

**Preventive maintenance for welding equipment in the mechanical
processes workshop at ISTLAM**

**Mantenimiento preventivo a los equipos de soldadura del taller de
procesos mecánicos en el ISTLAM**

Autores:

Mera-Arteaga, Jesus Alberto
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI

Maestrante
Maestrante, Maestría en Mantenimiento Industrial
Facultad de Posgrado
Portoviejo – Ecuador
INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO LUIS ARBOLEDA MARTÍNEZ
Coordinador de la Carrera de Tecnología Superior en Soldadura
Manta – Ecuador



jmera0836@utm.edu.ec – je.mera@istlam.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0009-6747-4693>

Velepucha-Sánchez, Jorge Milton
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI

Magister en Mantenimiento Industrial, Mención en Gestión Eficiente del Mantenimiento
Portoviejo – Ecuador



jorge.velepucha@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-3600-5896>

Arcentales-Toala, Galvin Antonio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI
Magíster en Docencia e Investigación Educativa
Portoviejo – Ecuador



galvin.toala@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-6934-267X>

Fechas de recepción: 20-OCT-2024 aceptación: 20-NOV-2024 publicación: 15-DIC-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez de la ciudad de Manta, centrado en el taller de procesos mecánicos, donde se encuentran las máquinas de soldadura utilizadas para la formación técnica de los estudiantes. Estas máquinas abarcan procesos de soldadura esenciales como SMAW, GMAW, GTAW y PAC, fundamentales en el desarrollo de competencias prácticas.

El marco teórico aborda el mantenimiento preventivo y sus indicadores, que miden la efectividad de las intervenciones, además del Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) y el análisis de criticidad, herramientas clave para identificar y priorizar componentes críticos. También se exploran los procesos de soldadura SMAW, GMAW, GTAW y PAC, proporcionando una base técnica para el diseño de un plan de mantenimiento específico.

En la metodología, se empleó el método KANT para estructurar y ejecutar el mantenimiento. Se desarrollaron matrices de indicadores de mantenimiento y de AMEF, junto con un análisis de criticidad, permitiendo una planificación precisa y la priorización de los equipos y componentes según su impacto en el rendimiento y la seguridad.

Finalmente, se implementó un programa de mantenimiento detallado, que especifica actividades de inspección, limpieza, ajuste y reemplazo para cada equipo de soldadura. Se establecieron frecuencias de mantenimiento basadas en el desgaste y el uso de cada máquina, garantizando su óptimo funcionamiento y prolongando su vida útil en el taller del instituto.

Palabras clave: Mantenimiento Industrial; AMEF; Análisis de Criticidad; Procesos de Soldadura



Abstract

This research study was conducted at the Luis Arboleda Martínez Higher Technological Institute in the city of Manta, focused on the mechanical processes workshop, where welding machines used for students' technical training are located. These machines support essential welding processes such as SMAW, GMAW, GTAW, and PAC, which are fundamental in the development of practical skills.

The theoretical framework addresses preventive maintenance and its indicators, which measure the effectiveness of interventions, along with Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and criticality analysis. These are key tools for identifying and prioritizing critical components. The study also explores SMAW, GMAW, GTAW, and PAC welding processes, providing a technical foundation for designing a specific maintenance plan.

In the methodology, the KANT method was used to structure and execute maintenance tasks. Maintenance indicator matrices, FMEA, and criticality analysis were developed, allowing precise planning and prioritization of equipment and components based on their impact on performance and safety.

Finally, a detailed maintenance program was implemented, specifying inspection, cleaning, adjustment, and replacement activities for each welding machine. Maintenance frequencies were established based on the wear and usage of each machine, ensuring optimal functionality and extending their service life in the institute's workshop.

Keywords: Industrial Maintenance; FMEA; Criticality Analysis; Welding Processes



Introducción

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo en equipos de soldadura en talleres de procesos mecánicos, como el del Instituto Tecnológico Superior de Lámpara Mecánica (ISTLAM), es crucial para asegurar la operatividad y la prolongación de la vida útil de los equipos. La teoría sobre el mantenimiento preventivo y sus aplicaciones se centra en la reducción de costos de reparación, la optimización de la disponibilidad de las máquinas y la prevención de fallas imprevistas.

Solihin et al. destacan que “el mantenimiento preventivo en equipos de soldadura aumenta significativamente su confiabilidad y disponibilidad mediante la planificación adecuada de intervalos de mantenimiento, basándose en la tasa media de tiempo entre fallas (MTBF) y otros parámetros de confiabilidad” (2021). Por su parte, Zhu et al. argumentan que, en industrias críticas, “el mantenimiento preventivo debe adaptarse a los tiempos de disponibilidad del equipo para minimizar los costos de interrupción de operaciones, lo que es especialmente relevante en un entorno educativo y de producción continua” (2019).

Asimismo, Zhang plantean la necesidad de modelos de decisión que combinen diferentes métodos de mantenimiento para reducir los costos y mejorar la eficiencia. En este sentido, los enfoques combinados de mantenimiento permiten al taller priorizar las áreas críticas y aplicar recursos de manera más eficaz, contribuyendo así a la eficiencia de los equipos mecánicos (Zhang et al., 2020).

Por otro lado, Huang resalta la importancia de contar con equipos de mantenimiento preventivo específicos que eviten contaminaciones en áreas adyacentes, especialmente en equipos de soldadura donde el desgaste de los componentes es frecuente debido al ambiente de trabajo. Este tipo de estrategias asegura que el mantenimiento sea limpio y eficiente, reduciendo los tiempos muertos y los costos asociados (Huang, 2021).

En un contexto industrial actual, Hardt et al. discuten la incorporación de metodologías de Mantenimiento Productivo Total (TPM) modificadas para adaptarse a las tecnologías de la Industria 4.0, sugiriendo que el monitoreo de datos en tiempo real optimiza la planificación del mantenimiento preventivo y permite una mayor precisión en la toma de decisiones. Esto



es aplicable en talleres educativos donde la inversión en tecnología puede aumentar la capacidad de mantenimiento preventivo mediante el análisis de datos en tiempo real (2021). El mantenimiento basado en condiciones específicas de operación también ha sido resaltado por quienes subrayan que, “a diferencia del mantenimiento reactivo, el preventivo permite identificar fallas incipientes y así mejorar la eficiencia general del equipo mediante la reducción de interrupciones no planificadas”. Esto es particularmente útil en entornos de enseñanza donde la disponibilidad continua de equipos es esencial para la práctica estudiantil (Kalra, Thakur, & Pabla, 2018).

En talleres de producción y enseñanza, Mrugalska et al. (2018) señalan que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo no solo mejora la disponibilidad y eficiencia de los equipos, sino que también cambia la actitud de los operarios y personal de mantenimiento, generando una cultura de prevención que es crucial para el mantenimiento continuo de los equipos.

Además, la aplicación de Internet de las Cosas en el mantenimiento preventivo, permite la monitorización constante de los equipos de soldadura en tiempo real, lo cual “facilita la identificación de patrones de falla y mejora la eficiencia del mantenimiento al predecir posibles problemas antes de que ocurran. Este tipo de tecnologías puede ser de gran valor en talleres mecánicos educativos que buscan optimizar sus recursos tecnológicos” (Leong, Poh, & Pheng, 2019).

Finalmente, Wang et al. y Liu et al. subrayan que la optimización del mantenimiento preventivo mediante modelos centrados en la confiabilidad y el análisis de datos históricos permite una gestión más efectiva de los equipos. Esto implica no solo reducir los costos de mantenimiento, sino también prolongar la vida útil de los equipos y maximizar su disponibilidad, factores esenciales en el entorno educativo del ISTLAM. (Wang et al., 2023) (Liu et al., 2023).

El mantenimiento preventivo de equipos de soldadura en el taller de procesos mecánicos del ISTLAM es una estrategia vital que permite mejorar la disponibilidad y prolongar la vida útil de los equipos. La incorporación de tecnologías avanzadas y la planificación cuidadosa basada en la confiabilidad y la disponibilidad representan una solución eficaz y sostenible para la gestión de mantenimiento en entornos de enseñanza técnica.



Generalidades del Mantenimiento

El mantenimiento ha sido un proceso que se ha tornado desde las antigüedades, este ha venido pasando por diferentes etapas realizando mejoras a través del tiempo esto lo podemos ver en las diferentes teorías escritas sobre los procesos establecidos, una de ellas es la que representan los autores Hung (2009) y Moubray (2004) donde se relata sobre la revolución y generación del mantenimiento a través del tiempo. Sin embargo, es posible determinar las circunstancias existentes de las condiciones características de un activo para empezar el acto del mantenimiento.

Es necesario establecer según el requerimiento la elección de un tipo de mantenimiento que sea rentable, eficiente y eficaz. Para ello se debe tener en cuenta los indicadores que permiten leer las condiciones de mantenimientos que se tiene, los Indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación empresarial asociados al área de efectividad permiten “evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento” (L. Amendola, 2003, p. 2).

