad (ISO 9001).
- El Jefe de Calidad verificará y tendrá la potestad de aprobar o rechazar el servicio de calibración si no cumple con los rangos de calibración solicitados.
- El proveedor seleccionado, deberá figurar en la Lista de Proveedores seleccionados F-MQ-SGI-LOG-01, bajo responsabilidad del Encargado de Logística.

Ejecución de las calibraciones: Las verificaciones las realizará el jefe de mantenimiento encargo de ello, en la frecuencia establecida en Programa de Calibración y verificación de equipos, PR-MQ-SGI-05.

El jefe de mantenimiento registrará las verificaciones realizadas en el formato Verificación de equipos según corresponda el instrumento o equipo.

Las verificaciones serán realizadas usando patrones según el tipo de instrumento de medición que corresponda. Según los resultados de la verificación se determinará si el instrumento será retirado del proceso.

Cada operario de los instrumentos de medición es responsable de hacer llegar al inspector de calidad sus instrumentos de medición para su verificación en las fechas establecidas en el Programa de Calibración y verificación de equipos, PRMQ-SGI-05.

Anexo 15. Procedimiento de orden, limpieza y clasificación.

1. OBJETIVO

1.1. Establecer un procedimiento para que se mantengan en orden y limpieza en las áreas de la empresa, y conseguir así un ambiente de trabajo agradable.

2. ALCANCE

2.1. Este procedimiento es aplicable a todos los puestos y lugares de trabajo y afecta a todo el personal interno o externo de **empresa metalmecánica**.

3. RESPONSABILIDADES 3.1.

TRABAJADORES

- 3.1.1. Retirar de inmediato las cosas no necesarias de su área de trabajo.
- 3.1.2. Clasificar y almacenar el material reutilizable en el almacén correspondiente.
- 3.1.3. Seleccionar y depositar los desperdicios en los lugares correspondientes.
- 3.1.4. Mantener su área de trabajo ordenada y limpia.
- 3.1.5. Practicar diariamente el orden y limpieza.

3.2. COORDINADOR SGI

- 3.2.1. Asegurar que los trabajadores hayan recibido la capacitación de orden y Limpieza y/o la capacitación de STOP.
- 3.2.2. Deberá organizar y proveer ambientes para el depósito de materiales reutilizables y desechos.
- 3.2.3. Asegurar que todas las áreas de trabajo se mantengan limpias y ordenadas, mediante la adecuada supervisión e inspección.

3.3. JEFE INMEDIATO SUPERIOR

- 3.3.1. Detectar si algún trabajador no ha recibido la correspondiente capacitación de orden y limpieza y/o STOP, mediante la revisión del correspondiente formato de *Registro de inducción, capacitación, entrenamiento y simulacros de emergencia*, F-MQ-SGI-06.
- 3.3.2. Verificar las condiciones de orden y limpieza antes de cada operación.
- 3.3.3. Hacer seguimiento para que las condiciones de orden y limpieza se cumplan en todo momento hasta finalizada la labor.
- 3.3.4. No dar por culminada la operación hasta que el área de operación haya quedado en perfectas condiciones de orden y limpieza.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES 4.1.

LIMPIEZA

Acción de mantener el aseo y la pulcritud de un área de trabajo.

4.2. ORDEN

Disposición de las cosas en el lugar que les corresponde.

4.3. EQUIPO

Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo.

4.4. RESIDUO

Cualquier sustancia, desecho, objeto, etc., del que su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse.

5. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO 5.1.

ESTÁNDARES GENERALES

5.1.1. Mantener y respetar la Política General de:

“ANTES DE LIMPIAR, PREFERIBLE ES NO ENSUCIAR”

5.1.2. La integración, en las actividades regulares de trabajo, de las tareas de organización, orden y limpieza, de modo que las mismas no sean consideradas como tareas extraordinarias, sino como tareas ordinarias integradas en el flujo de trabajo normal.

5.1.3. Separar todo aquello que es innecesario, desechando lo que no se necesita.

5.1.4. Organizar el lugar de trabajo y mantener ordenadas las herramientas y materiales de tal forma que satisfagan los requerimientos de seguridad, calidad y eficiencia.

