

Plan de mantenimiento preventivo para un torno convencional marca Colchester

Referencia Student 2000

Fabián Alfonso Plazas Martínez, Hernando José Vela y Milton Eulices Velandia Garzón

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Miguel Ángel Urián Tinoco

Bogotá, noviembre de 2021

Dedicatoria

A Dios, mi familia, docentes, compañeros de estudio por su aporte, tiempo y dedicación a este trabajo.

Hernando Vela

A Dios por ser el guía de mi vida, a mi madre María Isabel Martínez por apoyarme siempre. Mi abuelo Aquilino Martínez por ser mi ejemplo a seguir y aunque ya no esté físicamente, su recuerdo, amor y enseñanzas permanecerán en mi corazón por siempre. A mi hermana Lady, mis tíos Miguel, Blanca y a mi abuelita Nieves por su cariño y apoyo incondicional.

Fabián Alfonso Plazas Martínez

Dedico a DIOS por bendecir mi camino al progreso, a mis padres Eulices y Graciela por darme la vida y experiencia, a mi esposa Esneda e hijos Samuel y Liam por la paciencia y perseverancia, a mis hermanos Aleida, Liliana y Jefferson por todos los momentos de alegría y estudio, a mis familiares y grandes amigos que en algún momento aportaron su tiempo y conocimiento para mi desarrollo intelectual.

Milton Eulices Velandia Garzón

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad ECCI por su formación académica y por brindarnos herramientas con las cuales pudimos desarrollar nuestro proyecto de grado.

A nuestro asesor, el docente Miguel Ángel Urián Tinoco, por incentivarnos a aplicar nuestros conocimientos adquiridos en beneficio de nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestros docentes en las demás asignaturas, compañeros y familiares por apoyarnos incondicionalmente.

Resumen

El presente trabajo tiene como propósito documentar y establecer una propuesta técnica para un plan de mantenimiento preventivo para la máquina tipo torno convencional Marca Colchester Referencia Student 2000, perteneciente al sector metalmecánico en Colombia. La importancia de este trabajo es generar beneficios económicos, de mejora continua para la empresa y aumente el ciclo de vida útil de la máquina industrial y que se pueda implementar a futuro.

Se realizará una visita a una empresa para hacer una inspección visual a la máquina en general, se entrevistará a las personas encargadas de las actividades de mantenimiento y se elaborará un Checklist para determinar su estado actual.

Se elaborará la taxonomía, un análisis de criticidad y un AMEF de la máquina, para establecer las fallas más importantes que se presentan en su funcionamiento y las rutinas de mantenimiento preventivo.

Finalmente, se generará la documentación técnica necesaria para ejecutar un plan de mantenimiento preventivo para la máquina, estableciendo rutinas, actividades entre otros, y se calculará el análisis costo beneficio de la implementación de este plan.

Abstract

The present work has as a documentary purpose and to establish a technical proposal for a preventive maintenance plan for the Colchester Reference Student 2000 conventional lathe type machine, belonging to the metalworking sector in Colombia. The importance of this work is to generate economic benefits, continuous improvement for the company and increase the useful life cycle of the industrial machine and that, it can be implemented in the future.

A visit will be made to a company for a visual inspection of the machine in general, the people in charge of maintenance activities will be interviewed and a checklist will be drawn up to determine its current status.

The taxonomy, a criticality analysis and an FMEA of the machine will be prepared to establish the most important faults that occur in its operation and preventive maintenance routines.

Finally, the necessary technical documentation will be generated to execute a preventive maintenance plan for the machine, establishing routines, activities, among others, and the cost-benefit analysis of the implementation of this plan will be calculated.

Palabras Clave: Plan de Mantenimiento preventivo, torno Colchester, metalmecánica, costo-beneficio, fiabilidad.

Tabla de Contenido.

Contenido

1	Título del Proyecto.....	2
2	Problema de investigación	2
2.1	Descripción del Problema.....	2
2.2	Formulación del problema	3
3	Objetivos	4
3.1	Objetivo general.....	4
3.2	Objetivos específicos	4
4	Justificación y delimitación	5
4.1	Justificación	5
4.2	Delimitación.....	6
4.3	Limitación.....	7
5	. Marco Conceptual.....	7
5.1	Estado del arte.....	7
5.1.1	Estado del arte Nacional	7
5.1.2	Estado del arte Internacional.....	11
5.2	Marco teórico	17
5.2.1	Torno en Colombia	17
5.2.2	Definición de mantenimiento.....	21
5.2.3	Historia del mantenimiento.....	25
5.2.4	Función técnica del mantenimiento	26

5.2.5	Clases o tipos de mantenimiento.....	27
5.2.6	Mantenimiento correctivo.....	27
5.2.7	Mantenimiento preventivo.....	28
5.2.8	Mantenimiento predictivo.....	30
5.2.9	Plan de mantenimiento.....	31
5.3	Marco normativo legal.....	33
5.4	Marco histórico.....	34
5.4.1	Historia del torno.....	34
6	Marco Metodológico.....	35
6.1	Recolección de la información.....	35
6.1.1	Tipo de investigación.....	35
6.1.2	Fuentes de obtención de la información.....	35
6.1.3	Herramientas para la Investigación.....	35
6.1.4	Metodología.....	35
6.1.5	Información recopilada.....	36
6.2	Análisis de la información.....	46
6.2.1	Estructura Organizacional.....	48
6.2.2	Administración del mantenimiento.....	48
6.2.3	Planificación del mantenimiento.....	48
6.2.4	Soporte Informático.....	49
6.2.5	Documentación técnica.....	49
6.2.6	Costos de mantenimiento.....	49
6.2.7	Áreas de mantenimiento.....	50

6.2.8	Personal de mantenimiento.....	50
6.3	Propuesta de solución	50
6.3.1	Taxonomía	
6.3.2	Inventario y codificación de equipos	56
6.3.3	Máquinas del taller de mantenimiento mecánico.....	58
6.3.4	Análisis de criticidad.....	62
6.3.5	AMEF	64
6.3.6	Diagrama de Pareto del AMEF.....	65
6.3.7	Plan de mantenimiento Preventivo	67
6.3.8	Rutinas de mantenimiento.....	68
6.3.9	Indicadores	
6.3.10	Misión	
6.3.11	Visión	
6.3.12	Objetivo social	
6.3.13	Objetivos	
6.3.14	Políticas y Estrategias	
7	Impactos esperados y generados.....	72
7.1	Impactos alcanzados	72
7.2	Impactos alcanzados	
7.3	Discusión.....	73
8	Análisis Financiero	74
9	Conclusiones y Recomendaciones	78
9.1	Conclusiones	78

9.2	Recomendaciones	79
10	Bibliografía	80

Lista de figuras

Figura 1. Especificaciones breves del torno.....	37
Figura 2. Listado de partes de la máquina	38
Figura 3. Entrevista realizada en el taller de mantenimiento mecánico.....	40
Figura 4. La máquina torno Colchester Student 2000 de una empresa.....	41
Figura 5. Copa universal y el carro superior	41
Figura 6. Estado actual de palancas y botoneras.....	42
Figura 7. Sistema eléctrico.....	43
Figura 8. Estado de las guías.....	43
Figura 9. Ubicación del motor eléctrico.....	44
Figura 10. Espacio bomba refrigerante	45
Figura 11. Check List Diligenciada para Torno Colchester Student 2000	46
Figura 12. Indicadores de gestión	53
Figura 14. Taxonomía de activos	57
Figura 15. Inventario de Máquinas taller mantenimiento mecánico.....	58
Figura 16. Centro de mecanizado. Fuente : Autores.....	59
Figura 17. Frontal Fresadora Vertical. Fuente : Autores	59
Figura 18. Fresadora Vertical.....	60
Figura 19. Frontal Torno Pinacho	61
Figura 20. Frontal Segueta Mecánica	61
Figura 21. Frontal Sierra de Cinta.....	62
Figura 22. Análisis de Criticidad de las máquinas del taller	63

Figura 23. AMEF Torno Colchester Student 2000	65
Figura 24. PARETO AMEF	66
Figura 25. Formato plan de mantenimiento preventivo.....	67
Figura 26. Formato inspección mecánica	69
Figura 27. Formato inspección eléctrica	70
Figura 28. Organigrama de mantenimiento	71
Figura 29. Costo de Implementación	74
Figura 30. Ciclo de Vida Método Línea Recta	76
Figura 31. Calculo ROI.....	77

Introducción

Por iniciativa de un grupo de estudiantes se ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo que permita hacer el seguimiento, trazabilidad y confiabilidad para un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000. Actualmente en el mercado se cuenta con tornos industriales los cuales representan altos costos de inversión, de mantenimiento y capacitación para el buen funcionamiento y operación del mismo. La creación de un plan de mantenimiento preventivo está orientado a minimizar dichos costos, además de lograr aprovechar al máximo la máquina y extender su vida útil.

La idea base consiste en desarrollar un plan de mantenimiento para dar seguimiento y control de la máquina mediante un registro documental que posea los formatos indispensables para llevar el control necesario y óptimo mantenimiento del torno. Se pretende establecer una herramienta de fácil uso y que no se vuelva repetitivo en su aplicación, que el acceso sea sencillo y no lleve demasiado tiempo su diligenciamiento.

Además, se generará conciencia del adecuado mantenimiento del torno y su importancia en el aumento de la vida útil del mismo generando ahorro en gastos de mantenibilidad y manteniendo la eficiencia del mismo.

1 Título del Proyecto

Plan de mantenimiento preventivo para un torno convencional de sector metalmecánico Marca Colchester tomando como Referencia el Student 2000

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del Problema

El sector metalmecánico en Colombia es el más productivo para la industria en este país, y ha logrado fortalecerse como una cadena exportadora, según lo aclara Fedemetal adscrita a la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). La industria metalmecánica en Colombia se encarga de transformar el acero en bienes que van desde laminados, tuberías, estructuras metálicas y maquinaria industrial. Actualmente existen más de 680 empresas dedicadas al sector metalmecánico a lo largo de la cadena manufacturera en el país. Este sector se ha vuelto clave para el desarrollo económico interno por su gran potencial a la hora de satisfacer la demanda en el sector de la construcción que sigue en crecimiento. Sin embargo, dada la coyuntura por el Covid-19, el sector se encuentra en incertidumbre, pero se mantiene activo y es de los mayores generadores de empleo en el país. (ANDI, s.f.)

El mantenimiento preventivo hace referencia a la realización de manera periódica de inspecciones generales de la maquinaria industrial: abarcando desde la verificación del funcionamiento hasta la seguridad, la calibración, limpieza y lubricación de los mismos. Por lo

general, las industrias suelen realizar previamente un plan de mantenimiento que se suele seguir periódicamente para mantener las maquinarias en buenas condiciones y para chequear cuando sea necesaria una reparación más profunda.

Actualmente existe una oportunidad de mejora en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000, el cual es de vital importancia en la fabricación de piezas mecanizadas para la empresa de estudio, pues es la máquina que genera la mayoría de los productos metálicos. El torno Colchester Student 2000 requiere un plan de mantenimiento preventivo establecido; ya que no se realizan las actividades rutinarias y de mantenimiento autónomo requeridas para el funcionamiento y cuidado del activo.

La máquina está en riesgo de que le ocurran fallas de tipo operacional y funcional, pues está sometida a trabajo constante, en algunos casos sin supervisión y no se analiza su confiabilidad operacional, viendo afectado sustancialmente los componentes electromecánicos y de seguridad, disminuyendo la vida útil de la misma.

2.2 Formulación del problema

¿Qué elementos metodológicos deben tenerse en cuenta en la elaboración de una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para un Torno Convencional Marca Colchester Referencia Student 2000?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Establecer un plan de mantenimiento preventivo para la máquina Torno Convencional Marca Colchester Referencia Student 2000

3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual del Torno Convencional Marca Colchester Referencia Student 2000.
- Caracterizar las actividades del mantenimiento preventivo de la máquina que se deben realizar para su óptimo funcionamiento.
- Elaborar la documentación técnica requerida para un plan de mantenimiento preventivo para un torno Colchester Student 2000.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

Actualmente la industria metalmecánica juega un papel importante en el desarrollo económico de nuestro país, Colombia, por lo que es necesario utilizar equipos y maquinaria de alta confiabilidad, con el fin de reducir los costos innecesarios y ser más competitivos, pero esto no es posible si la maquinaria no tiene un buen mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo y dejando evidencias con trazabilidad.

La compañía COLCHESTER lleva diseñando tornos de alta precisión desde el año 1897. Su herencia, en cuanto al diseño y construcción de tornos manuales es indiscutible. Hoy en día el ADN de COLCHESTER está en sus tornos centrales; una historia que comienza con los tornos de cabeza de engranaje de la gama COLCHESTER Student, es uno de los grandes hitos de esta firma. Este torno COLCHESTER es ideal para la formación y el uso en los talleres profesionales ya que se centra en un sistema de cabezal y accionamiento específicos. En este caso, el nombre del Student “2000” hace alusión a su máxima velocidad de rotación. COLCHESTER es la empresa pionera en lo que a educación de operarios e ingenieros se refiere en el mundo del mecanizado industrial. Aprendices de todo tipo y condición, departamentos de producción y también de mantenimiento han utilizado un torno COLCHESTER como base fundamental de su formación. (Colchester Machine Tool Solutions, s.f.)

Al realizar mantenimiento preventivo a la máquina, los operarios y técnicos podrán colocarla en funcionamiento y óptimas condiciones, lo cual da tranquilidad y mayor seguridad en la ejecución de su trabajo. Ya depende de estas personas hacer buen uso de esta.

Se disminuye el deterioro de los componentes de la máquina, pues se les garantiza mayor durabilidad a las partes y se mantendrá ajustada, bien lubricada y calibrada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y con la experiencia de los trabajadores de mantenimiento.

También, no entorpecerá el proceso productivo, ya que se verá aumentada su confiabilidad en su funcionamiento pues disminuirán las reparaciones por daños repetitivos, cuando se presenten y se podrá aumentar la vida útil del activo. Por último, se garantizará una mayor seguridad en el uso de la máquina, por lo tanto, no pierde garantía con el servicio de mantenimiento.

4.2 Delimitación

Para efectos del presente trabajo se realizará la propuesta de un plan de mantenimiento para un Torno Colchester Student 2000 tomando a una empresa del sector metalmeccánico donde se realiza el presente estudio.

- Limitación Espacial: El presente trabajo se desarrollará en una empresa del sector metalmeccánico, enfocándonos en un torno Colchester Student 2000.
- Limitación Temporal: Este trabajo fue desarrollado en el periodo comprendido entre febrero de 2021 y noviembre 2021.

