

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los activos físicos del taller de
mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra

Carlos Alberto Cote Lizarazo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Anderson Arley Motta Blanco

Magister en Ingeniería de Confiabilidad y Gestión de Activos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2025

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios, por darme la fuerza y la claridad para no rendirme en el camino. A mis padres, que con su amor, apoyo y sacrificios me han enseñado el verdadero significado del esfuerzo y la dedicación. Este logro es tanto mío como de ustedes, porque sin su guía y compañía nada de esto habría sido posible.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Técnico Aquileo Parra por permitir el desarrollo de este proyecto en su taller de mecánica industrial, facilitando el acceso a la información y a los equipos necesarios para el levantamiento de datos. Extiendo también mi gratitud a los estudiantes de la especialidad de mecánica industrial, quienes colaboraron activamente durante el proceso, apoyando en la toma de datos y el registro de información técnica. Este respaldo institucional y estudiantil fue fundamental para llevar a cabo este trabajo, que busca aportar al fortalecimiento de la formación técnica y a la mejora de la gestión de los activos del taller.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos.....	16
1.1 Objetivo General.....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco Teórico.....	17
2.1. Evolución de la gestión del mantenimiento	17
2.2. El mantenimiento en entornos educativos	18
3. Marco Contextual.....	22
4. Análisis y resultados	24
4.1. Diagnóstico del estado actual de los activos físicos del taller de mecánica	24
4.1.1. Estado actual de los equipos	24
4.1.2. Formulación de actividades de mantenimiento correctivo	33
4.1.3. Cotizaciones y estudios del mercado	35
4.1.4. Presupuesto de las actividades de mantenimiento correctivo	37
4.2. Implementación criterios de la norma ISO 14224:2016	39
4.2.1. Clasificación de taxonomía.....	39
4.2.2. Ubicaciones técnicas.....	44
4.2.3. Cálculo del riesgo y nivel de criticidad.....	46
4.2.4. Fichas técnicas	51
4.3. Análisis de efectos y modos de falla AMEF.....	52
4.3.1. Desarrollo del AMEF.....	52

4.3.2. Análisis del AMEF propuesto.....	56
5. Conclusiones	62
4.3.3. Plan de mantenimiento preventivo.....	58
6. Recomendaciones	62
Referencias Bibliográficas	65
Apéndices.....	65

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	33
Tabla 2	35
Tabla 3.	37
Tabla 4	44
Tabla 5	45
Tabla 6	47
Tabla 7	48
Tabla 8	49
Tabla 9	50
Tabla 10	50
Tabla 11.	52
Tabla 12	59

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1	25
Figura 2	25
Figura 3	27
Figura 4	28
Figura 5	29
Figura 6	30
Figura 7	31
Figura 8	32
Figura 9	36
Figura 10	41
Figura 11	42
Figura 12	43
Figura 13	51

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Contenido del trabajo de grado.....	65

Glosario

Mantenimiento: es el conjunto de actividades técnicas, administrativas y de gestión destinadas a garantizar que los equipos, sistemas e instalaciones conserven o recuperen su funcionalidad a lo largo de su ciclo de vida.

Mantenimiento preventivo: es el conjunto de actividades programadas destinadas a mantener equipos en condiciones operativas óptimas mediante intervenciones planificadas antes de la ocurrencia de fallas.

Mantenimiento correctivo: comprende las actividades destinadas a restaurar la funcionalidad de equipos después de la ocurrencia de fallas o deterioro funcional.

Gestión de activos: disciplina que optimiza el ciclo de vida de los equipos y sistemas, alineada con normativas internacionales como la ISO 55000

Taxonomía: clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems.

Tipo de equipo: característica particular del diseño que es considerablemente diferente de otros diseños dentro de la misma clase de equipo.

Ubicación técnica: es una unidad organizativa dentro de logística que estructura los objetos de mantenimiento de una empresa de acuerdo con criterios funcionales, relativos al proceso o espaciales. una ubicación técnica representa el lugar en el que se debe efectuar una medida de mantenimiento.

Unidad funcional: región física establecida que contiene un montaje de equipos para cumplir una función específica

Criticidad: nivel de importancia de un activo en función de su impacto sobre la seguridad, la operación, el costo y el medio ambiente, evaluada mediante el análisis de riesgos.

Plan de mantenimiento: documento estructurado que organiza y calendariza actividades preventivas y correctivas, asignando recursos, prioridades y procedimientos técnicos para garantizar la operatividad de los equipos.

Estrategia de mantenimiento: conjunto de diseños para mantener el equipo en óptimas condiciones y prevenir fallos.

Vida útil: tiempo estimado durante el cual un equipo puede operar de manera confiable antes de requerir reemplazo o reparación importante

Confiabilidad: probabilidad de que un equipo o sistema funcione sin fallas durante un período determinado y en condiciones específicas.

Disponibilidad: medida de qué tan frecuentemente un sistema o equipo está operable cuando se necesita.

Falla funcional: incapacidad de un equipo para cumplir su función requerida dentro de un sistema.

Falla potencial: indicador o condición que advierte de una posible falla antes de que ocurra completamente.

Modos de falla: formas en las que un equipo puede fallar, como desgaste, fatiga o corrosión.

Resumen

Título: Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los activos físicos del taller de mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra

Autor: Carlos Alberto Cote Lizarazo

Palabras Clave: Taxonomía, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento preventivo, Institución educativa, Mecánica industrial, Mecanizado, Gestión de activos.

Descripción: Este proyecto desarrolló un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo para los activos físicos del taller de mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra en Barichara, Santander. La investigación se fundamentó en la problemática crítica de equipos con más de 30 años de operación, afectando la calidad formativa y el convenio de articulación con el SENA. La metodología aplicó los criterios de la norma ISO 14224:2016 para establecer taxonomía, ubicaciones técnicas y análisis de criticidad, complementados con un análisis de modos y efectos de falla (AMEF). El diagnóstico técnico realizado evidencia deficiencias mecánicas y eléctricas en los activos físicos del taller, formulando las actividades de mantenimiento correctivo con un presupuesto que ronda los cien millones. El análisis de criticidad mostró niveles de riesgo medio-alto, el AMEF reveló como causas principales la deficiencia de lubricación, contaminación por partículas abrasivas y sobrecarga mecánica. Los resultados proporcionan una base técnica estructurada para recuperar la operatividad del taller y fortalecer la formación técnica regional mediante la implementación de estrategias de mantenimiento alineadas con estándares internacionales.

Abstract

Title: Design of a Preventive and Corrective Maintenance Plan for the Physical Assets of the Industrial Mechanics Workshop at the Aquileo Parra Technical Institute

Author(s): Carlos Alberto Cote Lizarazo

Key Words: Taxonomy, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Educational Institution, Industrial Mechanics, Machining, Asset Management.

Description: This project developed a comprehensive preventive and corrective maintenance plan for the physical assets of the industrial mechanics workshop at the Aquileo Parra Technical Institute in Barichara, Santander. The research was based on the critical issue of equipment with more than 30 years of operation, negatively impacting the quality of training and the articulation agreement with SENA. The methodology applied the criteria of the ISO 14224:2016 standard to establish taxonomy, technical locations, and criticality analysis, complemented by a Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). The technical diagnosis revealed mechanical and electrical deficiencies in the workshop's physical assets, leading to the formulation of corrective maintenance activities with a budget approximating one hundred million Colombian pesos. The criticality analysis indicated medium to high risk levels, while the FMEA identified the primary causes as deficient lubrication, contamination by abrasive particles, and mechanical overload. The results provide a structured technical basis to restore the workshop's operability and strengthen regional technical training through the implementation of maintenance strategies aligned with international standards.

Introducción

El Instituto Técnico Aquileo Parra fue creado mediante la Ley 48 del 20 de noviembre de 1940, como homenaje al expresidente santandereano José Bonifacio Aquileo Parra Gómez. Su inauguración oficial tuvo lugar en el año 1946, iniciando la formación de estudiantes en los talleres de talabartería, carpintería y sastrería. Fue hasta el año 1949 que se incorporó el taller de mecánica, consolidando así el perfil técnico-industrial del instituto y fortaleciendo su contribución al desarrollo productivo de Barichara y la región.

A lo largo de las siguientes décadas, la institución evolucionó para brindar formación técnica de calidad en áreas como mecánica industrial, electricidad y dibujo técnico. En particular, el taller de mecánica industrial se posicionó como un pilar fundamental, al ofrecer a los estudiantes habilidades técnicas y prácticas en el manejo de máquinas y esenciales para su integración en procesos industriales de la época, las cuales en la actualidad se siguen manteniendo.

Sin embargo, durante los últimos años el desarrollo y modernización del taller se empezó a ver afectado por recortes presupuestales de administraciones anteriores, lo que privilegio el fortalecimiento financiero del SENA por encima de los colegios con formación técnica. Esta reducción de recursos dificultó tanto la actualización y modernización tecnológica como el respectivo mantenimiento adecuado de las máquinas, algunas tienen una vida operativa con más de 30 años. Como resultado, el taller enfrenta actualmente limitaciones críticas en su funcionamiento: de seis tornos, dos fresadoras universales, tres limadoras y dos taladros de columna, solo un torno permanece operativo. Esta situación restringe las horas prácticas

disponibles, sobrecarga los equipos funcionales y disminuye la calidad del aprendizaje de los estudiantes interesados en la especialidad de mecánica.

Adicionalmente esta problemática ha impactado negativamente en el convenio de articulación con el SENA, que en los últimos años ofrecía a los estudiantes la posibilidad de obtener una doble titulación, siendo bachiller técnico y técnico del SENA. Debido al deterioro de los equipos, dicho convenio no fue renovado; Sin embargo, se mantienen compromisos institucionales para su reactivación una vez el taller alcance los niveles mínimos de funcionalidad exigidos por el SENA.

Es por esto por lo que como egresado del Instituto Técnico Aquileo Parra en el año 2010, docente actual de la especialidad de mecánica de dicha institución y aspirante a la especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander me permito contribuir con el presente proyecto de investigación, orientado al diseño de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, el cual surge como una estrategia necesaria y urgente para recuperar la operatividad de los equipos y fortalecer así el proceso de formación técnica de los estudiantes del municipio de Barichara y municipios aledaños que pertenecen a esta institución. Este plan tiene como objetivos no solo restablecer la funcionalidad de seis tornos, dos fresadoras, tres limadoras y dos taladros, sino también establecer protocolos sistemáticos de mantenimiento que aumenten la vida útil de los activos físicos del taller de mecánica.

La implementación de este plan permitirá reactivar el convenio de articulación con el SENA, recuperando la doble titulación para los estudiantes; optimizar el aprendizaje práctico, al

facilitar que un mayor número de alumnos acceda a las máquinas herramientas; elevar la calidad formativa, alineando los procesos del taller con los estándares actuales de la fabricación industrial; y consolidar el papel del instituto como referente regional en educación técnica y como motor del desarrollo productivo local. Este enfoque integral posiciona al mantenimiento correctivo como un factor clave estratégico, no solo para la sostenibilidad operativa del taller, sino también para garantizar la pertinencia y calidad de la formación técnica que caracteriza al Instituto Técnico Aquileo Parra.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Plantear una estrategia de mantenimiento preventivo y correctivo que permita optimizar el desempeño y la confiabilidad de los activos físicos del taller de mecánica empleados en procesos de manufactura metalmecánica.

1.2 Objetivos Específicos

Diagnosticar el estado actual de seis tornos y dos fresadoras para elaborar un concepto mecánico y diseñar un plan de mantenimiento correctivo a mediano y largo plazo.