Estos indicadores son:

- Tiempo Promedio para Fallar (TPPS) – Mean Time To Fail (MTTF)
- Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) – Mean Time To Repair
- Disponibilidad
- Utilización
- Confiabilidad
- Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures (MTBF)

Mantenimiento de Equipos

El mantenimiento es el conjunto de acciones destinadas a conservar y restaurar el estado funcional de los equipos, asegurando así su rendimiento y prolongación de vida útil (Gómez



Chaparro et al., 2019). A su vez, constituye un proceso fundamental en la gestión de activos en entornos industriales y comerciales (Paredes-Rodríguez et al., 2022), y permite una reducción de costos al minimizar las fallas no planificadas (Yunta & Rodrigo, 2019).

Por lo tanto, es indispensable establecer las condiciones de cómo se debe conservar, restaurar el estado y funcionamiento de los equipos de soldar del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez.

Importancia del Mantenimiento en la Industria y la Academia

El mantenimiento es esencial tanto en la industria como en la academia, ya que garantiza la continuidad operativa y la seguridad en los equipos. En la industria, el mantenimiento adecuado “permite reducir el tiempo de inactividad y optimiza la productividad, lo cual es fundamental para la competitividad” (Barriento & Achcar, 2019). Asimismo, en la academia, el mantenimiento es clave para el buen funcionamiento de las instalaciones educativas, permitiendo a los estudiantes y al personal académico realizar sus actividades de forma segura y eficiente (Pantoja-Agreda et al., 2021). Además, el mantenimiento preventivo ayuda a extender la vida útil de los activos, lo que representa un ahorro considerable en recursos a largo plazo (Giménez & Briceño, 2019). Finalmente, una gestión eficaz del mantenimiento fomenta una cultura de cuidado y sostenibilidad en el uso de los recursos, tanto en el sector educativo como en el industrial (González Yunta & Rodrigo, 2019).

Fundamentos del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo en la industria se define como un conjunto de acciones planificadas para prevenir fallas en equipos y sistemas críticos, extendiendo su vida útil y mejorando la seguridad operativa. La implementación de prácticas de mantenimiento preventivo en entornos industriales “no solo reduce el riesgo de paradas imprevistas, sino que también contribuye a una gestión más eficiente de los recursos, aumentando la disponibilidad de los activos y disminuyendo los costos asociados a fallas no planificadas” (Tarasova et al., 2019).



En cuanto a los principios del mantenimiento preventivo, estos se aplican tanto en sectores industriales como académicos, donde la planificación y el seguimiento continuo de los activos permite maximizar su rendimiento y evitar intervenciones de emergencia. “Este tipo de mantenimiento involucra actividades programadas de inspección, ajuste y reemplazo de piezas clave, lo cual promueve una cultura de responsabilidad y optimización de recursos” (Chen et al., 2020). Las ventajas del mantenimiento preventivo incluyen, además de la reducción de costos operativos, una mejora en la seguridad de los trabajadores y una mayor sostenibilidad operativa; sin embargo, también requiere una inversión inicial significativa y personal capacitado para su correcta implementación.

La relación entre el mantenimiento preventivo y otros tipos de mantenimiento, como el predictivo y el proactivo, se basa en un enfoque de gestión integral de activos. Mientras el mantenimiento preventivo se centra en intervenciones rutinarias, el predictivo utiliza tecnologías avanzadas para identificar fallas potenciales antes de que ocurran, y el proactivo busca “erradicar las causas raíz de los problemas, promoviendo una optimización continua de los sistemas” (Rodrigues et al., 2021).

Programación y Planificación del Mantenimiento Preventivo

La programación y planificación del mantenimiento preventivo son fundamentales para asegurar la disponibilidad y eficiencia de los activos industriales, minimizando las interrupciones no programadas y reduciendo costos de reparación. La planificación implica definir las actividades de mantenimiento necesarias y asignar los recursos para llevarlas a cabo, lo que permite una intervención anticipada antes de que los fallos se conviertan en problemas graves. La programación, por su parte, organiza estas actividades en un calendario estructurado, optimizando el tiempo y la asignación de personal.

Un plan de mantenimiento preventivo efectivo incluye no solo una lista detallada de tareas, sino también un sistema de priorización de intervenciones basadas en la criticidad de los equipos, garantizando así que los activos más importantes reciban atención adecuada y oportuna (Silva Urbina et al., 2020).



Existen algunas actividades que se pueden considerar de tipo genéricas que se deben realizar dentro de un mantenimiento preventivo, las mismas que se detallan a continuación:

Matriz de Modos y Efectos de Fallo (AMEF)

La matriz de fallos AMFE es una de las herramientas técnicas utilizadas para los modos en los procesos de producción, con el fin de implementar estrategias para el análisis y prevención de los fallos. Es así como la matriz “ayuda a la evaluación de las actividades que van relacionadas con los procesos e identificación de las averías y fallos para sus posteriores procesos de mantenimiento” Rodríguez Calderón, et al (2018). Es recomendable aplicar esta herramienta a principios del proceso y posteriormente su evaluación según fluya el proceso de producción

Cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo (NPR)

El índice de prioridad de riesgo es un “número adimensional que se calcula mediante el producto de la frecuencia por la gravedad y la detectabilidad, el valor obtenido permite priorizar la urgencia y el orden de las intervenciones o acciones a implementar, permitiendo controlar los fallos de mayor riesgo” Freire Pérez, F. I. (2019), esto se lo hace como se expresa en la ecuación.

$$NPR = S * O * P$$

Se debe considerar que el cálculo del índice NPR puede traer problemas, debido a que la probabilidad de detección y su respectiva correspondencia tiene una tendencia lineal, por el contrario de la relación entre la probabilidad de ocurrencia y la asignación no siguen la linealidad. De igual manera diferentes valores que pueden tomar el índice “O” y “D” podrían proporcionar el mismo valor de NPR y así tener implicaciones de riesgo diferentes.

Análisis de Criticidad



El análisis de criticidad es una herramienta que permite el cambio en las plantas, ya que permite la organización, planificación, la ejecución y el control del mantenimiento, teniendo en cuenta los rangos de costo, los índices de tiempo, la seguridad y la confiabilidad. Alfonso, Y., et al, (2017).

Mientras que la criticidad se representa mediante la siguiente expresión matemática.

$$\textbf{Criticidad} = \textbf{Frecuencia} \times \textbf{Consecuencia}$$

Este tipo de análisis “es una técnica de simple manejo que establece rangos relativos con el fin de representar las probabilidades y frecuencias de los eventos y las consecuencias” Daquinta, A., et al, (2018). Dichas magnitudes se representan en una matriz que contiene base de códigos y colores que expresan la magnitud de riesgo en las instalaciones, los equipos o los dispositivos.

Tipos de Procesos de Soldadura

La soldadura es una técnica esencial en el ámbito industrial que permite la unión de materiales metálicos mediante la aplicación de calor, presión o una combinación de ambos. Su aplicación es fundamental en sectores como la construcción, la automoción y la fabricación de maquinaria, donde se requieren uniones fuertes y duraderas. Según Garrido Campos et al. (2020), “los avances en la automatización y la industria 4.0 han mejorado significativamente los procesos de soldadura, permitiendo una mayor precisión y control en entornos industriales automatizados”. Asimismo, Hernández et al. destacan “la importancia de la soldadura en la fabricación de estructuras resistentes, especialmente en la producción de maquinaria pesada y estructuras para edificaciones, donde la calidad de las soldaduras es crucial para la integridad estructural” (2020).

Proceso de Soldadura SMAW

La soldadura de arco eléctrico, conocida como SMAW por sus siglas en inglés (Shielded



Metal Arc Welding), es uno de los procesos más antiguos para la unión de metales, trajo grandes resultados tanto en orden técnico como económico, permitiendo así el desarrollo de procesos más eficientes. Flores, C. (2018).

Esta técnica se basa en el calor de soldadura que es generado por un arco eléctrico entre la base de metal y un electrón metálico, recubierto con químicos en composiciones adecuadas. Lema, B. (2020).

Proceso de Soldadura GMAW

Es uno de los procesos más populares de la industria, ya que puede ser utilizado con todos los metales como acero al carbono y de aleación, aluminio, hierro, etc. Esta técnica nació en 1940 se refiere a una soldadura por arco con protección gaseosa y de electrodo consumible, conocido como GMAW por sus siglas en inglés Gas Metal Arc Welding, prácticamente se refiere a una técnica de soldeo de metales por medio de la fusión de calor, que se genera por un arco eléctrico que está protegida del ambiente con gas. La energía necesaria es proveniente del arco eléctrico que transporta cationes y electrones entre el cátodo y el ánodo, mediante la columna de plasma que depende del gas, un electrodo y la corriente que se aplica, al momento en el cual los iones chocan con la superficie opuesta, se genera transformación de energía cinética en calor. Esta energía es proporcional a la suma y el cuadrado de la velocidad, por otro lado, los cationes poseen una masa elevada, aunque estos son acelerados hasta alcanzar una velocidad baja promedio por el campo, lo que produce el alcance baja de la energía cinética que los electrones al ser más ligeros y veloces. Llano, C. (2018).

