



**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el uso adecuado de los equipos
torno BD -920N / taladro JET 016065 empleando el diagnóstico de fallas y el método**

FMEA

Carlos Arturo Garavito Vargas

Código 20451723407

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

Año 2022

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el uso adecuado de los equipos
torno BD -920N / taladro JET 016065 empleando el diagnóstico de fallas y el método**

FMEA

Carlos Arturo Garavito Vargas

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ingeniera Martha Lucia Solano

Línea de Investigación:

Ciencia de los Materiales

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva, Colombia

Mayo, 26, Año 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Neiva, 24, mayo, 2022.

Contenido

	Pág.
Contenido	
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción	7
Formulación del problema	9
Antecedentes	10
Objetivos	16
Justificación	17
1. Marco teórico	18
1.1 El mantenimiento sobre equipos de taller	18
1.1.1 Toma de decisiones en los mantenimientos	19
1.2 Mantenimiento en tornos.....	23
1.3 Parte del torno	24
1.3.1 Correcciones en el Mandril.....	27
1.3.2 Correcciones en el Husillo.....	28
1.4 Taladro	30
1.4.1 Mantenimiento de taladro de árbol.....	31
1.4.2 Partes del taladro	32
1.5 Espina de pescado por Kauru Ishikawa.....	33
2. Diseño metodológico	34
1.6 Procedimiento y reconocimiento de fallas existentes	34
1.6.1 Listado de partes.....	39
1.6.2 Procedimiento.....	39
1.7 Aplicación de técnica FMEA	40
1.7.1 Prioridad de riesgo por FMEA	41
1.8 Análisis de fallas para taladro de árbol Jet y torno BD 920N	41
1.8.1 Partes del taladro con causa o falla.....	41

1.8.2	Parte del torno con su causa o falla	43
1.8.3	Reparación y ensamblado	45
1.8.4	Cambios realizados en los equipos	45
1.8.5	Puesta en marcha	45
1.9	Mantenimiento preventivo	45
1.9.1	Mantenimiento preventivo en el taladro de árbol	45
1.9.2	Consideraciones por herramientas de uso en el taladro de árbol.....	48
1.9.3	Consideraciones por Lubricación en el taladro de árbol	48
1.9.4	Mantenimiento preoperacional del taladro	49
1.9.5	Mantenimiento preventivo del torno	50
1.9.6	Revisar sujeción y el material en el torno.....	57
1.10	Análisis, interpretación y presentación de resultados	57
1.10.1	Análisis	57
1.10.2	Interpretación.....	58
1.10.3	Presentación de resultados.....	58
2.	Resultados y análisis de resultados	59
2.1	Resultados en el torno	59
2.2	Resultados en el taladro de árbol.....	60
2.3	Plan de mantenimiento Preventivo.....	62
2.3.1	Descripción de la entidad en la cual se aplica el mantenimiento preventivo	62
2.3.2	Sistema de información de programación de mantenimiento preventivo	63
2.3.3	Hoja de vida de los equipos	65
2.3.4	Carta de lubricación.....	68
2.3.5	Planificación planeada.....	70
2.3.6	Reporte de falla.....	73
2.3.7	Orden de trabajo	76
2.3.8	Funciones de los cargos en el mantenimiento preventivo	77
2.4	Matriz de mantenimiento preventivo anual.....	79
2.5	Análisis de resultados.....	80
2.5.1	Análisis de resultados en el torno	80
2.5.2	Análisis de resultados en el taladro de árbol	80
2.5.3	Recomendaciones	81
	Conclusiones	82
	Referencias Bibliográficas.....	83

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1- 1 <i>Carro portaherramientas</i>	27
Figura 1- 2 <i>husillo</i>	28
Figura 1- 3 <i>Guías del torno</i>	28
Figura 1- 4 <i>Caja Norton</i>	29
Figura 1- 5 <i>Ubicación de sensores</i>	30
Figura 1- 6 <i>Análisis y deformación del husillo</i>	31
Figura 1- 7 <i>Deformación del husillo en acero</i>	32
Figura 1- 8 <i>Partes del torno</i>	34
Figura 2- 1 <i>Falta de correa (a), ausencia de lubricación (b)</i>	37
Figura 2- 2 <i>Piezas con óxido y faltante.</i>	37
Figura 2- 3 <i>Ausencia de torre de sujeción.</i>	38
Figura 2- 4 <i>Partes faltantes del portaherramientas</i>	38
Figura 2- 5 <i>Componentes del motor</i>	39
Figura 2- 6 <i>Oxidación del taladro de árbol</i>	39
Figura 2- 7 <i>Óxido y corrosión en taladro de árbol</i>	40
Figura 2- 8 <i>Caja de velocidades</i>	40
Figura 2- 14 <i>Lubricación en el taladro de árbol</i>	50
Figura 2- 15 <i>Posicionar la correa</i>	53
Figura 2- 16 <i>Consideraciones de nivelación</i>	58
Figura 3- 1 <i>Espina de pescado Torno Bd 920 N</i>	62
Figura 3- 2 <i>Ficha técnica de lubricante Relax</i>	63
Figura 3- 3 <i>Ficha técnica de lubricante Relax</i>	64

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 3- 1 Ficha técnica del equipo Taladro de árbol	65
Tabla 3- 2 Ficha técnica del equipo Torno BD 920 N	66
Tabla 3- 3 Hoja de vida del equipo Taladro de árbol	68
Tabla 3- 4 Hoja de vida del equipo torno BD 920 N	69
Tabla 3- 5 Carta de lubricación taladro de árbol	70
Tabla 3- 6 Carta de lubricación taladro de Torno JET BD 920 N	72
Tabla 3- 7 Formato de inspección de equipo taladro de árbol	73
Tabla 3- 8 Formato de inspección de equipo torno JET BD 920 N	74
Tabla 3- 9 Formato registro de falla Taladro de árbol	76
Tabla 3- 10 Formato de inspección anexo registro de falla Torno JET BD 920N	77
Tabla 3- 11 Formato orden de trabajo Taladro de árbol y Torno JET BD 920N	78
Tabla 3- 12 Flujograma para ejecutar mantenimiento correctivo	80
Tabla 3- 13 Matriz de mantenimiento preventivo anual	81

Dedicatoria

*Entre lo más hermoso que la vida me ha dado
y por medio del Creador, le agradezco
inmensamente a mis Padres y el ser que me
acompaña en la lucha de mis ideales, mi hijo.*

Agradecimientos

Agradecer es poco, para lo mucho que he aprendido en mi desarrollo profesional durante la carrera como Ingeniero Mecánico, la Universidad Antonio Nariño deja plasmado en mi vida como estudiante, pilares que siempre agradeceré y dejaré como aporte en mi paso por el mundo.

Resumen

El análisis de fallas sobre los equipos industriales permite tomar decisiones y establecer planes de mantenimiento; aplicando acciones preventivas que mejoran el servicio prestado por las máquinas. Partiendo de las fallas encontradas en los equipos del laboratorio de mecánica de la universidad Antonio Nariño sede Neiva; se diseñó un plan de mantenimiento preventivo en el torno BD 920 N y el taladro de árbol JET 016065. Usándose como metodología la investigación explicativa, se parte de un diagnóstico y nivel de riesgo FMEA; permitiendo describir las causas por las cuales los equipos en mención llegaron a no ser operables. Como resultado se realizó un mantenimiento preventivo, empleando formatos como hojas de vida del equipo, fichas técnicas, carta de lubricación y formatos de inspección. Se concluye con la reparación de los equipos, resaltando que las fallas causales del deterioro fueron provocadas por la falta de lubricación y rutinas de mantenimiento.

Palabras claves: Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, lubricación, torno y taladro de árbol.

Abstract

The failure analysis on industrial equipment allows making decisions and establishing maintenance plans; applying preventive actions that improve the service provided by the machines. Based on the failures found in the equipment of the mechanical laboratory of the Antonio Nariño University in Neiva, a preventive maintenance plan was designed for the BD 920 N lathe and the JET 016065 arbor drill. Using explanatory research as a methodology, we started with a diagnosis and FMEA risk level, allowing us to describe the causes for which the equipment in question became inoperable. As a result, preventive maintenance was carried out, using forms such as equipment life sheets, technical data sheets, lubrication charts and inspection forms. We concluded with the repair of the equipment, highlighting that the failures that caused the deterioration were caused by the lack of lubrication and maintenance routines.

Keywords: Corrective maintenance, preventive maintenance, lubrication, lathe and arbor drill.

Introducción

La universidad Antonio Nariño dentro de sus programas académicos de ingenierías, debe proveer a sus estudiantes de conocimientos teórico-prácticos para lograr que estos alcancen en su vida laboral el mejor desempeño, partiendo del aprendizaje adquirido por equipos empleados para el mecanizado de piezas. Ahora, la falta de conocimiento por la poca práctica hace que el estudiante no logre desarrollar por completo su aprendizaje dentro de la institución. Ahora, en el momento que lleguen o se adquieran nuevos equipos como el torno Bd 920 N y taladro de árbol JET; se requieren de un plan de mantenimiento preventivo, en donde pueden aplicarse los conocimientos adquiridos por parte de los estudiantes de la universidad Antonio Nariño.

Por otra parte, dentro de las investigaciones realizadas, en las que permiten establecer qué antecedentes hay sobre las reparaciones o correcciones en el torno se tienen los siguientes aportes:

Goñi Juan Carlos para el año 2017 realizó un aporte en el cual se contempló, que al considerar que un torno permite la construcción o terminación de piezas mecánicas por medio de herramientas de corte y unas mordazas que sujetan la pieza a desbastar. Para lograr este tipo de desbaste de material se deben emplear algunas velocidades de trabajo, partiendo del tamaño y material, en donde una mala operación puede ocasionar calentamiento de las partes y el desgaste de las mismas (Areatecnología, 2011). Agregando, que una velocidad inadecuada de operación puede ocasionar que el acabado superficial sea de mala calidad, de esta manera, se debe agregar como solución reducir la velocidad de corte y mejorar la estabilidad de la herramienta (Sinpar, 2015). De igual manera, se debe tener en cuenta que, si el portaherramientas está en buenas condiciones o no, puede ocasionar otra falla por carga

excesiva que provoca que el motor no arranque, fallo que puede ocasionar que los bobinados se destruyan por exceso de sobrecarga (Buenastareas, 2014).

Para el investigador Ramírez en el año 2015, quien desarrolló un manual para torno y de igual manera recomendó que el mantenimiento preventivo es fundamental en estos equipos; y que por lo tanto, se debe cumplir con las revisiones, apoyarse de conocer la máquina por medio de históricos, y cumplir con las actividades de engrasar, cambiar, desmontar y limpiar los componentes del torno (Ramírez, 2015a), estos aspectos hacen que el equipo no llegue a la necesidad de realizarse un mantenimiento correctivo y todo lo que representa en gastos. Cabe resaltar que las fallas mecánicas pueden ser por elementos sencillos que se han ingresado a las áreas de movimiento y provocar un atascamiento por un tornillo, tuerca o viruta. (Rishbin, 2013).

Para los investigadores Gonzales y Ramírez en el año 2014, se determinó que la falla que correspondía por sistema eléctrico se debe a la ausencia de reparar en el momento componentes de baja importancia, que al final son los que provocan la falla o parada del equipo. Para evitar este problema, se realizan mantenimientos correctivos realizando cambios en los cojinetes, interruptor, conexiones, rebobinado parcial o total. Agregando que la gravedad de la falla puede darse por no llevar registros del origen o posibles causas (González, s. f.).

Dentro de las temáticas tratadas en los capítulos siguientes, se realiza una investigación sobre fallas en torno y taladro de árbol, con soluciones básicas para ser llevadas a cabo por un estudiante.

En el capítulo de resultados, se hizo de manera práctica un mantenimiento preventivo de los equipos mencionados en proyecto, con formatos sobre hoja de vida, ficha técnica, carta de lubricación, inspección y anexo de fallas.

Planteamiento del problema

Descripción del problema

En la universidad Antonio Nariño sede Buganviles Neiva /Huila, llegaron dos equipos el cual requieren de una intervención para que vuelvan hacer usados por los estudiantes. El primer equipo es un torno tipo BD- 920 N el cual posee las siguientes fallas: Porta herramientas defectuoso, desgaste de base paralela, sistema eléctrico defectuoso, bancada o guías de deslizamiento con ruido, motor con sobrecalentamiento, contrapunto desalineado, plato o mandril con poca fuerza de agarre, manivela con poca movilidad, desfase en alineación de centro puntos, falta de lubricación en engranajes. Con este equipo se pretende realizar prácticas de mecanizado en diferentes materiales, uso de herramientas de corte según el buril, velocidades de trabajo para acabado y desbaste; aplicadas en las asignaturas de mecánica industrial y procesos de manufactura.

De igual forma, llegó un segundo equipo, el cual es un taladro de árbol de referencia JET 106065, presentando las siguientes fallas: Pernos y tornillos faltantes, galgas defectuosas, tornillos de bancada, oxidación en componentes, lubricación deficiente, bandas deterioradas, fallo en activación del encendido. Las prácticas realizadas con el taladro consisten en perforación de materiales, velocidades de penetración y de configuración de brocas según geometría de penetración.

Este tipo de deterioro y no operatividad del torno y el taladro genera la necesidad de establecer un mantenimiento preventivo, de igual forma es necesario determinar las causas

por las cuales llegaron a fallar y así mismo establecer el registro de acciones preventivas para luego tomar decisiones a futuro; empleando formatos de control de registro.

Problema

No existe un plan de mantenimiento para el uso adecuado de los equipos que llegan al laboratorio de mecánica de la Universidad Antonio Nariño.

Hipótesis

Con el fin de darle un buen uso a los equipos que llegaron al laboratorio de mecánica de la universidad Antonio Nariño sede Neiva, se tiene la siguiente hipótesis: ¿Si se diseña un plan de mantenimiento preventivo en los equipos Tornos Bd 920 n y taladro de árbol JET, se puede evitar que los equipos fallen a futuro?

Antecedentes

En cuanto a los antecedentes encontrados para el torno según su mantenimiento y resultados se tienen los siguientes:

El instituto Universitario de tecnología de Cabimas, el artículo “Mantenimiento preventivo para los tornos convencionales en el departamento de mecánica del iutc” (Añez & González, 2012), en donde el autor Alonso Pirela y Jose González, desarrollaron el plan de mantenimiento de tipo descriptivo, proyectivo y de campo en tornos convencionales. El mantenimiento realizado, fue la conversión de lo correctivo a lo preventivo, en donde se evaluaron variables susceptibles, en el cual se elaboraron tareas y registros trazados en un programa actualizado, el cual usó la codificación, inventario y partes principales. Para lograr el mantenimiento preventivo se organizó una jerarquía según tipo de inspección, mantenimiento preventivo de partes, reemplazos, frecuencia de cada tarea, herramientas

requeridas y materiales necesarios para limpieza. De las piezas que se consideró importante en el torno son: bancada, cabeza fija, carro portátil, carro principal, cabezal móvil o contrapunto, carro, carro superior orientable (Añez & González, 2012, p. 10). Como resultados del artículo, se logró un diagnóstico preliminar de la situación actual de cada torno, se permitió conocer aspectos teóricos funcionales de los tornos convencionales, se realizó una entrevista a los empleados del taller y se determinó que no se realiza un mantenimiento programado para evitar la falla de los equipos (Añez & González, 2012, p. 11).