Desarrollar y aplicar niveles de taxonomía, definir ubicaciones técnicas, y calcular riesgo y criticidad para crear fichas técnicas de equipos, optimizando su gestión y mantenimiento, de conformidad con la ISO 14224:2016.

Analizar mediante un AMEF, los modos y causas de fallas en los equipos para diseñar un plan de mantenimiento preventivo eficaz.

2. Marco Teórico

El mantenimiento industrial constituye un sistema integrado de actividades técnicas, administrativas y de gestión cuyo propósito fundamental es conservar o restablecer las condiciones operativas óptimas de equipos, sistemas e instalaciones. En el contexto educativo técnico, este proceso adquiere una dimensión estratégica particular, ya que los equipos no solo representan activos productivos, sino también recursos pedagógicos esenciales para la formación de competencias técnicas especializadas. (García Garrido, 2019)

La relevancia del mantenimiento en instituciones educativas técnicas se fundamenta en tres aspectos críticos: primero, la garantía de continuidad en los procesos formativos; segundo, el aseguramiento de condiciones de seguridad para estudiantes e instructores; y tercero, la optimización de la inversión institucional en activos físicos. Esta triple funcionalidad diferencia significativamente el mantenimiento educativo del industrial tradicional, requiriendo enfoques adaptativos que consideren las particularidades del entorno académico. (Villamizar, 2021)

2.1. Evolución de la gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento ha evolucionado desde un enfoque meramente correctivo hacia estrategias integradas de gestión de activos. (J, 2003) conceptualiza esta transformación en cuatro generaciones sucesivas: la primera generación se caracterizó por un mantenimiento centrado en reparaciones después de la falla; la segunda generación introdujo el mantenimiento preventivo basado en intervalos fijos; la tercera generación incorporó técnicas de monitoreo

predictivo y análisis de condición; mientras que la cuarta generación se distingue por la integración de análisis de riesgos, gestión de confiabilidad y optimización del ciclo de vida de activos.

Esta evolución conceptual ha culminado en la consolidación de metodologías especializadas como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), las cuales han redefinido el mantenimiento como una función estratégica empresarial. De igual forma, se han desarrollado marcos normativos internacionales, destacando la ISO 55000 para gestión de activos y la ISO 14224:2016 para estandarización de datos de confiabilidad, que proporcionan lineamientos estructurados para la optimización del desempeño y la extensión de la vida útil de equipos industriales (Standardization., 2016)

La gestión moderna del mantenimiento se estructura sobre tres procesos interdependientes: confiabilidad operacional, gestión de activos y seguridad operacional. La confiabilidad operacional se enfoca en garantizar la disponibilidad funcional de equipos cuando sea requerida; la gestión de activos busca maximizar el valor económico y operativo durante todo el ciclo de vida; mientras que la seguridad operacional tiene como objetivo la protección integral de personas y activos ante riesgos de falla. (J M. , 2009)

2.2. El mantenimiento en entornos educativos

En entornos educativos técnicos, estos procesos adquieren características específicas. La confiabilidad se vincula directamente con la continuidad pedagógica, la gestión de activos debe considerar restricciones presupuestarias institucionales, y la seguridad operacional asume una

responsabilidad formativa adicional al proteger estudiantes en proceso de aprendizaje. (Márquez, 2019)

Esta metodología se basa en dos enfoques principales: el mantenimiento basado en tiempo (TBM), que establece intervalos fijos de intervención, y el mantenimiento basado en condición (CBM), que determina la necesidad de mantenimiento mediante monitoreo continuo de parámetros operativos. (Duffuaa, 2009)

En instituciones educativas técnicas, el mantenimiento preventivo presenta ventajas específicas: permite programar intervenciones durante recesos académicos, minimiza interrupciones en actividades formativas y contribuye a la formación de cultura de mantenimiento en estudiantes. Sin embargo, su implementación requiere recursos técnicos especializados y sistemas de gestión de información que frecuentemente exceden las capacidades institucionales disponibles (Sacristan, 2001)

Así mismo contrario a percepciones tradicionales que lo consideraban una práctica ineficiente, el mantenimiento correctivo planificado constituye una estrategia válida cuando se ejecuta bajo criterios técnicos estructurados. (Navarro, 2017). Se distinguen entre mantenimiento correctivo inmediato, ejecutado urgentemente para prevenir daños mayores, y mantenimiento correctivo diferido, que se planifica y programa considerando disponibilidad de recursos y prioridades operativas. Esta clasificación resulta particularmente relevante en contextos educativos, donde la planificación diferida permite aprovechar períodos de menor actividad académica para ejecutar reparaciones mayores. (Duffuaa, 2009).

(Muchiri, 2008) argumentan que el mantenimiento correctivo planificado constituye una estrategia racional en contextos caracterizados por obsolescencia tecnológica, restricciones presupuestarias severas o equipos de baja criticidad operativa. En tales escenarios, la inversión en sistemas preventivos complejos puede resultar económicamente inviable, haciendo del mantenimiento correctivo estructurado la opción más apropiada. Y (Sacristan, 2001) identifica factores distintivos del mantenimiento educativo: calendarios académicos que concentran el uso en períodos específicos, limitaciones presupuestarias estructurales, y la necesidad de mantener equipos didácticos que pueden no justificar inversiones en mantenimiento preventivo sofisticado. Adicionalmente, el entorno educativo presenta la oportunidad de integrar actividades de mantenimiento como elementos formativos, convirtiendo las intervenciones en experiencias de aprendizaje práctico para estudiantes

La aplicación de marcos normativos internacionales en instituciones educativas ha demostrado beneficios significativos en la profesionalización de la gestión de activos. Amadi-Echendu et al. (2010) y Tsang (2020) documentan que la implementación de principios de la ISO 55000 en entornos educativos contribuye a la reducción de costos operativos, el mejoramiento de la disponibilidad de equipos y el fortalecimiento de la seguridad estudiantil. La ISO 14224:2016 proporciona metodologías estandarizadas para clasificación, taxonomía y análisis de criticidad de equipos, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia. (Standardization., 2016)

En el contexto del presente proyecto del Instituto Técnico Aquileo Parra, se evidencia que la infraestructura del taller de mecánica industrial presenta un notable grado de obsolescencia

técnica, con equipos con más de 40 años de vida operativa y que han recibido mantenimiento insuficiente durante períodos prolongados.

La situación crítica se manifiesta en la disponibilidad actual de equipos: de ocho tornos originalmente instalados, únicamente uno mantiene condiciones operativas, limitando la capacidad operativa y formativa del taller. Esta realidad operativa coincide con las observaciones de (Duffuaa, 2009), sobre la necesidad de adaptar estrategias de mantenimiento a las condiciones reales de equipos y recursos disponibles, así como con los principios de la ISO 55000 que enfatizan la maximización del valor de activos dentro de restricciones organizacionales específicas (Standardization., 2016).

La implementación de un plan de mantenimiento que combine estrategias preventivas y correctivas se presenta como la alternativa más viable técnica y económicamente. Esta aproximación híbrida permite, por una parte, establecer rutinas preventivas básicas para equipos operativos, y por otra, planificar intervenciones correctivas estructuradas para la recuperación de equipos no funcionales.

(Márquez, 2019) sostienen que organizaciones con limitaciones de recursos pueden implementar exitosamente enfoques de mantenimiento graduales, iniciando con metodologías básicas y evolucionando progresivamente hacia sistemas más sofisticados. Este planteamiento resulta particularmente apropiado para instituciones educativas, donde la implementación inmediata de sistemas complejos puede resultar inviable, pero donde enfoques adaptativos pueden

generar mejoras operativas significativas a corto plazo, estableciendo simultáneamente las bases para desarrollos futuros más avanzados.

La estrategia preventivo-correctiva no solo responde a las necesidades inmediatas de recuperación operativa, sino que también establece fundamentos para la eventual transición hacia metodologías de mantenimiento más sofisticadas, contribuyendo así a la consolidación de un sistema de gestión de activos que fortalezca la calidad formativa, la seguridad estudiantil y la sostenibilidad institucional a largo plazo.

3. Marco Contextual

El presente proyecto se desarrolla en el Instituto Técnico Aquileo Parra, ubicado en el municipio de Barichara, Santander, institución que desde su creación en 1940 se ha consolidado como un referente regional en la formación técnica-industrial, ofreciendo programas en áreas como mecánica industrial, electricidad y dibujo técnico. En particular, el taller de mecánica industrial ha sido históricamente un eje fundamental en la enseñanza práctica, al permitir a los estudiantes adquirir competencias aplicadas en procesos de manufactura metalmecánica, contribuyendo así al fortalecimiento de las capacidades productivas de la región.

La institución atiende a una población estudiantil proveniente tanto del municipio de Barichara como de localidades aledañas, en su mayoría jóvenes de estratos socioeconómicos bajos y medios para quienes la educación técnica representa una oportunidad de crecimiento personal, acceso al mercado laboral y continuidad en la educación superior. No obstante, durante los últimos

años el proceso de formación se ha visto afectado por las limitaciones en la disponibilidad y operatividad de la maquinaria del taller, lo cual repercute directamente en la calidad de la enseñanza y en las posibilidades de articulación con programas de doble titulación, como los que anteriormente se desarrollaban en convenio con el SENA

En el aspecto económico, los factores de presupuestos acumulados en las últimas décadas han reducido de manera significativa la capacidad institucional para renovar o modernizar los activos del taller, dificultando también la implementación de programas de mantenimiento preventivo sistemático. Como consecuencia, equipos esenciales como tornos, fresadoras, limadoras y taladros de columna presentan actualmente más de treinta años de operación, registrando fallas recurrentes, pérdida de precisión y, en muchos casos, inoperatividad total. Esta situación limita la disponibilidad de equipos para las prácticas estudiantiles, sobrecarga los pocos que aún se encuentran en funcionamiento y compromete la seguridad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De esta manera, el presente proyecto evidencia la necesidad de diseñar y aplicar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que permita recuperar la funcionalidad del taller de mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra.

4. Análisis y resultados

4.1. Diagnóstico del estado actual de los activos físicos del taller de mecánica

4.1.1. Estado actual de los equipos

En la fase inicial del proyecto se llevó a cabo un diagnóstico técnico con el fin de verificar las condiciones operativas de los equipos que conforman el taller de mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra, ubicado en el municipio de Barichara. Esta actividad tuvo como objetivo caracterizar el estado actual de los equipos y establecer una línea base que permita diseñar y aplicar un plan de mantenimiento correctivo acorde con las necesidades reales del taller, con el fin de atacar de manera inmediata las falencias que pueden presentar los equipos.

El inventario actual del taller está conformado por seis (6) tornos, dos (2) fresadoras universales, tres (3) limadoras y un conjunto de taladros, tanto de árbol como radial, que en conjunto representan la infraestructura básica para la enseñanza y práctica de los procesos de mecanizado.

No obstante, debido a limitaciones presupuestales acumuladas a lo largo de los años, gran parte de esta maquinaria no ha recibido los mantenimientos preventivos ni correctivos adecuados, lo que ha derivado en fallas recurrentes, pérdida de precisión en las operaciones y, en algunos casos, en la inoperatividad de los equipos. Esta situación ha impactado de forma negativa el desarrollo de las prácticas formativas, limitando el tiempo de uso por estudiante y, en

consecuencia, la adquisición de competencias técnicas fundamentales, la programación de futuras actividades de conservación y la gestión de recursos destinados a garantizar la sostenibilidad del taller a largo plazo. Como se evidencia en la Figura 1 y Figura 2, se puede apreciar el taller de la especialidad de mecánica del Instituto técnico Aquileo Parra. del municipio de Barichara, con fotografías panorámicas, donde se presenta a rasgos modos el estado actual de los activos.