5.1.5. Ordenar las herramientas y materiales de manera tal que se evite su maltrato.

5.1.6. Ordenar las herramientas y materiales de manera que sean fácilmente disponibles, accesibles cuando se requieran.

5.1.7. Distribuir y colocar las señalizaciones de manera que permita un fácil control visual.

5.1.8. El orden y limpieza deben ser integrales en todas las áreas, en todos los ambientes, tanto en las zonas visibles y/o transitables, así como en las que no los son.

- 5.1.9.** Mantener siempre las escaleras, rampas, plataformas de andamios, pasajes y vías de circulación limpios y libres de materiales sueltos, retazos y de desperdicios en general.
- 5.1.10.** Se recogerán los útiles de trabajo en soportes o estantes adecuados que faciliten su identificación y localización.
- 5.1.11.** Se asignará un sitio para cada cosa y se procurará que cada cosa este siempre en su lugar.
- 5.1.12.** Siempre que se produzca algún derrame, se limpiará inmediatamente y se comunicará al responsable directo.
- 5.1.13.** Se señalarán los suelos húmedos para evitar posibles resbalones y caídas.
- 5.1.14.** Se procurará la limpieza de ventanas y tragaluces para que no dificulten la entrada de luz natural.
- 5.1.15.** Se mantendrán limpios los vestuarios, armarios, duchas, servicios, etc.
- 5.1.16.** En forma anual o cuando los procesos internos de la Empresa cambien, el Coordinador SGI y encargados de mantenimiento, evaluarán y actualizarán el mecanismo de Orden y Limpieza. Además, realizarán valoración de los materiales y equipos en la zona de su responsabilidad para decidir cuáles de ellos son necesarios y cuáles pueden almacenarse o, si procede, iniciar el proceso de enajenación.

5.2. ÁREAS DE TRABAJO Y CIRCULACIÓN

- 5.2.1.** Clasificar y almacenar el material reutilizable una vez concluidos los trabajos correspondientes.
- 5.2.2.** Los contenedores de desperdicios se evacuarán en forma diaria y/o hayan alcanzado su máxima capacidad.
- 5.2.3.** No se permitirá la acumulación de desechos, escombros, desmonte y material residual en desuso fuera de las áreas delimitadas y contenedores.

5.2.4. Evitar derrames de aceites y grasas. En caso se produzcan se aplicará acción correctiva de inmediato, restringiendo el acceso de personas a las áreas afectadas.

5.3. PISOS Y PASADIZOS

5.3.1. Deben estar bien iluminados y para casos de emergencia contar con iluminación auxiliar (Luces de Emergencia).

5.3.2. Los pasadizos deben estar señalizados para casos de emergencia y deben contar con extintores de fácil accesibilidad.

5.3.3. En los almacenes, los caminos de tránsito de peatones deben estar demarcados y/o señalizados para garantizar una circulación segura y eficiente. Estos caminos deben seguir una ruta lógica para facilitar la circulación.

5.3.4. Las cabinas, pasillos, barandas y guardas de los equipos deben estar libres de aceites, grasas y cosas innecesarias.

5.3.5. Deben mantenerse libres de peligros de deslizamiento y sin obstrucciones que dificulten una rápida evacuación en casos de emergencias.

5.4. INSPECCIONES

5.4.1. Se deben realizar inspecciones del cumplimiento del presente procedimiento en forma diaria.

5.4.2. El personal encargado de la correspondiente inspección es el asignado por el Coordinador SGI.

5.4.3. La inspección debe realizarse antes, durante y después de realizar una actividad y/o duración del turno de trabajo.

5.4.4. La inspección escrita se realiza una vez a la semana y se registra en el formato *Orden y limpieza*, F-MQ-SGI-45.

5.4.5. En forma mensual, el personal encargado de realizar la inspección será el Encargado de Proceso, Supervisor SST y Coordinador SGI. En esta revisión se obtendrá el correspondiente calificativo (Porcentaje de cumplimiento). Los resultados de dichas revisiones se colocarán, por los

responsables directos en el Periódico Mural, con el fin de que todo el personal los conozca.

5.4.6. La inspección mensual estará acompañada por el llenado del formato *Inspecciones Internas SST*, F-MQ-SGI-21.

Anexo 16. Mejoras físicas del almacén de la empresa metalmecánica.













Anexo 17. Plan de mantenimiento preventivo a las máquinas.