En la universidad de Eafit, Gabriel Guerra del programa ingeniería Mecánica escribió la tesis “Elaboración de plan de mantenimiento para torno Emco 220 del laboratorio de Mecatrónica Universidad EAFit” (Trespacios, 2012a), investigación desarrollada en el año 2012 con el fin de modernizar el torno Emco CNC, involucrando expertos de las áreas de mecánica, electrónica y electricidad. Actividades importantes del mantenimiento realizado: Para lograr en el torno Emco CNC un mantenimiento adecuado, se planteó las siguientes actividades importantes para corregir del torno: Nivelación de bancada, concentricidad del cabezal por medio de un reloj comparador, comprobación de redondez de las piezas, alineación del eje principal (piezas de plato y el mandril), alineación de contrapunto por medio de mecanizado de un eje y verificación con micrómetro de precisión. Resultados obtenidos; se llegó por la ejecución del proyecto, que para este año hay pocas empresas que realicen este tipo de mantenimiento y fue complejo dejar el equipo en funcionamiento, además las empresas existentes no prestaban un servicio a satisfacción. Otro aspecto importante es el de realizar comprobación por procedimientos de verificación metrológica (paralelismo, perpendicularidad, rectitud).

En la universidad autónoma de Occidente, Osva Campaña, elaboró la tesis “Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas torno winston - torno pinacho – llenadora de resistencias – fresadora jhonford – swager o reductor, de la empresa colres ltda” (Oliva, 2013), desarrollada en el año 2013 para organizar el mantenimiento de la empresa de manera técnica, ya que se presentaba en la mayoría de los equipos la implementación de mantenimientos correctivos, provocando gastos y paradas de los equipos. Agregando que las partes arregladas durante el mantenimiento correctivo no poseían calidad y un buen mecanizado. Surgiendo la necesidad de establecer un mantenimiento preventivo que contemple la lubricación, mantenimiento eléctrico o electrónico y mantenimiento mecánico. Dentro de las actividades realizadas para el torno Pinacho Sp/250 y torno Winston 1340 se resaltó el uso del mantenimiento preventivo para reducir daños, y mejorar las piezas en cuanto a su calidad de operación y disminuir los costos de operación. Los resultados obtenidos de la investigación llegaron a establecer una nivelación con la superficie o terreno de 0.02 – 0,04 mm/m para los dos tornos. Además, en el mantenimiento el uso de las 5 ‘S; se recomienda emplear las herramientas necesarias para usar el torno, realizar revisiones o programar rutinas diarias, por semana, mensual, semestral y anual.

La universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para el año 2017 por medio de Nery Evonny Alban hizo la tesis “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa Construcciones Reyes S.r.l. para incrementar la productividad” (Salazar & de, s. f.-a), ya que dicha empresa presta servicio en la industria petrolera, pesquera y minera; ofrece servicios en fabricación y

reparación. En donde usa herramientas que deben ser cuidadas para seguir ofreciendo los servicios.

El proyecto se fundamentó en realizar mantenimiento en 4 tornos en donde se vieron afectados por desgaste de los oring, desgaste en los piñones de ataque, desgaste en piñones para cambio de velocidad, desgaste por falta de lubricación y suciedad en los equipos. Los resultados obtenidos por medio del mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad, permitieron cumplir rigurosamente con los inconvenientes existentes de las paradas frecuentes en los equipos, logrando alargar la vida útil de cada equipo y evitar su degradación, además minimizó las averías y fallas por medio de la vigilancia de los elementos que conforman cada equipo. Además, se determinó que las fallas que se presentaban en los tornos son originadas por el desgaste y por la corrosión (Salazar & de, s. f.-a, p. 212). Con el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo se logró reducir los costos de reparaciones en un 75,14% y la productividad de la empresa mejoró un 50%.

La institución educativa técnica Industrial Turmeque, empleó para el año 2019 por medio de Oscar Ramirez la tesis “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos de la institución educativa técnica industrial Turmeque” (Acevedo, 2019), diseño que planteó debido a que existe una sola persona a cargo del mantenimiento preventivo en la institución y sólo se cuenta con la experiencia del jefe de taller. Para lograr mejorar y minimizar las fallas en los 19 equipos, se capacitó a estudiantes de décimo, once y docentes con el fin de apoyar al jefe de taller. Dentro de las fallas más comunes son rotura de correas, rompimiento de tornillos, cortos eléctricos, escapes de aceite y refrigerante.

El mantenimiento de los tornos se realizó por las siguientes causas: Ajustes de cuña en el carro transversal, ajustes de torretas y charriot, rodamientos, manija de volante, tensión

de correas y agregar las guardas de correas (Acevedo, 2019, p. 36). Los resultados obtenidos lograron registrar los 19 equipos incluyendo seis tornos (Dos Tornos convencional Winston 1340, Torno convencional Comesa, Torno paralelo Wecheco-14, Torno paralelo IMO- Turn, Torno paralelo C8DM y un taladro de árbol).

En cuanto a los antecedentes del taladro de árbol o taladro de columna se llegó a los siguientes:

En la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, se analizó en el año 2014 por parte de Juan Rodriguez la tesis “Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para el taller automotriz y del laboratorio de eléctricas de la escuela de ingeniería automotriz” (Narváez, 2014), la problemática que surgió para la tesis surge a partir de querer formar a los estudiantes en cómo realizar un mantenimiento guiado por manuales de operación.

En el mantenimiento se usó como guía una cámara termográfica, para agregar un análisis predictivo, se logró una codificación técnica, inspección visual y una gestión integral del mantenimiento. Antes del diagnóstico se encontró equipos que se estaban en una categoría semi- crítica por lo que se requería con gran medida un mantenimiento preventivo planificado y correctivo. Del mantenimiento planteado se destacó que las piezas importantes para considerar son la carcasa, tablero de control, cabezal, husillo portabrocas, mesa de sujeción, motor, sistema de transmisión (Narváez, 2014, p. 84). De los resultados obtenidos del taladro de árbol marca Drill, se logró su manual de mantenimiento y operación, el cual fue de apoyo para los estudiantes y docentes del taller. En el mantenimiento se recomendó fichas técnicas y características dentro del equipo, para que facilitaran la adaptación y manejo de estos por parte del personal encargado.

La universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el año 2021 escribió la tesis “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la empresa ingeniería mym s.a.s” (Nagles, 2021). Por medio de los estudiantes Jeferson Nagles y Urbano Arnold, se realizó un mantenimiento preventivo, ya que esta empresa se dedica a la fabricación de celdas, tableros en media y baja tensión. la idea surge ya que se estaba incurriendo en gastos prematuros de los equipos y se estaba realizando una mala gestión de los mantenimientos. Dando como resultado para la empresa un mantenimiento para establecer una trazabilidad que mejore la entrega de los productos a fabricar, se garantice la confianza hacia los clientes en cuanto a las fechas pactadas, dentro de los equipos del taller, existe un taladro de árbol el cual se determinó como piezas críticas el cabezal fijo, volante de avance, columna de soporte, selector de opciones de arranque, husillo y mesa (Nagles, 2021, p. 38). Dentro de las piezas críticas se encontró el mandril portabrocas. Como resultado obtenido en el mantenimiento preventivo del taladro de árbol, se llegó a tres actividades para mejorar su vida útil, las cuales fueron: Limpieza del equipo, lubricación de la columna soporte, inspección visual y funcional del mandril, cada uno, con una frecuencia de 7 días y una duración de 2 a 10 minutos, garantizando su operabilidad (Nagles, 2021, p. 138).

La universidad tecnológica de Santander, para el año 2021 por parte de María Novoa y Zuleima García, realizaron la tesis “ Diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio de procesos industriales de la facultad de ingeniería industrial de las Unidades Tecnológicas de Santander” (Villamizar & Aguilar, 2021), en el cual se realizó el proceso a los equipos de la universidad, por lo tanto se requería de mayor cuidado para

lograr disminuir las averías que se estaban presentando al momento de usar los equipos, en donde constantemente fallaban por desgaste o por el paso del tiempo sobre los equipos.

En el mantenimiento se revisó los equipos de taladro fresador, taladro de árbol, torno y fresadora, de donde se parte de criterios funcionales (lubricación, mecánica, electricidad y electrónica), disminuyendo así los gastos por corrección de los componentes de los equipos, complementándose de una metodología que se basó en establecer un inventario, diseño de hojas de vida, plan de mantenimiento y prueba piloto. Para el taladro de árbol marca NEO se tomó partes críticas (Base, Cremallera, Manija de elevación, Seguro de la mesa, Mesa de trabajo, Broquero de acción rápida, Columna, mandril de tres brazos, perilla de aseguradora de tensión, seguro de profundidad, motor llave de seguridad, interruptor de encendido/ apagado y guarda de las bandas) (Villamizar & Aguilar, 2021, p. 32). En el torno CJ6250CX1500 se consideró las piezas (caja Norton, husillo, Plato, Manivela carro principal, manivela de avance transversal, torre porta herramientas, carro porta herramientas, centro punto y manivela de contrapunto). Como resultado se logró hacer el mantenimiento de los equipos, siguiendo las indicaciones de la hoja de vida, codificación, descripción por modelo, serial y ubicación e imagen dentro del taller. Además, se asigna un responsable para lograr la continuidad de las actividades programadas en los mantenimientos preventivos.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el uso adecuado de los equipos torno BD -920N / taladro JET 016065 empleando el diagnóstico de fallas y el método FMEA

Objetivos específicos

Diagnosticar las fallas del torno BD- 920N y el taladro de árbol JET 016065 partiendo de la bibliografía existente.

Analizar las fallas por el método FMEA a los equipos torno BD -920N / taladro JET 016065.

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos torno BD -920N / taladro JET 016065.

Justificación

El torno y el taladro son herramientas importantes, ya que sirve para suplir necesidades del ser humano tanto laborales como en las tareas del hogar; ya que puede dar forma y realizar otras operaciones que se requieren en la producción de una empresa.

Con el objetivo de facilitar el proceso de aprendizaje, el presente trabajo busca apoyar a los estudiantes del programa de ingeniería mecánica en las asignaturas de mecánica industrial y procesos de manufactura, se pueden desarrollar prácticas para reforzar los conocimientos teóricos dados por los docentes en el aula de clase.

También se realiza un mantenimiento adecuado del torno y taladro con el objetivo de mantener el laboratorio de mecánica industrial para que las asignaturas que están relacionadas en este espacio puedan beneficiarse de estos equipos.

1. Marco teórico

Como base para el desarrollo del proyecto se fundamentó este capítulo partiendo de tres temáticas fundamentales como lo son: El mantenimiento sobre equipos de taller, mantenimiento en tornos y mantenimiento de taladros de árbol.

1.1 El mantenimiento sobre equipos de taller

Actualmente cada labor que tiene un equipo de taller es prestar un servicio para que este pueda dar apoyo a fabricación de un componente, reparación sobre alguna pieza o como herramienta de aprendizaje, ahora para que estos equipos sigan cumpliendo su función, se debe realizar una programación adecuada de un mantenimiento, incorporando soluciones óptimas en caso de este llegue a fallar o se pueda prevenir su falla. Ahora, si estos equipos están trabajando u operando en condiciones inadecuadas, puede ocasionar gastos económicos por aumento de consumo de energía, así como lo expresa Qin, en donde afirmó ” Se han realizado pocos estudios sobre cómo garantizar que el equipo de las empresas esté siempre en buenas condiciones de funcionamiento para proporcionar servicios sostenibles con estrategias de mantenimiento adecuadas, lo que es de gran importancia para el ahorro de energía, la reducción de emisiones, la reducción de costos, la extensión de la vida útil del equipo y la seguridad de la producción.” (Qin et al., 2022, p. 2).

Este tipo de afirmación por Qin, da a entender que es vital y fundamental velar por los equipos ya que estos, vistos desde otro punto de vista como el ambiental aportan al desarrollo de una empresa, institución, universidad o taller, ya que se evita el exceso de energía derivado de una falla; que se ha provocado por sobrecalentamiento o cortos. A su vez, el consumo de energía extra genera un costo adicional para el propietario del equipo.

El mantenimiento además de prolongar la vida útil de los equipos, tiene diferentes aspectos que se deben considerar para que este sea efectivo y se pueda lograr este objetivo, estos pueden ser desde lubricación, aseo, revisión de partes mecánicas, partes electrónicas y eléctricas; estos a nivel grupal y dependiendo del mantenimiento usado, se registran o programan bajo algún programa, permitiendo dar seguimiento al equipo en mantenimiento.

Por otra parte, si se quiere prolongar la vida de un equipo, existe un tema que se debe tratar, en donde se identifica si un mantenimiento es fiable o no, y este se debe a que en la mayoría de equipos existen componentes que pueden demorar una reparación, según Mishra y Aryal, se afirmó “ Las piezas de repuesto de rutina como filtros, correas, pernos de tuerca, dientes, borde de corte están fácilmente disponibles, mientras que para las piezas de repuesto sofisticadas y típicas que deben importarse normalmente tardan de 15 a 30 días en entregarse.”. (Mishra & Aryal, 2021). Con este tipo de gestión, si no es llevada con un control o mantenimiento programado, cualquier equipo puede no ser fiable.

Para que los mantenimientos en los talleres se lleven y ejecuten de manera adecuada, se debe examinar costos y un aspecto importante que es el de adoptar un procedimiento adecuado para cuando se presente una circunstancia que comprometa un componente fundamental de cualquier equipo. En su caso el mantenimiento abarca decisiones que comprometen al personal, a la organización y a los que hacen parte de la gestión presupuestal.

1.1.1 Toma de decisiones en los mantenimientos

Dentro del mantenimiento se considera la toma de decisiones como el pilar de un equipo, ya que este decide si el equipo se mantiene, repara o se da de baja, para ello la

persona que lleva el control debe asumir y tomar decisiones en el cual se prolongue el funcionamiento del bien adquirido.

En la toma de decisiones según el investigador Ma, se requiere plantear en varias ocasiones la repetición de una decisión, actualización de equipos, renovación de instalaciones, cambios en las condiciones en las que se encuentra un equipo. Agregando que estas acciones tomadas deben llevar un registro en una hoja de vida, en donde se acumulan las tareas realizadas y plantea un modelo de mantenimiento a seguir. (Ma et al., 2020). Para la toma de decisiones se puede basar en una técnica de análisis de falla, conocer sobre mantenimiento correctivo y preventivo.