Figura 1

Panorámica del taller de mecánica del Instituto técnico Aquileo Parra.



Nota. Tornos del Taller de mecánica del Instituto técnico Aquileo Parra año 2025 (Fuente Propia)

Figura 2

Panorámica desde otro perfil del taller de mecánica del Instituto técnico Aquileo Parra.



Nota. Activos del Taller de mecánica del Instituto técnico Aquileo Parra año 2025 (Fuente Propia)

Durante la inspección realizada a los tornos y fresadoras, se evidencian deficiencias mecánicas, eléctricas y de ajuste que comprometen la operatividad, seguridad y precisión de los equipos. Para el Torno 1 Modelo TUE40 como se evidencia en la Figura 3, se recomienda efectuar el desarme completo y posterior armado de la caja de velocidades principal, con el fin de verificar el estado de engranajes, rodamientos y ejes.

De acuerdo con los hallazgos, se determinará la necesidad de sustitución de elementos desgastados. Adicionalmente, se requiere el desmontaje y ajuste del contrapunto, verificando la alineación y rigidez, así como el ajuste de la cuña del carro transversal, con posibilidad de reconstrucción si los valores de calibración exceden la tolerancia.

De igual manera debe contemplarse también el desarme y armado de la caja Norton, reemplazo del acople de la palanca de encendido, sustitución de la correa de husillo A78 y finalmente el cambio integral de aceites lubricantes en las cajas de transmisión.

Figura 3

Estado actual del torno 1 Modelo TUE40



Nota: Torno 1 Modelo TUE40 del taller de mecánica (Fuente Propia)

Verificadas las condiciones operativas, se puede determinar que actualmente, el torno opera con movimientos irregulares en los ejes y cambios de velocidad imprecisos debido al desgaste de engranajes. Aunque aún es funcional, presenta baja confiabilidad y alto riesgo de fallos inesperados en plena operación.

Para el Torno 2 Modelo TUE40 se requiere igualmente la intervención de la caja de velocidades Norton, evaluando el desgaste de engranajes, chavetas y rodamientos. Se sugiere desmontar y ajustar los avances automáticos de los ejes, lo cual permitirá recuperar precisión en los desplazamientos. Adicionalmente, deben realizarse ajustes mecánicos en la lira del husillo, instalar la cuña de la palanca de encendido, reemplazar las correas A78 y efectuar el cambio de lubricantes en las cajas de velocidades, tal como se evidencia en la Figura 4.

Figura 4

Estado actual del torno 2 Modelo TUE40



Nota: Torno 2 Modelo TUE40 del taller de mecánica (Fuente Propia).

Verificadas las condiciones operativas se puede determinar que el torno funciona de manera limitada, con pérdida de precisión en los avances automáticos y ruidos anómalos en la transmisión. Esto lo hace inadecuado para trabajos de tolerancias ajustadas, siendo apto únicamente para operaciones básicas

De acuerdo con los hallazgos encontrado en el Torno 3 Modelo TUE40, se evidencia que el torno presenta deficiencias tanto en la parte eléctrica como mecánica. Se debe ejecutar un mantenimiento integral de la cabina eléctrica, que incluya el reemplazo de contactores, relés térmicos y la instalación de un transformador para garantizar la seguridad y fiabilidad del arranque. En la parte mecánica, es necesario instalar el buje del carro transversal, revisar y montar el motor y las correas del husillo. Asimismo, se debe realizar el desarme y armado de la caja Norton, desmontar y ajustar los avances automáticos de los ejes y reparar la palanca de encendido del

husillo. Por último debe ejecutarse una inspección detallada de componentes. Como se evidencia en la Figura 5.

Figura 5

Estado actual del torno 3 Modelo TUE40



Nota: Torno 3 Modelo TUE40 del taller de mecánica (Fuente Propia)

Verificadas las condiciones operativas se encuentra en condición de riesgo eléctrico y mecánico, con fallas recurrentes que limitan su disponibilidad. Actualmente no debería usarse hasta no realizar las reparaciones, ya que compromete tanto la seguridad del operador como la integridad de las piezas.

En cuanto al torno 4 Modelo TUE40 que se puede apreciar en la Figura 6, se encontró que el estado de este torno requiere atención en el carro transversal, con ajustes de guías y posibles correcciones de holguras. Se requiere desmontar y ajustar los tornillos de los ejes, con fabricación de nuevas tuercas en caso de presentar desgaste excesivo. Deben instalarse las correas A78, junto con pines y porta piñones en la lira. Adicionalmente, es necesario reparar la palanca de encendido

del husillo y ajustar el tornillo patrón, la tuerca y el contrapunto, garantizando rigidez y repetibilidad en las operaciones de torneado.

Figura 6

Estado actual del torno 4 Modelo TUE40



Nota: Torno 4 Modelo TUE40 del taller de mecánica (Fuente Propia)

Verificadas las condiciones operativas, la máquina mantiene la capacidad de producción, pero con holguras que reducen la exactitud dimensional. Puede operar en piezas de baja precisión, pero no es confiable para trabajos que demanden tolerancias estrictas.

En el torno 5 Modelo TUE40 como se evidencia en la Figura 7, que el mantenimiento a este torno abarca tanto el área eléctrica como la mecánica. Se debe realizar la reparación de la cabina eléctrica, instalar el motor y las correas A78 del husillo. En la parte mecánica, se recomienda el armado y ajuste del carro longitudinal, la instalación de los tornillos del carro transversal, mantenimiento de la caja Norton y reparación de la palanca de encendido del husillo. Adicionalmente, debe fabricarse e instalarse una manija volante, lo cual permitirá recuperar la

ergonomía y seguridad en la operación. Se contempla también la ejecución de otras reparaciones menores de acuerdo con el estado de los subconjuntos.

Verificadas las condiciones operativas, en este torno se encuentra parcialmente inoperativo debido a fallas eléctricas y ausencia de componentes. Su uso actual es muy limitado y requiere intervención inmediata para ser reincorporado a la línea de producción.

Figura 7

Estado actual del torno 5 Modelo TUE40



Nota: Torno 5 Modelo TUE40 del taller de mecánica (Fuente Propia)

En el último torno 6 Modelo IMOR420 de la Figura 8 se evidencia que el equipo demanda la reparación del switch de encendido y de la palanca de encendido del husillo, elementos críticos para su puesta en marcha. Es necesario realizar mantenimiento integral de la caja Norton y de los avances automáticos, así como la fabricación y montaje de la cuña del carro transversal, pieza esencial para la precisión en los cortes. También se debe llevar a cabo el ensamblaje del contrapunto y de la torreta del torno, además de la instalación de los engranajes de la lira, cuya

fabricación es indispensable para su reposición. Finalmente, se requiere la instalación de las correas A78 del husillo, asegurando la transmisión de potencia adecuada.

Figura 8

Estado actual del torno 6 Modelo TUE40



Nota: Torno 6 Modelo IMOR420 del taller de mecánica (Fuente Propia)

Verificadas las condiciones operativas el torno no está en condiciones de trabajar de forma continua, ya que presenta limitaciones serias en el arranque y transmisión, siendo necesario dejarlo fuera de servicio hasta realizar la reparación integral.

Por último en cuanto a las dos fresadoras se evidencia que el diagnóstico de estas máquinas indica la necesidad de reparación de la caja de velocidades del husillo, lo cual es fundamental para mantener un rango de velocidades estable y sin vibraciones. Se debe realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la cabina eléctrica, reemplazo de cheques de lubricación y ajuste del sistema de lubricación, asegurando la adecuada distribución de aceite en guías y mecanismos.

Asimismo, es necesario sustituir los micros de ejes, elementos que intervienen en la limitación y control de los recorridos, con el fin de garantizar un funcionamiento seguro y preciso.

Verificadas las condiciones operativas, las fresadoras pueden operar, pero con riesgo de sobrecalentamiento y desgaste acelerado en el husillo. Su precisión se encuentra comprometida y no se recomienda su uso prolongado sin intervención.

4.1.2. Formulación de actividades de mantenimiento correctivo

Una vez culminado el diagnóstico y verificada la condición operativa actual de los activos físicos, se procede a establecer el plan de actividades de mantenimiento correctivo. Dicho plan se orienta a los equipos que, según la evaluación técnica, presentan un estado crítico y requieren una intervención inmediata para restablecer su funcionalidad, garantizar la seguridad en la operación y mitigar riesgos de fallas mayores. A continuación, se detallan las actividades priorizadas de acuerdo con la severidad y urgencia identificadas en el análisis, iniciando por las actividades correctivas de los tornos como se evidencia en la Tabla 1

Tabla 1

Actividades de mantenimiento correctivo para tornos

Equipo	Actividad de mantenimiento correctivo
Torno 1 TUE40	Desarme y armado caja velocidades principal
	Ajuste de contrapunto
	Ajuste de carro transversal
	Desarme y armado caja velocidades Norton
	Cambio acople palanca encendido
	Cambio correa husillo A78
	Cambio aceites lubricantes
Torno 2 TUE40	Desarme y armado caja velocidades Norton
	Desmontaje y ajuste avances automáticos
	Ajuste mecánico lira husillo
	Instalación de palanca encendido
	Cambio correas husillo A78
	Cambio aceites cajas velocidades
Torno 3 TUE40	Mantenimiento cabina electrica
	Instalación buje carro transversal
	Instalación motor y correas husillo
	Desarme y armado caja velocidades Norton
	Desmontaje y ajuste avances automáticos
	Reparación palanca encendido husillo
Torno 4 TUE40	Ajuste carro transversal
	Desmontaje y ajuste tornillos ejes
	Instalación correas husillo A78
	Instalación pines y porta piñones
	Reparación palanca encendido husillo
	Ajuste tornillo patrón y tuerca
	Ajuste contrapunto
Torno 5 TUE40	Mantenimiento cabina electrica
	Instalación motor y correas husillo A78
	Arme y ajuste carro longitudinal
	Instalación tornillos carro transversal
	Mantenimiento caja Norton
	Reparación palanca encendido husillo
	Instalación manija volante (Fabricación necesaria)
Reparación palanca encendido husillo	
Torno 6 IMOR420	Reparación switch encendido
	Reparación palanca encendido husillo
	Mantenimiento caja Norton y avances automáticos
	Fabricación cuña carro transversal
	Ensamble contrapunto
	Ensamble torreta torno
	Instalación engranajes lira (Fabricación necesaria)
	Instalación correas husillo A78

Nota: Actividades de mantenimiento correctivo establecidas para los tornos (Fuente Propia)

Así mismo se realizaron las actividades de mantenimiento correctivo para los demás equipos, para lo cual se generaron las siguientes actividades como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2

Actividades de Mantenimiento correctivo a fresadora y Limadora

Fresadora GUGIR	Reparación caja velocidades husillo
	Mantenimiento cabina electrica
	Cambio cheques lubricación
	Cambio micros de ejes
Fresadora CEXASI	Desarme y ajuste avance carro longitudinal
	Mantenimiento caja velocidades husillo
Limadora LAX460	Cambio tornillo avance
	Reemplazo tuerca graduación avances
	Calibraciónembrague mecánico
Limadora ALBA 4	Mantenimiento caja velocidades
	Reparación embrague
	Ajuste avance automático
Limadora PAB40	Mantenimiento caja velocidades
	Ajuste embrague
	Fabricación y montaje corona
	Fabricación y montaje patín y excéntrica
	Mantenimiento avances automáticos

Nota: Actividades de mantenimiento correctivo establecidas para la fresadora y limadora (Fuente Propia)

4.1.3. Cotizaciones y estudios del mercado

Se solicitó la cotización a una empresa especializada en mantenimiento de equipos de mecanizado, con el propósito de obtener un valor real y preciso del mantenimiento correctivo requerido. Tras realizar el diagnóstico y definir las actividades necesarias, se procedió a solicitar la cotización, cuyo detalle se presenta en la figura adjunta. Esto permite una adecuada planificación y control del presupuesto para asegurar la óptima recuperación y operación de los equipos

Figura 9

Cotización de las actividades de mantenimiento correctivo



Nota: cotización de las actividades de mantenimiento correctivo solicitadas a la empresa IMOCOM (Fuente Propia)

4.1.4. Presupuesto de las actividades de mantenimiento correctivo

Tras realizar consultas con una empresa especializada en mantenimiento de equipos de mecanizado industrial y considerando la antigüedad de los activos, se procede a elaborar el presupuesto oficial para mantenimiento correctivo, el cual incluye IVA y asciende aproximadamente a ochenta millones de pesos. Este valor no contempla los costos adicionales relacionados con administración, contingencias y utilidad empresarial, que representan un 25% adicional sobre el total del mantenimiento correctivo, elevando el presupuesto total a más de cien millones de pesos, como se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 3.