4.3 Limitación

- La falta de información sobre registros o trazabilidad del mantenimiento preventivo para un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000 en repositorios o en el área de gerencia de proyectos de mantenimiento de las universidades.
- Banco de datos incompletos y no actualizados, por parte de las empresas dedicadas al sector metalmecánico que utilizan esta máquina.
- El período de tiempo de recolección de la información comprende 3 meses de duración a partir de junio del 2021.
- Por políticas de la organización, la revelación de nombres reales, algunas cifras y cierta información que consideran importantes de proteger, no serán divulgadas en este documento.

5 . Marco Conceptual

5.1 Estado del arte

5.1.1 *Estado del arte Nacional*

5.1.1.1 Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de mecanizado, soldadura, refrigeración y automotriz del centro industrial de mantenimiento de Girón

En el año 2015 los autores Avendaño Luis Andrés y Barrera Cristian desarrollaron como opción de grado en la Universidad Industrial de Santander la investigación titulada “Diseño e Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las áreas de mecanizado,

soldadura, refrigeración y automotriz del centro industrial de mantenimiento de Girón” en ella los autores presentan un plan de mantenimiento preventivo, apoyados de un sistema de información para mejorar la gestión de mantenimiento en la empresa. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación teniendo en cuenta la aplicación de herramientas en la gestión de mantenimiento para máquinas industriales. (Luis Avendaño, Cristian Barrera, 2015)

5.1.1.2 Diseño de programa de mantenimiento centrado en lubricación al taller torno y taller torno fresa del SENA C.I.C de Cartagena

En el año del 2004 los autores Andrés Fernando Franco Corena y Bexini Ávila Caldera desarrollan como opción de grado en la Universidad de Cartagena el trabajo de grado titulado “Diseñar un programa de mantenimiento centrado en lubricación, en busca de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y máquinas del Taller Torno y Taller Torno Fresa del SENA C.I.C., optimizando el manejo del presupuesto asignado para estas labores”, en ella los autores presentan un programa de mantenimiento estudiado los fundamentos de tribología y lubricación dentro de los programas de mantenimiento e identifican los modos de fallas centrados en lubricación de los equipos analizados para finalmente diseñar estrategias de mantenimiento a seguir por la entidad del SENA al taller torno y fresa. El trabajo citado sirve como ejemplo en el diseño del programa de mantenimiento preventivo para la máquina Torno Colchester (Andres Correa, Bexni Avila, 2004)

5.1.1.3 Elaboración de plan de mantenimiento par torno EMCO 220 del laboratorio de mecatrónica universidad EAFIT

En el año 2012 el estudiante Gabriel Fernando Guerra Trespalcios desarrolló como opción de grado en la Universidad EAFIT de Medellín el trabajo titulado “Elaboración de plan de mantenimiento para torno EMCO 220 del laboratorio de mecatrónica Universidad EAFIT” en ella el autor elabora un plan de mantenimiento para la máquina torno EMCO 220 teniendo en cuenta los diferentes subsistemas del equipo de estudio donde tiene como objetivo la información respecto de los diferentes proveedores para la máquina (Torno EMCO 220), donde describe los subsistemas más importantes del equipo y sus respectivas variables a controlar. Realiza el análisis de fallas más relevantes presentadas en el equipo, además de una verificación de puesta a punto por medio de patrones de verificación. Y finalmente elabora un plan de mantenimiento acorde con el sistema de calidad del centro de laboratorio de la universidad EAFIT. El trabajo citado sirve como guía en el desarrollo del plan de mantenimiento para un torno paralelo.(Trespalcions, 2012)

5.1.1.4 Diseño de un plan un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos de la institución educativa técnica industrial Turmequé

En el año 2019 el estudiante Oscar Alexander Ramírez Acevedo desarrolló como opción de grado en la Universidad Santo Tomas de Tunja el trabajo titulado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos de la institución educativa técnica industrial Turmequé”, en ella el autor presenta el diseño de un plan de mantenimiento preventivo

para las máquinas realizando un diagnóstico del estado actual en las máquinas y equipos del laboratorio de mecánica industrial de la Institución Educativa Técnica Industrial Turmequé. Además, determinan responsables, funciones, procesos y tiempos, para el mantenimiento de máquinas y equipos. Establecen procedimientos y recursos para el mantenimiento de máquinas y equipos, la puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos. El trabajo citado sirve como modelo en el diagnóstico de las máquinas del colegio de Turmequé y así poder elaborar un diagnóstico de la máquina de una forma técnica y adecuada. (Acevedo, 2019).

5.1.1.5 Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas torno Winston – Torno Pinacho – llenadora de resistencias – fresadora Jhonford – swanger o reductor de la empresa Colres Ltda.” donde Desarrollo un plan de mantenimiento preventivo para tres máquinas herramienta y dos equipos productivos de la empresa Colres Ltda.

En el año 2013 el estudiante Osvaldo Adrián Campaña Olviva desarrollo una pasantía en la Universidad Autónoma del Occidente “Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas torno Winston – Torno Pinacho – llenadora de resistencias – fresadora Jhonford – swanger o reductor de la empresa Colres Ltda.” donde desarrollan un plan de mantenimiento preventivo para tres máquinas herramienta y dos equipos productivos de la empresa Colres Ltda. Evalúan el actual sistema productivo y de mantenimiento relacionado con una de las máquinas indicadas. Identifican la información operativa y tecnológica de cada uno de los equipos especificados. Por último, establecen un plan integral del mantenimiento para cada

una de las máquinas. El trabajo citado es de vital importancia para el desarrollo de un plan de mantenimiento en nuestra máquina de estudio pues nos muestra un ejemplo claro de cómo establecer este plan integral (OSVAL ADRIÁN CAMPAÑA OLIVA , 2013)

5.1.1.6 Metodología de mantenimiento preventivo para máquinas de baja utilización

En el año 2020 el estudiante Alejandro Echavarría Yepes desarrolló un proyecto de grado en la Universidad de los Andes “Metodología de mantenimiento preventivo para máquinas de baja utilización”. Diseñó y aplicó una metodología de mantenimiento preventivo enfocada a máquinas de baja utilización centrada en la reducción de costos y alta confiabilidad. Propuso acciones basadas en datos y distintos modelos de mantenimiento que se alinean con los objetivos organizacionales para disminuir los costos asociados a este procedimiento. El trabajo citado sirve como modelo en el desarrollo de una metodología de mantenimiento preventivo que se centre en la confiabilidad de la máquina(YEPES, 220)

5.1.2 Estado del arte Internacional

5.1.2.1 Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa

En el año 2015 los autores Lucero Díaz Danny y Cansino Flores Elvis desarrollaron como opción de grado de Ingeniero Mecánico en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, Ecuador, la investigación titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa” en ella los autores tratan de implementar un plan

de mantenimiento preventivo y de seguridad industrial para la empresa Mineros realizando un previo análisis de todas las máquinas de la empresa para luego mediante herramientas estadísticas como la matriz de Holmes, Diagrama de Ishikawa, árbol de fallos y AMEF determinar las máquinas para realizar el plan de mantenimiento. Por último, analizan los riesgos a los que están sometidos los trabajadores. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para determinar la eficacia del AMEF en las máquinas y la importancia de la seguridad industrial para la propuesta del plan de mantenimiento preventivo. (A. & WILMAR, 2015)

5.1.2.2 Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación

En el año 2015 el autor Figueroa, Octavio desarrolló como opción de grado de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Chile, la investigación titulada “Definición de plan de mantenimiento óptimo para equipos críticos de una planta de laminación” en ella el autor levanta la información referente a históricos de fallas y funcionamiento interno de cada equipo. Define la criticidad de todos los equipos, desarrolla un AMEF para los equipos críticos y define la frecuencia óptima de las inspecciones preventivas. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para el soporte del diseño de las rutinas de mantenimiento que se deben desarrollar en el plan de mantenimiento preventivo de la máquina en estudio. (CHILE, 2015)

5.1.2.3 Desarrollo de un plan de mantenimiento para edificaciones

En el año 2015 el autor Cadena Ríos Gerardo desarrolló como opción de grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Autónoma de México, la investigación titulada “Desarrollo de un plan de mantenimiento para edificaciones” en ella el autor realiza las actividades de planeación y control para desarrollar el plan de mantenimiento propuesto en las plantas y edificaciones., Estableciendo los principales formatos para el seguimiento de la ejecución del plan de mantenimiento. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para la revisión y diseño de la documentación técnica para el control del plan de mantenimiento preventivo. (RIOS, 2015)

5.1.2.4 Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Productora de CO2

En el año 2015 el autor Gribodo Ezequiel desarrolló como opción de grado de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, la investigación titulada “Plan de Mantenimiento Preventivo Planta Productora de CO2” en ella el autor diseña un programa de mantenimiento preventivo para optimizar el proceso productivo en una planta generadora de gas carbónico. Estudió y evaluó la criticidad de los equipos que componen el proceso productivo, luego seleccionó el equipo más crítico para establecer los estándares de mantenimiento y así elaborar el plan de mantenimiento. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para determinar la criticidad de la máquina y el diseño del plan de mantenimiento necesario para la investigación. Así como el análisis de los costos necesarios en su implementación. (Gribodo, Ezequiel, 2015)

5.1.2.5 Proyecto para la Gestión del Mantenimiento de Equipos Críticos en Industria Farmacéutica

En el año 2016 el autor González Rodrigo Andrés desarrolló como opción de grado de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, la investigación titulada “Proyecto para la Gestión del Mantenimiento de Equipos Críticos en Industria Farmacéutica” en ella el autor diseña e implementa un sistema de gestión de mantenimiento de planta para mejorar la eficiencia y eficacia del proceso productivo. Se desarrollan conceptos de gestión en el mantenimiento preventivo y la posible implementación en la industria Farmacéutica. Así como la importancia de la mejora continua en la planta. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para determinar la importancia de la gestión en el mantenimiento industrial y la obtención de los beneficios generados por esta metodología en la empresa de estudio. (Rodrigo Gonzalez, 2016)

5.1.2.6 Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado en la ciudad de Santa Elena

En el año 2020 los autores Alarcón Quiñonez Boris Andrés y Romero Montenegro Dennis Melissa desarrollaron como opción de grado de Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Ecuador, la investigación titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para una empresa productora y comercializadora de harina y aceite de pescado en la ciudad de Santa Elena” en ella los autores analizan la situación actual de la

empresa y enfatizan los equipos involucrados a considerar como críticos y así realizan el plan de mantenimiento adecuado. Finalmente establecen una estructura organizacional en el departamento de mantenimiento para dar soporte y respuestas a los mantenimientos requeridos. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para establecer las políticas de mantenimiento en la empresa de estudio y así presentar un aporte en la estructura del plan de mantenimiento a proponer. (Boris Andrés Alarcon Quiñóez, Denis Melisa Romero Montenegro, 2020)

5.1.2.7 Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para Industria de Servicios Técnicos, INSETECA C.A.

En el año 2012 el autor Sandoval Mora Marcos Darío desarrolló como opción de grado de Ingeniero Electricista en la Universidad de Carabobo, Venezuela, la investigación titulada “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para Industria de Servicios Técnicos, INSETECA C.A.” en ella el autor realizó una descripción técnica de las máquinas y junto con los manuales del fabricante, estableció un plan de mantenimiento de clase mundial. Además, implementó indicadores de gestión del mantenimiento para determinar el comportamiento de la disponibilidad de los equipos en la empresa. El trabajo citado sirve como soporte a la presente investigación para evidenciar la importancia del correcto diligenciamiento de los indicadores de gestión del mantenimiento para controlar y medir su comportamiento y realizar los correctivos cuando se necesiten. (SANDOVAL MORA, 2012)

5.1.2.8 Diseño de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para Aumentar la Disponibilidad de los Tornos de la Empresa Full Maquinarias S.A.

En el año 2018 el autor Antonio Leonardo Espejo Zavaleta desarrolló como opción de grado de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad César Vallejo, la investigación titulada “Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo para los tornos CNC y convencionales, para incrementar la disponibilidad de la línea de maquinado de la empresa FULL MAQUINARIAS S.A.”. Evaluando el mantenimiento actual con el que cuenta la línea de maquilado, realizaron un análisis AMEF a la línea de tornos y diseñaron un formato de mantenimiento para la máquina. El trabajo citado sirve como guía en la elaboración del AMEF de la máquina en nuestro estudio (Antonio Leonardo Espejo Zavaleta , 2018)

5.1.2.9 Mantenimiento con planeación estratégica

En el año 2015 el autor John Edinson Quintero Joya desarrolló una monografía como requisito para optar el título especialista en gerencia de mantenimiento, la investigación titulada. La monografía titulada “Mantenimiento con planeación estratégica”. Identificando el equipo más crítico de la organización para aplicar la metodología de mantenimiento. Definieron los aspectos estratégicos que se tendrán en cuenta para desarrollar la propuesta de mantenimiento. Identificaron los aspectos técnicos y operacionales que necesita el personal para intervenir el equipo, con motivo de desarrollar indicadores de gestión (prestación de servicio, volumen de trabajo y efectividad de la intervención). El trabajo citado sirve como soporte en el análisis de criticidad de nuestro activo

y en el análisis de los puntos estratégicos de la misma para mejorar su confiabilidad. (JOYA, 22015)

5.2 Marco teórico

5.2.1 Torno en Colombia

Los tornos actuales se pueden programar para la profundidad, dimensiones del corte, velocidad de giro del husillo, tipo de herramienta y la secuencia de las operaciones. El torno llevo a Colombia entre 1830 y 1850. (Colombia, s.f.)

El torno es una máquina-herramienta que realiza el torneado rápido de piezas de revolución de metal, madera y plástico, también se utiliza en muchas ocasiones para pulir piezas de revolución tales como: cilindros, conos y hélices. El torneado es, posiblemente la primera operación de mecanizado (dar forma a una pieza) que dio lugar a una máquina-herramienta. A parte de tornear el torno se puede utilizar para el ranurado (hacer ranuras en piezas), para cortar, lijar y pulir. (TECNOLIGICA, s.f.)

¿Cómo da forma un torno?

Torneado

Partiendo de una pieza llamada "base", se va eliminando parte con la cuchilla a la pieza base hasta dejarla con la forma que queramos. El movimiento principal en el torneado es el de rotación y lo lleva la pieza a la que vamos a dar forma. Los movimientos de avance de la cuchilla y de penetración (meter la cuchilla sobre la pieza para cortarla) son generalmente rectilíneos y son los movimientos que lleva la herramienta de corte. (TECNOLIGICA, s.f.)