1.1.1.1 Técnica de Análisis de fallas - FMEA Modo de fallo y análisis de efectos.

Para mejorar las actividades de mantenimiento, existen nuevas posibilidades de análisis de fallas, por medio de predicciones, las cuales consideran componentes específicos de una máquina, partiendo de históricos u operaciones realizadas sobre el activo; en donde una adecuada técnica puede ser empleada como una metodología a seguir en la toma de decisiones. Como técnica de modo de fallo se consideró la planteada por el autor Filz, en donde afirmó “El FMEA es un método ampliamente utilizado y reconocido en la industria para determinar las condiciones de defectos de componentes, piezas o bienes de inversión más grandes de forma preventiva. FMEA se utiliza a menudo durante las fases de diseño y desarrollo del producto y tiene como objetivo prevenir errores y fallas ya durante la etapa de desarrollo”. Esto puede aumentar la confiabilidad de los componentes de manera individual o incluso de un sistema completo de la máquina. Sin embargo, en la aplicación de FMEA durante la fase operativa, las fallas se detectan sistemáticamente y sus efectos

pueden llevarse a cabo para poder iniciar mediciones preventivas o correctivas específicas (Filz et al., 2021).

En donde se propone por parte del FMEA:

Paso uno: En primer lugar, se realiza un análisis estructural del sistema para determinar el alcance de la FMEA. Estos resultados contienen la estructura y los límites del sistema. En base a esto, se realiza un análisis funcional, por los siguientes pasos:

Paso dos: Se construye un equipo multifuncional de expertos en la materia de diversas disciplinas, ya que la FMEA no puede ser realizada por una sola persona.

Paso tres: Después de que se ha descrito la función del sistema, se determinan varios modos de falla posibles. El análisis concreto de fallas se lleva a cabo en este paso del proceso.

Paso cuarto: Sobre la base de estos resultados, el riesgo de cada modo de falla se cuantifica evaluando la probabilidad de ocurrencia (O), la probabilidad de detección (D) y la gravedad (S) de la secuencia de fallas en una escala del 1 al 10.

Paso quinto: Se calcula un número de prioridad de riesgo (RPN) para cada modo de error.

1.1.1.2 Mantenimiento correctivo (MC).

Cuando se realiza un mantenimiento correctivo de una máquina, se considera un mantenimiento adicional que va de la mano, en este caso sería el preventivo. Ya que en el MC se puede provocar una incertidumbre sobre el momento y cuándo fallará la máquina nuevamente, para ello se debe realizar un cronograma de acciones, y ser lo más robusto para

ser fiable por el dueño del activo y así evitar retrasos por no planificar las fallas que pueden provocar una toma de decisiones inadecuada. (Souza et al., 2022).

En el MC, existe una perspectiva que depende de las actividades de mantenimiento realizadas. Una actividad implícita en todos los procesos de mantenimiento correctivo es una degradación o evento de falla en el sistema que se mantiene; sin embargo, las actividades posteriores pueden diferir entre los sistemas e incluso partes dentro de un sistema. Para el autor Saltmarsh (Saltmarsh & Mavris, 2013), el mantenimiento correctivo es generalizado, ya que es desencadenado por un fallo de pieza o una actividad posterior y que tarda una cantidad aleatoria de tiempo en completarse. Específicamente los procesos que entran dentro del tipo de proceso anterior incluyen la eliminación de piezas, la reparación de piezas y la instalación de piezas.

1.1.1.3 Mantenimiento preventivo.

Según el investigador Gentler, “El mantenimiento preventivo se define como el mantenimiento realizado de acuerdo con criterios técnicos predeterminados, indicados en las instrucciones de uso o en la documentación técnica del fabricante, con la intención de reducir la probabilidad de falla del equipo o degradación de un servicio prestado. (Gentles, 2020). Este tipo de mantenimiento se aplica en la mayoría de veces a equipos mecánicos, en donde se programa un grupo de actividades, se inspecciona y luego se hace un pronóstico. Este sería el papel importante al identificar la falla potencial y definir el tiempo de intervención para aplicar la acción preventiva y luego pueda dar paso a la falla (Calixto, 2016).

A su vez, el mantenimiento preventivo, contiene información similar a una orden de trabajo, ya que contiene planes de trabajo asociados a registros de activos; y estos deben ser efectuados en un tiempo, ciclo y condición determinada (Cato & Mobley, 2002). En palabras de otro autor se puede decir que el (MP); “Abarca la inspección periódica y la implementación de medidas correctivas para evitar averías imprevistas, paradas de producción o funciones perjudiciales de máquina, componente y control.” (Bloch, 2017). El mantenimiento predictivo y, hasta cierto punto, también preventivo es la detección rápida y el tratamiento de las anomalías de los equipos antes de que causen defectos o pérdidas del equipo, pérdidas por paradas de producción. Esto se puede apreciar y es evidente al considerar los cambios de aceite lubricante; en donde esta rutina podría etiquetarse como preventiva si se basa en el tiempo y predictiva si se realiza sólo cuando las pruebas muestran una anomalía en las propiedades del lubricante.

1.2 Mantenimiento en tornos

Para este tipo de herramientas y su tipo de trabajo realizado debe considerarse que intermitentemente llega a su desgaste, provocando que su función al final pueda ser obsoleta, para ello se deben generar tareas con precisión para ser utilizadas dentro de un proceso que prolonga la durabilidad del equipo.

En un torno, según el investigador Sharma, sus fallas son provocadas por la velocidad de corte, la profundidad de corte excesiva, velocidad de alimentación y el tipo de material; con las anteriores causas cualquier parte del torno se ve afectada, debido en su mayoría de veces por desconocer la forma adecuada de operarlo (Sharma et al., 2021). Una de las herramientas prácticas para apoyar el mantenimiento del torno, es el monitoreo de

vibraciones y al operar la máquina detectar el ruido que provoque, ya que este está permitiendo dar a reconocer el operador; que algo no está funcionando bien, ya que se detecta la vibración de la estructura, la vibración mecánica de algún componente.

Otra herramienta que sirve para mejorar el mantenimiento en el torno, es el uso de un acelerómetro ubicado en el portaherramientas y con la ayuda de un sistema electrónico para guardar las señales; con estas señales se puede detectar variaciones de velocidad y vibraciones producidas al operar un mecanizado. Según el investigador Sharma, el usar estos sensores de velocidad y de vibración sobre el equipo ayuda a la vida útil de la herramienta.

Ahora, por parte del autor Pinto, hay una metodología al usar el mantenimiento TPM (Mantenimiento productivo Total), en donde se centra en las actividades de mantenimiento que provienen en de acciones preventivas(Pinto et al., 2020); enfocándose en las pérdidas de eficiencias, todas estas acciones se desarrollan en lapso de tiempo evitando fallos en el torno, a su vez se está realizando acciones correctivas y preventivas, en donde se logra disminuir las fallas y lograr excelentes mecanizados por parte del torno.

1.3 Parte del torno

a) Bancada: Es la base del torno. Es pesada y fundida en una sola pieza, es la espina dorsal del torno ya que sostiene o soporta todas las demás partes. Sobre la parte superior de bancada están las guías (Martinez, 2016). Sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal. (Ramírez, 2015b).

b) Cabezal fijo: Contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance (Ramírez, 2015b).

Normalmente está formado por una caja de fundición, que va atornillado sobre el extremo izquierdo de la bancada. Este cabezal contiene el eje principal y los engranajes de reducción, por medio de los cuales se ajustan las velocidades y de la fuerza desarrollada por el motor se imprime el movimiento de rotación de la pieza (Martinez, 2016). Sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo (Ramírez, 2015b).

c) Carro portaherramientas

Figura 1- 1 *Carro portaherramientas*



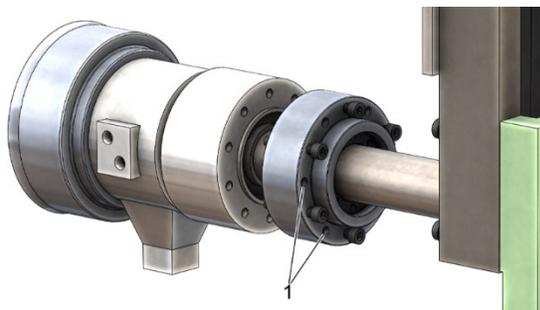
Fuente.: Es. Dhgate.Com (Dhgate, 2018)

El carro principal (figura 1-1), es el que produce los movimientos de la herramienta en dirección axial; y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal en dirección radial. En los tornos paralelos hay además un carro superior orientable, formado a su vez por tres piezas: la base, el charriot y la torreta portaherramientas. Su base está apoyada sobre una plataforma giratoria para orientarlo en cualquier dirección (Ramírez, 2015a). Además, permite sujetar, cambiar y trabajar con 8

diferentes tipos de herramientas de corte sin necesidad de montar y desmontar una por otra (Trespacios, 2012b).

d) Husillo: Qué es: Eje tiene su extremo de trabajo, que sobresale del cabezal, roscado exteriormente para acoplar los platos de sujeción o de arrastre. (Haascnc, 2017)

Figura 1- 2 *husillo*



Fuente. Guía de resolución de problemas (haascnc.com)

El interior del husillo es cónico (ver figura 1-2), según las normas de los conos morse, para poder ajustar en él una pieza de acero que acaba en punta, denominado punto. El punto sirve para sostener un extremo de la pieza a mecanizar (Basaez, 2018, p. 67).

e) Contrapunto: Se encuentra en el extremo derecho y opuesto al cabezal fijo, sobre las guías de la bancada del torno, pudiéndose deslizar en toda su longitud (Martinez, 2016).

Figura 1- 3 *Guías del torno*

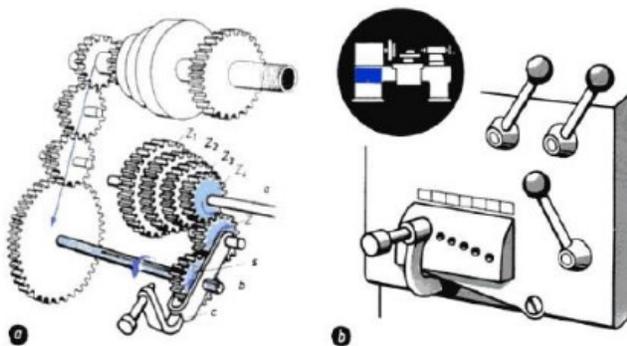


Fuente: Contrapunto (Martinez, 2016).

El contrapunto es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como porta broca o broca para hacer taladros en el centro de los ejes (ver figura 1-3). Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada (Ramírez, 2015b).

f) Caja Norton: La Caja Norton es conocida como caja de avances (ver figura 1-4), sirve para seleccionar las velocidades de trabajo por medio de una palanca (StuDocu, 2021). Es la caja Norton la parte del torno en el que es posible regular las velocidades de giro del plato (Degenierias, 2019).

Figura 1- 4 *Caja Norton*



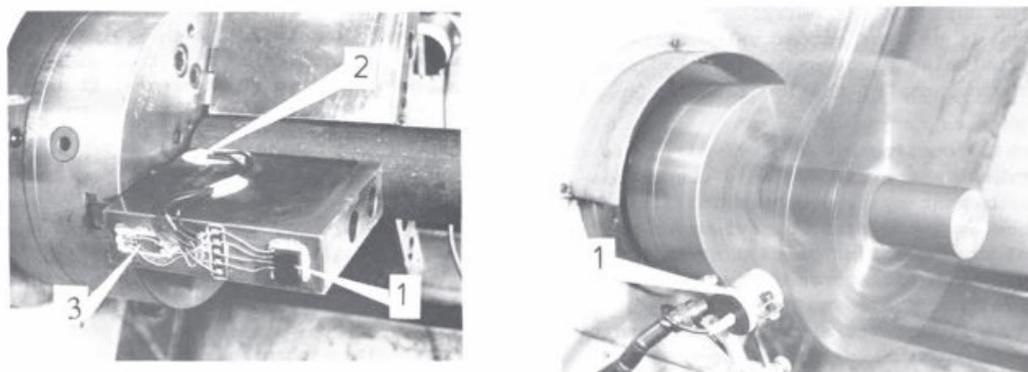
Fuente: (Degenierias, 2019).

1.3.1 Correcciones en el Mandril

Desde otro punto de vista en el mantenimiento del torno, una de las piezas que más se analiza es el mandril, el autor Noske; en su investigación encontró que la pieza, es un componente que, al no aplicar correcciones sobre él, puede provocar lesiones personales, daños en las piezas a mecanizar y en caso de una producción causar tiempos no productivos (Noske, 1991). En donde el mandril puede perder fuerza de agarre, y en el momento que

esta debe ejercer fuerzas centrífugas en las mandíbulas de agarre puede liberar las piezas a sujetar, además, si llega a existir fugas por lubricación puede provocar un accidente. Para mejorar la falla, se propuso por el autor un monitoreo de fricción en el mandril del torno, en la siguiente figura 1-5, se puede observar dónde se ubica el sensor en el punto 3, y al girar ejercía una presión sobre un costado de la pieza cubierta de resina para lograr determinar la fricción realizada:

Figura 1- 5 *Ubicación de sensores*



Fuente: Mantenimiento torno (Tönshoff & Noske, 1990).

Según los resultados obtenidos, se determinó que la fricción no era constante, lo que significa una ausencia de lubricación y el mandril no estaba realizando el agarre indicado. Adicionado a la investigación de Noske, en otro artículo, se recomendó en la sujeción revisar los resortes del mandril, ya que estos pueden disminuir la fuerza de fricción de agarre (Tönshoff & Noske, 1990).