Presupuesto para el mantenimiento correctivo

Equipo	Actividad de mantenimiento correctivo	Unidad	Valor COP
Torno 1 TUE40	Desarme y armado caja velocidades principal	Global	\$ 1.500.000,00
	Ajuste de contrapunto y carro transversal	Global	\$ 300.000,00
	Desarme y armado caja velocidades Norton	Global	\$ 4.500.000,00
	Cambio acople palanca encendido	Global	\$ 400.000,00
	Cambio correa husillo A78	Global	\$ 500.000,00
	Cambio aceites lubricantes	Global	\$ 540.000,00
Subtotal Torno 1 TUE40			\$ 7.740.000,00
Torno 2 TUE40	Desarme y armado caja velocidades Norton	Global	\$ 4.500.000,00
	Desmontaje y ajuste avances automáticos	Global	\$ 1.500.000,00
	Ajuste mecánico lira husillo	Global	\$ 300.000,00
	Instalación de palanca encendido	Global	\$ 300.000,00
	Cambio correas husillo A78	Global	\$ 500.000,00
	Cambio aceites cajas velocidades	Global	\$ 540.000,00
Subtotal Torno 2 TUE40			\$ 7.640.000,00
Torno 3 TUE40	Mantenimiento cabina eléctrica	Global	\$ 1.600.000,00
	Instalación buje carro transversal	Global	\$ 300.000,00

	Instalación motor y correas husillo	Global	\$	560.000,00
	Desarme y armado caja velocidades Norton	Global	\$	4.500.000,00
	Desmontaje y ajuste avances automáticos	Global	\$	400.000,00
	Reparación palanca encendido husillo	Global	\$	300.000,00
	Subtotal Torno 3 TUE40		\$	7.660.000,00
Torno 4 TUE40	Ajuste carro transversal	Global	\$	1.250.000,00
	Desmontaje y ajuste tornillos ejes	Global	\$	400.000,00
	Instalación correas husillo A78	Global	\$	500.000,00
	Instalación pines y porta piñones	Global	\$	700.000,00
	Reparación palanca encendido husillo	Global	\$	300.000,00
	Ajuste tornillo patrón y tuerca	Global	\$	200.000,00
	Ajuste contrapunto	Global	\$	250.000,00
	Subtotal Torno 4 TUE40		\$	3.600.000,00
Torno 5 TUE40	Mantenimiento cabina eléctrica	Global	\$	1.600.000,00
	Instalación motor y correas husillo A78	Global	\$	1.500.000,00
	Arme y ajuste carro longitudinal	Global	\$	400.000,00
	Instalación tornillos carro transversal	Global	\$	200.000,00
	Mantenimiento caja Norton	Global	\$	4.500.000,00
	Reparación palanca encendido husillo	Global	\$	300.000,00
	Instalación manija volante (Fabricación necesaria)	Global	\$	560.000,00
	Reparación palanca encendido husillo	Global	\$	300.000,00
	Subtotal Torno 5 TUE40		\$	9.360.000,00
Torno 6 IMOR420	Reparación switch encendido	Global	\$	860.000,00
	Reparación palanca encendido husillo	Global	\$	300.000,00
	Mantenimiento caja Norton y avances automáticos	Global	\$	4.500.000,00
	Fabricación cuña carro transversal	Global	\$	600.000,00
	Ensamble contrapunto	Global	\$	300.000,00
	Ensamble torreta torno	Global	\$	300.000,00
	Instalación engranajes lira (Fabricación necesaria)	Global	\$	900.000,00
	Instalación correas husillo A78	Global	\$	600.000,00
	Subtotal Torno 6 IMOR420		\$	8.360.000,00
Fresadora GUGIR	Reparación caja velocidades husillo	Global	\$	2.200.000,00
	Mantenimiento cabina eléctrica	Global	\$	1.600.000,00
	Cambio cheques lubricación	Global	\$	200.000,00
	Cambio micros de ejes	Global	\$	260.000,00
	Subtotal Fresadora GUGIR		\$	4.260.000,00

Fresadora CEXASI	Desarme y ajuste avance carro longitudinal	Global	\$	1.300.000,00
	Mantenimiento caja velocidades husillo	Global	\$	1.960.000,00
	Subtotal Fresadora CEXASI		\$	3.260.000,00
Limadora LAX460	Cambio tornillo avance	Global	\$	800.000,00
	Reemplazo tuerca graduación avances	Global	\$	1.460.000,00
	Calibración embrague mecánico	Global	\$	1.000.000,00
	Subtotal Limadora LAX460		\$	3.260.000,00
Limadora ALBA 49	Mantenimiento caja velocidades	Global	\$	1.960.000,00
	Reparación embrague	Global	\$	1.500.000,00
	Ajuste avance automático	Global	\$	1.200.000,00
	Subtotal Limadora ALBA 49		\$	4.660.000,00
Limadora PAB40	Mantenimiento caja velocidades	Global	\$	2.500.000,00
	Ajuste embrague	Global	\$	900.000,00
	Fabricación y montaje corona	Global	\$	1.325.000,00
	Fabricación y montaje patín y excéntrica	Global	\$	1.600.000,00
	Mantenimiento avances automáticos	Global	\$	1.200.000,00
	Subtotal Limadora PAB40		\$	7.525.000,00
	SUBTOTAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO		\$	67.325.000,00
	IVA (19%)		\$	12.791.750,00
	TOTAL MANTENIMIENTO CORRECTIVO		\$	80.116.750,00
	ADMINISTRACIÓN (15%)		\$	12.017.512,50
	IMPREVISTOS (5%)		\$	4.005.837,50
	UTILIDAD (5%)		\$	4.005.837,50
	VALOR FINAL (INCLUYE REPUESTO, MANO DE OBRA, IVA Y AIU)		\$	100.145.937,50

Nota: presupuesto con las actividades correctivas (Fuente Propia)

4.2. Implementación criterios de la norma ISO 14224:2016

4.2.1. Clasificación de taxonomía

Primero se llevó a cabo un proceso sistemático de levantamiento y estandarización de información, siguiendo los lineamientos de clasificación y codificación establecidos en la norma ISO 14224:2016. Este proceso incluyó la recopilación de datos a partir de las placas de identificación de los equipos y de las inspecciones físicas en el taller, con el propósito de registrar de manera precisa información crítica como fabricante, modelo, número de serie, capacidad operativa, potencia, ubicación técnica y estado actual de cada activo.

En el caso particular de los tornos, debido a que varios de ellos presentan características técnicas homogéneas como fabricante, modelo, tipo y especificaciones principales—, se aplicaron los criterios de diferenciación propuestos por la taxonomía de la ISO 14224:2016. Esto permitió asignar códigos únicos e independientes a cada equipo, garantizando una identificación técnica individualizada que facilite la trazabilidad, el seguimiento de las intervenciones de mantenimiento y la gestión del ciclo de vida de los activos.

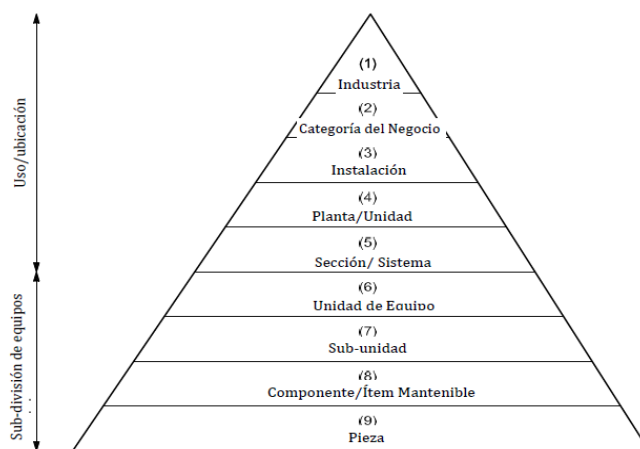
Aunque el taller actualmente no cuenta con múltiples niveles de taxonomía, se adoptó una estructura básica que permite organizar y jerarquizar los activos físicos e inventarios de manera ordenada. Esta clasificación no solo fortalece los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo, sino que también sienta las bases para futuros desarrollos en gestión de activos bajo estándares internacionales.

En este sentido, la implementación de una taxonomía, aunque inicial, aporta beneficios significativos para la gestión de los activos del taller. Este sistema permite estandarizar la documentación técnica de cada equipo, optimizar la planificación y ejecución de actividades de

mantenimiento al facilitar la identificación de equipos críticos y el seguimiento de su historial de fallas, y mejorar la trazabilidad de los procesos de reparación, reemplazo o actualización de los activos físicos. Asimismo, disponer de una base de datos organizada y confiable fortalece los procesos de auditoría técnica y facilita la articulación con entidades externas, como el SENA, al contar con información precisa y sistematizada. De esta forma, la aplicación de la ISO 14224:2016 en el contexto educativo no solo atiende una necesidad técnica, sino que también alinea el taller con las mejores prácticas de la industria metalmecánica, consolidando su capacidad para ofrecer experiencias formativas más cercanas a los entornos reales de trabajo, de la siguiente manera.

Figura 10

Clasificación de la Taxonomía con niveles taxonómicos



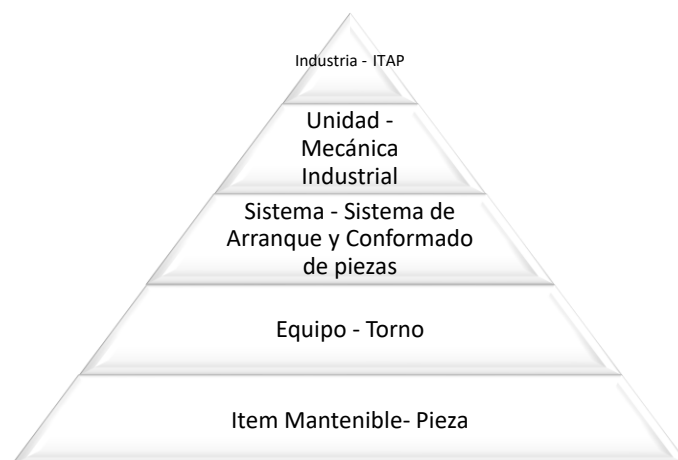
Nota: Límites del equipo, taxonomía (Standardization., 2016)

En coherencia con la estructura jerárquica presentada en la Figura 3, se desarrolla, como se ilustra en la Figura 4, una propuesta de clasificación taxonómica aplicada al taller de Mecánica Industrial. Esta organización responde a los lineamientos de la ISO 14224:2016, lo que permite estandarizar la identificación y codificación de los activos del taller.