Cronograma de mantenimiento preventivo a las máquinas de la empresa metalmeccánica

Máquina	ítems	Abr-23				May-23				Jun-23				Jul-23				Ago-23				Set-23				% meta
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4																	
CIZALLA HIDRÁULICA	Planificado (P)		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%
	Ejecutado (E)		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
CEPILLO HORIZONTAL	Planificado (P)	P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%	
	Ejecutado (E)	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		
CNC CUTTING MACHINE 4000 / WELD DAF	Planificado (P)	P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%	
	Ejecutado (E)	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		
MANDRINADORA "VARNSDORF"	Planificado (P)		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%
	Ejecutado (E)		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
PRENSA PLEGADORA HIDRAULICA	Planificado (P)	P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%	
	Ejecutado (E)	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		
ROLADORA C.F. TENGE REITBERG	Planificado (P)		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%
	Ejecutado (E)		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
ROLADORA CHICA	Planificado (P)	P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%	
	Ejecutado (E)	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		
TALADRO BANDERA CSEPEL GRANDE	Planificado (P)		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%
	Ejecutado (E)		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
TORNO PARALELO 6MTS.	Planificado (P)	P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%	
	Ejecutado (E)	E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		
AMOLADORA MAKITA 4 1/2" - 840W	Planificado (P)		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P		P	100%
	Ejecutado (E)		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E		E	
Promedio del cumplimiento del mantenimiento preventivo																							100%			

Anexo 19.

Tiempo medio entre fallas final.

Máquinas	Horas de procesos	Número de reparaciones	MTBF por máquina
CIZALLA HIDRÁULICA	45.5	1	45.5
CEPILLO HORIZONTAL	46.1	1	46.1
CNC CUTTING MACHINE 4000 / WELD DAF	52.4	1	52.4
MANDRINADORA "VARNSDORF"	53.2	1	53.2
PRENSA PLEGADORA HIDRAULICA	47.5	1	47.5
ROLADORA C.F. TENGE REITBERG	51.3	1	51.3
ROLADORA CHICA	50.6	1	50.6
TALADRO BANDERA CSEPEL GRANDE	50.8	1	50.8
TORNO PARALELO 6MTS.	48.3	1	48.3
AMOLADORA MAKITA 4 1/2" - 840W	48.6	1	48.6
Promedio del MTBF de las máquinas	49.43	1.00	49.43

Anexo 20.

Tiempo medio para reparar final.

Máquina	Número de reparaciones	Horas de reparación	MTTR por máquina
CIZALLA HIDRAULICA	1	0.5	0.5
CEPILLO HORIZONTAL	1	0	0.0
CNC CUTTING MACHINE 4000 / WELD DAF	1	0.5	0.5
MANDRINADORA "VARNSDORF"	1	1	1.0
PRENSA PLEGADORA HIDRAULICA	1	1	1.0
ROLADORA C.F. TENGE REITBERG	1	0.5	0.5
ROLADORA CHICA	1	1	1.0
TALADRO BANDERA CSEPEL GRANDE	1	0	0.0

Anexo 21.

TORNO PARALELO 6MTS.	1	0.5	0.5
AMOLADORA MAKITA 4 1/2" - 840W	1	0	0.0
Promedio del MTTR de las máquinas	1.00	0.50	0.50

Disponibilidad de máquinas final.

Máquinas	MTTR por máquina	MTBF por máquina	Disponibilida d por máquina
Cizalla Hidráulica	0.50	45.50	98.91%
Cepillo Horizontal	0.00	46.10	100.00%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	0.50	52.40	99.05%
Mandrinadora "Varnsdorf"	1.00	53.20	98.15%
Prensa Plegadora Hidraulica	1.00	47.50	97.94%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	0.50	51.30	99.03%
Roladora Chica	1.00	50.60	98.06%
Taladro Bandera Csepel Grande	0.00	50.80	100.00%

Anexo 22.

Torno Paralelo 6mts.	0.50	48.30	98.98%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	0.00	48.60	100.00%
Promedio de la disponibilidad final de las máquinas	0.50	49.43	99.00%

Rendimiento de máquinas finales.

Máquinas	Tiempo de ciclo teórico	Cantidad procesado	Tiempo de operación	Rendimiento por máquina
Cizalla Hidráulica	13.5	4	10	95.00%
Cepillo Horizontal	13.5	3	11	95.45%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	13	6	7.5	93.33%
Mandrinadora "Varnsdorf"	14	4	10.5	95.24%
Prensa Plegadora Hidraulica	14.5	5	10	95.00%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	12	5	7.5	93.33%
Roladora Chica	14	5	9.5	94.74%
Taladro Bandera Csepel Grande	15	7	8.5	94.12%
Torno Paralelo 6mts.	12.3	6	6.5	96.92%

Anexo 23.

Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	13	6	7	100.00%
Promedio del rendimiento				95.31%

Anexo 23. Calidad de máquinas finales.

Máquinas	Cantidad procesada	Defectos	Cantidad procesada	Calidad por máquina
Cizalla Hidráulica	4	1	4	75.00%
Cepillo Horizontal	3	1	3	66.67%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	6	0	6	100.00%
Mandrinadora "Varnsdorf"	4	0	4	100.00%
Prensa Plegadora Hidraulica	5	0	5	100.00%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	5	0	5	100.00%
Roladora Chica	5	0	5	100.00%
Taladro Bandera Csepel Grande	7	0	7	100.00%
Torno Paralelo 6mts.	6	0	6	100.00%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	6	0	6	100.00%
Promedio de la calidad				94.17%

Anexo 24. OEE de máquinas finales.

Máquinas	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE por máquina
Cizalla Hidráulica	98.91%	95.00%	75.00%	70.47%
Cepillo Horizontal	100.00%	95.45%	66.67%	63.64%
Cnc Cutting Machine 4000 / Weld Daf	99.05%	93.33%	100.00%	92.45%
Mandrinadora "Varnsdorf"	98.15%	95.24%	100.00%	93.48%
Prensa Plegadora Hidráulica	97.94%	95.00%	100.00%	93.04%
Roladora C.F. Tenge Reitberg	99.03%	93.33%	100.00%	92.43%
Roladora Chica	98.06%	94.74%	100.00%	92.90%
Taladro Bandera Csepel Grande	100.00%	94.12%	100.00%	94.12%
Torno Paralelo 6mts.	98.98%	96.92%	100.00%	95.93%
Amoladora Makita 4 1/2" - 840w	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Promedio del OEE				88.85%

OEE < 65% Malo Inaceptable Grandes pérdidas

económicas. Muy Baja

65% ≤ OEE < 75% Regular Aceptable solo si está en proceso de mejora Grandes pérdidas económicas Baja

75% ≤ OEE < 85% Buena Aceptable Ligeras pérdidas económicas.

Ligeramente Baja o media 85% ≤ OEE < 95% Muy buena Aceptable

Se acerca a la excelencia. Liderazgo

en el Mercado

Buena

OEE ≥ 95% Excelente Excelente

Anexo 25. Eficiencia final.

Mes	Semana	Horas máquinas trabajadas	Horas máquinas disponibles	Eficiencia final
Jun-23	Semana 1	67	72	93.06%
	Semana 2	63	67	94.03%
	Semana 3	69	71	97.18%
	Semana 4	65	67	97.01%
Jul-23	Semana 1	69	71	97.18%
	Semana 2	62	64	96.88%
	Semana 3	61	65	93.85%
	Semana 4	68	71	95.77%
Ago-23	Semana 1	64	67	95.52%
	Semana 2	64	67	95.52%
	Semana 3	58	63	92.06%
	Semana 4	62	65	95.38%
Set-23	Semana 1	66	69	95.65%
	Semana 2	58	61	95.08%

	Semana 3	57	61	93.44%
	Semana 4	57	61	93.44%
Promedio de la eficiencia final				95.07%

Anexo 26. Eficacia final.

Mes	Semana	Producción real	Producción programada	Eficacia final
Jun-23	Semana 1	12	12	100.00%
	Semana 2	9	10	90.00%
	Semana 3	11	12	91.67%
	Semana 4	12	12	100.00%
Jul-23	Semana 1	12	12	100.00%
	Semana 2	13	13	100.00%
	Semana 3	9	10	90.00%
	Semana 4	10	11	90.91%
Ago-23	Semana 1	10	11	90.91%
	Semana 2	12	12	100.00%
	Semana 3	10	10	100.00%
	Semana 4	10	11	90.91%

Set-23	Semana 1	11	12	91.67%
	Semana 2	13	13	100.00%
	Semana 3	10	10	100.00%
	Semana 4	9	10	90.00%
Promedio de la eficacia final				95.38%

Anexo 27. Análisis de la criticidad de máquinas.