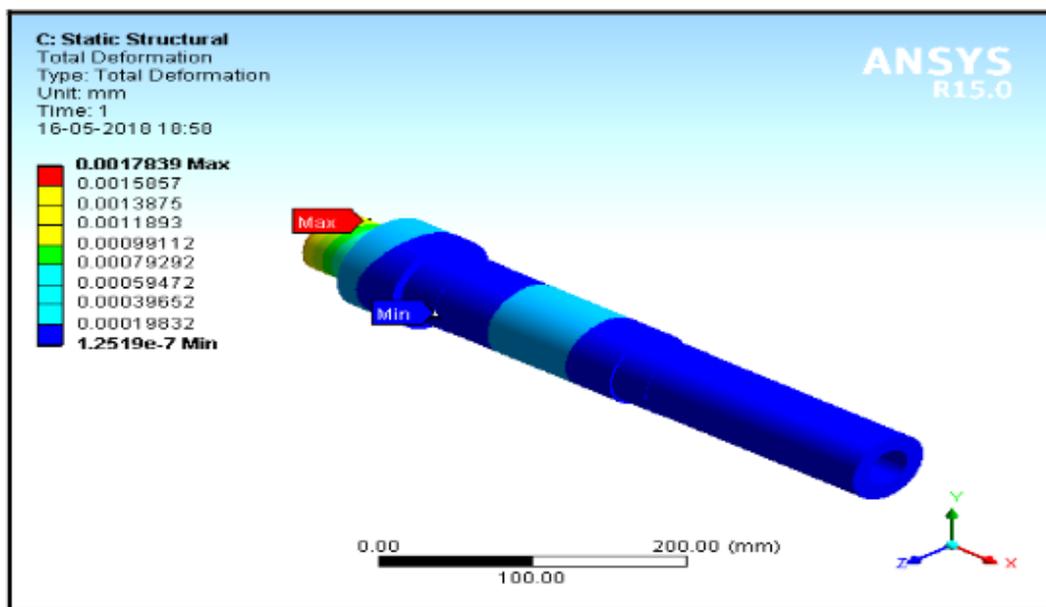
1.3.2 *Correcciones en el Husillo*

Otro componente que hace parte del torno, es el husillo, pieza que permite realizar los acabados finales de la pieza a mecanizar; en donde si este no es alinear la pieza final no

es concéntrica, para ello la empresa Metalfinishing recomienda; que debe ser unas de las primeras en ser alineadas y así lograr excelentes acabados. (Metalfinishing, 2008).

Ahora según el estudio de Subbarao, el husillo debe poseer una rigidez considerable par que los acabados y eliminación de material de una pieza tengan un buen acabado superficial, para ello; en su estudio se probó en tres materiales diferentes como el AISI 1045, acero aleado AISI 4140, el acero inoxidable 304 y la fundición gris. En donde se comprobó por medio de simulación análisis estáticos y dinámicos por medio de un banco de prueba ANSYS 15.0 un análisis estructural por medio de aplicación de velocidad variada que entre los materiales descritos el que se deformó en valores mínimos fue el AISI 1045 (Subbarao & Dey, 2020). Demostrando que en caso de volver a requerir esta pieza se puede usar bajo este material. En la siguiente figura 1-6, mostró la deformación desarrollada:

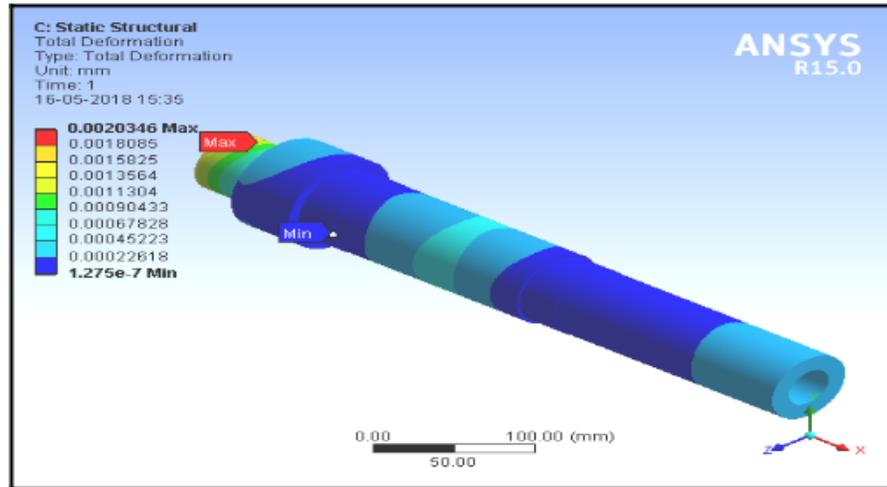
Figura 1- 6 Análisis y *deformación del husillo*



Fuente: Simulación de partes del torno – husillo acero (Subbarao & Dey, 2020)

En la siguiente figura 1-7, se puede evidenciar que al acero 304 sí pudo deformarse:

Figura 1- 7 Deformación del husillo en acero



Fuente: Simulación de partes del torno – husillo acero 304 (Subbarao & Dey, 2020)

Por lo tanto, se puede decir que, en esta investigación, reparar un husillo con un material con alta dureza no es recomendable.

1.4 Taladro

El taladro de pilar es una herramienta que se utiliza para perforar agujeros, es una herramienta que permite al operador un lugar de trabajo estable que asegurará el material en el que se está trabajando. El material podría ser madera, plástico o metal, lo que determina el tipo de broca que se utilizará. Para la mayoría de las operaciones, es esencial que la mesa de la prensa de perforación sea horizontal. Solo puede mover el taladro hacia arriba o hacia abajo verticalmente (Quora, 2017) también se conoce como prensa de perforación, aunque estas máquinas son normalmente construidas robustas y resistentes, esto no significa que no se les deba dar un mantenimiento adecuado, es una herramienta altamente confiable si se cuida correctamente (ToolInspector, 2022).

Esta herramienta permite al operador un lugar de trabajo estable que asegura el material en el que se está trabajando, esta herramienta se utiliza comúnmente cuando se requiere una perforación de producción precisa y repetible, también para tener control y diferentes herramientas de perforación. Se utiliza para la perforación ya sea de madera, plástico o metal y depende del material, se determina el tipo de broca a utilizar (Parmar, 2018).

1.4.1 Mantenimiento de taladro de árbol

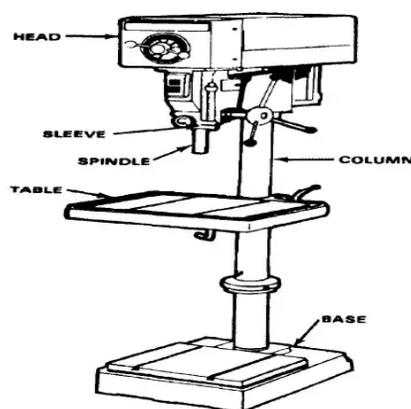
El mantenimiento de los taladros de árbol, prensas de perforación o taladro de árbol, se debe analizar debido a que su forma robusta y resistente da a entender que es una máquina que no va a requerir de un mantenimiento pronto, pero debido a su robustez la mayoría de componentes deben ser lubricados y algunas de sus partes puede fallar por ausencia del lubricante. Por otra parte, este equipo debe cambiar la parte que llegue a fallar, ya que, si no se realiza, no se puede realizar la perforación de manera uniforme sobre alguna pieza. (John, 2022).

El taladro de árbol, debido a que posee una sola pieza de perforación y su aspecto simple, es una máquina de libre mantenimiento, en donde se debe revisar el mandril, husillo que sostiene la broca; para que este le permite girar. En donde no hay que dejar por un lado el de revisar las poleas y la correa de transmisión, la mesa y la columna, ya que de estos elementos puede comprometer su rendimiento, según la empresa Rockler (Rockler, 2019), solo se requiere de lubricación y limpieza, mejorando su rendimiento y longevidad para ejercer una buena perforación. Además, la mayoría de sus componentes están expuestos al polvo y al óxido, debido a que su estructura tiene bastantes orificios por los cuales pueden

ingresar partículas. Agregando que en estos orificios da paso al ingreso de humedad por el aire que afecta directamente a las piezas que se pueden oxidar, siendo así es necesario desarmar parte de la carcasa y agregar lubricante a la mayoría de partes móviles o que estén expuestas a la humedad (John, 2022).

1.4.2 Partes del taladro

Figura 1- 8 Partes del torno



Fuente: (ToolInspector, 2022).

a) Base: Se utiliza para apoyar y estabilizar la columna del taladro. Es la que soporta la base en conjunto, debe fijarse con pernos al piso para ayudar a las actividades libres de vibraciones cuando esté en uso y la precisión del trabajo (Drilly, 2022).

b) Mesa: Es la que soporta el objeto de material de trabajo y puede adaptarse al tamaño de la pieza de trabajo (Quora, 2017). Tiene como soporte un brazo que está ubicado en la parte superior de la columna, se puede retocar para variar las alturas de alimentación o inclinarse para una perforación final o de ángulo (Drilly, 2022).

c) Columna: Está vertical con la mesa, la soporta y se fija a la base (Quora, 2017).

d) Pluma/ Sleeve: Pieza que conecta con la columna y permite el giro del taladro.

e) Husillo: Este sujeta y gira la broca, se ajusta su velocidad para controlar profundidad y diámetro del orificio que se está perforando (Quora, 2017). Este garantiza un agarre ajustado de las herramientas de taladro de corte a medida que gira en una posición particular, normalmente es vertical mientras que la alimentación se coloca horizontalmente de acuerdo a la mesa de trabajo (Drilly, 2022).

f) Mandril: Viene en variantes tanto con llave o sin llave, con 3 mandíbulas móviles en el borde del husillo del motor.

g) El Chuck: Pieza sólida que sujeta la broca.

h) Sistema de accionamiento y cableado: Elementos que energizan el taladro de columna, realizan el accionamiento con sus debidos interruptores.

i) Caja: Está compuesta por el motor eléctrico, la manga, el husillo y mecanismo de alimentación y se ajusta a la columna con pernos (Drilly, 2022).

j). Poleas y correa de transmisión: Las correas y poleas se utilizan en gran medida en una prensa de perforación, por lo que deben revisarse de vez en cuando (ToolInspector, 2022) y se ubican en la parte (head).

1.5 Espina de pescado por Kauru Ishikawa

La espina de pescado, permite analizar relaciones entre causas y efectos que existen para que el problema analizado ocurra (Sergente,2019), partiendo de los siguientes usos:

- Permite visualizar las causas principales y secundarias de un problema.
- Se usa para determinar mejoras.
- Determina el nivel de conocimiento sobre el problema.
- Ayuda a prever y controlar problemas.

2. Diseño metodológico

Como metodología empleada para el desarrollo del proyecto se usó la investigación explicativa; ya que se busca las causas por las cuales se da un problema y los efectos que este produce (Sampieri, 2010). Aplicado al desarrollo de la investigación el problema se fundamenta en la ausencia de un diseño del plan de mantenimiento preventivo para los equipos taladro JET y torno BD 920 N. Al emplear la investigación explicativa se da a conocer las causas por las cuales llevaron a que los equipos dejarán de ser usados.

Además, se usó un diagnóstico y análisis de fallas (Pierre, 2018), para proceder a un mantenimiento correctivo para volver a poner en marcha el taladro y el torno, culminando con un mantenimiento preventivo con el fin de establecer actividades para prolongar la vida de los activos en mención.

2.1 Procedimiento y reconocimiento de fallas existentes

Durante esta fase se hace un reconocimiento del torno y taladro con el fin de verificar sus partes y que debe ser intervenido para ello se procede de la siguiente manera.

En el torno, se presentó la falla de ausencia de correa (ver figura 2-1 a). y las poleas poseen un ruido por falta de lubricación (ver figura 2-1 b).

Figura 2- 1 Falta de correa (a), ausencia de lubricación (b)



(a)



(b)

Fuente: Elaboración del autor.

En la figura 2-2, se presenta oxidación en la pieza (ver figura 2-2 a) y falta una pieza como complemento, se debió retirar la misma pieza de otro torno para identificar medidas y proceder con la fabricación (ver figura 2-2 b).

Figura 2- 2 Piezas con óxido y faltante.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración del autor.

En la figura 2-3, faltan unas piezas llamada torre de fijación, el cual es ausente del torno y se debe ubicar en el mercado de torno para su adaptación.

Figura 2- 3 *Ausencia de torre de sujeción.*



Fuente: Elaboración del autor.

En la figura 2.4, se presenta la ausencia de tornillería (ver figura 2-3 b), ajuste de la pieza que sujeta el portaherramientas (ver figura 2-3 a).

Figura 2- 4 *Partes faltantes del portaherramientas*



(a)



(b)

Fuente: Elaboración del autor.

Figura 2- 5 *Componentes del motor*



Fuente: Elaboración del autor.

En la figura 2-5, existen fallas en el motor, por lo tanto, se debe realizar mantenimiento interno de sus componentes. En la figura 2-6 a, se evidencia que el taladro de árbol tiene oxidación y corrosión en gran parte de la estructura, desde el soporte vertical (ver figura 2-6 b) hasta su base:

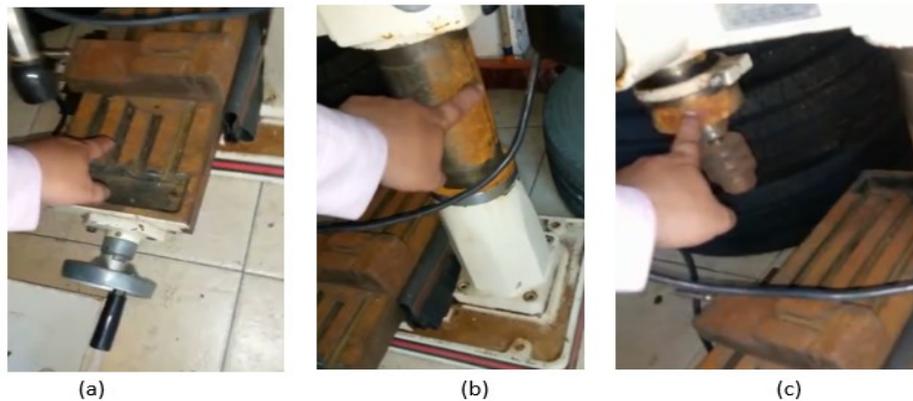
Figura 2- 6 *Oxidación del taladro de árbol*



Fuente: Elaboración del autor.

El taladro de árbol, aunque esté funcionando se aprecia que posee oxidación en la base y columna (ver figura 2-7-b), en el portabrocas (ver figura 2-7-c) y en la mesa de trabajo (ver figura 2-7-a).

Figura 2- 7 Óxido y corrosión en taladro de árbol



Fuente: Elaboración del autor.

Figura 2- 8 Caja de velocidades



Fuente: Elaboración del autor.

En la figura 2-8, se requiere de limpieza, tensionado de correas y lubricación.

2.1.1 Listado de partes

El listado de parte para torno y taladro de árbol se define así:

Torno: Correas, torre de fijación, pieza complemento, tornillos.

Taladro de árbol: No requiere partes.

2.1.2 Procedimiento

Preparar un procedimiento de inspección en el cual se incluya aspectos de seguridad para intervenir el taladro y torno. Con este procedimiento permite revisar qué pasos se deben hacer y en compañía de un experto hacer la revisión del torno y taladro con el fin de no afectar otras piezas por una mala manipulación, además se tomará evidencia fotográfica de las partes defectuosas con el fin de establecer cuál fue su daño

Como parte de metodología, se usó la técnica FMEA, se utiliza a menudo durante las fases de diseño y desarrollo del producto y tiene como objetivo prevenir errores y fallas ya durante la etapa de desarrollo”. Esto puede aumentar la confiabilidad del componente de manera individual o incluso de un sistema completo de la máquina. Sin embargo, en la aplicación de FMEA durante la fase operativa, las fallas se detectan sistemáticamente y sus efectos pueden llevarse a cabo para poder iniciar mediciones preventivas o correctivas específicas (Filz et al., 2021).