Esta taxonomía no solo facilita la gestión técnica y documental de los equipos, sino que también optimiza procesos asociados al mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, además de mejorar la trazabilidad de fallas y la planificación de intervenciones. Con ello, se sientan bases sólidas para el desarrollo de estrategias de gestión de activos alineadas con las mejores prácticas del sector metalmeccánico y con los entornos de formación técnica y tecnológica.

Figura 11

Clasificación de la Taxonomía con niveles taxonómicos propuestos



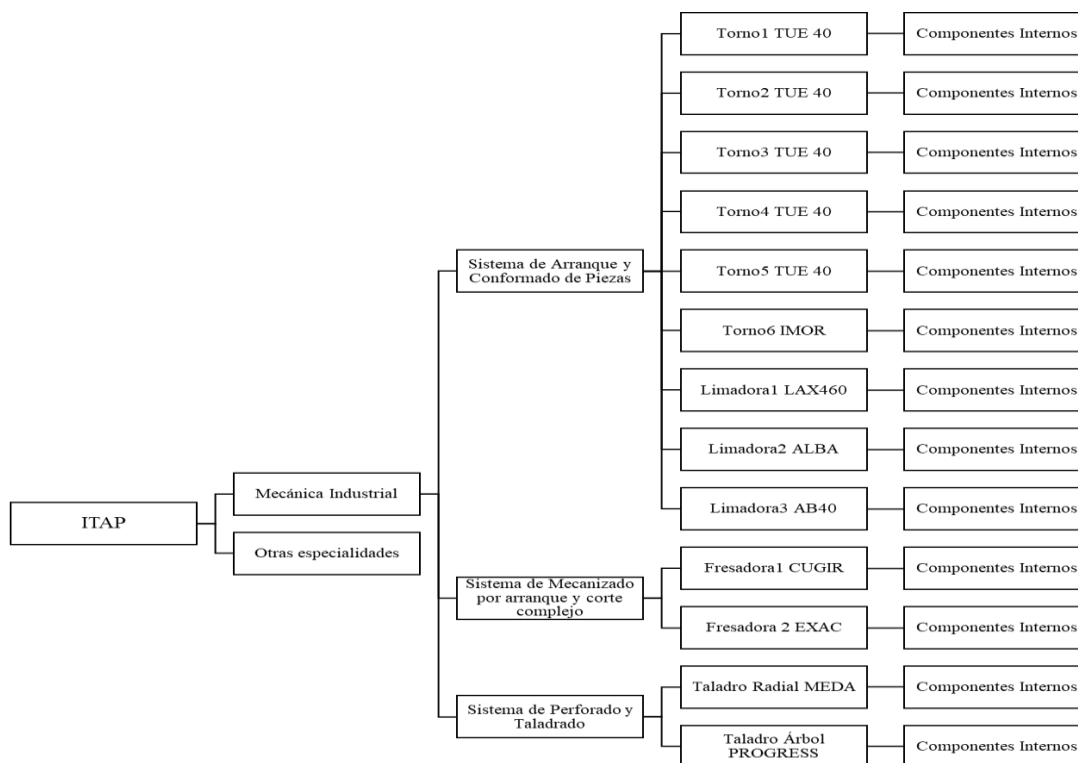
Nota: Límites del equipo, taxonomía propuesta (Fuente Propia)

En este sentido y con fundamento en la propuesta de niveles de taxonomía e identificación de activos, se desarrolla el siguiente nivel de clasificación, considerando de manera integral la totalidad de los equipos presentes en el taller de mecánica industrial. Esta estructuración taxonómica, alineada con estándares internacionales de gestión de activos, proporciona una base sólida para la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, así como para el análisis de confiabilidad y criticidad de los equipos.

Además, esta organización sistemática optimiza la trazabilidad de la información, facilita la toma de decisiones estratégicas orientadas a la mejora continua y contribuye a la gestión eficiente del ciclo de vida de los activos, incrementando su disponibilidad, confiabilidad y desempeño operativo dentro del contexto educativo y formativo de la institución, como se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 12

Niveles de taxonomía para el taller de Mecánica Industrial del ITAP



Nota: Clasificación y niveles de taxonomía para el taller de mecánica (Elaboración Propia)

4.2.2. Ubicaciones técnicas

Una vez definidos los niveles de taxonomía como lo fueron industria o negocio, unidad, sistema, equipo e ítem mantenible y en concordancia con lo establecido por la ISO 14224:2016, se procedió a la elaboración de las ubicaciones técnicas de cada activo. En estas ubicaciones se integraron toda la información recopilada durante el proceso de identificación de los siguientes niveles de taxonomía como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 4

Ubicaciones técnicas para los activos

Ubicación técnica			
Nivel Taxonomía	Denominación	Abreviatura	Digitos
Industria	Instituto Técnico Aquileo Parra	ITAP	4
Unidad	Mecánica Industrial	MEC	3
Sistemas	Sistema de arranque y conformado de piezas	SACP	4
	Sistema de mecanizado por arranque y corte complejo	SMCC	4
	Sistema de perforado y taladrado	SPYT	4
Equipos	Tomo1 TUE40	TRN1TUE40	9
	Tomo2 TUE40	TRN2TUE40	9
	Tomo3 TUE40	TRN3TUE40	9
	Tomo4 TUE40	TRN4TUE40	9
	Tomo5 TUE40	TRN5TUE40	9
	Tomo6 IMOR420	TRN6IMOR	9
	Limadora1 LAX460	LII1LAX460	9
	Limadora2 ALBA	LIMA2ALBA	9
	Limadora3 AB40	LIMA3AB40	9
	Fresadora1 CUGIR	FRE1CUGIR	9
	Fresadora2 CUGIR	FRE2CUGIR	9
	Taladro Radial MEDA	TARADMEDA	9
	Taladro Árbol PROGRESS	TALARPROG	9

Nota: Ubicaciones técnicas establecidas para el taller de mecánica (Elaboración Propia)

Por ejemplo, si se requiere identificar la ubicación técnica del Torno 5 TUE40, se recurre a la clasificación taxonómica previamente definida, considerando los niveles de industria o

negocio, unidad, sistema y equipo. Esta estructura permite generar el siguiente código único ITAP-MEC-SACP-TRN5TUE40.

Este tipo de codificación no solo facilita la localización técnica de los activos y la elaboración de sus fichas técnicas, sino que también sienta las bases para la futura implementación de un sistema de gestión computarizada de mantenimiento (CMMS). Dicho sistema podrá aprovechar esta codificación estandarizada para optimizar procesos de planificación, control y trazabilidad del mantenimiento, alineándose con las mejores prácticas de gestión de activos. Industriales, es por esto por lo que en la Tabla 2, se puede encontrar las ubicaciones técnicas por cada uno de los equipos del taller de mecánica del Instituto Técnico Aquileo Parra.

Tabla 5

Ubicaciones técnicas por equipo

Equipos	Ubicación técnica
Torno1 TUE40	ITAP-MEC-SACP-TRN1TUE40
Torno2 TUE40	ITAP-MEC-SACP-TRN2TUE40
Torno3 TUE40	ITAP-MEC-SACP-TRN3TUE40
Torno4 TUE40	ITAP-MEC-SACP-TRN4TUE40
Torno5 TUE40	ITAP-MEC-SACP-TRN5TUE40
Torno6 IMOR420	ITAP-MEC-SACP-TRN6IMOR
Limadora1 LAX460	ITAP-MEC-SACP-LI1LAX460
Limadora2 LAX460	ITAP-MEC-SACP-LIMA2ALBA
Limadora3 AB40	ITAP-MEC-SACP-LIMA3AB40
Fresadora1 CUGIR	ITAP-MEC-SMCC-FRE1CUGIR
Fresadora2 CUGIR	ITAP-MEC-SMCC-FRE2CUGIR
Taladro Radial MEDA	ITAP-MEC-SPYT-TARADMEDA
Taladro Árbol PROGRESS	ITAP-MEC-SPYT-TALARPROG

Nota: Ubicaciones técnicas elaboradas para el proyecto (Elaboración Propia)

4.2.3. Cálculo del riesgo y nivel de criticidad

Con el fin de completar la información de las fichas técnicas se incluyó un análisis de criticidad de conformidad con lo establecido en la norma ISO 14224:2016 es una metodología técnica y sistemática basada en el concepto de riesgo, cuyo propósito es establecer la jerarquía y prioridad de los activos, equipos y componentes de un sistema industrial. Este enfoque busca optimizar la asignación de recursos humanos, técnicos y económicos, orientando las estrategias de mantenimiento hacia aquellos elementos cuyo impacto potencial sobre la operación, la seguridad, el medio ambiente y los costos resulta más significativo. (Standardization., 2016)

El procedimiento se fundamenta en la evaluación del riesgo global, calculado como el producto de la frecuencia de fallas y las consecuencias asociadas a dichas fallas. La frecuencia de fallas se define como el número de eventos ocurridos en un período determinado y constituye un indicador clave para medir el desempeño y la confiabilidad de los activos. Por su parte, las consecuencias abarcan los impactos en la continuidad operativa, los costos de reparación, la seguridad del personal, el cumplimiento normativo y los efectos ambientales.

Para el análisis, la norma propone el uso de una matriz de criticidad que pondera los diferentes criterios evaluados, asignando un nivel de riesgo a cada activo o componente. Este proceso permite jerarquizar los activos dentro de una estructura organizada y jerárquica desde sistemas hasta ítems mantenibles, lo que facilita una gestión focalizada en los elementos más críticos.

En síntesis, el método de criticidad de la ISO 14224 constituye una herramienta integral de apoyo para la toma de decisiones, permitiendo alinear la gestión del mantenimiento con los objetivos estratégicos de la organización y promoviendo una operación más segura, eficiente y sostenible.

La aplicación de ISO 14224:2016 permite establecer un marco estandarizado para la recolección, análisis e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento. Aunque originalmente desarrollada para las industrias petrolera, petroquímica y de gas natural, sus principios y metodologías son aplicables a cualquier entorno industrial que requiera gestión sistemática de activos, estableciendo con un modelo cuantitativo que evalúa el riesgo de la siguiente manera:

Ecuación 1

Cálculo del riesgo

$$R = F * C$$

Donde R es el riesgo del equipo, F la frecuencia y/o probabilidad de falla y C la consecuencia de la falla

Tabla 6

Factores de Frecuencia propuestos

Factores de Frecuencia					
Puntaje	Edad del Equipo	Puntaje	Estado Operativo Actual	Puntaje	Complejidad Técnica
Muy Alta (5)	>60 años	Muy Alta (5)	No operativo o en su defecto múltiples fallas críticas	Muy Alta (5)	Automatización compleja
Alta (4)	50 -60 años	Alta (4)	Operativo limitado o en su defecto fallas frecuentes	Alta (4)	Múltiples sistemas integrados
Media (3)	35-50 años	Media (3)	Operativo funcional o en su defecto fallas casuales que requiere recuperación	Media (3)	Sistemas mecánicos convencionales con componentes críticos
Baja (2)	20-35 años	Baja (2)	Buen estado Operativo	Baja (2)	Equipos simples, con pocos componentes críticos
Muy Baja (1)	<20 años	Muy Baja (1)	Estado óptimo con mantenimiento preventivo actualizado	Muy Baja (1)	Herramientas básicas con componentes simples

Nota: Puntajes determinados para los factores de frecuencia, estableciendo con un modelo cuantitativo