Tenemos 3 movimientos básicos:

- Movimiento de rotación donde la pieza se coloca sobre un eje que la hace girar sobre sí misma.
- Movimiento de Avance donde la cuchilla avanza paralela a la pieza en un movimiento recto.
- Movimiento de Penetración donde la cuchilla penetra contra la pieza cortando parte de ella formándose virutas.

El control de estos 3 movimientos es básico para dar forma a la pieza sin errores. Se pueden tornear piezas de muchas formas, con rosca, engranajes, cóncavas, convexas, etc.

(TECNOLIGICA, s.f.)

Las partes básicas de un torno son:

- Bancada: Es su estructura y suele ser un gran cuerpo de fundición, sirve de soporte y guía para las otras partes del torno.
- Eje principal y plato: Sobre este eje se coloca la pieza para que gire, en un extremo lleva un eje terminado en punta que es móvil, llamado contrapunto, para sujetar la pieza por un punto, en el otro extremo se sujeta la pieza con un plato.
- El plato: Se puede cambiar mediante el husillo. El torno dispone de varios platos para la sujeción de la pieza a mecanizar y que la hará girar en torno a un eje. La pieza queda sujeta por un extremo por el plato y por el otro por la punta del contrapunto. La pieza se coloca en el plato y se mueve el contrapunto hasta que apriete la pieza.

- Carro Longitudinal o Principal: Este se mueve a lo largo de la bancada o sea hacia la izquierda o a la derecha. Produce el movimiento de avance de la pieza, desplazándose en forma manual o automática paralelamente al eje del torno.
- Carro Transversal: Se mueve hacia adelante o hacia atrás perpendicular al carro principal. Es utilizado para dar la profundidad: Se mueve perpendicularmente al eje del torno en forma manual, girando la manivela de avance transversal o embragando la palanca de avance transversal automático.
- Carro Auxiliar o Portaherramientas: Es una base giratoria a 360° y sirve principalmente para hacer conicidades o penetrar la herramienta con cierto ángulo. El carro auxiliar sólo puede moverse manualmente girando la manivela de tornillo para su avance. El buril o herramienta cortante se sujeta en la torreta portaherramientas que está situada sobre el carro auxiliar.
- La Torreta Portaherramientas: Ubicada sobre el carro auxiliar permite montar varias herramientas en la misma operación de torneado y girarla para determinar el ángulo de incidencia en el material.
- Delantal o Carro Portaherramientas: Que tiene por finalidad contener en su interior los dispositivos que le transmiten los movimientos a los carros.
- Caja Norton: Sirve para ajustar las revoluciones de las velocidades mediante unas palancas que accionan un conjunto de engranajes que se encuentran en el interior de la caja. (TECNOLIGICA, s.f.)

Funcionamiento del Torno:

Un material base se fija al mandril del torno (entre el eje principal y el plato). Se enciende el torno y se hace girar el mandril. Se mueve los carros donde está la cuchilla hasta el material base. Con el carro auxiliar se mueve la cuchilla para realizar sobre la pieza base la forma deseada. Luego veremos las formas u operaciones que se pueden hacer con el torno. Para ver mejor el funcionamiento de un torno mira el video de la parte de abajo. La velocidad a la cual gira la pieza de trabajo en el torno es un factor importante y puede influir en el volumen de producción y en la duración de la herramienta de corte. Una velocidad muy baja en el torno ocasionará pérdidas de tiempo; una velocidad muy alta hará que la herramienta se desafilé muy pronto y se perderá tiempo para volver a afilarla. Por ello, la velocidad y el avance correctos son importantes según el material de la pieza y el tipo de herramienta de corte que se utilice.

(TECNOLIGICA, s.f.)

Operaciones del Torno:

- Cilindrado: Hacer un cilindro más pequeño partiendo de otro más grande (cilindro base).
- Torneado Cónico: Dar forma de cono o troncos de cono.
- Contornos: Dar forma a una parte del cilindro base.
- Formas: Hacer diferentes formas sobre el cilindro base.
- Achaflanado: hacer un chaflán, o lo que es lo mismo, un corte o rebaje en una arista de un cuerpo sólido.
- Trozado: Cortar la pieza una vez terminada.

- Roscado: Hacer roscas para tuercas y tornillos.
- Mandrinado: Agrandar un agujero.
- Taladrado: Hacer agujeros.
- Moleteado: Hacer un grabado sobre la pieza. La pieza con la que se hace se llama "moleta" que lleva en su superficie la forma del grabado que queremos hacer sobre la pieza.
- Refrentado: Disminuir la longitud de la pieza. (TECNOLIGICA, s.f.)

5.2.2 Definición de mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo. (FUNDACIÓN NACIONAL DEL COMERCIO PARA LA EDUCACIÓN, 2010)

El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.

- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En resumen, un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos. (FUNDACIÓN NACIONAL DEL COMERCIO PARA LA EDUCACIÓN, 2010)

Existen varias o muchas definiciones de mantenimiento, pero resumiendo, defino “el mantenimiento”, como: Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucradas dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación. Esta serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para que sus metas se alcancen. (Rondón, 2021)

Mantenimiento

Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene.

Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación. El mantenimiento debe ser tanto periódico como permanente, preventivo y correctivo. (DELGADO, 2009)

Terminología básica del mantenimiento

A continuación, se definen diferentes términos básicos del mantenimiento usados en la industria:

- **Accesorio:** Se puede decir que es todo elemento que forma parte de una máquina sistema, y es un complemento de la máquina o sistema, y una vez definido es un producto o subproducto básico. Los accesorios pueden ser: arandelas, tuercas, tornillos, fusibles, resistencias, integrados, u otros.
- **Ciclo de vida:** tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo.
- **Componente o pieza:** es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros.
- **Confiabilidad:** se puede definir, como la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado.
- **Disponibilidad:** es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo en el cual una máquina o equipo está disponible para cumplir la función para la cual

fue diseñado y construido. Esto no implica necesariamente que esté operando o funcionando, sino que se encuentra en óptimas condiciones de operar.

- Equipo: se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.
- Evento de falla: aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectado en un equipo.
- Falla: situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.
- Función: Es todo aquello que la empresa, espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.
- Inspección: actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.
- Lubricación: actividades de mantenimiento preventivo, donde se adiciona un lubricante, con el objetivo de minimizar el contacto entre dos superficies, evitando así su desgaste.

Mantenibilidad: es la facilidad de realizar tareas de mantenimiento en un equipo o máquina, para así devolver a sus condiciones de operación en el menor tiempo posible, utilizando procedimientos definidos.

- Mantenimiento en parada: acciones que se realizan solamente cuando el equipo

o máquina está detenido o está en reposo.

- **Máquina:** es una combinación de piezas de materiales resistentes que tienen movimientos definidos y son capaces de transmitir o transformar energía.
- **Mecanismos:** es una combinación de piezas de materiales resistentes, cuyas partes tienen movimientos relativos restringidos.
- **Parámetro:** se considera como la variable por medir o cuantificar.
- **Pronóstico:** es el análisis de los síntomas de daños, para predecir la condición futura del equipo y su vida útil restante.
- **Parada general:** situación en la que, a un conjunto de activos, se les realiza periódicamente una serie de revisiones, reparaciones, mejoras, cambios, etc., y donde estas actividades están concertadas con los departamentos interesados y, por supuesto, están también programadas por un tiempo definido. (Rondón, 2021)

5.2.3 *Historia del mantenimiento*

En la antigüedad, el hombre para poder alimentarse y protegerse, de una manera u otra, ha realizado prácticas de mantenimiento, como el perfeccionamiento de las herramientas fabricadas. Pero a partir de la Revolución Industrial, que inicia a mediados del siglo XVIII en el Reino Unido (Gran Bretaña), cuando se genera una gran transformación en la parte social, económica y tecnológica, para extenderse años después al resto de Europa y Norteamérica se pasa de una economía rural (agricultura) y de comercio a una gran economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada. Durante la Revolución Industrial, el mantenimiento que se realizaba en la industria era correctivo (reactivo) o de urgencia, que se ejecutaba únicamente en

el momento de ocurrir la falla en la máquina, equipo o componente. Todo esto generó en la industria muchas pérdidas, tanto humanas como económicas, sin tener en cuenta en esta época las pérdidas generadas por la contaminación ambiental. Es así como empiezan a aparecer los primeros talleres mecánicos. En la década de los años 1920 se hace urgente dar prioridad a organizar el mantenimiento industrial con enfoque de ingeniería, que apoye a las empresas industriales, con el objetivo de disminuir accidentes en el trabajo y aumentar la rentabilidad de las compañías, minimizando los costos por las pérdidas de producción (paradas de las máquinas). (Rondón, 2021)

5.2.4 *Función técnica del mantenimiento*

Las maquinarias e instalaciones de una industria constituyen la mayor parte del activo de la empresa y son los factores que, juntamente con la materia prima y los recursos humanos, permiten generar ganancias. Para lograr este objetivo es preciso cumplir con los planes de producción en las cantidades previstas, calidades especificadas, fechas prometidas y al menor costo posible. Estos resultados se podrán concretar siempre que las máquinas y equipos se operen según las prácticas preestablecidas en su diseño y sin exceder sus capacidades, es decir, sin provocar sobrecargas. Las ganancias se verán disminuidas o eventualmente se trasformarán en pérdidas si los equipos e instalaciones productivos sufren interrupciones imprevistas y deben funcionar a ritmos reducidos, afectando los volúmenes y las calidades de producción programados. En principio y en su esquema más elemental, la responsabilidad sobre la conservación de un equipo recae directamente sobre quien lo opera. Sin embargo, en la medida que ellos aumentan en complejidad, la naturaleza y conocimientos especializados que se

requieren para cumplir con esa misión, crean la necesidad de aplicar las técnicas de la Terotecnología (término que se origina en la expresión griega “terein”, que significa cuidar, preservar, vigilar), o más simplemente, de la función "mantenimiento", a la cual se le asigna específicamente la función de conservar las unidades productivas en perfecto estado de funcionamiento, tratando aun de mejorar su performance de diseño. (Colegio Provincial de Educación Tecnológica)

5.2.5 Clases o tipos de mantenimiento

Las clases o tipos de mantenimiento más comunes que se utilizan en la mayoría de empresas a nivel regional, nacional y mundial, que son el mantenimiento correctivo, el preventivo y el predictivo. (Rondón, 2021)

5.2.6 Mantenimiento correctivo

También se le denomina mantenimiento reactivo que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible. (Rondón, 2021)

Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos

asignados, y tecnologías modernas para aplicar otros tipos de mantenimiento. La gestión del mantenimiento correctivo se activa por el fracaso de no poder diagnosticar justo a tiempo la posible falla que puede ocurrir en una máquina. Es muy importante determinar qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas. (Rondón, 2021)

5.2.7 *Mantenimiento preventivo*

Este tipo de mantenimiento se define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. (González, 2009)

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos). (Rondón, 2021)

Los objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo pueden ser:

- Disponibilidad: Puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
- Confiabilidad: Es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.
- Incrementar: Al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado. (Rondón, 2021)

Las categorías del mantenimiento preventivo (MP) son las siguientes:

- Cubrimiento del MP: Revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
- Ejecución del MP: El porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
 - Trabajos generados por las repeticiones del MP: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP. (Rondón, 2021)

Fases para la aplicación de un plan de MP:

- La planificación: Se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo.
- La programación: Se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas.
- La ejecución: Realizar los trabajos, previamente definidos.
- El control: Verificación y validación de los trabajos ejecutados. (Rondón, 2021)

La finalidad del mantenimiento preventivo es: Encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas. El mantenimiento preventivo puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por; usuarios, operadores, y mantenimiento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, edificios. Máquinas, equipos, vehículos, etc. (Mantenimiento)

5.2.8 *Mantenimiento predictivo*

Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar. El mantenimiento predictivo también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga. (Rondón, 2021)

También consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes de la maquinaria susceptibles de deterioro, pudiendo con ello

anticiparse a la falla catastrófica. La mayoría de estas mediciones se efectúan con el equipo en marcha y sin interrumpir la producción. Debido a que cada día la producción cada día es mayor, se implementa un tipo de mantenimiento en el cual no se vea afectada de ningún modo la producción, es por esto que se establece una nueva manera de desarrollar el mantenimiento en las industrias y es el mantenimiento predictivo, el cual sin invadir la maquinaria que se está evaluando, prevé el fallo de la maquinaria, mediante el seguimiento del funcionamiento de la maquinaria, cuando se presenta algún tipo de cambio o variación en dicha máquina se entra a evaluar con el fin de evitar el fallo, basado en las condiciones de los equipos. (GÓMEZ, 2017)

5.2.9 *Plan de mantenimiento*

Es de suma importancia establecer que son tres las áreas de Planeación para el Mantenimiento. La primera de ella abarca la planeación a largo plazo de las necesidades de mantenimiento y se encuentra íntimamente vinculada con los pronósticos de las ventas y la producción, dependiendo también de ellos. Esta clase de planeación se lleva a cabo, en las empresas importantes, por el personal respectivo, encargado de elaborar un programa de esta índole para la totalidad de la empresa. Del mismo modo, los planes a corto plazo, que integran la segunda área, comprenden lapsos de aproximadamente un año y se preparan bajo la supervisión directa de los gerentes del departamento de mantenimiento, entre estos podemos incluir: los presupuestos, la mayoría de las reparaciones de importancia y todo el mantenimiento a gran escala. (González, 2009)

El plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento vivo, pues sufre de continuas modificaciones, fruto del análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos indicadores de gestión. (BELTRAN FREITE MAYRA ALEJANDRA, 2014)

5.3 Marco normativo legal

NORMA O REGLAMENTO	NUMERAL	OBJETO
ISO 55001 Gestión de activos	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación.	Se utilizó para el análisis de criticidad de los activos
ISO-14224:2016 Industria de petróleo y gas natural- Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos	Todos	Se utilizó para realizar la taxonomía de los activos
GTC 62 Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología.	Todos	Establecer las definiciones que se utilizan en el área de mantenimiento en plantas industriales y en empresas de servicios.
UNE 20812: 1995 Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimientos de análisis de los modos de falla y sus efectos (AMFE)	Todos	Se basa en hacer un proceso sistemático y documentado de análisis básicamente cualitativo, que revisa y estudia en profundidad la fiabilidad de un sistema y de sus subsistemas.
ISO 45001:2018 Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo	Todos	Norma internacional para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, destinada a proteger a los trabajadores y visitantes de accidentes y enfermedades laborales.
ISO 31000 Gestión de Riesgos - Principios y Directrices	Todos	Proporciona directrices para gestionar el riesgo al que se enfrentan las organizaciones. La aplicación de estas directrices puede adaptarse a cualquier organización y a su contexto.