1.- Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)	PUNTAJE
Entre 0 y 1 por semestre	1
Entre 2 y 4 por semestre	2
Entre 4 y 6 por semestre	3
Entre 6 y 8 por semestre	4
Más de 8 por semestre	5
2.- Tiempo Medio para Reparar (MTTR)	PUNTAJE
Menos de 1 horas	1
Entre 1 y 2 horas	2
Entre 2 y 6 horas	3
Entre 6 a 12 horas	4
Más de 12 horas	5
3.- Impacto Sobre la Producción	PUNTAJE
No afecta la producción o actividad	2
25% de impacto	4
50% de impacto	6
75% de impacto	8
Afecta totalmente la producción o actividad	10
4.- Costo de Reparación	PUNTAJE
Menos de S/.100	3
Entre S/.100 y S/.290	5
Entre S/.300 y S/.540	10
Entre S/. 550 y S/.900	15
Más de S/.900	25
5.- IMPACTO AMBIENTAL	PUNTAJE
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta	5
Contaminación Ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación Ambiental Alta, incumpliendo las normas de medio ambiente	25

6.- Impacto en Salud y Seguridad Personal	PUNTAJE
No ocasiona problemas en la salud ni genera lesiones a los colaboradores	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas levemente graves con incapacidad temporal entre 1 a 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a los 30 días o incapacidad parcialmente temporal	25

FORMATO PARA ENCUESTA DE ANALISIS DE CRITICIDAD			
Equipo _____		Área _____	
Código: _____		Fecha _____	
1.- Frecuencia de Falla (Todo Tipo de Falla)		2.- Tiempo Medio para Reparar (MTTR)	
	Entre 0 y 1 por semestre		Menos de 1 horas
	Entre 2 y 4 por semestre		Entre 1 y 2 horas
	Entre 4 y 6 por semestre		Entre 2 y 6 horas
	Entre 6 y 8 por semestre		Entre 6 a 12 horas
	Más de 8 por semestre		Más de 12 horas
3.- Impacto sobre la producción		4.- Costo de Reparación	
	No afecta la producción o actividad		Menos de S/.100
	25% de impacto		Entre S/.100 y S/.290
	50% de impacto		Entre S/.300 y S/.540
	75% de impacto		Entre S/. 550 y S/.900
	Afecta totalmente la producción o actividad		Más de S/.900
5.- IMPACTO AMBIENTAL			
	No origina ningún impacto ambiental		
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de los límites de la planta		
	Contaminación Ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta		

	Contaminación Ambiental Alta, incumpliendo las normas de medio ambiente
6.- Impacto en Salud y Seguridad Personal	
	No ocasiona problemas en la salud ni genera lesiones a los colaboradores
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes
	Puede ocasionar lesiones o heridas levemente graves con incapacidad temporal entre 1 a 30 días
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a los 30 días o incapacidad parcialmente temporal

Frecuencia	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
	Impacto total	0-25	26-50	51-75	76-100	101-125

	Criticidad baja
	Criticidad alta
	Criticidad muy alta

Resultado de análisis de criticidad de las máquinas.

RESULTADO DE ANALISIS DE CRITICIDAD								
Máquina	Frecuencia de Falla	Tiempo medio para reparar (MTTR)	Impacto en la producción	Costo de Reparación	Impacto Ambiental	Impacto en la Salud y seguridad Personal	Impacto Total	CRITICIDAD
CIZALLA HIDRAULICA	2	1	4	10	0	5	102	
CEPILLO HORIZONTAL	2	2	4	10	5	5	108	
CNC CUTTING MACHINE 4000 / WELD DAF	3	2	4	10	5	5	78	
MANDRINADORA "VARNSDORF"	2	3	6	15	10	10	111	
PRENSA PLEGADORA HIDRAULICA	3	4	6	25	10	25	84	
ROLADORA C.F. TENGE REITBERG	3	3	6	10	10	10	90	
ROLADORA CHICA	4	1	2	3	0	0	55	
TALADRO BANDERA CSEPEL GRANDE	2	2	4	5	5	5	123	
TORNO PARALELO 6MTS.	4	4	8	15	25	25	67	

AMOLADORA MAKITA 4 1/2" - 840W	3	4	8	25	10	25	92	
-----------------------------------	---	---	---	----	----	----	----	--