Tabla 7

Factores de consecuencia propuestos

Factores de Consecuencias							
Puntaje	Impacto Operacional	Puntaje	Flexibilidad Operacional	Puntaje	Costo de Mantenimiento	Puntaje	Impacto a la seguridad y el medio ambiente
Muy Alta (10)	Paralización completa del taller	Muy Alta (4)	Sin equipos alternativos ni redundancia	Muy Alta (4)	>\$40,000,000	Muy Alta (8)	Riesgo alto para estudiantes/personal
Alta (6)	Afecta múltiples procesos formativos	Alta (3)	Redundancia limitada o compartida	Alta (3)	\$20,000,000 - \$40,000,000	Alta (6)	Riesgo moderado, requiere atención inmediata
Media (4)	Impacta procesos específicos de aprendizaje	Media (2)	Alguna flexibilidad operacional disponible	Media (2)	\$5,000,000- \$20,000,000	Media (4)	Riesgo controlado con medidas adicionales
Baja (2)	Afectación menor en actividades académicas	Baja (1)	Múltiples alternativas operacionales	Baja (1)	<\$5,000,000	Baja (2)	Riesgo menor, procedimientos estándar
Muy Baja (1)	Sin impacto significativo en operaciones					Muy Baja (1)	Sin riesgo significativo

Nota: Puntajes determinados para los factores de consecuencia, establecido con un modelo cuantitativo

De esta manera se establecen los siguientes niveles de criticidad de acuerdo con el riesgo, siendo rojo el de mayor valor y verde el de menor riesgo como se muestra a continuación

Tabla 8

Niveles de criticidad

Nivel de Criticidad	Rango de Riesgo (R)	Color	Estrategia de Mantenimiento
CRÍTICA (A)	$R \geq 80$	Rojo	Mantenimiento Preventivo Intensivo
ALTA (B)	$50 \leq R < 80$	Naranja	Mantenimiento Preventivo Programado
MEDIA (C)	$30 \leq R < 50$	Amarillo	Mantenimiento Preventivo Básico
BAJA (D)	$R < 30$	Verde	Mantenimiento Correctivo

Nota: Puntajes determinados para la criticidad, establecido con un modelo cuantitativo

Tabla 9*Frecuencia de fallas por año*

Frecuencia	Fallas por Año	Puntaje
Muy Alta	> 4	5
Alta	3 a 4	4
Media	1 a 2	3
Baja	0.5-1	2
Muy Baja	< 0.5	1

Nota: Puntajes determinados para la frecuencia de fallas por año, establecido con un modelo cuantitativo

Tabla 10*Cálculo de riesgo y nivel de criticidad*

Equipo	Edad en Años	Factor Edad	Factor Estado Operativo	Factor Complejidad Técnica	Frecuencia Total	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo Mantenimiento	Impacto Seguridad Ambiente	Consecuencia Total	RIESGO	NIVEL DE CRITICIDAD
Torno1 TUE40	55	4	3	3	3,33	6	2	3	6	17	56,667	ALTA (B)
Torno2 TUE40	55	4	3	3	3,33	6	2	3	6	17	56,667	ALTA (B)
Torno3 TUE40	55	4	3	3	3,33	6	2	3	6	17	56,667	ALTA (B)
Torno4 TUE40	55	4	3	3	3,33	6	2	3	6	17	56,667	ALTA (B)
Torno5 TUE40	55	4	3	3	3,33	6	2	3	6	17	56,667	ALTA (B)
Torno6 IMOR420	45	4	3	3	3,33	4	3	2	6	15	50,000	MEDIA (C)
Limadora1 LAX460	40	4	3	2	3,00	4	4	2	4	14	42,000	MEDIA (C)
Limadora2 ALBA	65	5	3	2	3,33	4	4	3	4	15	50,000	MEDIA (C)
Limadora3 AB40	65	5	3	2	3,33	4	4	3	4	15	50,000	MEDIA (C)
Fresadora1 CUGIR	43	4	3	4	3,67	6	3	3	6	18	66,000	ALTA (B)
Fresadora2 CUGIR	45	4	3	4	3,67	6	3	3	6	18	66,000	ALTA (B)
Taladro Radial MEDA	50	4	3	2	3,00	2	4	2	4	12	36,000	MEDIA (C)
Taladro Árbol PROGRESS	55	4	3	2	3,00	2	4	2	5	13	39,000	MEDIA (C)

Nota: Puntajes final de riesgo y nivel de criticidad, establecido con un modelo cuantitativo

4.2.4. Fichas técnicas

Una vez definidos los niveles de taxonomía y las ubicaciones técnicas como lo fueron la industria o negocio, unidad, sistema, equipo e ítem mantenible y en concordancia con lo establecido por la ISO 14224:2016, se procedió a la elaboración de las fichas técnicas de cada activo. En estas fichas se integró toda la información recopilada durante el proceso de levantamiento de datos en el taller.

Dado que algunos equipos registran más de 30 años de operación, fue indispensable realizar una búsqueda exhaustiva de los manuales originales de fabricante y de documentación técnica complementaria, con el objetivo de consolidar datos actualizados sobre su identificación, características técnicas principales y especificaciones de funcionamiento. La Figura 6 presentada a continuación evidencia el resultado de este proceso de clasificación y sistematización de la información.

Figura 13

Formato de ficha técnica establecido para los activos del taller

		TALLER DE MECÁNICA INDUSTRIAL - INSTITUTO TÉCNICO AQUILEO PARRA					
		FORMATO FICHA TECNICA PARA ACTIVOS DEL TALLER					
EQUIPO		Torno1 TUE40		UBICACIÓN TÉCNICA		ITAP-MEC-SACP-TRN1TUE40	
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO							
DIAMETRO SOBRE BANCADA		17" (432 mm)					
VELOCIDADES		18-1600 RPM					
AVANCES LONGITUDINALES		42 velocidades					
PESO		6000 Libras (2722 kg)					
MOTOR PRINCIPAL		7,5 CV (5,6kW)					
PARENT TAG		TUE 40					
INDICADOR (CRITICIDAD)		B					
CLASIFICACIÓN							
CLASE DE EQUIPO	Mecánico	TIPO DE EQUIPO	Torneado Metálico				
SISTEMA	Sistema de arranque y conformado de piezas						
DATOS DE FABRICACIÓN							
FABRICANTE		Andrychowska Fabryka Maszyn (AFM)		TIPO		Torno Paralelo con Escotadura	
MODELO	BAÑERA TUE40	SERIE	8826	FECHA FABRICACION	1970		
OBSERVACIONES:							
El equipo se encuentra en estado operativo funcional, pero que no está operando en su totalidad, sino al contrario requiere de una recuperación de sus capacidades, presenta signos visibles de desgaste superficial en la pintura y partes expuestas, no cuenta con las protecciones de seguridad completas en la zona de transmisión y bancada, lo que representa un riesgo potencial para la operación, carece señalización de barreras físicas de seguridad, sus componentes críticos como husillo, guías y sistema de transmisión requieren de mantenimiento.							

Nota: Formato de ficha técnica establecido para los activos del taller de mecánica industrial.

4.3. Análisis de efectos y modos de falla AMEF

4.3.1. Desarrollo del AMEF

El análisis de efectos y modos de falla es una metodología sistemática y preventiva que permitió identificar, evaluar y priorizar los modos de falla potenciales de equipos industriales del taller de mecánica industrial, con el objetivo de desarrollar estrategias de mantenimiento efectivas que maximicen la confiabilidad operacional y minimicen los riesgos asociados y teniendo en cuenta que se justifica por la antigüedad promedio de más de cincuenta años de los equipos y la necesidad crítica de optimizar los recursos limitados de mantenimiento disponibles.

Tabla 11.

AMEF desarrollado

Industria	Unidad	Sistema	Equipo	Subsistema	Unidad Mantenible	Función	Modo de Falla	Causa	Efecto	S	O	D	RP N		
ITAP	Mecánica Industrial	Sistema de arranque y conformado de piezas	Torno TUE40	Sistema de Transmisión Principal	Engranajes de velocidad	Transmitir diferentes velocidades al husillo	Desgaste excesivo de dientes	Falta de lubricación, sobrecarga	Pérdida de velocidades, ruido excesivo	8	7	6	33		
					Correas de transmisión	Transmitir potencia del motor al husillo	Rotura o deslizamiento	Tensión incorrecta, envejecimiento	Pérdida total de transmisión	1	0	5	4	20	
					Poleas escalonadas	Cambiar relación de velocidades	Desgaste de canales	Uso prolongado, falta mantenimiento	Velocidades imprecisas, vibración	6	8	7	6	33	
				Caja Norton	Engranajes Norton	Proporcionar avances automáticos	Rotura de dientes	Impactos, fatiga del material	Pérdida de avances automáticos	9	6	7	8	37	
					Mecanismo selector velocidades	Seleccionar velocidad de avance	Atascamiento del selector	Acumulación de viruta, falta lubricación	Imposibilidad cambio de velocidades	7	4	8	4	22	
				Bancada y Guías	Guías bancadas	Guiar desplazamiento del carro	Desgaste de superficies de guía	Uso sin refrigerante, partículas abrasivas	Pérdida de precisión dimensional	8	9	5	0	36	
					Carro longitudinal	Permitir desplazamiento longitudinal	Holgura excesiva en guías	Desgaste normal, falta de ajuste	Juego en desplazamientos	6	8	6	8	28	
				Husillo Principal	Rodamientos husillo	Soportar y girar el husillo principal	Falla de rodamientos	Falta de lubricación, contaminación	Vibración excesiva, ruido	9	8	4	8	28	
					Mandril	Sujetar pieza de trabajo	Desgaste de garras	Sobrecarga, desgaste por uso	Imposibilidad de sujetar piezas	1	0	6	3	18	
				Contrapunto	Punto móvil	Soportar extremo de pieza larga	Desalineación del punto	Golpes, desajuste por vibración	Piezas mal centradas, vibración	7	5	6	0	21	
				Carro Transversal	Tornillo patrón	Transmitir movimiento al carro	Desgaste de rosca	Uso intensivo, falta de lubricación	Avance irregular del carro	8	7	5	0	28	
					Tuerca del carro	Convertir rotación en desplazamiento lineal	Desgaste interno de rosca	Partículas abrasivas, desgaste normal	Juego excesivo, pérdida precisión	7	8	6	6	33	
				Sistema Eléctrico	Motor principal	Proporcionar potencia mecánica	Quemadura de bobinados	Sobrecarga eléctrica, humedad	Parada total del equipo	1	0	3	2	60	
					Contactores eléctricos	Controlar arranque y paro del motor	Deterioro de contactos	Arcos eléctricos, oxidación	Arranques erráticos, paros inesperados	8	6	7	6	33	
				Sistema de Lubricación	Sistema de engrase	Lubricar componentes móviles	Obstrucción de conductos	Acumulación de residuos, aceite degradado	Desgaste acelerado, sobrecalentamiento	7	6	8	6	33	
				Torno IMOR420	Sistema de Transmisión	Engranajes principales	Transmitir potencia y velocidades	Desgaste de dientes	Falta lubricación, sobrecarga	Pérdida de velocidades, ruido	7	8	6	6	33
						Correas A78	Transmitir potencia del motor	Rotura o estiramiento	Tensión inadecuada, deterioro	Parada total del husillo	1	0	4	3	12
					Caja Norton	Engranajes Norton	Proporcionar avances automáticos	Fractura de engranajes	Choques, fatiga del material	Pérdida total de avances	9	5	6	0	27
			Lira de velocidades			Seleccionar roscas y avances	Desgaste de engranajes	Uso intensivo, partículas abrasivas	Imposibilidad hacer roscas	8	7	7	2	39	
			Bancada y Guías		Guías de bancada	Guiar desplazamiento preciso	Pérdida de precisión geométrica	Desgaste por fricción, falta mantenimiento	Pérdida precisión dimensional	8	9	5	0	36	
			Husillo Principal		Rodamientos del husillo	Soportar y girar husillo	Falla de rodamientos	Contaminación, falta de grasa	Vibración excesiva, ruido	9	7	4	2	25	
					Torreta portaherramientas	Sujetar y posicionar herramientas	Desgaste de posicionadores	Desgaste por uso, impactos	Imposibilidad fijar herramientas	9	6	5	0	27	
			Contrapunto		Punto móvil	Soportar extremo de pieza	Desalineación	Vibraciones, ajuste inadecuado	Piezas descentradas	6	4	7	8	16	
			Carro Transversal		Cuña del carro transversal	Ajustar posición del carro	Desgaste de superficie de contacto	Fricción continua, partículas	Movimiento impreciso del carro	7	8	6	6	33	
			Sistema Eléctrico		Switch de encendido	Controlar encendido del equipo	Falla de contactos internos	Arcos eléctricos, humedad	Imposibilidad encender equipo	1	0	3	2	60	
					Palanca de encendido husillo	Activar/desactivar rotación husillo	Desgaste de mecanismo interno	Uso frecuente, falta mantenimiento	No funciona rotación husillo	1	0	5	4	20	