Proceso de Soldadura GTAW

El proceso de Soldadura con Gas Tungsteno (GTAW) es ampliamente utilizado en la industria debido a su capacidad para producir uniones de alta calidad y precisión. Este método, también conocido como soldadura TIG, emplea un electrodo de tungsteno no consumible y un gas de protección inerte para prevenir la oxidación del metal fundido, lo que permite obtener una soldadura limpia y resistente. Un estudio reciente destaca el uso de



variantes en el proceso GTAW, “como la alimentación de alambre a alta frecuencia, que aumenta la robustez y estabilidad del proceso mediante la formación uniforme de gotas, lo que optimiza la calidad de la soldadura” (Silva et al., 2019). Otro avance significativo es la automatización del GTAW en la fabricación de aleaciones de aluminio, “mejorando la eficiencia sin comprometer la resistencia de las uniones en condiciones industriales exigentes” (Zhang et al., 2022).

Proceso de Soldadura PAW

El proceso de Corte por Arco de Plasma (PAC) es ampliamente utilizado en la industria debido a su capacidad para cortar metales de alta resistencia con precisión y velocidad. En PAC, el ajuste óptimo de parámetros como corriente, velocidad de corte, y distancia de separación es crucial para minimizar defectos como la formación de rebabas y mejorar la calidad del corte. Un estudio realizado en acero bajo en carbono destaca cómo la velocidad de corte y la corriente afectan la rugosidad de la superficie y la geometría de la ranura, señalando que un ajuste cuidadoso de estos parámetros puede mejorar la integridad de la superficie de corte (Gostimirović et al., 2020). Otro estudio en aleaciones de Monel 400 revela que el PAC es efectivo para cortar perfiles complejos en materiales conductores, destacando la influencia de factores como la presión del gas y la distancia de separación en la precisión del corte (Ananthakumar et al., 2019). Estos hallazgos demuestran que el PAC es una opción versátil y eficiente para aplicaciones industriales complejas.

Material y Métodos

El objeto de estudio de este proyecto son los equipos y las maquinarias así como las actividades de mantenimiento que se generan a las máquinas de soldadura del taller de procesos mecánicos del ISTLAM, el mantenimiento industrial de equipos y máquinas es aquel que consiste en asegurar el buen funcionamiento y operación de los activos presentes



en un establecimiento productivo, así como garantizar su buen estado, las actividades de mantenimiento preventivas permiten reparar antes de que el fallo ocurra.

Las estrategias de mantenimiento ayudan a dirigir el área de mantenimiento el cual conlleva una gran responsabilidad, ya que debe garantizar el correcto funcionamiento de los equipos para la producción, es por ello importante realizar un mantenimiento preventivo a los equipos de Soldadura que forman parte del taller de proceso mecánicos del ISTLAM.

Tomando en consideración lo postulado en la elaboración de programa de mantenimiento (Barco, 2021); (Carreras, 2018); (Michael Herrera, 2016), a partir del análisis del objeto de estudio el fundamento de un programa de mantenimiento constituye en el cumplimiento con los objetivos de aumentar la vida útil de los equipos, para el cual se determinan tareas de mantenimiento preventivas, para llevarlas a cabo se basa en la recomendación del fabricante o basarse en procedimiento para la obtención de información, tales como técnicas e instrumentos, que permite la solución del problema.

Dentro de los modelos de mantenimiento, hay bases que apoyan su implementación, ya que aplicadas correctamente orientan a la organización hacia una nueva estrategia de mantenimiento, en vista que la empresa necesita una herramienta para determinar las actividades de mantenimiento se decide proponer un programa de mantenimiento.

La propuesta de un programa de mantenimiento engloba actividades rutinarias diarias, semanales y mensuales así mismo actividades programadas que se realizan a lo largo del año, con el fin de mantener en función los equipos evitando el fallo, situación que busca se busca a través de este programa para las máquinas de Soldadura del ISTLAM.

En correspondencia a lo anterior (Michael Herrera, 2016), plantea la metodología basada en el método Kant, presenta la lógica para la solución al problema, es una herramienta que se utiliza en el mantenimiento para optimizar el proceso de revisión y mejora de equipos y sistemas, evaluando cada componente y actividad en términos de su relevancia y efectividad en el proceso.

Las técnicas a emplearse para el desarrollo de este trabajo de investigación son las siguientes: recolección de datos la observación, entrevista, revisión y análisis de documentos.



Observación: Se realizó las observaciones directas al área en donde se encuentran las máquinas de soldar de los diferentes procesos para la obtener información sobre el área, equipos y demás objetivos que sean de ayuda para el trabajo de investigación.

Entrevista: Se aplicó una entrevista a los docentes que hacen utilización de las máquinas de soldar en el taller de procesos mecánicos con la finalidad de recabar información sobre los procesos de mantenimientos de las máquinas.

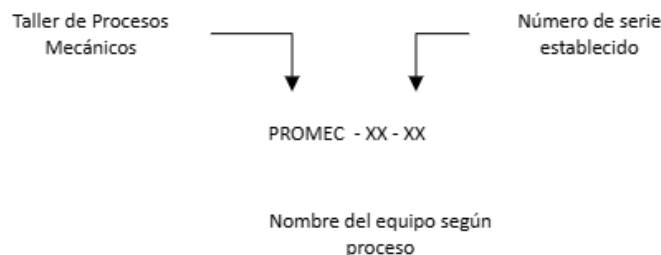
Análisis de Documentación: Se aplicó esta técnica para recopilar la información sobre la adquisición de los equipos y las consideraciones de trabajos a los que están sometidas las máquinas de Soldar del taller.

Ficha Técnica de los Equipo: las fichas técnicas de los equipos es información relevante para obtener las principales características de los equipos como la función principal.

Es importante establecer el inventario con la respectiva codificación de cada uno de los equipos para que de esta forma facilite la recopilación de información en caso de un fallo y proceder a generar las actividades de mantenimiento según se establezcan en el programa de mantenimiento. El inventario es un listado de toda la maquinaria de la empresa con sus características generales y su ubicación específica en planta, la finalidad de este listado es llevar un control de todos los elementos, ya sean estos, máquinas o equipos para, a través de un código, sea más rápido identificarlos. A pesar de que las máquinas ya tienen una codificación determinada por la entidad que la regula, para mayor facilidad se implementará una codificación especial para el área de mantenimiento donde se pueda identificar de manera rápida:

Figura 1.

Ejemplo de codificación para inventario



Fuente: Elaboración propia.

De la cual se detallan a continuación el inventario registrado en el taller de procesos mecánicos:

Tabla 1.
Equipos de Soldadura del Taller de Procesos Mecánicos

Nro.	Equipo	Marca	Modelo	Estado	Código	Ubicación
1	Equipo de Soldadura SMAW	ESAB	ES 300i	Óptimo	PROMEC-SMW-36678077	Cabina #1
2	Equipo de Soldadura SMAW	ESAB	ES 300i	Óptimo	PROMEC-SMW-36678078	Cabina #4
3	Equipo de Soldadura SMAW	ESAB	ES 300i	Óptimo	PROMEC-SMW-36678079	Cabina#3
4	Equipo de Soldadura SMAW	ESAB	ES 300i	Óptimo	PROMEC-SMW-36678080	Cabina #2
5	Equipo Soldadura GMAW-FCAW	CEBORA	SYNSTAR 270T	Óptimo	PROMEC-GMW-36678086	Cabina #6
6	Equipo Soldadura GMAW-FCAW	CEBORA	SYNSTAR 270T	Óptimo	PROMEC-GMW-36678087	Bodega
7	Equipo Soldadura	CEBORA	SYNSTAR 270T	Óptimo	PROMEC-GMW-36678088	Bodega



	GMAW- FCAW					
8	Equipo Soldadura GMAW- FCAW	CEBORA	SYNSTAR 270T	Óptimo	PROMEC-GMW- 36678089	Bodega
9	Equipo De Soldadura GTAW	CEBORA		Óptimo	PROMEC-GTW- 36678071	Cabina #5
10	Equipo De Soldadura GTAW	CEBORA		Medio	PROMEC-GTW- 36678072	Bodega
11	Equipo De Soldadura Multiproce sos	ESAB	EMP 285ic 1PH	Óptimo	PROMEC-MPROC- 36678073	Bodega
12	Equipo De Soldadura Multiproce sos	ESAB	EMP 285ic 1PH	Medio	PROMEC-MPROC- 36678075	Cabina #7
13	Equipo De Corte Por Plasma	HYPERTH ERM	POWERM AX 85	Óptimo	PROMEC-PAC- 36678065	Bodega
14	Equipo De Corte Por Plasma	HYPERTH ERM	POWERM AX 85	Óptimo	PROMEC-PAC- 36678066	Bodega
15	Equipo De Corte Por Plasma	HYPERTH ERM	POWERM AX 85	Medio	PROMEC-PAC- 36678067	Cabina #10



Equipo De	HYPERTH	POWERM	Óptimo	PROMEC-PAC-	Bodega
16 Corte Por	ERM	AX 85		36678068	
Plasma					

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente tabla muestra los parámetros estadísticos de indicadores de mantenimientos los cuales serán aplicados en cada uno de los equipos de soldadura que forman parte del taller de procesos mecánicos del ISTLAM, en cada uno de estos indicadores se encuentran las actividades a realizar para que se cumpla el mantenimiento preventivo de una manera eficiente. Los datos van a en referencia a las condiciones y operaciones que han tenido las maquinas.