5.4 Marco histórico

5.4.1 Historia del torno

Siendo una de las máquinas más antiguas, su uso comenzó aproximadamente entre los años 1000 y 850 A.C. En la tumba del sumo sacerdote egipcio Petosiris se encuentra la imagen conocida más antigua. Por siglos los tornos funcionaron por un sistema conocido como “arco de violín” (movimiento manual y directo con el material a trabajar). Hacia el año 1250 se creó el torno de pedal o pértiga flexible, el cual fue un avance para los que funcionaban por el sistema de “arco de violín”, pues el operario podía tener sus manos libres para realizar otro tipo de funciones ya que el torno era manejado por medio de un pedal. Comenzando el siglo XV se creó un sistema de transmisión por correa, lo que permitía el uso en rotación continua. Hacia finales del siglo XV fueron realizados varios bocetos de tornos por Leonardo Da Vinci, pero que no pudieron realizarse por falta de medios, aunque estos bocetos abrieron la puerta para futuros desarrollos. En el año 1480 este sistema de pedal cambio por un vástago y una biela, este mecanismo dio paso al torno de accionamiento continuo, por lo que era necesario el uso de biela-manivela, ayudada por un volante de inercia que superaba los puntos muertos. Hacia el año 1780 Jacques de Vaucanson inventor francés, creo un torno industrial con portaherramientas deslizante. En 1797 Henry Maudslay inventor británico y David Wilkinson inventor estadounidense mejoran dicho torno haciendo que la herramienta de corte avance con velocidad constante. En el año 1820 Thomas Blanchard creó el torno copiadore. El torno revolver se desarrolló hacia el año 1840, este agrega un portaherramientas giratorio que ayuda al soporte de varias piezas al mismo tiempo. Finalizando el siglo XIX fueron creados tornos revolver automáticos, que permitían cambiar las herramientas automáticamente. (Colombia, s.f.)

6 Marco Metodológico

6.1 Recolección de la información

6.1.1 Tipo de investigación

Es descriptiva porque reseña rasgos, cualidades de la máquina bajo estudio, y el paradigma es mixto porque se aplican datos cualitativos y cuantitativos en el desarrollo de la investigación.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes Primarias:

Observación directa al torno Colchester Student 2000. Entrevista con el encargado de mantenimiento de la máquina, Manual de la máquina suministrada por el fabricante.

6.1.2.2 Fuentes Secundarias:

Revistas indexadas, artículos científicos, trabajos de grado

6.1.3 Herramientas para la Investigación

Taxonomía, Análisis de Criticidad y AMEF de la máquina

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del objetivo No. 1 “Diagnosticar el estado actual del Torno Convencional Marca Colchester Referencia Student 2000”. Se realizará una visita al sitio para hacer una inspección visual a la máquina en general y entrevista a las personas encargadas de las actividades de mantenimiento y elaborando un Checklist para determinar su estado actual.

- Para el desarrollo del objetivo No. 2 “Caracterizar las actividades de mantenimiento preventivo de la máquina que se deben realizar para su óptimo funcionamiento.”. Se elaborará la taxonomía, un análisis de criticidad y un AMEF de la máquina, para establecer las fallas que se presentan en su funcionamiento y las rutinas de mantenimiento preventivo.
- Para el desarrollo del objetivo No. 3 “Elaborar la documentación técnica requerida para un plan de mantenimiento preventivo para un torno Colchester Student 2000”. Se realizará la documentación técnica necesaria para ejecutar un plan de mantenimiento preventivo a la máquina, estableciendo indicadores de gestión y se calculará el análisis costo beneficio de la implementación de este plan.

6.1.5 Información recopilada

6.1.5.1 Información de la máquina

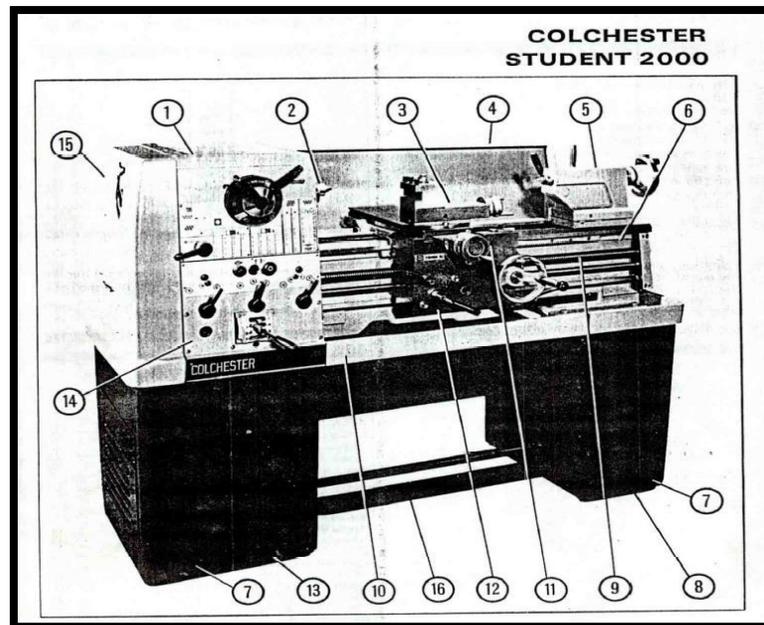
Se realizó visita a la empresa en cuestión y su taller de mantenimiento mecánico industrial: procediendo a tomar datos técnicos del torno (Colchester Referencia Student 2000) y con la ayuda del encargado, indagando por el plan de mantenimiento preventivo. También se tuvo en cuenta el manual de la máquina suministrado por el fabricante. Donde la máquina es un torno Colchester Student 2000 perteneciente al área de mantenimiento mecánico. A continuación, en la figura 1 evidenciando las especificaciones técnicas de la máquina basados en el manual del fabricante.

Figura 1. Especificaciones breves del torno

COLCHESTER STUDENT 2000	
BREVE ESPECIFICACION	
Altura de puntos	175mm
Distancia entre puntos	1016mm
Volteo sobre bancada	350mm
sobre carga total	230mm
en el escote (solamente tornos con escote)	500mm
Naríz del husillo	4 pulg. D.1 Camlock
Paso del husillo (diámetro máximo de barra)	40mm
Cono de los puntos	Morse nº 3
Peso (aproximado),	1016mm entre puntos 840 kg
<p>Accionamiento: Motor de 2.2 kw (3 CV), de una sola velocidad (para más detalles, véase la placa de características del motor).</p> <p>Equipo standard, suministrado con el torno: Plato de arrastre, casquillo central para la naríz del husillo, dos puntos, Cono Morse nº 3, cuentahilos de rosca, juego de herramientas, comprendiendo un juego completo de llaves, cuadro de precisión del torno.</p>	

Fuente. Manual del torno Colchester Student 2000

Figura 2. Listado de partes de la máquina



Fuente. Manual del torno Colchester Student 2000

Figura 2 Se observa las partes principales que constituyen el torno Colchester Student 2000, basados en el manual del fabricante.

Listado de partes

1. Cabezal
2. Husillo
3. Carro superior
4. Protección contra salpicaduras

5. Contrapunto
6. Bancada
7. Patas de apoyo
8. Montaje del contrapunto
9. Husillo patrón
10. Bandeja de refrigerante
11. Carro principal y carro transversal
12. Delantal
13. Montaje de cabezal
14. Caja de engranes
15. Tapa final
16. Freno de pie

Se realizó una entrevista cualitativa al técnico de mantenimiento haciendo preguntas puntuales de forma secuenciada, dirigida y de tipo abiertas sobre el conocimiento de la máquina. El entrevistado realizó comentarios y apreciaciones técnicas con relación a la máquina. A continuación, se plasma la entrevista en la Figura 3

Figura 3. Entrevista realizada en el taller de mantenimiento mecánico

Nombre entrevistado Fabian Martinez	Profesión Ingeniero mecánico
Años de experiencia con tornos 5	Fecha 1-08-2021
1. Conoce usted sobre el equipo torno Colchester Estudent 2000 ubicado en el taller de mantenimiento de la empresa?	
Si	
2. Cuantos equipos exixten actualmente?	
2	
3. Estos equipos están en funcionamiento?	
No	
4. Cuentan con las piezas y accesorios originales?	
Si pero no en totalidad, actualmente tiene carencia de luneta, bombillo de iluminación husillo.	
5. Cuentan con rutinas de mantenimiento estandarizadas para este equipo?	
No	
6. Realizan actividades de mantenimiento?	
Se realiza limpieza y ajustes menores.	
7. Con que criterio realizan actividades mantenimiento (frecuencia, condiciones, ETC.)?	
Se realiza a criterio personal	
8. Cuentan con algun tipo de formato para el control de mantenimiento, Tienen hojas de vida de los equipos?	
No.	
9. El torno cuenta con dispositivos de seguridad como frenos, guardas?	
No cuenta con las guardas y las bandas de freno están desgastadas.	
10. Que considera importante para devolver el equipo a la prestación del servicio?	
Se debe realizar verificación y ajuste de componentes como carros superior transversal y horizontal, Verificación de guías soporte	
11. Tiene conocimiento de cuantas horas de trabajo puede tener el equipo?	
En 10 meses del año se realiza fundamentación parte teórica 50% y practica 50 % con una intensidad de 8 horas del equipo.	
12. Que recomendaciones considera importantes para buen funcionamiento del equipo?	
Se debe tener un programa de mantenimiento que contenga tareas específicas, basados en una frecuencia y con esto dar alcance de	

Fuente : Autores

Los estudiantes en conjunto con el encargado de mantenimiento de la máquina realizaron una inspección visual y sensorial de la máquina, obteniendo información de su estado actual en general y de cada uno de los sistemas que lo componen, resaltando aquellos que presentan mayor criticidad y fallas en general. En las siguientes figuras mostrando las imágenes que se obtuvieron de esta observación.

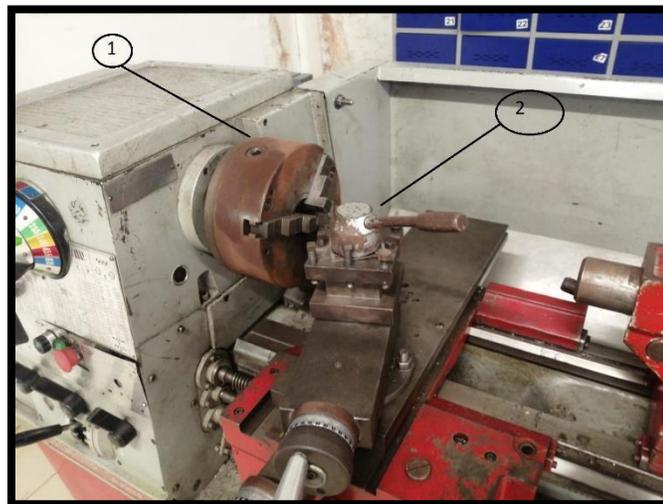
Figura 4. La máquina torno Colchester Student 2000 de una empresa



Fuente : Autores

En la figura 4 se evidencia el estado exterior del torno Colchester Student 2000

Figura 5. Copa universal y el carro superior



Fuente. : Autores

Listado

1. Copa Universal

2. Carro superior

En la Figura 5 observamos el desgaste presentado en la Copa universal y el carro superior del Torno Colchester Student 2000

Figura 6. Estado actual de palancas y botoneras

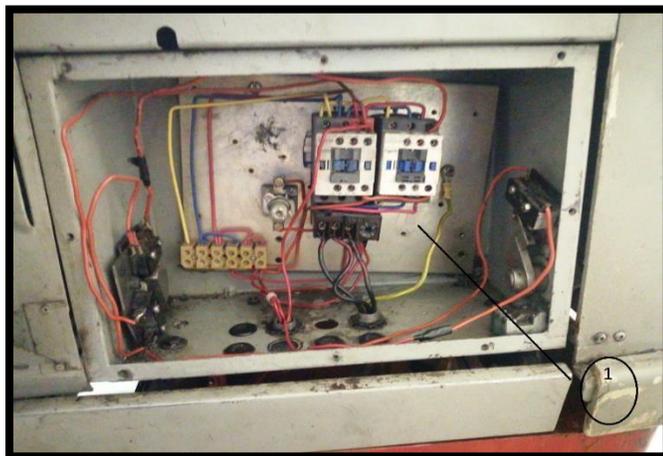


Fuente: Autores

1. Palanca de velocidades
2. Botón de encendido bomba de refrigeración
3. Botón parado de emergencia

En la figura 6 observamos el estado actual de la palanca de cambio de velocidades, así como los demás botones de mando para fabricar roscas y el botón de encendido de la bomba refrigerante

Figura 7. Sistema eléctrico



Fuente: Autores

En la Figura 7 observamos el estado actual del sistema de control eléctrico del Torno Colchester Student 2000

Figura 8. Estado de las guías



Fuente. : Autores

1. Guía superior
2. Guía inferior

En la Figura 8 Observaremos el estado de las guías de la bancada de la máquina en estudio

Figura 9. Ubicación del motor eléctrico



Fuente. : Autores

1. Motor principal

En la Figura 9 observamos el estado actual del motor eléctrico principal

Figura 10 Espacio bomba refrigerante



Fuente. : Autores

1. Ubicación bomba refrigerante

En la Figura 10 Observamos el espacio donde está ubicada bomba refrigerante.

Posteriormente se diligenció con la ayuda del encargado del mantenimiento en la máquina un check list para poder analizar el estado actual de la máquina y así establecer un diagnóstico técnico.