			Sistema de Lubricación	Circuito de lubricación	Distribuir lubricante	Obstrucción de líneas	Aceite degradado, residuos	Desgaste acelerado componentes	6	7	8	33	
			Limadora	Mecanismo Principal	Biela	Convertir movimiento rotativo en alternativo	Desgaste de casquillos	Falta lubricación, desgaste normal	Juego excesivo, pérdida precisión	7	9	5	31
					Cigüeñal	Generar movimiento alternativo	Desgaste de muñones	Cargas cíclicas, lubricación deficiente	Vibración, ruido excesivo	8	8	4	25
					Cojinetes principales	Soportar ejes rotativos	Desgaste de superficies	Contaminación, falta mantenimiento	Ruido, calentamiento	6	9	6	32
				Caja de Velocidades	Engranajes internos	Transmitir diferentes velocidades	Rotura de dientes	Sobrecargas, impactos	Pérdida de velocidades	8	5	6	24
					Selector de velocidades	Seleccionar velocidad de trabajo	Atascamiento	Acumulación viruta, falta limpieza	Velocidad fija	5	4	8	16
				Avance Automático	Trinquete de avance	Proporcionar avance automático	Desgaste de dientes	Uso continuo, falta lubricación	Pérdida avance automático	6	7	7	29
					Tornillo de graduación	Graduar cantidad de avance	Desgaste de roscas	Partículas abrasivas, uso intensivo	Avance impreciso	7	8	6	4
				Mesa de Trabajo	Guías de la mesa	Guiar desplazamiento de mesa	Pérdida de precisión	Desgaste por fricción, cargas	Pérdida precisión dimensional	8	9	5	36
					Tornillo de avance transversal	Desplazar mesa transversalmente	Desgaste de rosca	Uso frecuente, partículas	Mesa inmóvil	9	6	5	27
				Embrague Mecánico	Discos de fricción	Transmitir movimiento por fricción	Desgaste de superficies	Deslizamiento, calentamiento	Pérdida de transmisión	9	6	6	32
					Resortes de presión	Mantener presión de contacto	Pérdida de elasticidad	Fatiga del material, sobrecarga	Deslizamiento continuo	7	5	7	24
				Sistema de Lubricación	Circuito de engrase	Lubricar componentes móviles	Obstrucción de conductos	Aceite degradado, residuos	Desgaste acelerado	6	7	8	33
				Estructura	Bancada	Soportar todos los mecanismos	Fisuras por fatiga	Vibraciones, sobrecargas	Pérdida de rigidez	9	3	7	18
				Herramientas	Portaherramientas	Sujetar herramienta de corte	Desgaste de alojamiento	Cambios frecuentes, desgaste	Herramientas flojas	7	6	6	25
				Sistema Eléctrico	Motor principal	Proporcionar potencia mecánica	Sobrecalentamiento	Sobrecarga, ventilación deficiente	Parada del equipo	1	0	4	2
			Accesorios	Prensa de sujeción	Sujetar piezas de trabajo	Desgaste de mordazas	Apriete excesivo, desgaste	Piezas mal sujetas	8	7	5	28	
			Sistema de mecanizado y corte complejo	Husillo Principal	Rodamientos del husillo	Soportar husillo y eliminar vibraciones	Desgaste de pistas y bolas	Vibración y/o falta de lubricación	Vibración, pérdida precisión	8	8	4	25
					Cono portaherramientas ISO 50	Sujetar herramientas de corte	Desgaste del cono	Cambios frecuentes, sobrecarga	Imposibilidad sujetar herramientas	1	0	6	3
				Caja de Velocidades	Engranajes de velocidad	Proporcionar diferentes velocidades	Desgaste de dientes	Cargas excesivas, lubricación deficiente	Pérdida de velocidades específicas	7	7	6	29
					Selector de velocidades	Cambiar velocidades de husillo	Atascamiento del selector	Viruta, falta de mantenimiento	Velocidad fija, pérdida versatilidad	6	5	8	0
				Mesa de Trabajo	Tornillos de avance longitudinal	Desplazar mesa longitudinalmente	Desgaste de roscas	Uso intensivo, partículas abrasivas	Mesa inmóvil longitudinalmente	9	6	5	27
					Tornillos de avance transversal	Desplazar mesa transversalmente	Desgaste de roscas	Uso intensivo, partículas abrasivas	Mesa inmóvil longitudinalmente	9	6	5	27
				Avances Automáticos	Motor de avances	Motorizar avances automáticos	Quemadura de bobinados	Sobrecarga, humedad	Pérdida de avances automáticos	8	4	3	96
					Engranajes de avance	Transmitir potencia a avances	Rotura de dientes	Impactos, fatiga	Avances manuales deficientes	7	6	7	4
				Sistema Eléctrico	Contactores principales	Controlar potencia del equipo	Deterioro de contactos	Arcos eléctricos, ambiente húmedo	Parada del equipo	1	0	5	2
										0	5	2	0

				Micros de final de carrera	Limitar carreras de la mesa	Desajuste de posiciones	Vibraciones, desgaste	Sobre carreras, daños	7	6	7	29		
			Sistema de Lubricación	Bombas de lubricación	Circular aceite lubricante	Falla de impulsor	Contaminación, falta mantenimiento	Lubricación deficiente	8	7	6	33		
				Filtros de aceite	Filtrar impurezas del aceite	Colmatación de filtros	Aceite degradado, partículas	Contaminación del sistema	6	8	5	24		
			Cabezal Divisor	Mecanismo divisor	Dividir piezas angularmente	Desgaste de engranajes	Uso frecuente, lubricación insuficiente	Imposibilidad hacer divisiones	5	4	8	16		
			Guías y Bancada	Guías de la mesa	Guiar desplazamiento de mesa	Desgaste de superficies	Cargas pesadas, abrasivos	Pérdida de precisión dimensional	8	9	5	36		
	Sistema de perforado y taladrado	Taladro	Husillo Principal	Mandril de sujeción	Sujetar brocas de diferentes diámetros	Desgaste de garras	Cambio frecuente brocas, desgaste	Imposibilidad sujetar brocas	1			21		
					Rodamientos del husillo	Soportar husillo y eliminar vibraciones	Desgaste de pistas	Falta lubricación, contaminación	Vibración excesiva, imprecisión	8	6	4	19	
				Transmisión de Potencia	Poleas escalonadas	Proporcionar diferentes velocidades	Desgaste de canales	Uso prolongado, falta mantenimiento	Pérdida de velocidades específicas	6	8	7	33	
					Correas de transmisión	Transmitir potencia del motor	Estiramiento o rotura	Tensión inadecuada, envejecimiento	Pérdida total de potencia	1	0	4	2	80
				Mesa de Trabajo	Mesa ajustable	Soportar y posicionar piezas	Desgaste de guías	Cargas pesadas, partículas abrasivas	Piezas mal posicionadas	7	8	5	28	
					Tornillos de fijación	Fijar posición de la mesa	Aflojamiento de roscas	Vibraciones, falta de mantenimiento	Mesa inestable, vibraciones	6	5	6	18	
				Avance Vertical	Mecanismo cremallera-piñón	Proporcionar avance controlado	Desgaste de dientes	Uso intensivo, falta lubricación	Avance manual únicamente	7	6	6	25	
				Sistema Eléctrico	Motor eléctrico	Generar potencia mecánica	Sobrecalentamiento	Sobrecarga, ventilación deficiente	Parada del equipo	1	0	3	2	60
				Sujeción	Prensa de sujeción	Sujetar piezas durante taladrado	Deformación de mordazas	Apriete excesivo, material duro	Piezas mal sujetas, accidentes	9	5	4	18	
				Refrigeración	Sistema de refrigerante	Refrigerar zona de corte	Obstrucción de boquillas	Refrigerante contaminado, residuos	Sobrecalentamiento de brocas	5	6	7	21	
										5	6	7	0	

Nota: Amef para el taller de mecánica (Fuente propia)

4.3.2. Análisis del AMEF propuesto

Como se puede apreciar en el desarrollo del AMEF los equipos del taller de mecánica industrial del instituto técnico Aquileo Parra presentan un nivel de riesgo medio-alto, con un RPN promedio de 252, lo que refleja la presencia de diversos modos de falla que requieren monitoreo y control sistemático. El RPN máximo identificado, de 392, este se clasifica como crítico y demanda acciones inmediatas para evitar afectaciones mayores, mientras que el valor mínimo, de 60, corresponde a modos de falla de bajo impacto o con controles ya consolidados. Este escenario confirma que, si bien algunos equipos operan con riesgos moderados, existen componentes y subsistemas cuya criticidad podría comprometer tanto la confiabilidad como la disponibilidad operativa si no se abordan con planes de gestión prioritarios.

De igual manera se evidencia que el Torno TUE40 ocupa la primera posición, con un RPN promedio de 277, lo que indica múltiples modos de falla con alta severidad y frecuencia. En segundo lugar, la Limadora, con un RPN promedio de 266, y el Torno IMOR420, con 258, presentan fallas recurrentes que afectan directamente la precisión y disponibilidad operativa. Por su parte, la Fresadora CUGIR, con un RPN promedio de 242, también se perfila como un activo que requiere intervenciones preventivas prioritarias, mientras que el Taladro, con un RPN de 198, si bien menos crítico, debe mantenerse bajo vigilancia para evitar la escalada de riesgos. Estos resultados permiten focalizar recursos y esfuerzos en los equipos de mayor vulnerabilidad, optimizando la confiabilidad y eficiencia del sistema productivo.

En cuanto a los modos de falla con RPN igual o superior a 300, como el Torno TUE40 concentra la mayor cantidad, con siete modos críticos, situándolo como el activo con mayor prioridad de intervención. La Limadora le sigue con seis modos críticos, mientras que el Torno IMOR420 presenta cinco modos en esta categoría. Adicionalmente, la Fresadora CUGIR registra dos modos críticos y el Taladro uno, confirmando que, aunque su nivel de riesgo global es menor, no está exento de fallas severas. Esto refuerza la necesidad de implementar estrategias de mitigación, especialmente en los equipos con mayor concentración de modos críticos, con el fin de garantizar la continuidad operativa y reducir riesgos asociados a fallas inesperadas.

El análisis de las causas raíz recurrentes identifica como principal factor la deficiencia o degradación de la lubricación, que acelera el desgaste de componentes y aumenta la probabilidad de fallas graves. A ello se suma la contaminación por partículas abrasivas, virutas y residuos, que afecta el desempeño de rodamientos, engranajes y guías, generando un deterioro progresivo. Otro aspecto crítico es la sobrecarga mecánica y eléctrica, asociada a operaciones fuera de parámetros recomendados, así como la ausencia de planes sistemáticos de mantenimiento preventivo y ajustes periódicos, lo que permite que fallas incipientes evolucionen hasta estados críticos. Estas condiciones, en conjunto, impactan negativamente la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de los activos, incrementando los costos de operación y mantenimiento.