Para lograr su ejecución se elaboró primero unos formatos en los cuales se dejó plasmado el mantenimiento correctivo, el formato hoja de vida y el anexo de formato de registro falla fotográfico. Los formatos tienen plasmado la casilla en la cual se digita el equipo, que en ese caso es el torno y el taladro de árbol, se asigna la fecha de intervención y número de hoja para llevar un consecutivo. Además, posee casillas para asignar el programa académico que desee realizar su intervención, ya que la universidad posee

programa de electrónica y mecánica, se pueden plasmar reparaciones en la parte eléctrica, electrónica, mecánica, lubricación y estructura. Agregando que esta actividad la realiza un estudiante y llegado el caso por el técnico a cargo que estará supervisado por un ingeniero o profesor de aula a cargo, este tipo formato está enfocado para que el estudiante pueda trabajar o estar presente en los mantenimientos con el fin de aprender.

Formato de mantenimiento correctivo: este formato con las asignaciones explicadas anteriormente debe dejar plasmado el registro de falla con la fotografía del antes y después para que quede identificada la zona afectada y pueda ser luego empleada en un futuro, ya que se guarda en la hoja de vida existente. Las reparaciones deben ser firmadas por el supervisor asignado al cargo y por un estudiante presente, ya que la intención es que debe aprender sobre el tipo de reparación. Formato hoja de vida del equipo: Es el formato que vincula la falla aún mantenimiento preventivo; con una descripción sencilla sin fotografía, el cual se debe duplicar según las fallas presentes de tipo eléctrico, electrónico, mecánico, lubricación y estructura. Dicho formato tiene que enlazar los soportes de anexos fotográficos. Anexo registro de falla: Este formato permite dejar en evidencia fotográfica las zonas que tiene afectada la falla, desde donde inicia hasta donde termina, son registros fotográficos en secuencia. Además, se debe agregar una descripción en otra casilla de la secuencia fotográfica.

2.2 Aplicación de técnica FMEA

Fase aplicación de técnica de análisis de fallos por FMEA: Generando el listado de partes, se establece y aplica la técnica de FMEA, con el fin de conocer su prioridad de riesgo, así se contempla y registra en el mantenimiento preventivo.

2.2.1 *Prioridad de riesgo por FMEA*

Generar prioridad de riesgo por FMEA. Al conocer el riesgo por pieza, este permite dar una valoración de 1 a 10, dicho valor permite dar prioridad y tomar unas decisiones durante las actividades de mantenimiento preventivo.

El riesgo (FMEA) será valorado de la siguiente manera:

Riesgo bajo: De 1 a 4

Riesgo medio de 5 a 7

Riesgo alto: de 8 a 10

2.3 *Análisis de fallas FMEA para taladro de árbol Jet y torno BD 920N*

Se realizó un registro de las partes con sus posibles causas o fallas. Con ayuda de búsqueda por la web, talleres, manuales y trabajos realizados sobre el torno y taladro, se hacen las descripciones por pieza y la valoración de riesgo FMEA.

2.3.1 *Partes del taladro con causa o falla.*

a) Base.

Falla: Los pernos se quedan ajustados por oxidación y no permite el desarmado para limpieza, se realizaban golpes sobre la base. Riesgo FMEA: nivel 2

b) Mesa

Falla: Fractura por golpes y oxidación. Riesgo FMEA: nivel 5.

c) Columna.

Falla: Grietas o fracturas. Esta pieza muy rara vez tiene problemas, pero se recomienda una inspección visual con el fin de verificar grietas o fracturas en el marco (ToolInspector, 2022). Riesgo FMEA: nivel 5

d) Pluma/ Sleeve: Pieza que conecta con la columna y permite el giro del taladro.

Falla: La presión ejercida de forma manual o automática hace que se corte o falle a medida que gira. El juego axial y el juego radial son síntomas que afectan a la pluma. Riesgo FMEA: nivel 5

e) Husillo.

Falla: Desgaste de los dientes de los engranes. No realiza un agarre homogéneo. Riesgo FMEA: nivel 7

f) Mandril.

Falla: No sostiene bien las brocas, puede albergar parte de brocas provocando atascamiento. Riesgo FMEA: nivel 7

g) El Chuck.

Falla: Desajuste y no hace sujeción para todos sus componentes debido a falta de lubricación. Riesgo FMEA: nivel 7

h) Sistema de accionamiento y cableado.

Falla: Daños en cableados, piezas con contacto débil, cortos. Riesgo FMEA: nivel 9

i) Caja.

Falla: Polvo y oxidación.

Existe una falla generalizada para todo el taladro de árbol, esta falla se debe por ingreso de polvo y oxidación de la estructura, en donde el taladro de árbol normalmente está protegido del polvo por medio de una carcasa protectora con la que vienen construidas, pero hay partes que aún están expuestas y el polvo es muy difícil de detener, ya que es muy fino y esto le da la oportunidad de entrar en cualquier pequeño espacio o agujero.

Falla: Ingreso de polvo y de humedad, provocando oxidación de algunos componentes.
Riesgo FMEA: nivel 10

j). Poleas y correa de transmisión.

Falla: La tapa no está en buen estado, se encuentra floja y puede haber cedido o estirado por el uso o por tiempo. Provocando deslizamiento y pérdida de potencia transmitida por el motor. Además, la correa puede perder sus dientes o surcos (ToolInspector, 2022). Se puede crear astillas de correa y desgaste de los dientes. Se puede encontrar polvo negro, partículas de goma que solían ser parte de la correa de transmisión.

Riesgo FMEA: nivel 10

2.3.2 *Parte del torno con su causa o falla.*

a) Bancada.

Fallas: Desgaste general (Muñoz & Sibaja, 2004). Si existe un desnivel de la bancada del torno es imposible tener un desempeño satisfactorio ya que este desnivel puede provocar: Ruidos de vibración al torneear, torneado cónico, mandrinado cónico y marcas en las guías y carros. Riesgo FMEA: nivel 5

b) Cabezal fijo.

Falla: Desajuste de correas y poleas.

. Riesgo FMEA: nivel 6

c) Carro portaherramientas

Fallas: Problemas menores en servicio por soldadura en pernos de ajuste y en portaherramientas por mal mecanizado por error de mantenimiento (Basaez, 2018). Riesgo FMEA: nivel 7

d) Husillo.

Fallas: Los problemas más comunes con un husillo de torno son la vibración, el ruido y el acabado superficial. La vibración es causada por el descentrado. Mire primero su sujeción y su material. Riesgo FMEA: nivel 7.

e) Contrapunto.

Fallas: atascamiento de partes móviles (Muñoz & Sibaja, 2004).

Falla por problemas menores en servicio por mal ajuste inicial, problemas menores en servicio por soltura de pernos de fijación, problemas menores en servicio por soltura de pernos en manivela. Estos problemas se deben a un mal mecanizado y error de mantenimiento. Riesgo FMEA: nivel 8

f) Caja Norton.

Falla por Parada: Se debe por daños graves a ruedas dentadas por bajo nivel de lubricante, en cuanto a falla del material puede haber una rotura.

Falla relacionada a la gestión: Error de documentación (procedimientos), por ello no permite la operación del equipo.

Falla mecánica: Fuga externa de aceite lubricante, este cae al suelo y causa una falla relacionada a la gestión: un error de documentación (procedimientos).

Falla de material por deficiencia estructural de ruedas dentadas por desgaste, las causas relacionadas a la Operación / Mantenimiento: Desgaste esperado (operación normal) por lubricante contaminado (Basaez, 2018).

Riesgo FMEA: nivel 9

2.3.3 Reparación y ensamblado

Luego de conseguidas las partes, se procede a registrar los cambios de manera fotográfica, en donde se puede ver la reparación, y nuevamente su ensamblado. Se evidencia en el registro de los anexos.

2.3.4 Cambios realizados en los equipos

Se deja un registro por escrito de los cambios realizados en los anexos de mantenimiento preventivo; para que estos sirvan al momento de establecer el mantenimiento preventivo.

2.3.5 Puesta en marcha

Se corrobora el ensamblado por parte de un técnico o experto sobre el tema, se realiza la puesta en marcha, agregando evidencia en los formatos anexos de mantenimiento.

2.4 Mantenimiento preventivo

Se establece luego de haber corregido y puesta en marcha del taladro y torno, un mantenimiento preventivo el cual se apoya de los registros realizados por piezas, para establecer unos procedimientos de preoperacionales y así prolongar la vida de los equipos.

2.4.1 Mantenimiento preventivo en el taladro de árbol

El no tratar correctamente esta herramienta puede ocasionar daños que terminan comprometiendo el rendimiento del taladro; como ya se mencionaba anteriormente en qué consisten las piezas y la importancia de realizar un mantenimiento adecuado, tenemos que, en cuanto a la polea y correa de transmisión, el mandril, pluma, el husillo y la plataforma de

la mesa tendrán un impacto negativo si no están configurados correctamente (Sharpenup, 2017). Para ello se recomienda para las siguientes piezas:

- 1) Mandril. Se debe usar aire comprimido para liberar particular o material entre las mandíbulas y aplicar lubricante, para verificar se revisa unas cuatro a cinco veces el cierre total de las mandíbulas sin broca, para provocar en ellas el ajuste de mandíbulas (Sharpenup, 2017).
- 2) Pluma: Verificar que no se mueva de un lado a otro, ya que si existe esta falla puede ocasionar una perforación imprecisa, debe revisar que no exista fuego entre la pluma, el tubo de la pluma y la carcasa de la prensa.
- 3) Mesa: Es importante revisar que la fijación de la herramienta esté estable ya que está sujeta a muchas vibraciones, esto con el fin de evitar problemas con la base de las prensas de perforación y la precisión o que se haya vuelto desigual y esto perjudica su adecuado funcionamiento (ToolInspector, 2022). Además, se debe usar una mesa de hierro fundido y para evitar en ella la oxidación, se debe limpiar después de su uso, luego aplicar un Spray como protector del óxido (Sharpenup, 2017). Mantenerla limpia ayudará a que dure más tiempo y evita cualquier problema con los proyectos debido a una superficie de mesa oxidada.
- 4) Caja: Cabe destacar la importancia de revisar otros factores como lo son:
Evitar el óxido, aunque es muy raro puede ser un problema ya que las piezas están expuestas a humedad en el aire durante tiempo prolongado, por ello es importante prevenirlo usando un lubricante antioxidante en cualquier parte móvil o expuesta (ToolInspector, 2022).

Evitar: Escombros, estos deben mantenerse fuera, aunque normalmente el taladro de árbol está protegido de polvo y escombros por la carcasa protectora con la que vienen construidas, existen algunas piezas que están expuestas y el polvo es muy difícil de detener ya que es fino y así tiene la posibilidad de entrar por un espacio mínimo (ToolInspector, 2022).

- 5) Correa: Mantenimiento de la correa de transmisión: comprobar la condición y la tensión, ya que si ésta está desgastada será causa de una frustración si no se controla, el taladro emitirá sonidos incómodos y habrá aumento en las vibraciones que impiden la precisión del rendimiento. En cuanto a la tensión si la correa está demasiado apretada podría romperse, la tensión correcta de la correa debe ser aproximada de $\frac{1}{4}$ de pulgada cuando hay presión a medio camino entre dos poleas.

Si la correa está desgastada o astillada, se produce mucho ruido y vibración. Inspeccione la correa de transmisión siguiendo estos pasos: Desconecte la energía, se examina el cinturón visualmente, en caso de daño, reemplace inmediatamente si se nota algún defecto, compruebe que la tensión es la correcta, restablezca la tensión si está demasiado apretada o demasiado suelta. siga estrictamente las pautas del manual del fabricante, inspeccione la condición y la tensión de la correa. En el caso de que la correa se desvíe ligeramente, inspeccione la correa presionando el punto central entre las poleas. Por lo general, la vibración o la imprecisión son indicios de una correa defectuosa. Desenchufa la máquina y abre la tapa que contiene las poleas.

2.4.2 Consideraciones por herramientas de uso en el taladro de árbol

Mantenimiento a las brocas, con el uso correcto de la prensa de perforación y manteniendo las brocas afiladas se puede extender la vida útil, también es importante conocer los tipos de brocas y su uso en distintos materiales (ToolInspector, 2022).

Sistema eléctrico

El cable y el enchufe, es importante realizar una inspección de estos elementos a la hora de usar la herramienta, para ello se debe verificar que este esté desenchufado y luego observar la longitud del cable en busca de daños (ToolInspector, 2022).

2.4.3 Consideraciones por Lubricación en el taladro de árbol

La lubricación de esta herramienta garantiza alto rendimiento y la mantiene funcionando como debería y no permite que la herramienta de perforación se caliente y pierda el filo de corte (ToolInspector, 2022).

Figura 2- 14 *Lubricación en el taladro de árbol*



Fuente: Mantenimiento del taladro de árbol (Drilly, 2022).

Debido al calor y la fricción a la que está expuesto cuando las piezas de la máquina se mueven, la lubricación es un requisito de rutina. Cabe destacar que se debe seguir las instrucciones del fabricante en el manual para conocer los métodos adecuados (Drilly, 2022).

La lubricación de la prensa de taladro: Para ello es importante conocer qué tipo de aceite se debe utilizar y en qué partes debe realizarse la aplicación del mismo.

Lubricación general: La lubricación es fundamental para mantener el taladro de árbol, ya que permite lograr una adecuada perforación y durante la perforación se debe agregar un aceite adecuado. Siempre debe consultar el manual del fabricante cuando lubrique esas partes móviles para asegurarse de seleccionar el aceite y el lubricante correctos.

2.4.4 Mantenimiento preoperacional del taladro

Se recomiendan algunas medidas de precaución para el uso preoperacional de este taladro (Parmar, 2018). Según la empresa Parmar, antes de operar el taladro:

- Revisar el espacio de trabajo y las pasarelas, que esté libre de personas, escombros y aserrín que afecten la tracción o la base para evitar resbalones y caídas.
- Asegurarse que el protector del mandril esté en su posición.
- Comprobar que la llave del mandril esté retirada del mandril del taladro.
- Realizar los ajustes en el taladro con la alimentación apagada y bloqueada.
- Conocer el funcionamiento de los controles y la ubicación del botón de parada de emergencia.
- Seguir los procedimientos de sujeción correctos.
- No utilizar si el equipo está defectuoso.
- Utilizar la vestimenta y los equipos de protección adecuados.
- Mantener todos los protectores cuando la máquina esté en funcionamiento.

- El tamaño de la broca debe ser igual o menor a la capacidad de la prensa de perforación.
- No tocar la broca o virutas inmediatamente después de la perforación.
- Siempre mantener limpia la mesa de trabajo.