Figura 11. Check List Diligenciada para Torno Colchester Student 2000

LISTA DE CHEQUEO DEL ESTADO ACTUAL DEL TORNO COLCHESTER STUDENT 2000							
FECHA:		02/11/2021		NUMERO INTERNO DEL EQUIPO		MGTC51	
NOMBRE RESPONSABLE				Fabian Plazas			
ITEM	SISTEMA	CODIGO	COMPONENTE	CODIGO	ESTADO		
					BUENO (A)	REGULAR (B)	MALO (C)
1	Bancada	SISBAN	Prensa y Soporte	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSPR		x	
			Soporte	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSOP		x	
2	Sistema de Refrigeracion	SISREF	Tanque, ductos y Filtros	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSTDF			x
			Motobomba	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSMT			x
3	Cabezal Fijo	SISCABFI	Tapas y Mirillas	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSTM		x	
			Accionamientos de Cambios de Velocidades	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSACV		x	
			Caja de Velocidades	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSCV		x	
			Copa o Plato Universal	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSCU			x
			Motor Principal	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSMP		x	
4	Sistema de Automatico y Roscados	SISAUROS	Poleas y Correas	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSPP		x	
			Accionamiento Automatico	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSAA			
			Caja Norton	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSCN		x	
			Accionamiento Automatico Delantal	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSAD			x
			Engranajes	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSEGR		x	
			Tornillo Tuerca/Patron	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSTTP		x	
5	Carro Longitudinal	SISCARLO	Pasadores	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSP		x	
			Delantal	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSDN			x
6	Carro Transversal	SISCARTR	Dial	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSDL			x
			Rodamientos	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSROD		x	
7	Carro Superior	SISCARSU	Dial	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSDS			x
			Torreta	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSTOR		x	
8	Contrapunto	SISCO	Base Giratoria	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSGB		x	
			Perilla	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSPER		x	
9	Sistema de Energizado	SISENER	Base y Guías soporte	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSEP		x	
			Barras de energizado principal	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSEP		x	
			Frenos de Pastilla	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSFP			x
			Elementos de Seguridad	EN-RBOY-SEMIND-BLOMI-MGTC51-SUBSES			x

Fuente : Autores.

6.2 Análisis de la información

Es de vital importancia para el éxito del mantenimiento contar con estrategias de organización de mantenimiento industrial, donde se especifique las responsabilidades y funciones de los integrantes en el proceso. La empresa estudio en este proyecto está dedicada a la formación de personas, a las cuales se les llama aprendices, las cuales, en su proyecto de vida,

buscan adquirir conocimiento técnico y competencia en el manejo de maquinaria industrial para en un futuro cercano, ser trabajadores oficiales de las empresas de este sector en el país.

En la actualidad, esta empresa de estudio no se le da importancia necesaria al mantenimiento de algunas máquinas. Aunque suene contradictorio se enseña y se promueve al buen uso de la maquinaria, la realidad es que no se está desarrollando un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas de la empresa. Por lo anterior se define una matriz DOFA

ANÁLISIS DOFA			
Debilidades		Amenazas	
<ul style="list-style-type: none"> • Plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de los talleres • Baja iniciativa por el personal encargado para realizar proyectos sobre mantenimiento industrial • Las máquinas se llevan hasta el mantenimiento correctivo • Falta de indicadores de gestión sobre mantenimiento industrial • Control en el manejo de repuestos e insumos de las máquinas • Ausencia del Sistema de Gestión y salud en el Trabajo (SST) en el mantenimiento de las máquinas 		<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de políticas gubernamentales • Aparición de una nueva tecnología o un nuevo tipo de producto • Automatización de maquinaria y procesos • Rotación de trabajadores y arreglos locativos 	
Fortalezas		Oportunidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación al cambio en los encargados y en los trabajadores • Instrucción con base en el ejemplo de los instructores líderes de proceso • Existen los recursos económicos para mejorar los talleres con proyectos de inversión • Disposición de aprender cada día • Mejoramiento continuo 		<ul style="list-style-type: none"> • Generación de proyectos de investigación relacionados con mantenimiento de maquinaria industrial • Capacitaciones sobre mantenimiento de clase mundial, TPM, RCM • Capacitaciones sobre gestión del mantenimiento industrial • Capacitación sobre presupuestos, costos y control de inventario en la industria • Capacitaciones sobre gestión del mantenimiento industrial • Capacitaciones sobre seguridad industrial en trabajos de mantenimiento industrial • Aumentar el ciclo de vida de la máquina de la empresa 	

Fuente. : Autores

6.2.1 Estructura Organizacional

La estructura organizacional en el área de mantenimiento de la empresa es inexistente y el único responsable de la máquina es el cuentadante del inventario de la misma en el almacén. La persona encargada se limita a realizar el uso adecuado y a promulgar el conocimiento de esta a sus aprendices, hacen tareas de mantenimiento básicas, limpieza y en algunos casos ajuste después de la jornada laboral.

6.2.2 Administración del mantenimiento

No cuentan con un plan de acción en caso de requerir un repuesto. Carecen de un presupuesto destinado a mantenimiento de maquinaria por eso se hace complicado el poder mantener las máquinas en óptimas condiciones.

En la empresa de estudio carece de un historial de mantenimiento, no cuentan con formatos de análisis de fallas, formatos de frecuencia de fallas, cronogramas de actividades de mantenimiento, indicadores de gestión en mantenimiento y manuales de algunas máquinas.

6.2.3 Planificación del mantenimiento

Falta de un plan de mantenimiento de ningún tipo, simplemente cuando una máquina se daña, el encargado realiza una inspección visual, trata de repararla y si no hay garantía, la dejan así. Esperan un tiempo y luego la dan de baja en el almacén.

Falta el mantenimiento adecuado a las máquinas y desaprovechando su vida útil al máximo y por ende no se tiene la visión de inversión en mantenimiento industrial.

6.2.4 Soporte Informático

La empresa en estudio no cuenta con un software de soporte para la administración y ejecución del mantenimiento en la maquinaria. No existe un historial de recopilación de tareas de mantenimiento de ninguna máquina, por lo tanto, en caso es necesaria información para reparar una máquina se debe recurrir al conocimiento de los encargados o personal externo. En este aspecto la organización tiene una gran oportunidad de mejora para su desempeño y el mejoramiento del mantenimiento industrial de la maquinaria que poseen.

6.2.5 Documentación técnica

El área de estudio solo tiene disponible dos manuales técnicos impresos, son de las máquinas nuevas que se adquirieron hace poco tiempo y son las más confiables. El torno Pinacho y el Centro de Mecanizado. En algunos casos los aprendices en sus proyectos finales realizan formatos de mantenimiento, los cuales son muy básicos y se basan en la información que se consigue en internet.

6.2.6 Costos de mantenimiento

En la empresa en estudio no está establecido un control de gastos, ni tampoco hay un rubro destinado al mantenimiento de la maquinaria. En el presupuesto anual se realizan los pedidos de materiales para las diferentes áreas de la empresa, se da prioridad a materiales de formación como herramientas de corte, insumos, materias primas y EPP.

6.2.7 Áreas de mantenimiento

En la actualidad, la empresa no cuenta con un área específica para realizar las actividades de mantenimiento de las máquinas debido a que la gran mayoría, son bastante pesadas y de gran volumen, por tanto, se hace difícil su desplazamiento. Cada reparación se realiza en el mismo sitio donde se encuentra el activo y en el mismo taller, está la herramienta.

6.2.8 Personal de mantenimiento

La empresa cuenta con tres coordinadores de formación los cuales son los encargados de programar a los instructores a los diferentes cursos en las distintas jornadas de trabajo. Los instructores están capacitados en el manejo de las máquinas de su taller, sin embargo, no están certificados y no tienen la fortaleza en el mantenimiento de las mismas. El programa de inducción para los instructores nuevos se fundamenta en el manejo de las plataformas de estudio de la formación y la pedagogía con los estudiantes. La parte técnica corre por cuenta de ellos y en caso de no tener los suficientes conocimientos técnicos, deben apoyarse de los instructores más experimentados.

6.3 Propuesta de solución

6.3.1 Misión

Suministrar los servicios de mantenimiento a los equipos, e instalaciones físicas y herramientas, activos asignados a mantenimiento, a cargo de la empresa cumpliendo con la disponibilidad y confiabilidad requeridas de manera oportuna, asegurando las funciones de cada

activo, para el trabajo de cada oficio y cada servicio, a costos óptimos, que permitan cumplir con los compromisos contractuales y legales, dentro de un marco ambiental de desarrollo sostenible, previendo el cuidado de las personas que interactúan con los equipos o con las actividades desarrolladas por el área de mantenimiento.

6.3.2 Visión

Desde fecha de actualización de este documento, mantener las mejores prácticas de mantenimiento (Clasificada en matriz de excelencia de mantenimiento) con personal competente y que sea autosuficiente, innovadora, creativa, con tecnología de punta y que mantenga su reconocimiento por sus estándares de desempeño y lograr convertir las debilidades que se tienen hoy en fortalezas futuras.

6.3.3 Objetivos

Disponibilidad educativa.

- Calidad del equipo (función de confiabilidad).
- Ejecución presupuestal.
- Oportunidad en la enseñanza.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Efectividad de mantenimiento total

Políticas y Estrategias

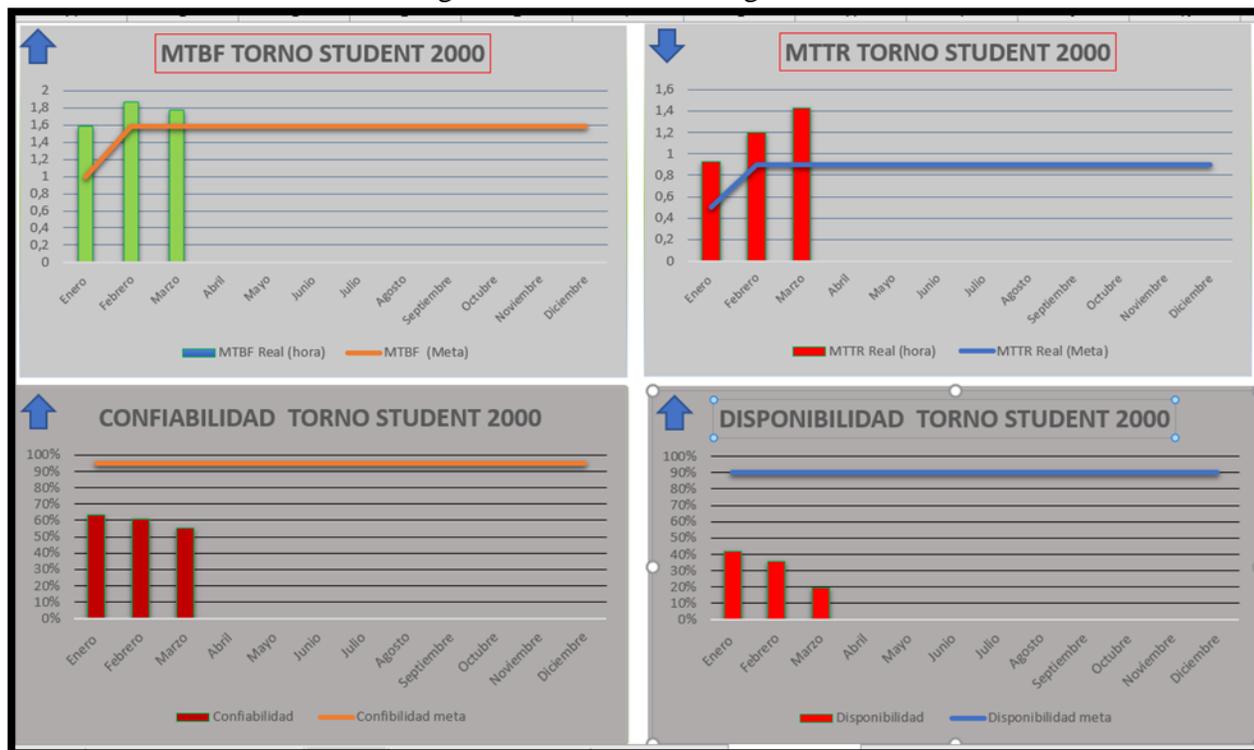
- Las tareas de mantenimiento definidas en los planes de mantenimiento, deben ser producto de las recomendaciones efectuadas por los fabricantes, de la experiencia del personal de mantenimiento y de la información histórica recogida por la empresa
- Debe usarse en el mantenimiento de los activos solamente repuestos genuinos u originales
- Todo trabajo de mantenimiento debe estar cubierto con una orden de trabajo.
- Se debe contratar y mantener personal competente en el área de mantenimiento
- La información obtenida en mantenimiento debe ser abierta y compartida con el personal del área de mantenimiento para el desarrollo profesional. Toda la información de mantenimiento es clasificada para personas que no pertenezcan al área de mantenimiento y no puede ser compartida o entregada a menos que sea autorizada.
- Mantener adecuado ambiente laboral en el área de mantenimiento. No se permiten las diferencias de tipo personal, solo las de tipo profesional.
- Procurar mantener el área de trabajo del taller de mantenimiento en adecuado estado de limpieza y orden.

6.3.4 *Objetivo Social*

Que, con nuestro conocimiento, con nuestro trabajo, con nuestro esfuerzo y dedicación al servicio del mantenimiento de activos, lograr una mejor calidad de vida para nuestros aprendices y colaboradores del taller

6.3.5 Indicadores de Gestión

Figura 12. Indicadores de gestión



Fuente : Autores

En el cumplimiento del propósito se definieron unos indicadores con variables calculadas y características que en caso de tener diversificaciones poder medir los cambios, dentro de la gestión operativa se pretende implementar algunos indicadores técnicos asociados al Sistema Balanceado de Indicadores (SBI) el (MTBF), el cálculo del MTBF se hace con base en la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo perdido, dividiendo por el número de paradas. La fórmula se representa con la siguiente expresión: $MTBF = (\text{Tiempo disponible} -$

Tiempo de parada) / No. Fallas. En la que el tiempo disponible es el total de horas en las que la máquina podría haber estado operando, el tiempo de inactividad es el número de horas en las que estuvo parada y el número de paradas corresponde al número de averías.

El MTTR Tiempo Medio de Reparación, para calcular el MTTR, divide el tiempo total de mantenimiento que origino la parada (correctivo) durante un determinado periodo por el número de acciones de mantenimiento fallos (correctivo) realizadas, Formula: $MTTR = \text{Tiempo Parada} / \text{No. Fallas}$.

Con la interacción de estos dos indicadores se logra el cálculo de la disponibilidad y confiabilidad formuladas de la siguiente manera, $\text{Confiabilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$, $\text{Disponibilidad} = (\text{MTBF} - \text{MTTR}) / \text{MTBF}$. Mientras que el MTBF mide la fiabilidad, el MTTR es un indicador de la eficacia de la reparación. POR TAL MOTIVO, nos permiten obtener una previsión de cuánto tiempo está indisponible un determinado equipo para el caso el torno. El análisis del MTBF y del MTTR en conjunto permite también hacer previsiones sobre la producción que, irrecusablemente, se reduce o se detiene completamente durante los fallos. MTBF más elevado dará más credibilidad en cuanto al MTTR, se pretende reducirlo. Basados en la buena ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo otorgadas para el torno, con la buena ejecución de las rutinas se pretende un numero de fallas en menor participación con tiempos óptimos de reparación y personal calificado. En conclusión, con un MTBF dominante y un MTTR inferior se reflejará las buenas actividades preventivas se ilustra el costo de implementación proyectado a un año para el Plan de mantenimiento preventivo de un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000, donde se incluye costos de

implementación de la planeación estratégica, costos de cada uno de los cargos generados, análisis de taxonomía desde el holding hasta los subsistemas de la máquina, se generaron costos por diagnóstico del torno con el objetivo de la planificación de frecuencias de mantenimiento

6.3.6 *Inventario y codificación de equipos*

Para dar inicio a las actividades del plan de mantenimiento es necesario realizar el registro de las máquinas pertenecientes al taller de mantenimiento mecánico de la empresa. Se establece mediante una codificación de cada máquina con el objetivo de poder identificarlas dentro de la organización.