Tabla 2.

Indicadores de Mantenimiento para estudio estadístico

Fórmula	Descripción
$MTBF = \frac{To_1 + To_2 + To_n}{\sum n}$	MTBF: Tiempo medio entre fallos To: Tiempo de Operación en horas (Depende del uso de la máquina) n: Número de Datos
$MTTR = \frac{TR_1 + TR_2 + TR_n}{\sum n}$	MTTR: Tiempo medio de reparación TR: Tiempo de Reparación en horas (Criterio de los docentes encargados de los equipos) n: Número de Datos
$\lambda = \frac{1}{MTBF}$	λ : Tasa de fallos MTBF: Tiempo medio entre fallos
$\mu = \frac{1}{MTTR}$	μ : Tasa de reparación MTTR: Tiempo medio de reparación
$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	D: Disponibilidad, es la eficacia de un ítem para desarrollar sus funciones durante un cierto período de tiempo MTBF: Tiempo medio entre fallos



MTTR: Tiempo medio de reparación

$TP = TR + TM$	TP: Tiempo de paro en horas.
	TR: Tiempo de reparación en horas (Criterio de los docentes encargados de los equipos).
	TM: Tiempo muerto en horas (A criterio del personal que se encarga del mantenimiento).

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados

El resultado del estudio del análisis de criticidad y genera las actividades de mantenimiento a desarrollarse en las máquinas de soldar del taller de procesos mecánicos a través de indicadores de Fiabilidad e Infiabilidad, determinando las condiciones de los equipos, los cuales permiten generar las actividades de mantenimiento por parte de los encargados de taller.

Para generar los resultados se determinan los siguientes modelos de fórmulas para los índices de fiabilidad y los índices de infiabilidad de las máquinas de soldadura:

Fiabilidad: $R(t) = e^{-\lambda t}$

Infiabilidad: $= 1 - e^{-\lambda t}$

De las cuales se tiene que:

Tabla 3.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-SMW-36678077

Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(t)	F(t)
2S 2022	ENERO	3,00			72,51%	27,49%
	FEBRERO	15,00	9,33	0,11	20,05%	79,95%
	MARZO	10,00			34,25%	65,75%
1S 2023	ABRIL	3			83,10%	16,90%
	MAYO	15			39,62%	60,38%
	JUNIO	22	16,20	0,06	25,72%	74,28%
	JULIO	25			21,37%	78,63%

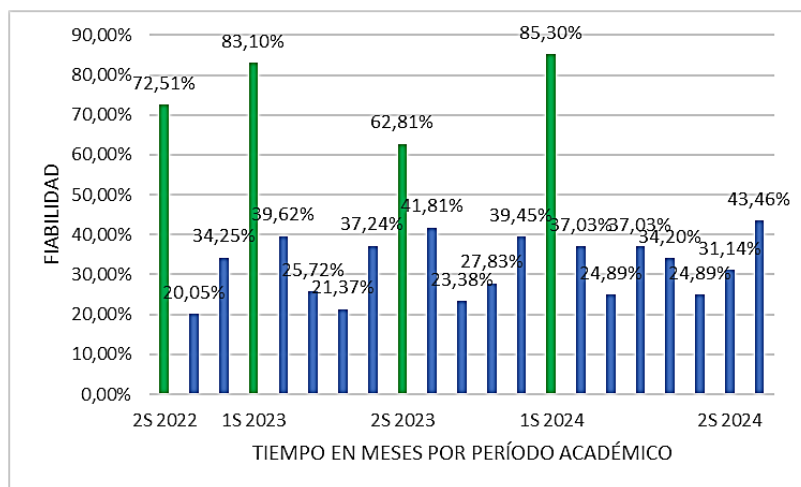


	AGOSTO	16			37,24%	62,76%
	OCTUBRE	8			62,81%	37,19%
	NOVIEMBRE	15			41,81%	58,19%
2S 2023	DICIEMBRE	25	17,20	0,06	23,38%	76,62%
	ENERO	22			27,83%	72,17%
	FEBRERO	16			39,45%	60,55%
	ABRIL	4,0			85,30%	14,70%
	MAYO	25,0			37,03%	62,97%
1S 2024	JUNIO	35,0	25,17	0,04	24,89%	75,11%
	JULIO	25,0			37,03%	62,97%
	AGOSTO	27,0			34,20%	65,80%
	SEPTIEMBRE	35			24,89%	75,11%
2S 2024	OCTUBRE	35,0	30,00	0,03	31,14%	68,86%
	NOVIEMBRE	25,0			43,46%	56,54%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-SMW-36678077



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-SMW-36678078

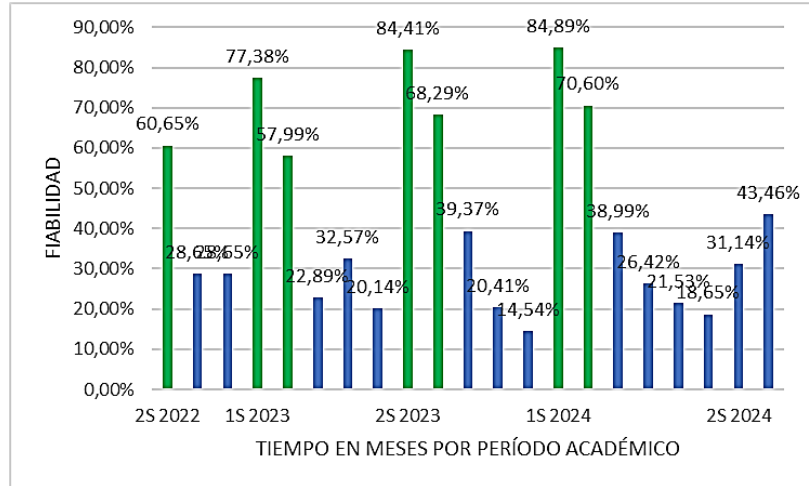
Semestre	Mes	TO (H)	MTBF (H)	Λ	Fiabilidad R(T)	Infiabilidad F(T)
2S 2022	ENERO	6,00			60,65%	39,35%
	FEBRERO	15,00	12,00	0,08	28,65%	71,35%
	MARZO	15,00			28,65%	71,35%
1S 2023	ABRIL	8			77,38%	22,62%
	MAYO	17			57,99%	42,01%
	JUNIO	46	31,20	0,03	22,89%	77,11%
	JULIO	35			32,57%	67,43%
	AGOSTO	50			20,14%	79,86%
	OCTUBRE	8			84,41%	15,59%
2S 2023	NOVIEMBRE	18			68,29%	31,71%
	DICIEMBRE	44	47,20	0,02	39,37%	60,63%
	ENERO	75			20,41%	79,59%
	FEBRERO	91			14,54%	85,46%
	ABRIL	8			84,89%	15,11%
1S 2024	MAYO	17			70,60%	29,40%
	JUNIO	46	48,83	0,02	38,99%	61,01%
	JULIO	65			26,42%	73,58%
	AGOSTO	75			21,53%	78,47%
	SEPTIEMBRE	82			18,65%	81,35%
	OCTUBRE	35,0			31,14%	68,86%
2S 2024	NOVIEMBRE	25,0	30,00	0,03	43,46%	56,54%

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-SMW-36678078



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-SMW-36678079

Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(t)	F(t)
2S 2022	ENERO	8,00			61,28%	38,72%
	FEBRERO	18,00	16,33	0,06	33,22%	66,78%
	MARZO	23,00			24,46%	75,54%
1S 2023	ABRIL	7,00			86,48%	13,52%
	MAYO	16,00			71,75%	28,25%
	JUNIO	44,00	48,20	0,02	40,14%	59,86%
	JULIO	76,00			20,66%	79,34%
	AGOSTO	98,00			13,09%	86,91%
2S 2023	OCTUBRE	8,00			81,54%	18,46%
	NOVIEMBRE	18,00	39,20	0,03	63,18%	36,82%
	DICIEMBRE	23,00			55,61%	44,39%
	ENERO	56,00			23,97%	76,03%

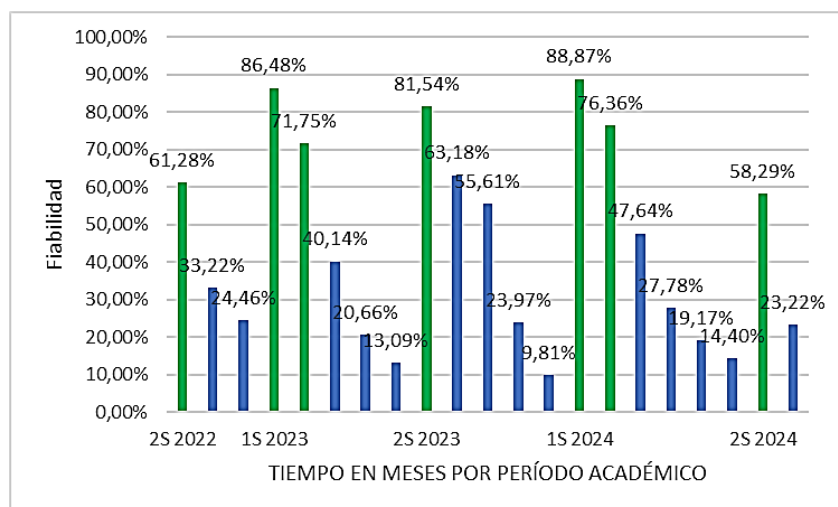


	FEBRERO	91,00			9,81%	90,19%
	ABRIL	7,00			88,87%	11,13%
	MAYO	16,00			76,36%	23,64%
1S 2024	JUNIO	44,00	59,33	0,02	47,64%	52,36%
	JULIO	76,00			27,78%	72,22%
	AGOSTO	98,00			19,17%	80,83%
	SEPTIEMBRE	115,00			14,40%	85,60%
2S 2024	OCTUBRE	17	31,50	0,03	58,29%	41,71%
	NOVIEMBRE	46			23,22%	76,78%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-SMW-36678079