2.4.5 Mantenimiento preventivo del torno

En el torno, por ser un equipo con una mayor de piezas, se realizó para algunas piezas, procedimientos preventivos para conservar los componentes con tendencia a la falla.

a) Caja Norton: Es una de las partes más críticas del equipo como tal se recomienda realizar el cambio de aceite cada 6 meses para obtener un mayor rendimiento (Oramas, 2004).

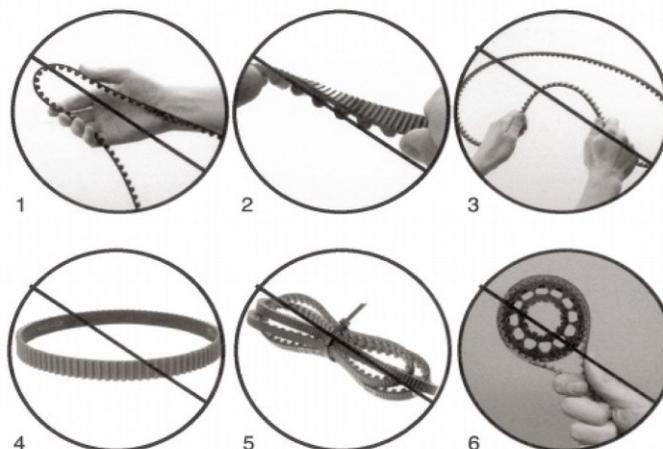
b) Correas: Para el torno, una de las piezas que se afecta constantemente se planteó, un procedimiento con el fin de realizar cambios de correa, llevado a cabo por el Ingeniero Dominguez (Dominguez, 2014), ya que el torno; por poseer piezas sencillas, la correa fue el proceso complejo de conseguir debido a sus características requeridas, por lo tanto, se plantea para un mantenimiento preventivo:

1. Usar elementos de protección: Guantes, Gafas, Botas de seguridad.
2. Desconecte la fuente de energía y revise herramientas de trabajo.
3. Quitar la tapa de seguridad de las correas y disponer de área para ubicar tornillos.
4. Con una llave perica aflojar el dispositivo tensor.
5. Retirar las correas y reemplazarlas.

Para llevar a cabo el montaje (Dominguez, 2014, p. 76), se debe proceder de la siguiente manera:

Revisar que la correa esté en buenas condiciones y su manipulación sea correcta (Haascnc, 2017).

Figura 2- 15 Posicionar la correa



Fuente: Correa de accionamiento - Guía de solución de problemas (haascnc.com)

(Haascnc, 2017)

Además, se debe seguir las recomendaciones de Haascnc. No comprima el cable, No apriete firmemente ni gire la correa durante la instalación, No enrolle la correa sobre la polea. Sostenga el peso de la caja de engranajes y el motor del husillo con un polipasto para evitar tensión excesiva mientras se manipula la correa. Afloje el motor para instalar fácilmente la correa. Retire los tornillos del motor para lograr un mayor desplazamiento (Dominguez, 2014, p. 76).

De igual forma, para verificar su postura se debe:

1. Al colocar las correas, debe fijarse de que queden alineadas en las poleas y estas no tengan obstrucciones.

2. Ajustar la correa en la polea.

3. Apretar el dispositivo tensor.

4. Verificar que la tensión de las bandas no posea una deflexión de 15 mm.

Para la correa, por ser una de las piezas con más tendencia de deterioro se planteó las siguientes causas y acciones preventivas (AP):

Ruptura tensil:

Causa: Existe una carga de choque excesiva, en donde se debe revisar cómo se está usando. AP: Revisar cómo se está usando la máquina y qué herramientas se están usando.

Causa: Tensión de la correa demasiado baja o demasiado alta, ACC: Ajuste de la tensión de la correa, según las especificaciones técnicas.

Causa: Se ha manipulado de manera indebida la correa o su almacenamiento antes de su instalación. AP: Seguir procedimientos para manipular la correa.

Causa: Objetos en el recorrido de la correa. AP: Retirar y limpiar la correa.

Desgaste excesivo de los dientes: Las poleas no están alineadas, corte de los dientes de la polea, desgaste en los bordes de correa.

Causa: Carga excesiva y produce choque entre los dientes de la correa y del piñón. AP: Revisar cómo se usa la máquina y las herramientas.

Causa: Demasiada tensión o baja tensión. AP: Ajustar la tensión a las especificaciones técnicas.

Causa: Recorrido o separadores inadecuados, provocando que la correa esté parcialmente fuera de la polea y de sus bridas. AP: Inspeccionar o reemplazar los separadores, aislantes del motor.

Causa: Polea desgastada, áspera o dañada. AP: Inspeccionar o reemplazar.

Correa suave o deterioro: Causa: Contacto con lubricante o refrigerante. AP: Cambio de correa y revisar fugas.

Ruido de la correa: Rotura de tracción, tensión incorrecta de la correa.

c) Cabezal de torno: Esta pieza, debe cuidarse y mantener ya que si no se realiza algún cuidado no permitirá dar un servicio de piezas concéntricas, debido a descuido de esta pieza. En donde se describe un procedimiento preventivo de alineación y concentricidad (Dominguez, 2014, p. 92):

1. Para realizar esta actividad se debe emplear un instrumento llamado reloj comparador.
2. Se coloca en el plato una barra de metal como si fuese a ser trabajada en voladizo.
3. Luego se ubica la punta del reloj comparador sobre la barra de metal, el reloj debe estar en un soporte fijo, luego se toman las medidas correspondientes.
4. Si las lecturas del reloj son muy pronunciadas se deberá balancear de manera manual, revisar el procedimiento del husillo, y ajustar de manera uniforme, repetir el procedimiento hasta lograr el balanceo correcto.

d) Husillo: Procedimiento para prevenir fallas por velocidad, desequilibrio y cojinetes (Haascnc, 2017, p. 54):

La velocidad del husillo se ejecuta en una frecuencia de resonancia de la máquina: Acelere o reduzca la velocidad del husillo un 10% hasta que la vibración o el acabado superficial mejoren.

Desequilibrio del husillo: Ejecuta una prueba de analizador de vibraciones. Equilibre la alta vibración con tornillos de ajuste en el adaptador de unión

Cojinetes del husillo dañados: Ejecute una prueba de analizador de vibraciones para determinar el estado de los cojinetes; Pruebe el sistema de lubricación del husillo.

El husillo, por ser una pieza que posee rodamientos se plantea las siguientes recomendaciones; según las recomendaciones de Domínguez (Dominguez, 2014, p. 64):

Para el desmontaje de rodamiento:

Usar elementos de protección: Guantes, Gafas, Botas de seguridad. 2. Revisar y registrar el orden de cómo están ubicados, colocados los elementos y al retirarlos ponerlos en un lugar ordenadamente. 3. Retirar la tapa de seguridad que cubre la correa, retirando los tornillos. 4. Retirar la correa de las poleas aflojando los tornillos que sostienen al motor e intentar levantar el motor con ayuda de un polipasto. 5. Destapar el cabezal retirando los 6 tornillos cabeza de cubo de la tapa. 6. Identificar los rodamientos en la caja de velocidades y retirarlos. 7. Quitar los 4 tornillos de los cubre-rodamientos y retirar las tapas (estos están del lado del motor). 8. Aflojar los tornillos de sujeción que tiene el eje para que los engranes se puedan deslizar sobre el mismo. 9. Se debe quitar el plato, aflojando los tornillos que lo sostienen y desenroscar el plato hasta que este salga por completo. 10. Quitar la tapa del rodamiento quitando 3 tornillos cabeza de cubo y quitar la tapa (está del lado del plato). 11. Golpear de manera uniforme y suave en el centro del rodamiento hasta que este salga. 12. Cambiar el rodamiento o engrasarlo.

Para montar nuevamente los rodamientos:

1. Para instalar nuevamente el husillo, se debe colocar el rodamiento en su posición teniendo precaución de que quede correctamente alineado. 2. Revisar el orden con el que

retiró cada uno de los componentes. 3. Colocar el husillo en su posición metiendo todos los engranes en su orden inicial. 4. Colocar nuevamente las tapas que cubren los rodamientos de suciedad y apretar los tornillos. 5. Colocar el plato en el eje nuevamente y apretar con los tornillos que lo sujetan. 6. Del lado del motor colocar nuevamente la tapa del rodamiento. 7. Colocar la banda cuidando que esta quede debidamente alineada, ajustarla hasta que quede tensa. 8. Colocar la tapa de seguridad de las correas.

Además, se deben realizar unas verificaciones y pruebas como lo son:

Causa: Cojinetes del husillo dañados. AP: Realizar prueba de analizador de vibraciones.

Causa: Ruido en cojinetes, cojinetes de bolas y sonido de jaula, por causa de sobrecarga. AP: Ejecute prueba de vibraciones, inspeccionar el paso del anillo de retención del husillo.

Causa: Ruido en tono alto por demasiada precarga. AP: Realizar prueba de vibraciones y revisión del estado de los mismos.

Causa: Desalineación de la transmisión del accionamiento del husillo. AP: Se debe verificar los descentrados especificados.

Causa: La velocidad del husillo se ejecuta y ejerce resonancia. AP: Acelere o reduzca la velocidad del husillo en un 10 % hasta que la vibración o el acabado mejoren.

Causa: Desequilibrio del husillo. AP: Ejecuta una prueba de analizador de vibraciones.

Causa: Husillo: Fallas: Problema común la vibración, ruido y el acabado superficial. (Husillo - Torno - Guía de resolución de problemas (haascnc.com)).

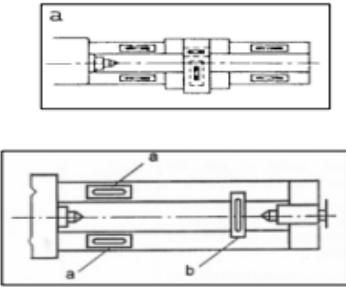
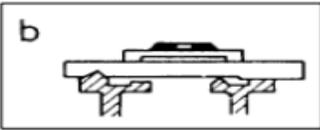
Causa: Vibración. Causada por descentrado. AP: Revisar si el descentrado de la pieza de trabajo depende del diámetro y la velocidad del husillo.

Causa: Causada por Adaptadores de barras largas o revestimiento deficiente en el ajuste. AP: Utilizar adaptadores de revestimiento con el ajuste indicado.

e) Carro portaherramientas: Procedimiento preventivo: Verificar correcto funcionamiento del mecanismo, en caso de daño de este componente, el mantenimiento debe ser realizado por un técnico conocedor del área, y no hacer intervención alguna hasta no ser evaluada por un experto. (Trespacios, 2012b).

f) Bancada: Mantenimiento preventivo para la bancada: realizar una nivelación eficiente, se puede utilizar los niveles que posee el taller metalmecánico actualmente, para una nivelación eficaz, siguiendo la siguiente recomendación gráfica:

Figura 2- 16 Consideraciones de nivelación

TAREAS DE PREPARACIÓN			
Nr	Objeto a Verificar	Imagen	Recursos Necesarios
1	Nivelación de la máquina a) Alineación Longitudinal		Nivel de Precisión 0,01 mm/m *Se recomienda realizar la nivelación según manuales, antes de proceder con la verificación.
1	Nivelación de la máquina b) Alineación Transversal		Lo mismo que Nr 1 a)

Fuente: Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para tornos (Basaez, 2018)

g) Contrapunto: Procedimiento preventivo: Utilizar manual para realizar el ajuste inicial y apriete de pernos (Basaez, 2018).

h) Cabezal fijo: Procedimiento preventivo: Se recomienda realizar el cambio de aceite cada 2 meses, de modo que este siempre esté lubricado, y obtener la mayor eficiencia del mismo. Se recomienda mirar la ventana de nivel del aceite semanalmente. (Muñoz & Sibaja, 2004)

2.4.6 Revisar sujeción y el material en el torno

Revisar que el cuerpo del mandril esté funcionando, revisar las mandíbulas correctamente.

Si el ruido persiste puede ser causa de la correa de transmisión; revisar la tensión, que la correa este en buenas condiciones, que exista buena alineación del eje y la correa.

En caso de usar el torno y exista un acabado superficial con baja calidad, revisar la velocidad de trabajo, avances, alineación de contrapunto, el refrigerante, alineación de toda la máquina.

2.5 Análisis, interpretación y presentación de resultados

2.5.1 Análisis

Para analizar la información que brindó la investigación por libros, manuales, artículos y recomendaciones de fabricantes en los tornos y el taladro de árbol. Se usará la información de diagnóstico para comparar con lo encontrado en el Torno Bd 920N y taladro de árbol JET, con el fin establecer si la falla existente es similar a lo abordado en el diagnóstico y lograr dar una solución en la reparación de los equipos en mención.

2.5.2 Interpretación

Luego de comparar las fallas encontradas en el torno BD 920 N y taladro de árbol JET se procede, a realizar el mantenimiento preventivo y dejar las bases que se requieren para el plan de mantenimiento, estas bases son:

Tipo de falla, frecuencia de mantenimiento, elementos requeridos de lubricación, formatos de registro de control.

2.5.3 Presentación de resultados

Se define la espina de pescado del Taladro de árbol Jet y torno BD 920 N, con el fin de establecer un plan de mantenimiento preventivo, además se realiza la reparación de los quipos, para dejar el primer registro en las hojas de vida establecidas, concluyendo con un matriz de mantenimiento anual.

3. Resultados y análisis de resultados

3.1 Resultados en el torno

Se determinó durante la investigación realizada en el torno, que no se llevaba a cabo un mantenimiento en este equipo, por lo tanto, el equipo por falta de protector (cubierta externa plástica o de lona), llegó a acumular partículas (Polvo, humedad), provocando oxidación en algunas de sus partes y que el equipo no deslice sobre las piezas que están a contacto metal – metal.

A su vez, se hizo un mantenimiento correctivo de cambio de partes en las piezas faltantes como torre, parte de una base y correas. Estas piezas permitieron al torno volver a funcionar en conjunto, ya luego, estas partes se procedió al ajuste de tornillos, limpieza del torno, finalizando con lubricación sobre componentes expuestos a la presencia de humedad y oxidación, permitieron realizar la alineación del torno para que pueda ser usado.

Se recomienda en el torno, no dejar perder las piezas; así estén deterioradas, ya que la búsqueda de estas piezas en el mercado se hace compleja, por lo tanto, es mejor basarse en la pieza original y fabricarla, (copiarla) o verla opción de repararla. No es viable para un torno dar de baja a sus piezas, se debe guardar las piezas que fallen, para su respectivo análisis de falla a futuro.