6.3.7 *Taxonomía*

En la Taxonomía de los activos de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ISO-14224:2016, realizaremos el desglose de la empresa desde el nivel más alto en la Gerencia, después por las Regionales que existen en el país y con las sedes de cada regional. Posteriormente continuamos con la sede que analizaremos haciendo el enfoque en los bloques que contienen todos los talleres, en este caso el taller de mantenimiento mecánico industrial. En cada taller tienen las máquinas que se usan en el proceso productivo y así llegamos a la máquina de este estudio. Por último, se analiza la máquina y se subdivide en los sistemas que la componen. Cada partición se le da un código característico con las iniciales de su nomenclatura para dar mayor claridad y facilidad en su identificación.

Figura 13. Taxonomía de activos

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Nivel 1 Partición	Nivel 2 Partición	Nivel 3 Partición	Nivel 4 Partición	Nivel 5 Partición	Nivel 6 Partición	Nivel 7 Partición	Nivel 8 Partición	Nivel 9 Partición	Nivel 10 Partición	Nivel 11 Partición	Nivel 12 Partición	Nivel 13 Partición	Nivel 14 Partición	Nivel 15 Partición	Nivel 16 Partición
Nivel 1 Empresa Nacional ECI	Nivel 2 Regional Antioquia PANT	Nivel 3 Sede manufacturera industrial SENMIO	Nivel 4 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 5 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 6 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 7 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 8 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 9 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 10 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 11 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 12 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 13 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 14 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 15 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP	Nivel 16 Sala 6 Bloque 10 Kincaul BLODOP
	Nivel 2 Regional Bogotá BBOY	Nivel 3 Sede Manizales Industrial SENMIO	Nivel 4 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 5 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 6 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 7 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 8 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 9 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 10 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 11 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 12 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 13 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 14 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 15 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA	Nivel 16 Sala 2 Bloque 2 Tabal BELCOIA
	Nivel 2 Regional Caldas FCAL	Nivel 3 Sede Medellín SENMI	Nivel 4 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 5 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 6 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 7 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 8 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 9 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 10 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 11 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 12 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 13 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 14 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 15 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS	Nivel 16 Sala 3 Bloque 3 Sistema BLODSS
	Nivel 2 Regional Cundinamarca FCUN	Nivel 3 Sede Agropecuario SEASPO	Nivel 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 5 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 6 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 7 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 8 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 9 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 10 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 11 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 12 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 13 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 14 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 15 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN	Nivel 16 Sala 4 Bloque 4 Balcón BLOBAN
	Nivel 2 Regional Huila FHU	Nivel 3 Sede Pasto PASTAN	Nivel 4 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 5 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 6 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 7 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 8 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 9 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 10 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 11 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 12 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 13 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 14 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 15 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP	Nivel 16 Sala 5 Bloque 5 Copoeta BLODOP
	Nivel 2 Regional Norte Santander FNSAN	Nivel 3 Sede Bucaramanga BUCAN	Nivel 4 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 5 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 6 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 7 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 8 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 9 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 10 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 11 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 12 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 13 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 14 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 15 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA	Nivel 16 Sala 6 Bloque 6 Mantenimiento Industrial BLOBA
	Nivel 2 Regional Quindío FQUN	Nivel 3 Sede Salazar SALAZAN	Nivel 4 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 5 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 6 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 7 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 8 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 9 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 10 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 11 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 12 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 13 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 14 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 15 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN	Nivel 16 Sala 7 Bloque 7 Mantenimiento Mecánico Industrial SALAZAN
	Nivel 2 Regional Risaralda FRR	Nivel 3 Sede Medellín SENMI	Nivel 4 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 5 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 6 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 7 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 8 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 9 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 10 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 11 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 12 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 13 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 14 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 15 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND	Nivel 16 Sala 8 Bloque 8 Mantenimiento Eléctrico Industrial SALMEND
	Nivel 2 Regional Santander FRSAN	Nivel 3 Sede Bucaramanga BUCAN	Nivel 4 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 5 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 6 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 7 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 8 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 9 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 10 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 11 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 12 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 13 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 14 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 15 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 16 Sala 9 Bloque 9 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND
	Nivel 2 Regional Tolima FRTL	Nivel 3 Sede Bogotá BOGOTAN	Nivel 4 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 5 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 6 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 7 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 8 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 9 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 10 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 11 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 12 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 13 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 14 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 15 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND	Nivel 16 Sala 10 Bloque 10 Mantenimiento Mecánico Industrial SALMEND

Fuente : Autores

6.3.7.1 Codificación de equipos

Para realizar una adecuada codificación se necesita establecer un inventario de las máquinas del área de mantenimiento mecánico industrial en la empresa y determinar el código proveniente de la taxonomía de los activos para la identificación de las máquinas. Con esto podemos definir un orden lógico y establecer una trazabilidad a nivel nacional para iniciar el control de las máquinas en el plan de mantenimiento preventivo.

Figura 14. **Inventario de Máquinas** taller mantenimiento mecánico

INVENTARIO AREA DE MANTENIMIENTO MECANICO			
Taxonomía	Máquina	Marca	Modelo
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQCM	Centro de Mecanizado	Leadwell	V20-i
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQFCV	Fresadora con Cabezal Vertical	Kondor	N 3-m
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQFV	Fresadora Vertical	Modig	UBM 30
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQTCS1	Torno Convencional 1	Colchester	Student 2000
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQTCS2	Torno Convencional 2	Colchester	Student 2000
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQTP	Torno Pinacho	Pinacho	SC 200*1000
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQSM	Segueta Mecánica	Knova	KN SM-16SP
EN-RBOY-SEMIND-BLO6MMI-MQSC	Sierra4 de cinta	MJ	MJ343

Fuente : Autores

6.3.8 Máquinas del taller de mantenimiento mecánico

En las siguientes figuras se muestran las máquinas del taller de mantenimiento mecánico industrial.

En la Figura 14 tenemos el Centro de Mecanizado para realizar los trabajos de mecanizado con ayuda de códigos y diversas herramientas de corte. Es la máquina más confiable.

Figura 15. Centro de mecanizado. Fuente : Autores



Fuente : Autores

En la figura 15 se encuentra la fresadora de cabezal vertical, una de las máquinas más utilizadas en el taller

Figura 16. Frontal Fresadora Vertical. Fuente : Autores



Fuente : Autores

En la Figura 16 se encuentra la Fresadora Vertical. Es la máquina menos utilizada ya que le faltan algunos accesorios para su uso.

Figura 17. Fresadora Vertical



Fuente : Autores

En la Figura 17 está el Torno Pinacho. Esta máquina solo se utiliza para realizar las rocas externas de las piezas a mecanizar. Se debe primero practicar en los tornos Colchester para luego, una vez adquirida la competencia, poder pasar a usar esta máquina

Figura 18. Frontal Torno Pinacho



Fuente : Autores

En la Figura 18 está la segueta mecánica. Es la máquina más antigua del taller y ha tenido varias reparaciones.

Figura 19. Frontal Segueta Mecánica



Fuente : Autores

En la figura 19 está la Sierra de Cinta. Esta máquina ha tenido varias reparaciones y es la segunda más utilizada en el taller.

Figura 20. Frontal Sierra de Cinta



Fuente : Autores

6.3.9 *Análisis de criticidad*

Para desarrollar el análisis de criticidad se tomó el inventario de las máquinas del taller de mantenimiento mecánico industrial. De acuerdo a varios criterios predispuestos en el formato de análisis de criticidad, se ponderó cada factor y por último se le asignó su clasificación de acuerdo a su resultado en el proceso productivo. En la figura 22 tenemos el resultado de este análisis de criticidad.

Complementando la norma ISO 14224 e ISO 55001 identificando cinco criterios importantes para determinar el peso que pueda presentar cada uno en los equipos evaluados los

critérios identificados corresponden, frecuencia de fallo, impacto operacional por fallo, costo de reparación, impacto de seguridad e impacto ambiental. Para el criterio frecuencia de falla se determino un peso de 1 siendo este el mas relevante, para el criterio costo de reparación se asigno un peso de 0.1 representando el de menor relevancia en peso, mientras los tres criterios restantes cuentan con un peso de 0.3. Complementar información con la tabla continua.

Figura 21. Análisis de Criticidad de las máquinas del taller

CRITERIOS	PESO	Muy Bajo = 1	Bajo = 3	Medio = 5	Alto = 7	Muy Alto = 9
Frecuencia de falla	1	Mayor o = 1 año	de 3 meses a 1 año	15 días a 3 meses	de 1 día a 2 semanas	1 día
Impacto op (Por falla)	0,3	1 hora	6 horas	12 horas	1 día	menor o igual a 5 días
Costo reparacion	0,1	menos a 1\$	entre 1\$ y 10\$	entre 10\$ y 50\$	entre 50\$ y 100\$	mayor a 100\$
Imp. Seguridad	0,3	nulo	daños leves	daños graves	daños graves y secuelas	riesgo de muerte
Imp Ambiental	0,3	nulo	daños reversibles	efectos no violan la normativa	daños irreversibles en las instalaciones	daños irreversibles en la comunidad



Fuente : Autores

6.3.10 AMEF

Para la estructuración del análisis de modos de falla y efectos se identificaron los subsistemas del Torno Colchester Student 2000, a cada uno se le identificó una falla funcional, una causa y una consecuencia. Luego se calculó el nivel de criticidad para cada una de las fallas identificadas; multiplicando la frecuencia por la consecuencia, los resultados se muestran en la figura 23.

Figura 22. AMEF Torno Colchester Student 2000

AMER TORNO COLCHESTER STUDENT 2000											
ITEM	SISTEMA	CODIGO	COMPONENTE	CODIGO	FUNCION PRINCIPAL	FALLA	CAUSA DE LA FALLA	CONSECUENCIA DE LA FALLA	F	C	CRITICIDAD
1	Bancada	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISBAN	Prensa	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISBAN-SUBSFR	Apovar a los elementos deslizables sobre las que deslizan los carros	Caída de los elementos deslizables	Desbalance en la prensa de la bancada	Funcional	1	3	3
			Soporte	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISBAN-SUBSSOP	Soportar las guías del torno	Carda guías	Desgaste en la estructura	Funcional	1	3	3
2	Sistema de Refrigeración	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISREF	Tanque, ductos y Filtros	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISREF-SUBSTOF	Almacenar refrigerante, limpiarlo y dirigirlo a la motobomba	Esparcimiento de refrigerante	Fugas en las mangueras	Funcional	2	5	10
			Motobomba	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISREF-SUBSMT	Recircular el refrigerante que se encuentran almacenados en el depósito y trasladarlo de nuevo	Desabastecimiento de refrigerante en la herramienta de corte	Fallas en la bomba	Funcional	3	5	15
3	Cabezal Fijo	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI	Tapas y Mirillas accionamientos o Cambios de Velocidades	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSFTM EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSACV	Ver el nivel de aceite Poner estrictamente la velocidad que se requiere en el husillo	Desinformación para el nivel de aceite Descontrol en las velocidades de la caja	Falta de limpieza Desajuste de la maquina	Funcional	1	3	3
			Caja de Velocidades	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSCV	Transmitir el movimiento recibido desde el motor, el eje principal o husillo, y el mecanismo para conseguir sus distintas velocidades	Descontrol en las velocidades de la caja	Desajustes de la maquina	Funcional	2	5	10
			Copa o Plato Universal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSCU	Sostener las piezas a mecanizar	Incapacidad de sostener las piezas	Desajuste de la copa	Funcional	1	5	5
			Motor Principal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSHP	Transformar energía eléctrica en energía mecánica	No girar el husillo	Suciedad o error humano	Funcional	1	5	5
			Poleas y Correas	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCABFI-SUBSPC	Transmitir fuerzas y velocidades angulares entre dos ejes paralelos	Incapacidad de transmitir fuerza y velocidad	Desajuste en la polea Desgaste de correas	Funcional	1	5	5
4	Sistema de Automático y Roscados	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS	Accionamiento Automático	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSAA	Realizar el avance automático de los carros	Imposibilidad de desplazamiento automático	Suciedad en las guías	Funcional	1	4	4
			Caja Norton	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSCN	Regular las velocidades de giro del torno	No girar el husillo movimiento giratorio	Error humano	Funcional	1	5	5
			Accionamiento Automático Delantal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSAD	Dar inicio al avance automático de los carros	No se puede desplazar el automático	Desajuste en los accionamientos	Funcional	1	4	4
			Engranajes	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSEGR	Transmitir movimiento circular	Imposibilidad de transmitir movimiento circular	Desgaste y desajuste en los pñones	Funcional	1	5	5
			Tornillo Tuerca/ Patron Pasadores	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSTTP EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISALRPS-SUBSP	Permitir desplazamiento longitudinal Fijar las piezas	desplazamiento longitudinal Desajustes de las piezas	Desajuste en el tornillo Falta de mantenimiento	Funcional	1	4	4
5	Carro Longitudinal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARLO	Delantal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARLO-SUBSDEN	embragues de avance que transmiten el movimiento de avance del carro longitudinal	Imposibilidad de avanzar el carro longitudinal	Desajustes en el delantal	Funcional	1	5	5
			Dial	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARLO-SUBSDL	Medir y señalar el desplazamiento del carro longitudinal	Desajuste en el desplazamiento del carro longitudinal	Desajustes en el dial	Funcional	2	4	8
6	Carro Transversal	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARTR	Dial	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARTR-SUBSDT	Medir y señalar el desplazamiento del carro transversal	Desajuste en el desplazamiento del carro transversal	Desajustes en el dial	Funcional	2	4	8
			Rodamientos	EN-RBOY-SEMIND-BLODM-MQTCST-SISCARTR-SUBSPRD	Reducir la fricción entre el eje y las piezas conectadas	Recalentamiento y desgaste	Falta de lubricación y mantenimiento	Funcional	1	4	4

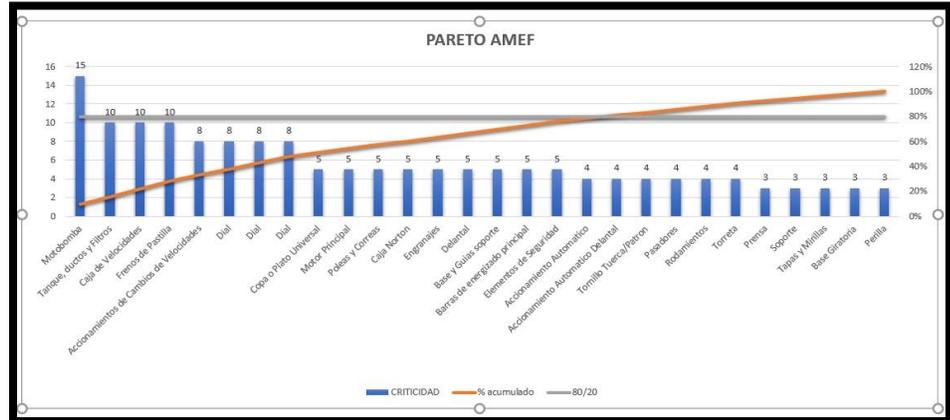
Fuente : Autores

6.3.11 Diagrama de Pareto del AMEF

Se realizó un Diagrama de Pareto con el fin de determinar los subsistemas más críticos y así poder programar las rutinas de mantenimiento.