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-SMW-36678080

Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
2S 2022	ENERO	8,00			61,28%	38,72%
	FEBRERO	16,00	16,33	0,06	37,55%	62,45%

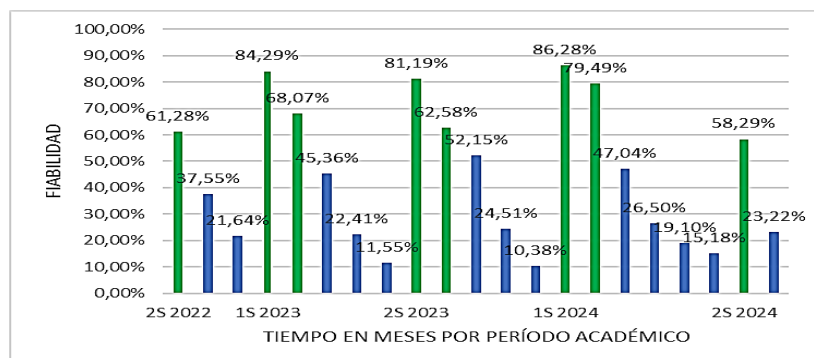


	MARZO	25,00			21,64%	78,36%
	ABRIL	8,00			84,29%	15,71%
	MAYO	18,00			68,07%	31,93%
1S 2023	JUNIO	37,00	46,80	0,02	45,36%	54,64%
	JULIO	70,00			22,41%	77,59%
	AGOSTO	101,00			11,55%	88,45%
	OCTUBRE	8,00			81,19%	18,81%
	NOVIEMBRE	18,00			62,58%	37,42%
2S 2023	DICIEMBRE	25,00	38,40	0,03	52,15%	47,85%
	ENERO	54,00			24,51%	75,49%
	FEBRERO	87,00			10,38%	89,62%
	ABRIL	9,00			86,28%	13,72%
	MAYO	14,00			79,49%	20,51%
1S 2024	JUNIO	46,00	61,00	0,02	47,04%	52,96%
	JULIO	81,00			26,50%	73,50%
	AGOSTO	101,00			19,10%	80,90%
	SEPTIEMBRE	115,00			15,18%	84,82%
2S 2024	OCTUBRE	17	31,50	0,03	58,29%	41,71%
	NOVIEMBRE	46			23,22%	76,78%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-SMW-36678080



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 7.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GMW-36678086

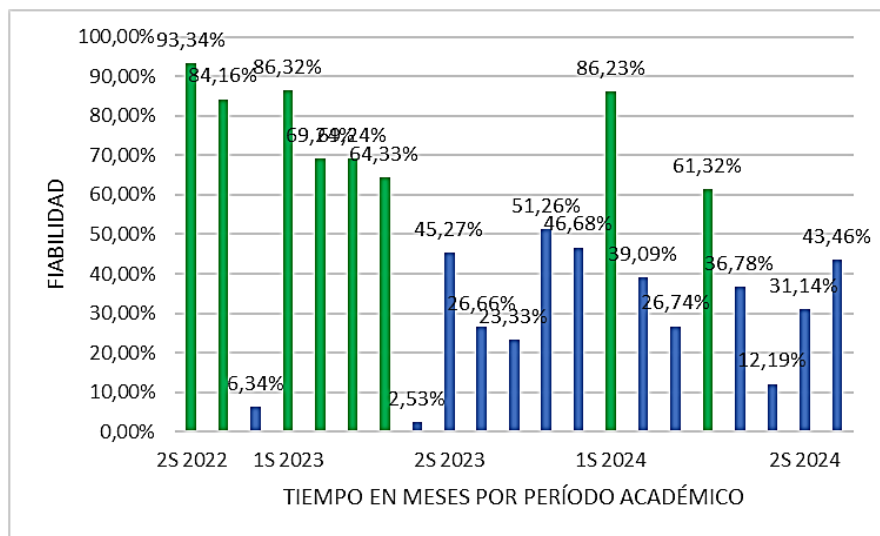
Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(t)	F(t)
2S 2022	ENERO	0,20	2,90	0,34	93,34%	6,66%
	FEBRERO	0,5			84,16%	15,84%
	MARZO	8,00			6,34%	93,66%
1S 2023	ABRIL	0,2	1,36	0,74	86,32%	13,68%
	MAYO	0,5			69,24%	30,76%
	JUNIO	0,5			69,24%	30,76%
	JULIO	0,6			64,33%	35,67%
	AGOSTO	5			2,53%	97,47%
2S 2023	OCTUBRE	29,65	37,41	0,03	45,27%	54,73%
	NOVIEMBRE	49,45			26,66%	73,34%
	DICIEMBRE	54,45			23,33%	76,67%
	ENERO	25			51,26%	48,74%
	FEBRERO	28,5			46,68%	53,32%
1S 2024	ABRIL	4,0	26,99	0,04	86,23%	13,77%
	MAYO	25,4			39,09%	60,91%
	JUNIO	35,6			26,74%	73,26%
	JULIO	13,2			61,32%	38,68%
	AGOSTO	27,0			36,78%	63,22%
	SEPTIEMBRE	56,8			12,19%	87,81%
2S 2024	OCTUBRE	35,0	30,00	0,03	31,14%	68,86%
	NOVIEMBRE	25,0			43,46%	56,54%

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-GMW-36678086



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GMW-36678087-89-89

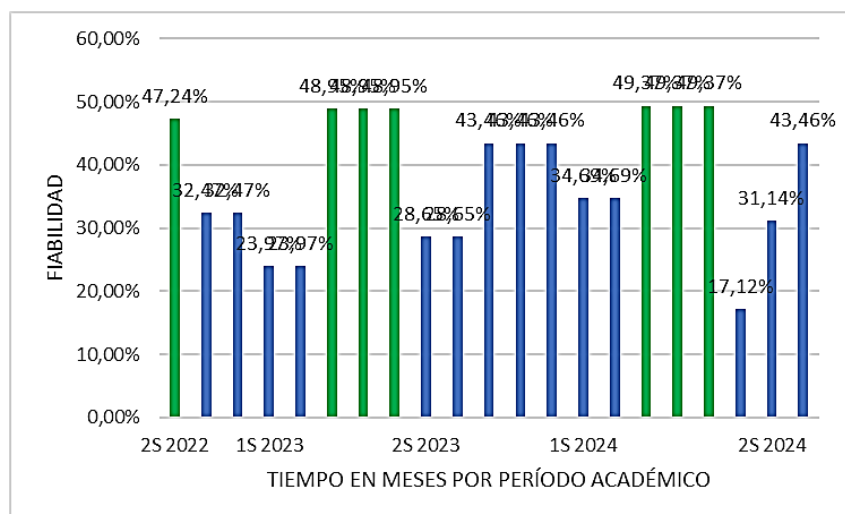
Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(t)	F(t)
2S 2022	ENERO	2,00	2,67	0,38	47,24%	52,76%
	FEBRERO	3,00			32,47%	67,53%
	MARZO	3,00			32,47%	67,53%
1S 2023	ABRIL	2,00	1,40	0,71	23,97%	76,03%
	MAYO	2,00			23,97%	76,03%
	JUNIO	1,00			48,95%	51,05%
	JULIO	1,00			48,95%	51,05%
	AGOSTO	1,00			48,95%	51,05%
2S 2023	OCTUBRE	3,00	2,40	0,42	28,65%	71,35%
	NOVIEMBRE	3,00			28,65%	71,35%
	DICIEMBRE	2,00			43,46%	56,54%
	ENERO	2,00			43,46%	56,54%

	FEBRERO	2,00			43,46%	56,54%
1S 2024	ABRIL	3,00			34,69%	65,31%
	MAYO	3,00			34,69%	65,31%
	JUNIO	2,00	2,83	0,35	49,37%	50,63%
	JULIO	2,00			49,37%	50,63%
	AGOSTO	2,00			49,37%	50,63%
	SEPTIEMBRE	5,00			17,12%	82,88%
2S 2024	OCTUBRE	35,0	30,00	0,03	31,14%	68,86%
	NOVIEMBRE	25,0			43,46%	56,54%

Fuente: Autor

Figura 7.