Finalmente, los efectos más recurrentes de los modos de falla analizados están vinculados con la pérdida de precisión dimensional, que afecta directamente la calidad de las piezas y conlleva retrabajos y desperdicio de material. De igual forma, se presentan vibraciones y ruidos excesivos, que actúan como indicadores tempranos de deterioro interno y que, de no atenderse, pueden derivar

en fallas catastróficas. Asimismo, se registran paradas no programadas, que comprometen la disponibilidad operativa y generan retrasos significativos en los procesos productivos. Finalmente, se observa un desgaste acelerado de componentes críticos, que eleva los costos de mantenimiento y reduce la vida útil de los equipos, afectando directamente la eficiencia, confiabilidad y competitividad del sistema productivo.

4.3.3. Plan de mantenimiento preventivo

Tabla 12

Plan de mantenimiento preventivo propuesto

Industria	Unidad	Sistema	Equipo	Subsistema	Unidad Mantenable	Actividad Preventiva	Frecuencia	Tiempo Estimado (hrs)	Recursos Necesarios	Responsable
ITAP	Mecánica Industrial	Sistema de arranque y conformado de piezas	Torno TUE40	Sistema de Transmisión Principal	Engranajes de velocidad	Verificación nivel lubricación y cambio aceite SAE 90	Mensual	2	Aceite SAE 90, herramientas básicas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
					Correas de transmisión	Inspección tensión y estado correas A78	Quincenal	1	Tensiómetro, correas A78 repuesto	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
					Poleas escalonadas	Limpieza canales poleas y verificación alineación	Mensual	1,5	Solvente, brocha, nivel	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
				Caja Norton	Engranajes Norton	Verificación juegos engranajes y lubricación especial	Bimensual	3	Grasa para engranajes, calibres	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
					Mecanismo selector velocidades	Limpieza selector y lubricación mecanismo	Mensual	1,5	Solvente, aceite ligero, brocha	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
				Bancada y Guías	Guías bancadas	Limpieza guías y aplicación película protectora	Semanal	1	Aceite soluble, trapos industriales	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
					Carro longitudinal	Ajuste guías carro y verificación holguras	Mensual	2	Galgas espesores, llaves ajuste	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
				Husillo Principal	Rodamientos husillo	Monitoreo temperatura y ruido, cambio graso	Mensual	2	Termómetro infrarrojo, graso para rodamientos	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
					Mandril	Limpieza y verificación sujeción garras	Semanal	0,5	Solvente, llave mandril	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
				Contrapunto	Punto móvil	Verificación alineación y lubricación	Mensual	1	Aceite ligero, indicador alineación	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad

Torno IMOR420	Carro Transversal	Tornillo patrón	Lubricación tornillo patrón y verificación desgaste	Mensual	1,5	Grasa para roscas, calibres	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Tuerca del carro	Limpieza rosca tuerca y ajuste juegos	Bimensual	2	Solvente, galgas, herramientas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Sistema Eléctrico	Motor principal	Verificación aislamiento y limpieza ventilación	Bimensual	1,5	Megóhmetro, brocha, aire comprimido	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Sistema de Transmisión	Engranajes principales	Cambio aceite transmisión y verificación juegos	Bimensual	2,5	Aceite SAE 90, galgas espesores
	Correas A78		Inspección estado y ajuste tensión correas	Quincenal	1	Tensiómetro, correas A78	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Caja Norton	Engranajes Norton	Inspección engranajes y lubricación Norton	Mensual	2,5	Grasa para engranajes, herramientas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Lira de velocidades	Limpieza engranajes lira y lubricación	Mensual	2	Grasa para engranajes, brocha	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Bancada y Guías	Guías de bancada	Limpieza y protección guías bancada	Semanal	1	Aceite protector, trapos	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Husillo Principal	Rodamientos del husillo	Monitoreo rodamientos y cambio grasa	Mensual	2	Grasa rodamientos, estetoscopio	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Contrapunto	Punto móvil	Verificación alineación contrapunto	Mensual	1	Indicador alineación, herramientas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
Biela		Verificación juego casquillos y lubricación	Mensual	2	Aceite SAE 30, micrómetros	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad	
Limadora	Mecanismo Principal	Cigüeñal	Inspección muñones y cambio aceite	Bimensual	3	Aceite SAE 40, calibres	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Cojinetes principales	Lubricación cojinetes y monitoreo temperatura	Quincenal	1,5	Grasa cojinetes, termómetro	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
	Caja de Velocidades	Engranajes internos	Cambio aceite caja velocidades	Trimestral	2	Aceite SAE 90, herramientas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad

Sistema de mecanizado y corte complejo	Fresadora CUGIR	Selector de velocidades	Limpieza y lubricación selector	Mensual	1	Solvente, aceite ligero	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad	
		Avance Automático	Trinquete de avance	Lubricación trinquete y verificación dientes	Mensual	1,5	Grasa ligera, lupa	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Mesa de Trabajo	Guías de la mesa	Limpieza y protección guías mesa	Semanal	1	Aceite protector, trapos	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Husillo Principal	Rodamientos del husillo	Monitoreo vibración y cambio grasa rodamientos	Mensual	2,5	Vibrómetro, grasa alta velocidad	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
			Cono portaherramientas ISO 50	Limpieza y verificación cono portaherramientas	Semanal	0,5	Solvente, piedra abrasiva fina	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Caja de Velocidades	Engranajes de velocidad	Cambio aceite caja velocidades husillo	Bimensual	2	Aceite SAE 90, herramientas	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Mesa de Trabajo	Tornillos de avance longitudinal	Lubricación tornillos avance longitudinal	Quincenal	1	Grasa para roscas, engrasadora	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
			Tornillos de avance transversal	Lubricación tornillos avance transversal	Quincenal	1	Grasa para roscas, engrasadora	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Husillo Principal	Mandril de sujeción	Limpieza y verificación sujeción brocas	Semanal	0,5	Solvente, llave mandril	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
			Rodamientos del husillo	Lubricación rodamientos husillo taladro	Mensual	1	Grasa rodamientos, engrasadora	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
Sistema de perforado y taladrado	Taladro	Transmisión de Potencia	Poleas escalonadas	Limpieza canales poleas taladro	Mensual	1	Brocha, solvente	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad
		Correas de transmisión	Inspección estado correas y ajuste tensión	Quincenal	1	Tensiómetro, correas repuesto	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad	
		Mesa de Trabajo	Mesa ajustable	Lubricación guías mesa taladro	Quincenal	0,5	Aceite ligero, trapos	Docente taller de mecánica y estudiantes técnicos de la especialidad

Nota: Plan de mantenimiento preventivo para 1 año (Fuente Propia)

5. Conclusiones

El diagnóstico técnico realizado a los activos físicos del taller de mecánica industrial del Instituto Técnico Aquileo Parra confirma la condición crítica de los equipos, donde únicamente uno de seis tornos mantiene operatividad plena. Esta situación compromete significativamente la calidad del proceso formativo y limita las oportunidades de articulación con el SENA, validando la necesidad urgente de intervención correctiva estructurada.

La implementación de los criterios de la norma ISO 14224:2016 permitió establecer un sistema de clasificación taxonómica y ubicaciones técnicas estandarizadas, proporcionando una base sólida para la gestión sistemática de activos. Esta estructuración facilita la trazabilidad, el control documental y sienta las bases para futuros desarrollos en sistemas de gestión computarizada de mantenimiento (CMMS).

El análisis de criticidad reveló que los equipos presentan un nivel de riesgo medio alto con un RPN promedio de 252, siendo el Torno TUE40 el activo más crítico (RPN 277), seguido por la Limadora (RPN 266) y el Torno IMOR420 (RPN 258). Esta jerarquización permite focalizar recursos y esfuerzos en los equipos de mayor vulnerabilidad, optimizando la eficiencia en la asignación de recursos limitados.

El Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF) identificó 24 modos de falla críticas (RPN \geq 300), concentrados principalmente en el Torno TUE40 con siete modos críticos. Las

causas raíz más recurrentes corresponden a deficiencias de lubricación, contaminación por partículas abrasivas, sobrecarga mecánica y ausencia de mantenimiento preventivo sistemático.

El presupuesto establecido de \$100.145.937,50 COP para las 67 actividades de mantenimiento correctivo formuladas representa una inversión estratégica que permitirá recuperar la funcionalidad de los equipos y restablecer la capacidad operativa del taller a niveles que cumplan con los estándares requeridos por el SENA.

La metodología híbrida preventiva correctiva desarrollada se adapta apropiadamente a las restricciones presupuestarias institucionales ya las condiciones específicas de obsolescencia de los equipos, estableciendo un enfoque gradual que puede evolucionar hacia sistemas de mantenimiento más recomendados en el futuro.

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad técnica y económica del plan propuesto, proporcionando una hoja de ruta clara para la recuperación operativa del taller y el fortalecimiento de la formación técnica en mecánica industrial en la región.

6. Recomendaciones

Se recomienda iniciar la ejecución del plan de mantenimiento correctivo priorizando los equipos con mayor criticidad identificados en el análisis. Comenzar con el Torno TUE40 y la Limadora, que presentan los RPN más elevados, permitirá obtener resultados visibles a corto plazo y optimizar el impacto de la inversión inicial.

Establecer un cronograma de inversión escalonado que permita distribuir los \$100.145.937,50 COP en fases anuales, considerando la disponibilidad presupuestal institucional y los períodos de menor actividad académica para minimizar la interrupción de las actividades formativas.

Aprovechar la taxonomía y ubicaciones técnicas establecidas según ISO 14224:2016 para implementar gradualmente un sistema de gestión computarizada de mantenimiento (CMMS) que permita optimizar la planificación, control y seguimiento de las actividades de mantenimiento.

Definir e implementar indicadores claves de rendimiento (KPIs) como disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos, que permitirán monitorear el impacto del plan de mantenimiento y facilitar la toma de decisiones basada en datos.

Establecer un sistema de inventarios que garantice la disponibilidad de repuestos críticos identificados en el análisis, especialmente correas A78, rodamientos, lubricantes y componentes eléctricos, reduciendo los tiempos de parada por falta de materiales.

Documentar adecuadamente los avances en la recuperación operativa del taller para gestionar la reactivación del convenio de doble titulación con el SENA, lo cual fortalecerá significativamente las oportunidades formativas de los estudiantes.

Referencias Bibliográficas

- Duffuaa, S. (2009). *Planning and Control of Maintenance Systems: Modeling and Analysis*. Springer.
- García Garrido, J. (2019). *Gestión del mantenimiento industrial*. Díaz de Santos.
- J, M. (2009). *Gestión del mantenimiento Industrial*. Universidad Politécnica de Valencia.
- J, W. (2003). *Asset management: Concepts and practices*.
- Márquez, C. (2019). *Contemporary Maintenance Management*.
- Muchiri, P. &. (2008). *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion*. *International Journal of Production Research*.
- Navarro. (2017). *Mantenimiento industrial: fundamentos y estrategias*.
- Sacristan, R. (2001). *Gestión del mantenimiento en entornos educativos*. Ediciones Pirámide.
- Standardization., I. O. (2016). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016)*.
- Villamizar, H. &. (2021). *Estrategias de mantenimiento en instituciones educativas técnicas un enfoque hacia la sostenibilidad*. *Revista Ingeniería y Región*.

Apéndices

Apéndice A. Contenido del trabajo de grado