La gráfica a continuación ilustra los sistemas de un TORNO COLCHESTER STUDENT 2000 con referencia al nivel de criticidad de cada uno, plasmando un análisis de modo y efecto falla AMEF e ilustrado en un diagrama de Pareto. De acuerdo en la taxonomía se estudió por sistemas, luego se subdividió en componentes y de cada uno se describe la función principal, se analiza la falla funcional, la causa de falla, se identifica la frecuencia y consecuencia. Por último, se determina el nivel de criticidad mediante el producto de la frecuencia y la consecuencia.

Figura 23. PARETO AMEF



Fuente : Autores

6.3.12 Plan de mantenimiento Preventivo

Para el plan de mantenimiento preventivo del Torno Colchester Student 2000, partimos de las subdivisiones de sistemas que realizamos en el AMEF, luego tomamos cada componente y describimos las actividades de mantenimiento que se deben realizar en la máquina. Se tuvo en cuenta las personas encargadas para realizar cada actividad, la especialidad que debe tener, los permisos de seguridad, la descripción de la actividad, la frecuencia, el tiempo requerido, materiales y observaciones en la ejecución de estos requerimientos. Es muy importante las actividades diarias y las prioritarias para garantizar el éxito de nuestro plan de mantenimiento preventivo. En la figura 25 tenemos la actividad.

Figura 24. **Formato plan** de mantenimiento preventivo

FORMATO PLAN DE MANTENIMIENTO TOR-MANTO-01		Versión: 1 Vigente desde: 31/07/2018 Hoja: 1 de 1		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TORNO COLCHESTER STUDENT 2000				PERMISO				ACTIVIDAD	
Ubicación	Equipo	Sistema	Componente	CRITICIDAD	Estado (A/E)	PERSONAS	Especialidad requerida	E	A	B	ET		
		Bancada	Prensa	3	A	2	Mecanico C					Lubricacion guias	
			Soporte	3	A	2	Mecanico C					Limpieza general	
			Sistema de Refrigeracion	Tanque, ductos y Filtros	10	A	2	Mecanico C					Inspeccion básica estado general
		Motobomba				A	2	Mecanico C					Limpieza mangueras
						A	2	Mecanico C					Inspeccion general
						A	2	Electrico B					Limpieza general
				15	A	2	Electrico B					Medir I y V	
					A	2	Mecanico C					Limpieza Filtro	
		Cabezal Fijo	Tapas y Mirillas	3	E	1	Mecanico B					Limpieza tapas	
			Accionamientos de Cambios de Velocidades	8	A	2	Mecanico A					Limpieza general	
			Caja de Velocidades		10	A	2	Mecanico A					Inspeccion estado general
						10	A	2	Mecanico A				Lubricacion Caja de Velocidades
			Copa o Plato Universal		5	A	2	Mecanico A					Cambio de aceite
						5	A	2	Mecanico A				Inspeccion copa y mordazas
			Motor Principal		5	A	2	Electrico A					Ajustes generales
			Poleas y Correas		5	A	2	Mecanico A					Inspeccion sistema electrico
		Accionamiento Automatico		4	A	2	Mecanico A					Ajustes, calibracion	
					A	2	Mecanico A					Cambio correas	
					A	2	Mecanico A					Inspeccion	

Fuente : Autores

6.3.13 Rutinas de mantenimiento

Para la realización de las rutinas de mantenimiento preventivo, dividiremos esta actividad en rutinas de mantenimiento mecánico y rutinas de mantenimiento eléctrico. Para estas rutinas se tuvo en cuenta la experiencia del encargado de mantenimiento y el manual del fabricante. Se recomienda que cada rutina se realice trimestralmente. En las figuras 9 y 10 observaremos los formatos de las rutinas.

Figura 25. Formato inspección mecánica

FORMATO INSPECCION MECANICA TORNO COLCHESTER STUDENT 2000 TOR-MANTO-02		Versión: 1
		Vigente desde: 31/07/2018
		Hoja: 1 de 1
Sistema	Actividad	Observaciones
Bancada	Verificar estado de la bancada	
	Verificar estado de las guías	
	Verificar anclaje	
Sistema de Refrigeracion	Verificar funcionamiento motobomba	
	Verificar estado de las mangueras	
	Verificar limpieza filtro	
	Verificar estado tanque	
Cabezal Fijo	Verificar estado de poleas	
	Verificar estado de engranajes	
	Verificar estado de correas	
	Verificar funcionamiento husillo	
	Revisar fijacion de la copa	
	Verificar estado de mordazas	
	Verificar estado niveles de aceite	
Sistema de Automatico y Roscados	Verificar estado de palancas caja de velocidad	
	Verificar estado tornillo patron	
	Verificar funcionamiento automáticos	
Carro Longitudinal	Verificar Lubricacion del carro	
	Verificar ajustes del carro	
	Verificar estado de rodamientos	
	Verificar Ajustes dial	
Carro Transversal	Verificacion Lubricacion del carro	
	Verificar ajustes del carro	
	Verificar estado de rodamientos	
	Verificar Ajustes dial	
Carro Superior	Verificacion Lubricacion del carro	
	Verificar ajustes del carro	
	Verificar estado de rodamientos	
	Verificar Ajustes dial	
Contrapunto	Verificar estado contrapunto	
	Verificar estado puntos	
	Verificar funcionamiento bloqueo contrapunto	
Sistema de Energizado	Verificar parada de emergencia	
	Verificar funcionamiento encendido	
	Verificar estado frenos	
	Verificar delimitacion zona de trabajo	

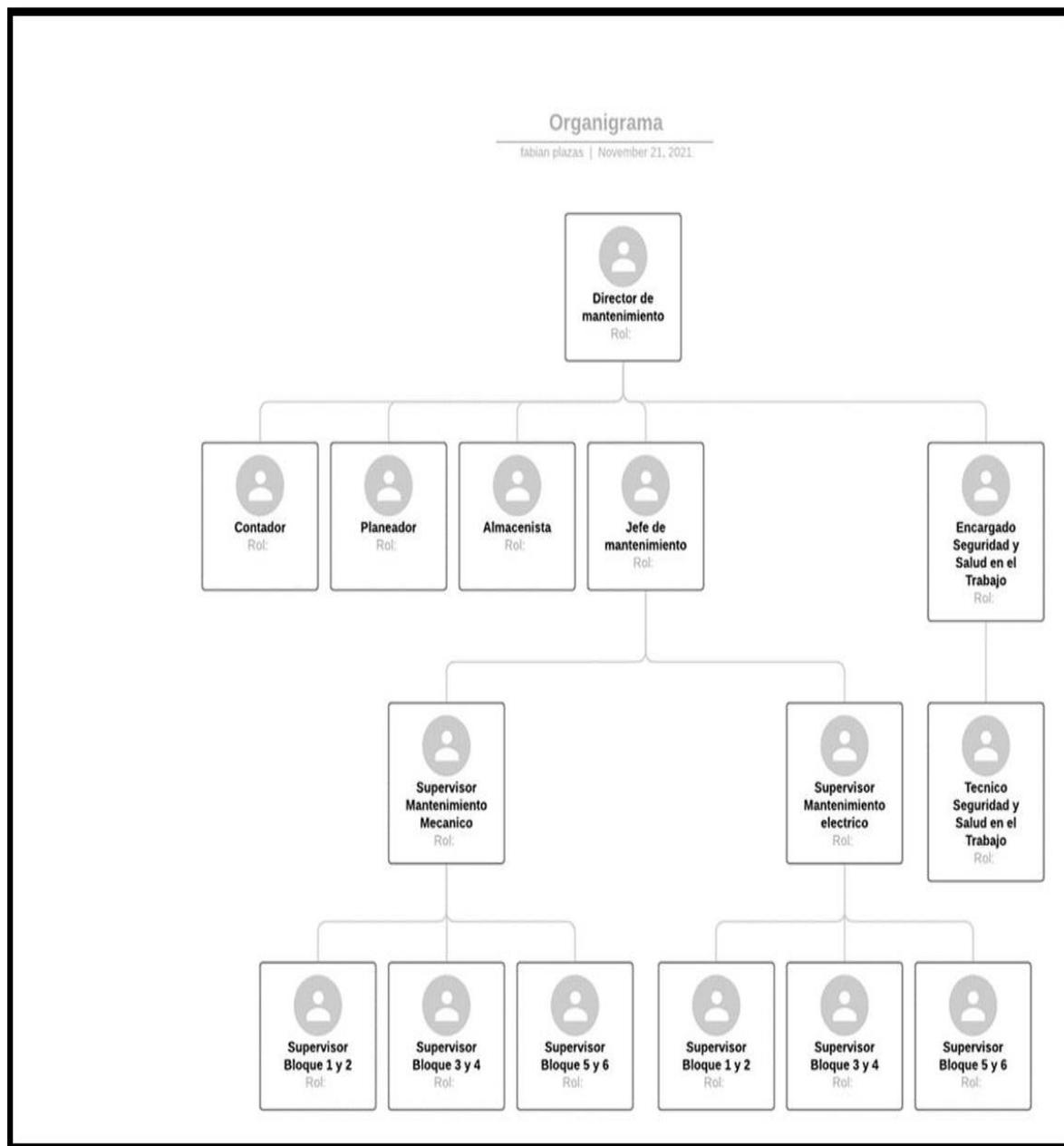
Fuente : Autores

Figura 26. Formato inspección eléctrica

FORMATO INSPECCION ELECTRICA TORNO COLCHESTER STUDENT 2000 TOR-MANTO-03		Versión: 1
		Vigente desde: 31/07/2018
		Hoja: 1 de 1
Sistema	Actividad	Observaciones
Sistema de Refrigeracion	Verificar funcionamiento motobomba	
	Medir I y V en la motobomba	
Cabezal Fijo	Verificar estado contactores, interruptores y cableado	
	Verificar funcionamiento motor	
	Verificar funcionamiento lamapara de apoyo	
	Medir I y V en el motor	
	Verificar vibraciones y recalentamiento en el motor	
Sistema de Automatico y Roscados	Verificar estado de palancas caja de velocidad	
Sistema de Energizado	Verificar parada de emergencia	
	Verificar funcionamiento encendido	

Fuente : Autores

Figura 27. Organigrama de mantenimiento



Fuente : Autores

7 Impactos esperados y generados

7.1 Impactos esperados

Con esta propuesta del plan de mantenimiento preventivo para el torno Colchester Student 2000 en la empresa de estudio queremos que sea el punto de partida para realizar más proyectos dedicados a este tema y que sea llamativo para el director de la empresa, gracias a su rentabilidad.

La propuesta busca lograr su implementación para así obtener todos los beneficios del mantenimiento preventivo en la organización. Uno de los aspectos más importantes que se desea es generar un impacto positivo en la cultura de la organización, sobre todo en los profesionales encargados del mantenimiento de la maquinaria para aumentar el ciclo de vida de las mismas, logrando incrementar la confiabilidad y disponibilidad. Adicional que los colaboradores nuevos puedan integrar de forma rápida a esta metodología y así sigan y mejoren este procedimiento.

Otro impacto esperado es la consolidación de la política de mantenimiento preventivo en todas las máquinas de la empresa, realizando su estricto control y el correcto diligenciamiento de los indicadores de mantenimiento.

7.2 Impactos alcanzados

Los impactos alcanzados en el presente proyecto se componen de un diagnóstico claro y preciso sobre la situación actual de la máquina en estudio, en este caso el Torno Colchester Student 2000 a nivel de su mantenimiento y uso. Con esto se pretende, disminuir las brechas y estudiar las oportunidades de mejoras encontradas en la presente investigación.

Otro impacto alcanzado es que se logró plasmar es que la falta de un mantenimiento preventivo es perjudicial para las máquinas de la empresa, en este caso el torno Colchester Student, pues presenta fallas de tipo operacional y deterioro en sus componentes. Al evidenciar este aspecto se llama la atención de todo el personal involucrado en este tema y se promulga la necesidad de realizar esta propuesta de mejora.

El análisis de criticidad permite identificar la prioridad de las máquinas en el proceso productivo, mediante una estructura que nos facilita la toma de decisiones para realizarles el adecuado mantenimiento. Al realizar el AMEF pudimos identificar los subcomponentes de la máquina con más alto riesgo y probabilidad de falla. Con esto pudimos analizar los posibles modos y efectos de falla con el fin de determinar las rutinas de mantenimiento más precisas y adecuadas para los componentes del activo en estudio.

Los formatos y las rutinas establecidas para realizar el mantenimiento de la máquina se lleve un control del mantenimiento realizado y así diligenciar los indicadores de gestión que nos indican el logro de los objetivos estratégicos de la política de mantenimiento.

Conseguimos la buena disposición del personal encargado en la importancia de los activos en el área de estudio y el compromiso que tienen en aceptar esta metodología y así poder realizarles un adecuado mantenimiento a las máquinas.

7.3 Discusión

Identificamos en la máquina un total abandono. Hasta el punto que la máquina la tienen en un rincón, aislada ante la presencia de las personas que circulan en el área. Se pudo analizar que la están dejando sin mantenimiento con el fin de darle de baja. Realmente con este proyecto

se pretende que la máquina la puedan reparar, limpiar y salvaguardar. Es una máquina aún con varios años de uso y no es posible que por el descuido de unos pocos la dejen acabar.