Fiabilidad del equipo de Soldadura PROMEC-GMW-36678087-88-89



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678071

Semestre	Mes	TO (H)	MTBF (H)	Λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(T)	F(T)
2S 2022	ENERO	7,25			63,53%	36,47%
	FEBRERO	15,40	15,98	0,06	38,16%	61,84%
	MARZO	25,30			20,54%	79,46%

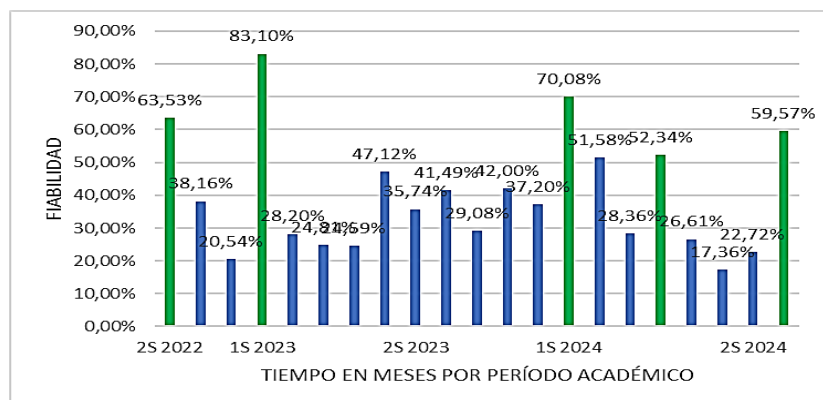


1S 2023	ABRIL	7,23	39,07	0,03	83,10%	16,90%
	MAYO	49,45			28,20%	71,80%
	JUNIO	54,45			24,81%	75,19%
	JULIO	54,8			24,59%	75,41%
	AGOSTO	29,4			47,12%	52,88%
2S 2023	OCTUBRE	29,65	28,82	0,03	35,74%	64,26%
	NOVIEMBRE	25,4			41,49%	58,51%
	DICIEMBRE	35,6			29,08%	70,92%
	ENERO	25			42,00%	58,00%
	FEBRERO	28,5			37,20%	62,80%
1S 2024	ABRIL	7,3	20,39	0,05	70,08%	29,92%
	MAYO	13,5			51,58%	48,42%
	JUNIO	25,7			28,36%	71,64%
	JULIO	13,2			52,34%	47,66%
	AGOSTO	27,0			26,61%	73,39%
2S 2024	SEPTIEMBRE	35,7	30,50	0,03	17,36%	82,64%
	OCTUBRE	45,2			22,72%	77,28%
	NOVIEMBRE	15,8			59,57%	40,43%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678071



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 10.

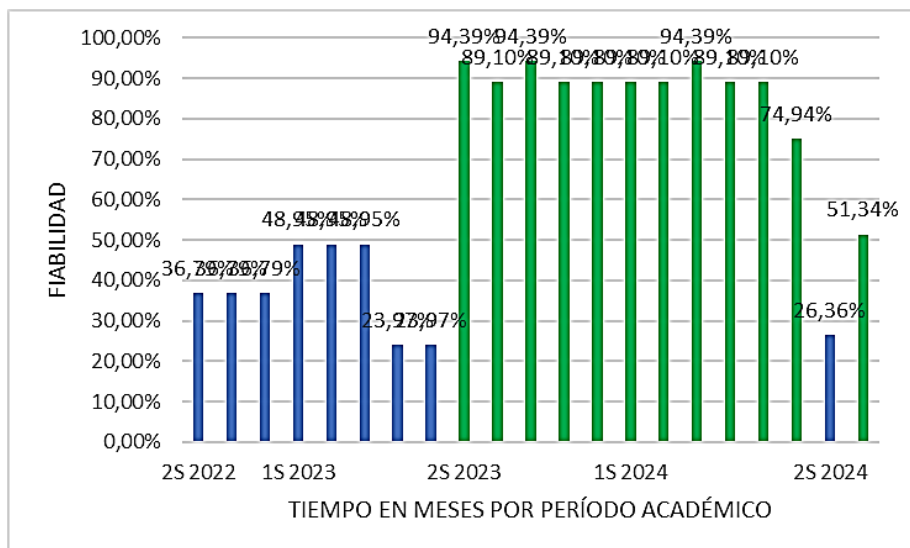
Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678072

Semestre	Mes	TO (h)	MTBF (h)	λ	Fiabilidad	Infiabilidad
					R(t)	F(t)
2S 2022	ENERO	2,00			36,79%	63,21%
	FEBRERO	2,00	2,00	0,50	36,79%	63,21%
	MARZO	2,00			36,79%	63,21%
1S 2023	ABRIL	1,00			48,95%	51,05%
	MAYO	1,00			48,95%	51,05%
	JUNIO	1,00	1,40	0,71	48,95%	51,05%
	JULIO	2,00			23,97%	76,03%
	AGOSTO	2,00			23,97%	76,03%
	OCTUBRE	1,00			94,39%	5,61%
2S 2023	NOVIEMBRE	2,00			89,10%	10,90%
	DICIEMBRE	1,00	1,60	0,06	94,39%	5,61%
	ENERO	2,00			89,10%	10,90%
	FEBRERO	2,00			89,10%	10,90%
	ABRIL	2,00			89,10%	10,90%
1S 2024	MAYO	2,00			89,10%	10,90%
	JUNIO	1,00			94,39%	5,61%
	JULIO	2,00	2,33	0,06	89,10%	10,90%
	AGOSTO	2,00			89,10%	10,90%
	SEPTIEMBRE	5,00			74,94%	25,06%
	OCTUBRE	4,0			26,36%	73,64%
2S 2024	NOVIEMBRE	2,0	3,00	0,33	51,34%	48,66%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678072



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-MPROC-36678073

SEMESTRE	MES	TO (h)	λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
2S 2022	ENERO	7,25		56,46%	43,54%
	FEBRERO	15,40	0,08	29,69%	70,31%
	MARZO	15,40		29,69%	70,31%
1S 2023	ABRIL	9,22		74,65%	25,35%
	MAYO	28,35		40,70%	59,30%
	JUNIO	48,9	0,03	21,21%	78,79%
	JULIO	35,6		32,34%	67,66%
	AGOSTO	35,6		32,34%	67,66%
2S 2023	OCTUBRE	12,86		71,79%	28,21%
	NOVIEMBRE	25,4		52,03%	47,97%
	DICIEMBRE	35,6	0,03	39,95%	60,05%
	ENERO	38,8		36,79%	63,21%

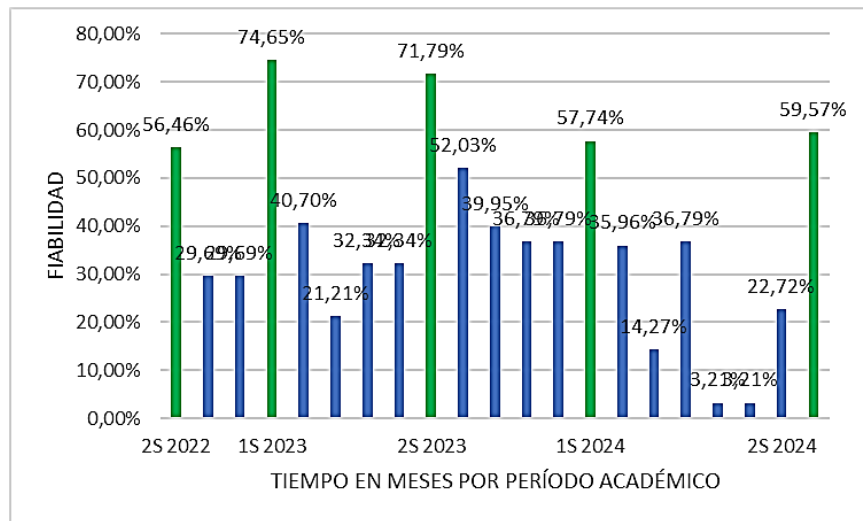


	FEBRERO	38,8		36,79%	63,21%
1S 2024	ABRIL	7,3		57,74%	42,26%
	MAYO	13,5		35,96%	64,04%
	JUNIO	25,7		14,27%	85,73%
	JULIO	13,2	0,08	36,79%	63,21%
	AGOSTO	45,4		3,21%	96,79%
	SEPTIEMBRE	45,4		3,21%	96,79%
2S 2024	OCTUBRE	45,2	0,03	22,72%	77,28%
	NOVIEMBRE	15,8		59,57%	40,43%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678073



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-MPROC-36678075

SEMESTRE	MES	TO (h)	λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
2S 2022	ENERO	2,00	0,50	36,79%	63,21%