Como el torno posee fallas por lubricación, se planteó usar según la investigación realizada por Corena y Caldera (Corena & Caldera, 2004), los siguientes lubricantes:

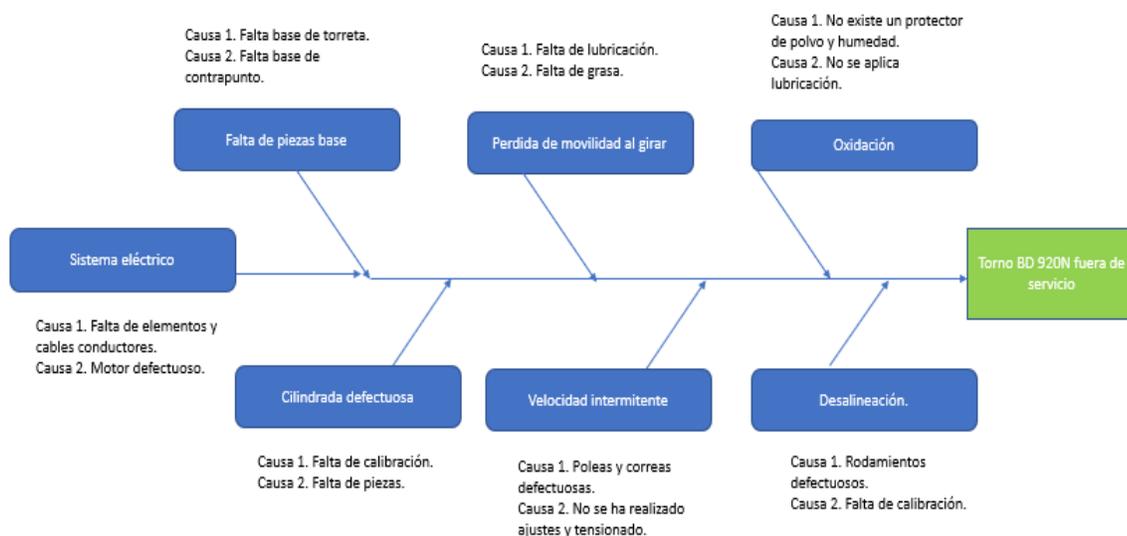
En el cabezal y caja de velocidades, un lubricante ISO 100 para engrane, cada mil horas de uso.

En las guías de contacto metal- metal lubricante ISO 68 R & O cada vez que se haga uso.

En el husillo, aplicación de grasa EP 2. Grasa multipropósito, usado cada 500 horas de uso.

Planteando la causa y efecto en la espina de pescado se tiene el siguiente diagrama:

Figura 3- 1 Espina de pescado Torno Bd 920 N



Fuente: Elaboración del autor.

3.2 Resultados en el taladro de árbol

La falla presente en el taladro se debió por acumulación de óxido y falta de lubricación de la caja de velocidades, por lo tanto, se debe emplear un protector de estructura, realizar limpieza y lubricación quincenal, para evitar la propagación de óxido en las piezas, considerándose que el equipo haya sido usado o no se debe lubricar sus partes con lubricante RELAX en spray. Como el taladro de árbol posee fallas por lubricación, se planteó usar según la investigación realizada por Corena y Caldera (Corena & Caldera, 2004), los siguientes lubricantes:

Caja de velocidades, un lubricante ISO 100 para engrane, cada dos mil horas de uso.

En las correderas verticales, aplicación de grasa EP 2. Grasa multipropósito, usado cada 500 horas de uso. En la estructura con tendencia a oxidar y corroer se debe usar lubricante RELAX en spray, este tipo de lubricación se hace luego cada trabajo realizado y antes debe haberse hecho una limpieza con paños secos para eliminar virutas o polvo, ayudándose con un aire comprimido.

A continuación, se muestra la ficha técnica del Lubricante:

Figura 3- 2 Ficha técnica de lubricante Relax

	WELLQUEM COLOMBIA SAS	Código: FPO-PR-027-67
	GESTION DE PRODUCCION	Versión: 3
	FORMATO FICHA TECNICA DE PRODUCTOS	FECHA: 01/11/2019

NOMBRE	PENETRANTE, AFLOJADOR Y LUBRICANTE RELAX
---------------	--

DESCRIPCIÓN	Formulación con base en un aceite penetrante de gran afinidad por el metal que penetra por los poros y grietas de las superficies metálicas, ablanda el óxido, distensiona y previene futura corrosión.
--------------------	---

CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilita el desmontaje de piezas corroídas por la herrumbre. ▪ Evita la rotura de tuercas, tornillos y uniones. ▪ Forma una película muy fina y delgada que lubrica y protege contra la acción de la humedad. ▪ Conserva troqueles almacenados. ▪ Su alto poder de penetración y afinidad con el metal, le permite llegar a donde la mayoría de los aceites no lo hacen. ▪ Seguro en todo tipo de metales, cerámicas, pinturas, bakelitas y en la mayoría de gomas y plásticos. ▪ Económico y fácil de usar.
------------------------	--

APLICACIONES	Indispensable en talleres de mantenimiento y montajes en las industrias textil, electrificadoras, refinerías, oleoductos, estaciones de bombeo, equipos de comunicación, hoteles, clínicas, hospitales, etcétera.
---------------------	---

MODO DE EMPLEO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplique una cantidad adecuada y deje actuar alrededor de un minuto, para permitir la penetración del producto 2. Proceda a utilizar la herramienta necesaria para el caso, si el material aun presenta herrumbre, repetir la aplicación del producto
-----------------------	--

PRECAUCIONES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Use guantes de caucho para manipular el producto ▪ Usar en un área con ventilación ▪ Mantener lejos de fuentes de calor. ▪ Conservar fuera del alcance de los niños. ▪ Evite el contacto con los ojos. ▪ No ingerir. ▪ Los residuos líquidos y sólidos contaminados deben ser dispuestos con un gestor certificado. Los envases de aerosol pueden ser reciclados, siguiendo los requisitos de los gestores de residuos.
---------------------	---

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PRODUCTO

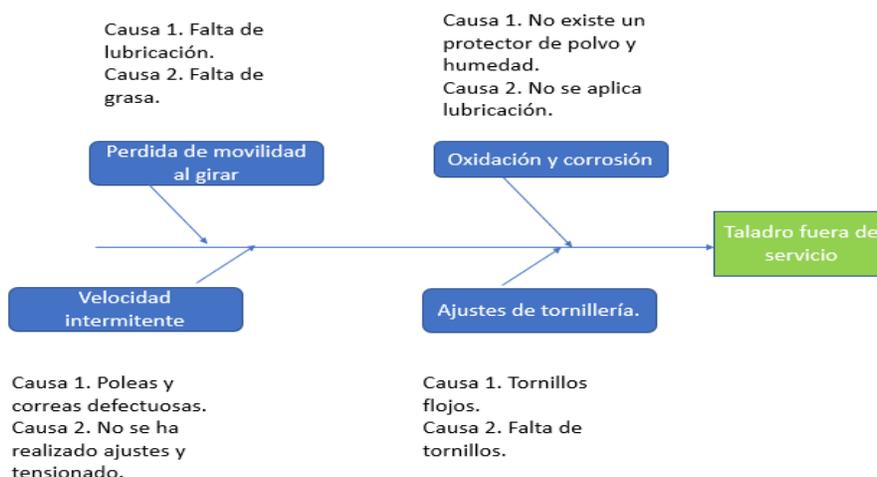
PROPIEDAD	VALOR
Apariencia	El concentrado es no viscoso, traslúcido color ámbar
Densidad	0.85± 0.05 (concentrado)
Punto de Inflamación	37 °C
Emulsión	5%
Olor	Característico a acetato de etilo
Solubilidad	Totalmente insoluble en agua
Estabilidad	Un año bajo condiciones normales de almacenamiento
Presentación	Aerosol de 16 Oz, envase metálico de 20L y 208 L

Fuente: Relax. Com (Wellquem, 2022)

Ya el lubricante realiza una mínima capa, que evitará que el taladro siga presentando oxidación a futuro.

Aplicando la espina de pescado se plasmó el siguiente diagrama, el cual permite comprender por qué el taladro de árbol quedó fuera de servicio:

Figura 3- 3 Espina de pescado Taladro de árbol JET



Fuente: Elaboración del autor.

3.3 Plan de mantenimiento Preventivo

Para desarrollar el siguiente plan de mantenimiento, se fundamentó de un diagnóstico, análisis de fallas y aplicación de la técnica FMEA, en donde se tiene mediciones desde el nivel 1 al nivel 10, siendo 10 una intervención crítica.

3.3.1 Descripción de la entidad en la cual se aplica el mantenimiento preventivo

La universidad Antonio Nariño, tiene a su disposición un laboratorio de equipos y herramientas en el cual realiza prácticas y explicaciones en el área de fabricación y manejo de herramientas. Desde el año 2019 los equipos Taladro de árbol JET y Torno BD -920 N,

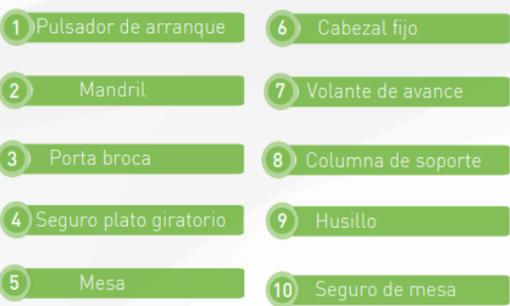
no presentan intervención en mantenimientos realizados, por lo tanto, se han deteriorado y requieren de un mantenimiento correctivo y de un mantenimiento preventivo.

3.3.2 Sistema de información de programación de mantenimiento preventivo

Por medio del sistema de información se realizaron las fichas técnicas de los equipos a intervenir, en donde se plasma el modelo, nombre del equipo, descripción de partes, dimensiones, potencia y descripción técnica.

Dicha ficha técnica del taladro de árbol y torno BD 920 N, se aprecia a continuación:

Tabla 3- 1 Ficha técnica del equipo Taladro de árbol

		FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO	
		Fecha:	2/06/2022
		Versión:	V-01
		Código:	
Partes principales			
			
Nombre del equipo:	Taladro de árbol	Ubicación:	laboratorio de ingeniería
Marca:	JET	Modelo:	16065
Descripción y dimensiones			
Base:	18" x 10-1/2"	Distancia del Husillo a la Mesa:	15" (381 mm)
Cable:	115 V	Motor HP:	3/4 HP, 115 / 230V, 1PH

Capacidad Taladrado:	5/8" (16 mm)	No. de Velocidades:	16
Diámetro Columna:	2-7/8" (73.02 mm)	Peso:	71.21 Kg
Dimensiones Mesa:	11-1/2" X 11-1/2" (292.10 x 292.10 mm)	Rango de Velocidad:	(200, 290 ,350, 430, 500, 580, 640, 720, 800, 870, 1,440, 1,630, 1,820, 2,380, 2,540, 3,630) RPM
Distancia del Husillo a la Base	24" (609.60 mm)		

Especificaciones técnicas

Mayor precisión: el conjunto de husillo cerrado está soportado por cuatro rodamientos de bolas lubricadas permanentemente.

Mayor seguridad: extiende el protector telescópico de husillo tanto como sea necesario.

Operaciones precisas: la pluma grande de 1-7/8 pulgadas de diámetro viaja 3-1/8 pulgadas.

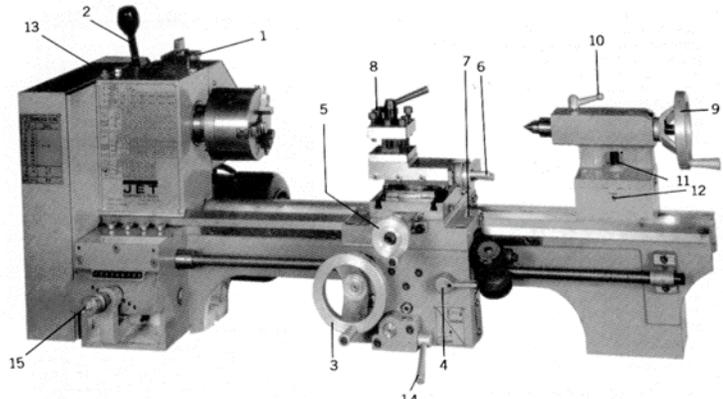
La velocidad correcta: el motor de 16 velocidades gira la pluma de 200 a 3630 RPM.

Repeticiones constantes: el tope de profundidad precisó muestra pulgadas/mm y tiene perno de ajuste rápido para ajustes rápidos y precisos.

Soporte sólido: columna de acero de tierra grande y cabeza de hierro fundido.

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 3- 2 Ficha técnica del equipo Torno BD 920 N

	FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
	Fecha:	2/06/2022		
	Versión:	V-01		
	Código:	T-01		
Partes principales				
				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. Forward/Reverse Switch 2. V-Belt Tension Lever 3. Longitudinal Travel Handwheel 4. Half-Nut Lever 5. Cross Slide Handwheel 6. Top Slide Handwheel 7. Longitudinal Lock Screw 8. Tool Post </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> 9. Tailstock Spindle Handwheel 10. Tailstock Spindle Clamping Lever 11. Tailstock Locking Screw 12. Tailstock Off-Set Adjustment 13. End Gear Cover Lock Screw 14. Automatic Feed Lever 15. Gear Box Quick Change Lever </td> </tr> </table>			<ol style="list-style-type: none"> 1. Forward/Reverse Switch 2. V-Belt Tension Lever 3. Longitudinal Travel Handwheel 4. Half-Nut Lever 5. Cross Slide Handwheel 6. Top Slide Handwheel 7. Longitudinal Lock Screw 8. Tool Post 	<ol style="list-style-type: none"> 9. Tailstock Spindle Handwheel 10. Tailstock Spindle Clamping Lever 11. Tailstock Locking Screw 12. Tailstock Off-Set Adjustment 13. End Gear Cover Lock Screw 14. Automatic Feed Lever 15. Gear Box Quick Change Lever
<ol style="list-style-type: none"> 1. Forward/Reverse Switch 2. V-Belt Tension Lever 3. Longitudinal Travel Handwheel 4. Half-Nut Lever 5. Cross Slide Handwheel 6. Top Slide Handwheel 7. Longitudinal Lock Screw 8. Tool Post 	<ol style="list-style-type: none"> 9. Tailstock Spindle Handwheel 10. Tailstock Spindle Clamping Lever 11. Tailstock Locking Screw 12. Tailstock Off-Set Adjustment 13. End Gear Cover Lock Screw 14. Automatic Feed Lever 15. Gear Box Quick Change Lever 			