Ante esta situación y con el desarrollo de la presente investigación se logró identificar el estado real de la máquina y las condiciones de mantenimiento aplicadas antes, durante y después de la pandemia. Por ende, se hace el llamado a corregir esta situación y a darle el adecuado uso y mantenimiento a las máquinas del taller.

La implementación de la política de mantenimiento cerrará tanto las brechas como las oportunidades de mejora identificadas y se espera seguir mejorando para llevar un mantenimiento adecuado en la Organización.

8 Análisis Financiero

Figura 28. Costo de Implementación

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN INVERSIÓN ANUAL				
ITEM	COSTO			
IMPLEMENTACION DE LA MISION DE MANTENIMIENTO	\$ 6.000.000			
IMPLEMENTACION DE LA VISION DE MANTENIMIENTO				
IMPLEMENTACION DE LA POLITICA DE MANTENIMIENTO				
IMPLEMENTACION DE LOS OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO				
SALARIO ANUAL NUEVO PERSONAL DE MANTENIMIENTO	BASICO	PRESTACIONES	SEGURIDAD SOCIAL	TOTAL
INGENIERO DE MANTENIMIENTO	\$ 42.000.000	\$ 9.164.400	\$ 1.974.378	\$ 53.138.778
INSTRUCTOR	\$ 36.000.000	\$ 7.855.200	\$ 1.801.669	\$ 45.656.869
TECNICO ELECTRICO	\$ 21.600.000	\$ 4.713.120	\$ 1.171.210	\$ 27.484.330
TECNICO MECANICO	\$ 21.600.000	\$ 4.713.120	\$ 1.081.001	\$ 27.394.121
TOTAL SALARIO ANUAL NUEVO PERSONAL DE MANTENIMIENTO	\$ 121.200.000	\$ 26.445.840	\$ 6.028.259	\$ 153.674.099
IMPLEMENTACIÓN TAXONOMIA	\$ 426.229			
PROCESO DE DIAGNÓSTICO	\$ 700.000			
PLAN DE CAPACITACIÓN ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	\$ 9.440.000			
GESTION DE MANTENIMIENTO	\$ 360.000			
PLANEACION Y PROGRAMACION DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO	\$ 360.000			
IMPLEMENTACION DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO	\$ 5.000.000			
USO Y MANEJO DE FORMATOS	\$ 360.000			
EJECUCION DE LAS RUTINAS	\$ 3.000.000			
INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO	\$ 360.000			
AUDITORIA EXTERNA PROCESO DE MANTENIMIENTO	\$ 6.200.000			
ELABORACION DE FORMATOS	\$ 2.000.000			
PLAN DE MANTENIMIENTO	\$ 6.000.000			
COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN ANUAL	\$ 184.440.328			

Fuente : Autores

La figura 29 se ilustra el costo de implementación proyectado a un año para el Plan de mantenimiento preventivo de un torno convencional marca Colchester Referencia Student 2000, se incluye costos de implementación de la planeación estratégica, costos de cada uno de los cargos generados, análisis de taxonomía desde el holding hasta los subsistemas de la máquina, se generaron costos por diagnóstico del torno con el objetivo de la planificación de frecuencias de mantenimiento para rutinas, se incluye costos por capacitaciones del plan estratégico para mantenimiento, gestión del mantenimiento, planificación, programación e implementación de rutinas de mantenimiento, uso y manejo de los formatos generados para el control y seguimiento de mantenimiento, acompañamiento ejecución de las rutinas, proyección indicadores de control y gestión, se proyectó realizar dos auditorías durante el año y por último se realiza un costo significativo por la elaboración del plan de mantenimiento y los formatos.

para rutinas, se incluye costos por capacitaciones del plan estratégico para mantenimiento, gestión del mantenimiento, planificación, programación e implementación de rutinas de mantenimiento, uso y manejo de los formatos generados para el control y seguimiento de mantenimiento, acompañamiento ejecución de las rutinas, proyección indicadores de control y gestión, se proyectó realizar dos auditorías durante el año y por último se realiza un costo significativo por la elaboración del plan de mantenimiento y los formatos.

Figura 29. Ciclo de Vida Método Línea Recta

Fuente : Autores

La basados en la ley 1819 2016, se seleccionó el método de línea recta identificando deprecación del equipo Torno colchester student 2000, partiendo de un costo de \$24.000.000 valor incluyendo impuestos. Tomando como referencia el artículo 137 del estatuto tributario donde determina que este tipo de maquinaria cuenta con 10 años de vida útil con un valor estimado de salvamento de \$12.000.000, se muestra la depreciación acumulada por cada año y el valor neto en libros o valor contable. Con lo anterior se puede mostrar que dependiendo el uso del equipo en mención podemos ampliar la vida útil, ya que este solo se utiliza 6 horas diarias en 10 meses del año, en conclusión, la vida útil del torno se podría proyectar a 48,5 años.
$$\text{Vida útil} = (10 * 24 * 365) / (6 * 300)$$
, bajo este termino las rutinas de mantenimiento entregadas en este documento generan un importancia de primer nivel.

Figura 30. Calculo ROI

ITEM	COSTO
INGRESOS AHORRO	\$ 984.800.000
INDEMNIZACIÓN	\$ 960.000.000
REPARACIONES	\$ 4.800.000
LUCROCESANTE	\$ 20.000.000
VALOR REPUTACIONAL	\$ -
INGRESO POR INGRESO	\$ 140.000.000
MAYOR DISPONIBILIDAD	\$ 120.000.000
PROLONGACION VIDA UTIL	\$ 20.000.000
INGRESOS TOTAL	\$ 1.124.800.000
ROI=	\$ 5
RETORN DE	510% RESPECTO A INVERSION

Fuente : Autores

9 Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

El diagnóstico de la máquina es muy desalentador pues actualmente la máquina no está en uso y está a la merced del deterioro total. Al plasmar esta propuesta esperamos se concreten las actividades necesarias para el restablecimiento de las funciones de la máquina y se le dé un buen manejo y control a este plan de mantenimiento para aumentar su vida útil

Al desarrollar de la taxonomía de los activos y el análisis de criticidad para las máquinas del taller se pudo identificar que no existe una planeación adecuada para el mantenimiento de las máquinas y por ende se hace necesario que esta propuesta se implemente para lograr una mejor perspectiva de la importancia de las máquinas en el proceso. Al realizar el AMEF pudimos observar que hay varios subcomponentes de la máquina con alta probabilidad de que se generen fallas funcionales, impactando de forma negativa a nuestro activo.

La documentación técnica es de vital importancia para ejecutar un plan de mantenimiento preventivo que sea adecuado para la máquina en estudio. Las rutinas de mantenimiento preventivo a nivel eléctrico y mecánico especifican de una forma clara y sencilla los aspectos más relevantes a la hora de realizar el mantenimiento preventivo. Diligenciando estos formatos y los indicadores de gestión podemos analizar la ejecución del mantenimiento preventivo en la máquina y se podrá estudiar su confiabilidad y disponibilidad en el proceso productivo. Todo esto para que la máquina funcione de la mejor forma, se eviten accidentes y se prolongue su vida útil.

9.2 Recomendaciones

Lograr implementar este plan de mantenimiento preventivo para obtener los beneficios que se obtienen por ejecutar de manera eficiente esta metodología.

Otro aspecto importante es lograr que, en el presupuesto anual, se establezca un rubro específico para las actividades del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa. Con esto garantizamos que el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo sea autónomo y no dependa de otras dependencias, logrando así que su ejecución sea independiente y tenga un espacio en el organigrama de la empresa.

Es importante que se cumplan las funciones del organigrama de mantenimiento de la empresa y se realice un adecuado control por parte de un encargado del departamento de mantenimiento para que se logren los objetivos planteados en la política de mantenimiento.

Se deben involucrar a las personas de seguridad y salud en el Trabajo SST, para que aporten sus ideas y ayuden a realizar seguimiento en las actividades rutinarias del plan de mantenimiento preventivo en las máquinas de la empresa. También deben garantizar la seguridad de los operarios, el suministro de los EPP y realizar la revisión de los permisos requeridos para la ejecución de la labor de mantenimiento

Al carecer de un plan de mantenimiento, las máquinas de la empresa están vulnerables a que se presentan fallas funcionales y no se tenga ninguna alternativa de solución, por eso se hace importante que esta propuesta de plan de mantenimiento se intensifique en la mayor cantidad de máquinas y se logre su implementación para obtener los beneficios generados del mantenimiento preventivo.

10 Bibliografía

- Acevedo, O. A. (2019). *Repository USTA* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.usta.edu.co%2Fjspui%2Fbitstream%2F11634%2F19268%2F1%2F2019oscarram%25C3%25ADrez.pdf&cflen=3173392
- ANDI. (s.f.). *ANDI*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Home/Camara/10-camara-fedemetal>
- Andres Correa, Bexni Avila. (22 de 08 de 2004). *Biblioteca UTB* . Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0027965.pdf>
- Antonio Leonardo Espejo Zavaleta . (2018). *Repositorio universidad César Vallejo*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.ucv.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12692%2F64446%2Fespejo_ZAL-SD.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&cflen=1235458
- BELTRAN FREITE MAYRA ALEJANDRA, F. P. (2014). DEFINICIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS CLASIFICADOS COMO CRITICOS E IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MECANICAS DE MAYOR IMPACTO EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ITALCOL S.A. BARRANQUILLA. Barranquilla, Barranquilla, Colombia.
- Boris Andrés Alarcon Quiñóez, Denis Melisa Romero Montenegro. (28 de 02 de 2020). *UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA ECUADOR*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20080/1/UPS-GT003160.pdf>

- CARDONA, J. E. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:
<https://es.scribd.com/document/348255547/Planes-Mtto-Torno-Colchester>
- Castro Miniguano, C. B., & Barrera León, J. C. (s.f.). UNIVERSIDAD DE AMBATO. Ecuador, Tungurahua, Ambato.
- CHILE, U. D. (01 de 01 de 2015). <https://repositorio.uchile.cl/>. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/>:
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132720/Definicion-de-plan-de-mantenimiento-optimo-para-equipos-criticos-de-una-planta...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colchester Machine Tool Solutions, L. W. (s.f.). <https://www.colchester.co.uk/>. Obtenido de <https://www.colchester.co.uk/>: <https://www.colchester.co.uk/>
- Colegio Provincial de Educación Tecnológica. (s.f.). *Mantenimiento Industrial - OCW-UC3M*. Obtenido de Mantenimiento Industrial - OCW-UC3M:
<http://www.epetrg.edu.ar/apuntes/plaza/CAPITULO%201%20-%20Mant-Definiciones%20Objetivos.pdf>
- Colombia, A. (s.f.). *automotorcolombia.com*. Obtenido de automotorcolombia.com:
<https://automotorcolombia.com/aprende/que-es-un-torno-historia-tipos-de-torno-sus-partes-y-mucho-mas/>
- DELGADO, I. M. (2009). ELABORACIÓN DE CUADERNILLO DE APUNTES: ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO. En M. M. DELGADO, *ELABORACIÓN DE CUADERNILLO DE APUNTES: ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO* (pág. 101). Mexico.

DOCPLAYER. (s.f.). *DOCPLAYER*. Obtenido de DOCPLAYER:

<https://docplayer.es/135642624-Facultad-regional-multidisciplinaria-farem-esteli-trabajo-de-seminario-de-graduacion-para-optar-ingeniero-industrial-autores.html>

ELVIS ALBERTO CANSINO FLOREZ, DANNY WILMAR LUCERO DIAZ. (01 de 05 de

2015). <https://bibdigital.epn.edu.ec/>. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/:https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>

FUNDACIÓN NACIONAL DEL COMERCIO PARA LA EDUCACIÓN. (2010). *INSTITUTO*

POLITÉCNICO SUPERIOR "JUAN TERRIER DAILLY". Obtenido de FUNDACION
EDUACIONAL COMEDUC: <http://jtd.politecnicojuanterrier.cl/cuartos/4A-mantenimiento.pdf>

GÓMEZ, A. M. (20 de noviembre de 2017). *TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.*

METODOLOGIA DE. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

González, A. E.-A. (Marzo de 2009). *MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TORNOS*

CONVENIONALES EN EL DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DEL IUTC. Obtenido de
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TORNOS CONVENIONALES EN EL
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DEL IUTC:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3934669.pdf>

Gribodo, Ezequiel. (01 de 12 de 2015). <https://rdu.unc.edu.ar/>. Obtenido de UNIVERSIDAD

NACIONAL DE CORDOBA:
<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4663/Proyecto%20Integrador%20-%20Plan%20Mantenimiento%20Preventivo%20Fabrica%20CO2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JOYA, J. E. (2015). <https://repositorio.ecci.edu.co/>. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.ecci.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F001%2F208%2FTrabajo%2520de%2520grado.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&clen=1499116

Luis Avendaño, Cristian Barrera. (2015). <http://tangara.uis.edu.co/>. Obtenido de BIBLIOTECA UNIVERSIDA INDUSTRIAL DE SANTANDER: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/157836.pdf>

Mantenimiento, A. y. (s.f.). MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Peru.

OSVAL ADRIÁN CAMPAÑA OLIVA . (2013). *Universidad Automoma del Occidente* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fd.uao.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10614%2F4995%2FTME01378.pdf%3Bjsessionid%3D4A854213F8EEAB81D749A3B110984537%3Fsequence%3D1&clen=4274414

Palencia, O. G. (2012). Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. En O. G. Palencia, *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial* (págs. 1-23). Bogotá - Colombia: Ediciones de la U.

RIOS, G. C. (01 de 01 de 2015). *UNAM - DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS*. Obtenido de BIBLIOTECA CENTRAL : <http://132.248.9.195/ptd2015/junio/0730263/0730263.pdf>

Rodrigo Gonzalez. (01 de 08 de 2016). *REPOSITORIO DIGITAL UNC*. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/>: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4940>

Rondón, F. A. (2021). CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTION DEL MANTENIMIENTO INDUTRIAL. En F. A. Rondón, *CONCEPTOS GENERALES EN LA*

GESTION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL (pág. 112). Bucaramanga: Ediciones USTA.

SANDOVAL MORA, M. D. (11 de 2012). <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/>. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CARABOBO:

<http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/7120/masandoval.pdf?sequence=1>

TECNOLIGICA, A. (s.f.). *AREATECNOLOGICA*. Obtenido de AREATECNOLOGICA.COM:

<https://www.areatecnologia.com/herramientas/torno.html>

Trespalacions, G. F. (2012). *CORE*. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F47242313.pdf&cldn=3235074&chunk=true

YEPES, A. E. (20 de 07 de 220). *Repositorios Uniandes* . Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.uniandes.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F1992%2F48906%2Fu833553.pdf%3Fsequence%3D1