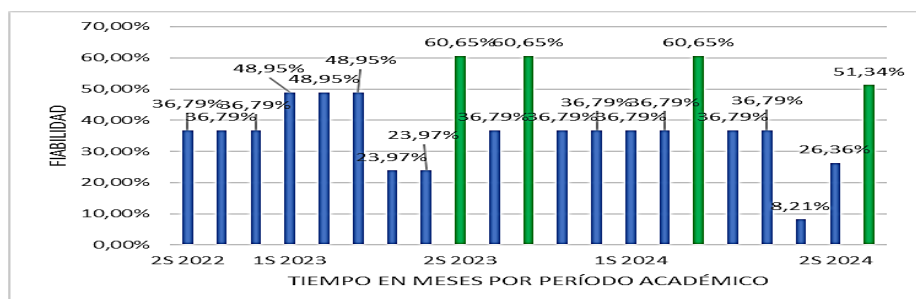


1S 2023	FEBRERO	2,00	0,71	36,79%	63,21%
	MARZO	2,00		36,79%	63,21%
	ABRIL	1,00		48,95%	51,05%
	MAYO	1,00		48,95%	51,05%
	JUNIO	1,00		48,95%	51,05%
	JULIO	2,00		23,97%	76,03%
2S 2023	AGOSTO	2,00	0,50	23,97%	76,03%
	OCTUBRE	1,00		60,65%	39,35%
	NOVIEMBRE	2,00		36,79%	63,21%
	DICIEMBRE	1,00		60,65%	39,35%
	ENERO	2,00		36,79%	63,21%
1S 2024	FEBRERO	2,00	0,50	36,79%	63,21%
	ABRIL	2,00		36,79%	63,21%
	MAYO	2,00		36,79%	63,21%
	JUNIO	1,00		60,65%	39,35%
	JULIO	2,00		36,79%	63,21%
	AGOSTO	2,00		36,79%	63,21%
2S 2024	SEPTIEMBRE	5,00	0,33	8,21%	91,79%
	OCTUBRE	4,0		26,36%	73,64%
	NOVIEMBRE	2,0		51,34%	48,66%

Fuente: Autor

Figura 11.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-GTW-36678075



Fuente: Elaboración Propia



Tabla 13.

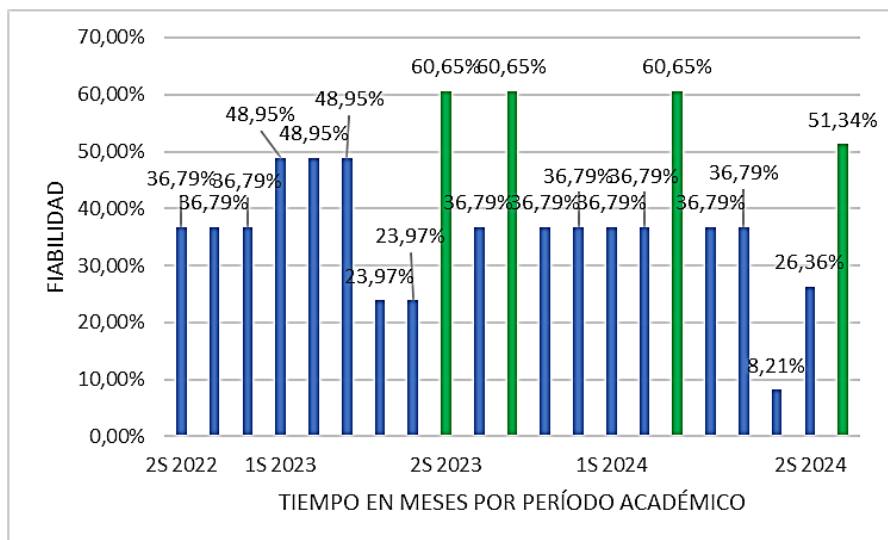
Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-PAC-36678065-66-67-68

SEMESTRE	MES	TO (h)	λ	Fiabilidad R(t)	Infiabilidad F(t)
2S 2022	ENERO	2,00	0,50	36,79%	63,21%
	FEBRERO	2,00		36,79%	63,21%
	MARZO	2,00		36,79%	63,21%
1S 2023	ABRIL	1,00	0,71	48,95%	51,05%
	MAYO	1,00		48,95%	51,05%
	JUNIO	1,00		48,95%	51,05%
	JULIO	2,00		23,97%	76,03%
	AGOSTO	2,00		23,97%	76,03%
2S 2023	OCTUBRE	1,00	0,50	60,65%	39,35%
	NOVIEMBRE	2,00		36,79%	63,21%
	DICIEMBRE	1,00		60,65%	39,35%
	ENERO	2,00		36,79%	63,21%
	FEBRERO	2,00		36,79%	63,21%
1S 2024	ABRIL	2,00	0,50	36,79%	63,21%
	MAYO	2,00		36,79%	63,21%
	JUNIO	1,00		60,65%	39,35%
	JULIO	2,00		36,79%	63,21%
	AGOSTO	2,00		36,79%	63,21%
	SEPTIEMBRE	5,00		8,21%	91,79%
2S 2024	OCTUBRE	4,0	0,33	26,36%	73,64%
	NOVIEMBRE	2,0		51,34%	48,66%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12.

Fiabilidad del equipo de soldadura PROMEC-PAC-36678065-66-67-68



Fuente: Elaboración Propia

Discusión

El programa de mantenimiento preventivo para los equipos de soldar del taller de procesos mecánicos del ISTLAM, se enfoca en la investigación de actividades para mantener el contexto operacional de cada una de estas máquinas, por ello es indispensable mantener la fiabilidad de cada uno de los equipos en los picos de uso los cuales se ejecutan en periodo de clases donde los alumnos realizan sus respectivas prácticas.

Es así que el estudio de fiabilidad para la máquina de soldar expresado en la figura 2 en donde gráfica muestra variaciones en la fiabilidad a lo largo de los semestres académicos desde el segundo semestre de 2022 hasta el segundo semestre de 2024, con picos en los primeros semestres de cada año. La fiabilidad alcanza valores máximos en el primer semestre de 2023 (83.10%) y en el primer semestre de 2024 (85.30%), indicando posibles mejoras en esos periodos. Sin embargo, en los segundos semestres, especialmente en el de 2022 (20.05%), se observa una disminución notable. Estos altibajos podrían estar relacionados con factores estacionales o cargas académicas, sugiriendo enfoques de mejora en la planificación operativa.

El estudio de fiabilidad de la figura 3 muestra fluctuaciones en la fiabilidad de distintos periodos académicos, con máximos en el primer semestre de 2023 (77.38%) y 2024 (84.89%) y mínimos en los segundos semestres, especialmente el segundo semestre de 2022 (28.82%). Estos datos sugieren una tendencia a mayor fiabilidad en los primeros semestres, posiblemente por mejoras en los procesos. La caída en los segundos semestres sugiere áreas de oportunidad en la planificación y manejo de recursos operativos.

El estudio de fiabilidad de la figura 4 muestra variaciones en la fiabilidad por periodo académico, alcanzando valores máximos en el primer semestre de 2024 (88.87%) y mínimos en el segundo semestre de 2023 (13.09%). La fiabilidad es mayor en los primeros semestres de cada año, destacando en 2023 y 2024, lo que sugiere mejoras operativas. Sin embargo, las disminuciones significativas en los segundos semestres reflejan posibles desafíos de planificación y sostenibilidad en los procesos.

La figura 5 ilustra la fiabilidad en distintos periodos académicos, con picos en los primeros semestres, especialmente en 2024 (86.28%) y 2023 (84.29%). Se observan caídas pronunciadas en los segundos semestres, como en 2022 (21.64%) y 2024 (23.22%). Este patrón sugiere una mayor eficiencia operativa en los primeros semestres, mientras que los segundos semestres reflejan posibles problemas de sostenibilidad, indicando áreas de mejora en la planificación y gestión de recursos.

El estudio de fiabilidad de la figura 6 muestra variaciones en la fiabilidad por periodo académico, con altos niveles en el segundo semestre de 2022 (93.34%) y en el primer semestre de 2024 (86.23%). Sin embargo, hay disminuciones marcadas en ciertos periodos, como en el segundo semestre de 2023 (2.53%) y el segundo semestre de 2024 (12.19%). La tendencia sugiere que la fiabilidad es generalmente mayor en los primeros semestres, mientras que los segundos semestres presentan desafíos en sostenibilidad y gestión operativa. El análisis de la figura 7 presenta niveles de fiabilidad estables, con porcentajes cercanos al 50% en la mayoría de los periodos, alcanzando un máximo de 49.37% en el primer semestre de 2024. Los valores muestran ligeras variaciones sin grandes caídas, lo que indica consistencia en la fiabilidad a lo largo de los semestres.

La en la figura 8 expresa las fluctuaciones en la fiabilidad por periodo académico, con picos en el primer semestre de 2023 (83.10%) y el primer semestre de 2024 (70.08%). Se observan



valores más bajos en los segundos semestres, como el segundo semestre de 2022 (38.16%) y 2024 (22.72%). Este patrón sugiere que la fiabilidad es más alta en los primeros semestres, mientras que los segundos semestres reflejan desafíos en el mantenimiento de la estabilidad operativa.

Se tiene que la figura 9 muestra una alta fiabilidad sostenida, especialmente entre el segundo semestre de 2023 y el primer semestre de 2024, con valores de hasta 94.39%. Los semestres anteriores y el segundo semestre de 2024 presentan menor fiabilidad, destacando el segundo semestre de 2024 con 26.36%.

El estudio de la figura 10 determina que se tuvo variaciones de fiabilidad en los periodos académicos, con picos en el primer semestre de 2023 (74.65%) y el segundo semestre de 2024 (59.57%). Los valores son más bajos en el primer semestre de 2024 (14.27%) y el segundo semestre de 2023 (21.21%), indicando fluctuaciones en la consistencia operativa.

Terminando con la investigación de la fiabilidad en la figura 11 y 12 la cual indica un comportamiento estable de la fiabilidad en la mayoría de los periodos académicos, con valores cercanos al 60.65% en los segundos semestres de 2023 y el primer semestre de 2024. Los primeros semestres de 2023 muestran valores ligeramente inferiores, alrededor del 48.95%. Sin embargo, hay caídas significativas en el segundo semestre de 2024, donde la fiabilidad desciende al 8.21%. Estos datos indican un desempeño consistente en algunos periodos, pero también resaltan áreas de mejora para evitar caídas drásticas en la fiabilidad en determinados semestres.

El análisis de las gráficas muestra una mayor fiabilidad en los primeros semestres y caídas significativas en los segundos. Para abordar esta fluctuación, por ellos, se determina la ejecución de un mantenimiento preventivo estacional, es decir con las bitácoras de las actividades de mantenimiento a realizar en los equipos, intensificando las revisiones antes del inicio de cada semestre. Además, el mantenimiento predictivo mediante monitoreo y análisis de datos puede anticipar fallas en componentes críticos. También es esencial una gestión eficiente del inventario de repuestos y el reemplazo programado de equipos desgastados. Estas acciones preventivas mejorarían la estabilidad operativa y reducirían las caídas de fiabilidad en los periodos críticos afectando el rendimiento académico de los estudiantes por la inhabilitación de máquinas de soldar para realizar sus prácticas académicas.



Conclusiones

Esta investigación contempla el cumplimiento de los objetivos propuestos para el desarrollo del programa de mantenimiento por lo cual se concluye que:

Se evaluó el estado actual de los equipos de soldadura en el Instituto Arboleda, describiendo sus características generales y documentando el funcionamiento y rendimiento operativo de cada uno. Esta evaluación proporcionó una visión clara de las condiciones de cada equipo, permitiendo identificar aquellos con mayor desgaste o necesidades de mejora para asegurar su eficacia en el uso diario por los estudiantes y docentes.

Se generó el diseño de una matriz AMEF y una matriz de criticidad para los componentes clave de los equipos de soldadura utilizados en los procesos SMAW, GMAW, GTAW y PAC. Estas herramientas permitieron priorizar componentes según su impacto en el rendimiento y los riesgos asociados, lo cual facilitó la toma de decisiones informadas sobre las intervenciones de mantenimiento más críticas.

Se establecieron actividades detalladas de mantenimiento preventivo para los equipos de soldadura, definiendo las frecuencias de intervención y los recursos necesarios para cada tipo de equipo. Este plan de mantenimiento ayudará a prolongar la vida útil de los equipos, mejorando su disponibilidad y reduciendo la probabilidad de fallas inesperadas, lo que contribuye a una mayor seguridad y eficiencia en el taller del instituto.

Referencias bibliográficas

- Solihin, S., Widyanoro, M., & Al Munawir. (2021). Preventive maintenance analysis on stationery spot welding. Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi. <https://doi.org/10.35308/JMKN.V7I2.4205>
- Zhu, Z., Xiang, Y., Li, M., Zhu, W., & Schneider, K. (2019). Preventive maintenance subject to equipment unavailability. IEEE Transactions on Reliability, 68, 1009-1020. <https://doi.org/10.1109/TR.2019.2913331>



Zhang, Y., Jia, Y., Wu, W., Yin, X., & Ding, S. (2020). Research on combination optimization of preventive maintenance of mechanical equipment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 782. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/782/2/022066>

Huang, H. (2021). Research on vehicle preventive maintenance equipment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 693. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/693/1/012110>

Hardt, F., Kotyrba, M., Volná, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified TPM methodology for Industry 4.0. Applied Sciences. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/15/6953>

Kalra, V., Thakur, T., & Pabla, B. (2018). Condition-based maintenance management system for improvement in key performance indicators of mining haul trucks—a case study. 2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD), 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICIRD.2018.8376300>

Mrugalska, B., Zasada, B., & Wyrwicka, M. (2018). Preventive approach to machinery and equipment maintenance in manufacturing companies. Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94196-7_50

Leong, C. H., Poh, Y. Y., & Pheng, L. W. (2019). IoT-based predictive maintenance for smart manufacturing systems. 2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC), 1942-1944. <https://doi.org/10.1109/APSIPAASC47483.2019.9023106>

Wang, Y., Wang, J., Ma, S., Jiao, X., & Pu, W.-F. (2023). Exploration of mechanical engineering equipment management and maintenance strategies. Highlights in Science, Engineering and Technology. <https://doi.org/10.54097/hset.v63i.10795>

Gómez Chaparro, M., Sánchez Barroso, G., Ayuso, M. J. C., & García Sanz-Calcedo, J. (2019). Análisis de la Eficiencia de Mantenimiento en un Hospital en Madrid (España). <https://doi.org/10.20868/ade.2019.4366>

Paredes-Rodríguez, A., Chud-Pantoja, V. L., & Pena-Montoya, C. C. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000100245>



Yunta, F. G., & Rodrigo, S. G. (2019). Mantenimiento legal en los edificios de uso residencial y el papel del graduado en edificación. <https://doi.org/10.20868/BMA.2019.1.3878>

Barriento, V. F., & Achcar, J. (2019). Statistical analysis of equipment maintenance time in the food industry: A case study to identify sources of impact on performance. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000100151&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Paredes-Rodríguez, A., Chud-Pantoja, V. L., & Pena-Montoya, C. C. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000100245>

Tarasova, H., Zaharov, S., Vereskun, M., & Kolosok, V. (2019). Preventive anticrisis strategy for development of industrial enterprise.
<http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/890>

Rodrigues, J. A., Farinha, J., Mendes, M., Mateus, R., & Cardoso, A. (2021). Short and long forecast to implement predictive maintenance in a pulp industry. <https://ein.org.pl/Short-and-long-forecast-to-implement-predictive-maintenance-in-a-pulp-industry,158465,0,2.html>

Silva Urbina, I., Rodríguez Pineda, M., Acosta Rozo, R. A., & Monsalve, P. (2020). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES SENA regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF.
<https://doi.org/10.24054/16927257.VESPECIAL.NESPECIAL.2020.880>

Rodríguez Calderón, E. R., Vásquez Paredes, S. A., & Valencia Carrasco, W. (2018). Plan de gestión de mantenimiento preventivo para la empresa Ingresa - Cajamarca [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú]. Repositorio Institucional UCV. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36588>

Freire Pérez, F. I. (2019). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo mediante la distribución de Weibull para las inyectoras horizontales de polímeros en la empresa Ingeniería Diseño de Suelas [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/98de04f8-8d47-4052-a20a-27fa68f96836>



Alfonso, Y., García, A., Díaz, A., Rodríguez, A., Hourné, M., & Cedrón, G. (2017). Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos. *Revista de Ingeniería Energética*, 38(3), 224-230. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6280672>

Daquinta, A., Pérez, C., Águila, J., Pérez, R., & García, E. (2018). Metodología de análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2), 55-61. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/938/1318>

Garrido Campos, J., Sáez López, J., Armesto Quiroga, J. I., Espada Seoane, Á. M., & Santos Esterán, D. (2020). Laboratorio de manutención e informática industrial Ricardo Marín de la Universidad de Vigo: 25 años de automatización industrial. Sin Publicación. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/23700>

Hernández, F., Trillo Miravalles, M. P., & Feijoo Fernández, M. C. (2020). Programas grupales de parentalidad positiva: Una revisión sistemática de la producción científica. *Revista De Educación*, (389), 267-295. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2020/389/389-10.html>

Flores, C. (2018). SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO SMAW. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, I(8), 1-12. Recuperado de <https://vdocuments.mx/soldadura-559c0e518eb8a.html>

Llano, C. (2018). Soldadura G.M.A.W - MIG/MAG. Accelerating the world's research. Recuperado de https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/77

Silva, R. G. D., Silva, R. N., Schwedersky, M. B., Dalpiaz, G., & Dutra, J. C. (2019). Contributions of the High Frequency Dynamic Wire Feeding in the GTAW Process for Increased Robustness. Soldagem & Inspeção. <https://www.scielo.br/j/si/a/3KbhRLFjSVdqXYZ94jpiWPD/?lang=en>

Gostimirović, M., Rodic, D., Sekulić, M., & Aleksić, A. (2020). An experimental analysis of cutting quality in plasma arc machining. *Advanced Technologies & Materials*. Recuperado de <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/http://journal-atm.org/Archive/ATM-2020-1-001.pdf>

Barco, E. J. (2021). Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo para Taponadores Krones de Tapa Roscada Plastica, Como Prompuesta para ser Utilizado en la Industria de



Embotellado en Guatemala. Guatemala. Obtenido de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16340/1/Estuardo%20Jos%C3%A9%20Mariano%20Cruz%20Barco.pdf>

Carreras, L. (2018). Programa de mantenimiento preventivo para el parque de maquinarias y equipos en la empresa Paschini Construcciones SRL. <https://rdu.iua.edu.ar/bitstream/123456789/2202/1/TFG%20Lucia%20Carreras%20PDF.pdf>

Michael Herrera, Y. D. (2016). Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento. Scielo. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362016000100002&script=sci_arttext&tlng=pt



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