Nombre del equipo:	Torno JEJ BD -920 N	Ubicación:	laboratorio de ingeniería
Marca:	JET	Modelo:	920N
Descripción y dimensiones			
Volteo	228,6 mm	Volteo sobre Carro Transversal	134,94 mm
Centros	508 milímetros	Dimensiones	37"W x 18-3/4" W x 17-3/8"H
Paso de Barra	22,225 mm	Peso	265 (LBS)
Potencia	0,6 kW	RPM	2.000 RPM
Especificaciones técnicas			
<p>Los tornos de banco jet, cuentan con una caja de engranajes cerrados con engranajes de corte helicoidal para reducir el ruido y tener un funcionamiento suave. El protector contra salpicaduras de longitud completa en todos los tamaños evita que las virutas calientes y el fluido contaminen el área de trabajo y la caja de cambios permite una marcha rápida y fácil para el roscado métrico. Incluye soporte S-920N. Husillo soportado por rodamientos de rodillos cónicos de precisión. Lechos endurecidos y molidos. Interruptor de marcha atrás incluido para mayor versatilidad. Ajustes de reacción proporcionados en todo el carro. La caja de cambios de cambio rápido proporciona una amplia gama de roscas métricas y de pulgadas. Potencia la alimentación longitudinal, permite el roscado y el roscado inverso. El montaje estándar del husillo de 1-1/2 x roscada. Cambio de marchas métricas. Caja de engranajes cerrada. Centros. Dial de roscado. Protector contra salpicaduras de cuerpo entero</p>			

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.3 Hoja de vida de los equipos

En la hoja de vida que se plantea en los siguientes formatos, se especifica el mantenimiento realizado, la fecha y quién lo realizó, ya que este permite llevar control de cuándo ocurrió una falla para a futuro tomar decisiones ya que aparece el registro de lo que se hizo. La hoja de vida se consideró como un historial de intervención, se diligenció de la siguiente manera:

Tabla 3- 3 Hoja de vida del equipo Taladro de árbol

	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS				
	Equipo:		Taladro de árbol		
	Fecha:		20 de mayo de 2022		
	Versión:		v- 01		
Programa académico:	Ing. Mecánica				
Diligenciado por:	Carlos Garavito				
Supervisado por:	Ing. Martha Solano				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
El formato es continuidad de registro falla (Seleccione con una "x"):				Si (<input checked="" type="checkbox"/>)	No(<input type="checkbox"/>)
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input type="checkbox"/>)	Lubricación (<input checked="" type="checkbox"/>)	Estructura (<input type="checkbox"/>)
Describa la falla: Piezas con óxido y falta de lubricación.					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Fecha de realización		En proceso	Contrato:		
			Contratista:		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input type="checkbox"/>)	Lubricación (<input type="checkbox"/>)	Estructura (<input checked="" type="checkbox"/>)
Describa la falla: Deterioro de pintura protectora del equipo.					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Fecha de realización			Contrato:		
			Contratista:		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
2. Descripción de la falla.					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input checked="" type="checkbox"/>)	Lubricación (<input type="checkbox"/>)	Estructura (<input checked="" type="checkbox"/>)
Describa la falla: Tensionar poleas y correas, realizar ajuste de tornillería y elementos giratorios.					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Ubicación y responsables					
Ubicación y responsables		Responsable		Fecha	
Laboratorio de taller		Carlos Garavito		20 de mayo de 2022	
Recomendación y observaciones					
Se requiere de retirar equipo de la universidad para realizar intervención.					



Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 3- 4 Hoja de vida del equipo torno BD 920 N

HOJA DE VIDA DE EQUIPOS					
	Equipo:		Torno BD 920 N		
	Fecha:		20 de mayo de 2022		
	Versión:			v- 01	
	Programa académico:		Ing. Mecánica		
Diligenciado por:		Carlos Garavito			
Supervisado por:		Ing. . Martha Solano			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
El formato es continuidad de registro falla (Seleccione con una "x"):				Si (<input checked="" type="checkbox"/>)	No(<input type="checkbox"/>)
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input type="checkbox"/>)	Lubricación(<input type="checkbox"/>)	Estructura (<input checked="" type="checkbox"/>)
Describa la falla: Falta de varios componentes del torno (Torre, base, tornillos)					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Fecha de realización		en proceso	Contrato:		
			Contratista:		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input checked="" type="checkbox"/>)	Lubricación(<input type="checkbox"/>)	Estructura (<input type="checkbox"/>)
Describa la falla: Ajuste de poleas, tensionado y calibración					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Fecha de realización			Contrato:		
			Contratista:		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
Registro de falla	Eléctrico (<input type="checkbox"/>)	Electrónico (<input type="checkbox"/>)	Mecánico (<input type="checkbox"/>)	Lubricación(<input checked="" type="checkbox"/>)	Estructura (<input type="checkbox"/>)
Describa la falla: Piezas de movimiento con falta de lubricación.					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Número de hoja):					
Ubicación y responsables					
Ubicación y responsables		Responsable		Fecha	

Laboratorio de taller	Carlos Garavito	
Recomendación y observaciones		
Se debe retirar el equipo de la universidad para su intervención.		

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.4 Carta de lubricación

Se evidenció en el análisis de fallas, que existe piezas y componentes que deben estar lubricados y engrasados, ya que de estos se conserva la mayoría de piezas en conjunto, se evita la oxidación y permite operar de manera adecuada, girar la máquina con facilidad y operar sin interrupciones, ya que parte de la lubricación permite realizar mejores acabados en las piezas por medio de los equipos torno BD 920 N y taladro de árbol. Los modelos siguientes de carta de lubricación plasman los requerimientos y frecuencia de aplicación:

Tabla 3- 5 Carta de lubricación taladro de árbol

		CARTA DE LUBRICACIÓN TALADRO DE ÁRBOL	
		Fecha:	2/06/2022
		Versión:	V-01
		Código:	
Áreas de lubricación			
Parte	Tipo de lubricante	Procedimiento	Frecuencia del procedimiento
Cremallera	Grasa multipropósito	Lubrique periódicamente el engrane sinfin y la cremallera con el fin de mantener la suavidad del movimiento vertical y de	Mensual

		prolongar la vida de servicio de la taladradora de columna	
Caja de velocidades	Iso 100	Retire la carcasa, y proceda a lubricar los engranajes.	Mensual
Partes a oxidar (columna, porta brocas y mesa de trabajo)	RELAX	Retire la impureza y aplique lubricante.	Semanal
Husillo	RELAX	Bajar el husillo a la profundidad máxima y lubricar moderadamente una vez cada tres meses. 1. Aceite la columna ligeramente cada dos meses. 2. Si se dificulta el arranque, engrase ligeramente la cremallera. Los baleros en la herramienta están lubricados permanentemente.	Cada 15 días
Observaciones			
Antes de lubricar se debe realizar limpieza de polvo, óxidos y verificar que el equipo esté desconectado			

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 3- 6 Carta de lubricación Torno JET BD 920 N

		CARTA DE LUBRICACIÓN TORNO JET BD 920 N	
		Fecha:	2/06/2022
		Versión:	V-01
		Código:	
Áreas de lubricación			
Parte	Tipo de lubricante	Procedimiento	Frecuencia del procedimiento
Caja de velocidades	Iso 100	Verificar niveles de aceite y reponer en caso de ser necesario	Mensual
Partes a oxidar (Estructura y base fijas)	RELAX	Limpiar polvo con aire a presión	Semanal
Guías	RELAX	Lubricar las guías de la bancada y de los carros longitudinal y transversal	Semanal
Carro portaherramientas	RELAX	Lubricar el carro longitudinal y transversal	Semanal
Cojinete, tornillos y contrapunto	Iso 100	Lubricar cojinetes, tornillo y ejes de la contrapunta	Mensual
Husillo	Iso 100	Lubricar barra de roscar y barra de cilindrar.	Cada 15 días
Observaciones			
Antes de lubricar se debe realizar limpieza de polvo, óxidos y verificar que el equipo esté desconectado			

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.5 Planificación planeada

Por medio de la planificación, se hace una inspección de algunas partes del taladro y del torno, con el fin de analizar si es requerida una intervención para corregir o prevenir

dentro del equipo, para ello el taladro requiere de pocas inspecciones debido a que es un equipo que no tiene tendencia a fallar, pero el torno si se debe analizar desde la parte eléctrica, mecánica y la lubricación, para ello se hizo luego de intervenido y puesto a funcionar los equipos, el registro en los siguientes formatos:

Tabla 3- 7 Formato de inspección de equipo taladro de árbol

	FORMATO DE INSPECCIÓN EQUIPOS					
	Fecha:	2/06/2022				
	Versión:	V-01				
	Código:					
Equipo de inspección:	Taladro de árbol					
Persona a cargo de la inspección:	Carlos Garavito					
Simbología usada para marcar en los días de lunes a sábado: Actividad con falla (X), actividad sin falla (S) y no aplica (N/A)						
Actividad	Frecuencia					
	L	M	M	J	V	S
Enchufe en buen estado y con cable a tierra.	s					
Pasa cordón en buen estado	s					
Cableado de conexión se encuentra sin corte y en buen estado.	s					
Bloqueo de mandril en buen estado y funcional.	s					
Columna y cremallera en buen estado y firme.	s					
Mesa de trabajo en buen estado y funciona	s					
Interruptor electrónico funciona correctamente	s					
Base de taladro afianzada y firme	s					
Motor en buen estado	s					

Llave de broquero en buen estado y funcional	s					
Palanca de avance manual en buen estado	s					
Observaciones						
Antes de usar el equipo debe tener elementos de protección (guantes, gafas, botas y ropa adecuada).						
Aprobación (Personal a cargo del taller):	Ing. Martha Solano					

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 3- 8 Formato de inspección de equipo torno JET BD 920 N

	FORMATO DE INSPECCIÓN EQUIPOS					
	Fecha:	2/06/2022				
	Versión:	V-01				
	Código:					
Equipo de inspección:	Torno JET BD 920 N					
Persona a cargo de la inspección:	Carlos Garavito					
Simbología usada para marcar en los días de lunes a sábado: Actividad con falla (X), actividad sin falla (S) y no aplica (N/A)						
Actividad	Frecuencia					
	L	M	M	J	V	S
Actividades de lubricación	s					
Cambio de Aceite	s					
Revisión del nivel y fugas de aceite	s					
Revisión y lubricación de rodamientos	s					
Engrase y lubricación	s					
Cambio de sellos	s					
Actividades eléctricas						
Revisión, ajuste y cambio de conexiones eléctricas	s					
Revisión de voltaje y amperaje	s					

Revisión de tarjeta electrónica	s						
Revisión de servo motores	s						
Revisión de motor eléctrico	s						
Revisión del estado de los cables y general	s						
Actividades mecánicas							
Ajustes y alineación de partes móviles	s						
Revisión y verificación de engranajes	s						
Inspección, ajuste, cambio de bandas, correas y poleas	s						
Limpieza o rasquetado de bancadas	s						
Inspección visual de posibles daños	s						
Cambio de rodamientos	s						
Revisión y ajuste general de máquinas	s						
Revisión y rectificación de guías reciprocantes	s						
Mantenimiento general	s						
Limpieza superficial, áreas de trabajo	s						
Aseo	s						
Lavado general	s						
Limpieza general	s						
Pintura	s						
Observaciones							
Antes de usar el equipo debe tener elementos de protección (guantes, gafas, botas y ropa adecuada).							
Aprobación (Personal a cargo del taller):	Ing. Martha Solano						

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.6 *Reporte de falla*

Para esta etapa se diligencia el formato de Anexo registro de falla, en donde al emplear la información del diagnóstico de falla inicial, se prepara el equipo para su respectiva intervención, en donde se plasma cómo se encontró el equipo, describiendo lo que requiere, según los formatos:

Tabla 3- 9 Formato registro de falla Taladro de árbol

		ANEXO REGISTRO DE FALLA			
		Equipo:	Taladro de árbol		
Fecha:	22 de mayo de 2022				
Número de anexo:		1			
Programa académico:	Ing. Mecánica				
Estudiante (S) a cargo:	Carlos Garavito				
Supervisado por:	Ing. Martha Solano				
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()
2. Descripción a detalle de la falla con soporte fotográfico.					
Agregue fotografías desde el inicio de la falla hasta donde termine la falla:					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(b)</p> </div> </div>					
Descripción de la falla: Se puede apreciar, que desde la base hasta la portabrocas existe óxido y piezas con corrosión. Además, la caja de velocidades presenta falta de tensión.					

Fuente: Elaboración del autor.

Tabla 3- 10 Formato de inspección anexo registro de falla Torno JET BD 920N

		ANEXO REGISTRO DE FALLA				
		Equipo:	Torno BD 920 N			
		Fecha:	22 de mayo de 2022			
		Número de anexo:	1			
Programa académico:		Ing. Mecánica				
Estudiante (S) a cargo:		Carlos Garavito				
Supervisado por:		Ing. Martha Solano				
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:						
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()	
2. Descripción a detalle de la falla con soporte fotográfico.						
Agregue fotografías desde el inicio de la falla hasta donde termine la falla:						
Descripción de la falla: Se puede apreciar que el torno le faltan piezas, falta de tensión y correas en la caja de velocidades, además presenta falta de ajustes en las tortillerías para la estructura.						

Fuente: Elaboración del autor.

3.3.7 Orden de trabajo

Para realizar cualquier cambio y prevención del torno BD 920 N y taladro de árbol, se debe aprobar por el encargado de taller, aprobando presupuesto y ejecución de la labor o actividad a realizar. Además, la orden de trabajo cuenta con fechas establecidas de entrega, persona encargada para ejecutar la actividad, el cual puede ser el estudiante o intervenida por personal especializado como un contratista externo. Los formatos establecidos son los siguientes:

Tabla 3- 11 Formato orden de trabajo Taladro de árbol y Torno JET BD 920N

		ORDEN DE TRABAJO	
		Fecha:	2/06/2022
		Versión:	V-01
		Código:	OT-01
Persona a cargo de la orden:		Carlos Garavito	
Orden de trabajo			
Nombre del equipo a intervenir:	Torno JEJ BD -920 N	Ubicación:	laboratorio de ingeniería
Marca:	JET	Modelo:	920N
Descripción			
Intervenciones	Actividad	Costo	Tiempo
1	Eliminar óxido y aplicar lubricación	\$ 300.000	10 días
	Ajuste de tornillería y 2pintar piezas oxidadas	\$ 450.000	15 días
	Mantenimiento correctivo 3poleas y lubricación	\$450.000	7 días
	4Fabricación de piezas	\$ 600.000	10 días
	5Calibración de y ajuste de componentes	\$ 380.000	5 días
Observación:	Servicio por contratista externo		
Orden de trabajo			
Nombre del equipo:	Taladro de árbol	Ubicación:	laboratorio de ingeniería

Marca:	JET	Modelo:	16065
Intervenciones	Actividad	Costo	Tiempo
1	Eliminar óxido y aplicar lubricación	\$ 300.000	10 días
	Ajuste de tornillería y 2 pintar piezas oxidadas	\$ 450.000	15 días
Observación:	Servicio por contratista externo		
Aprobación			
Aprobación (Personal a cargo del taller):	Ing. Martha Solano		

Fuente: Elaboración del autor.

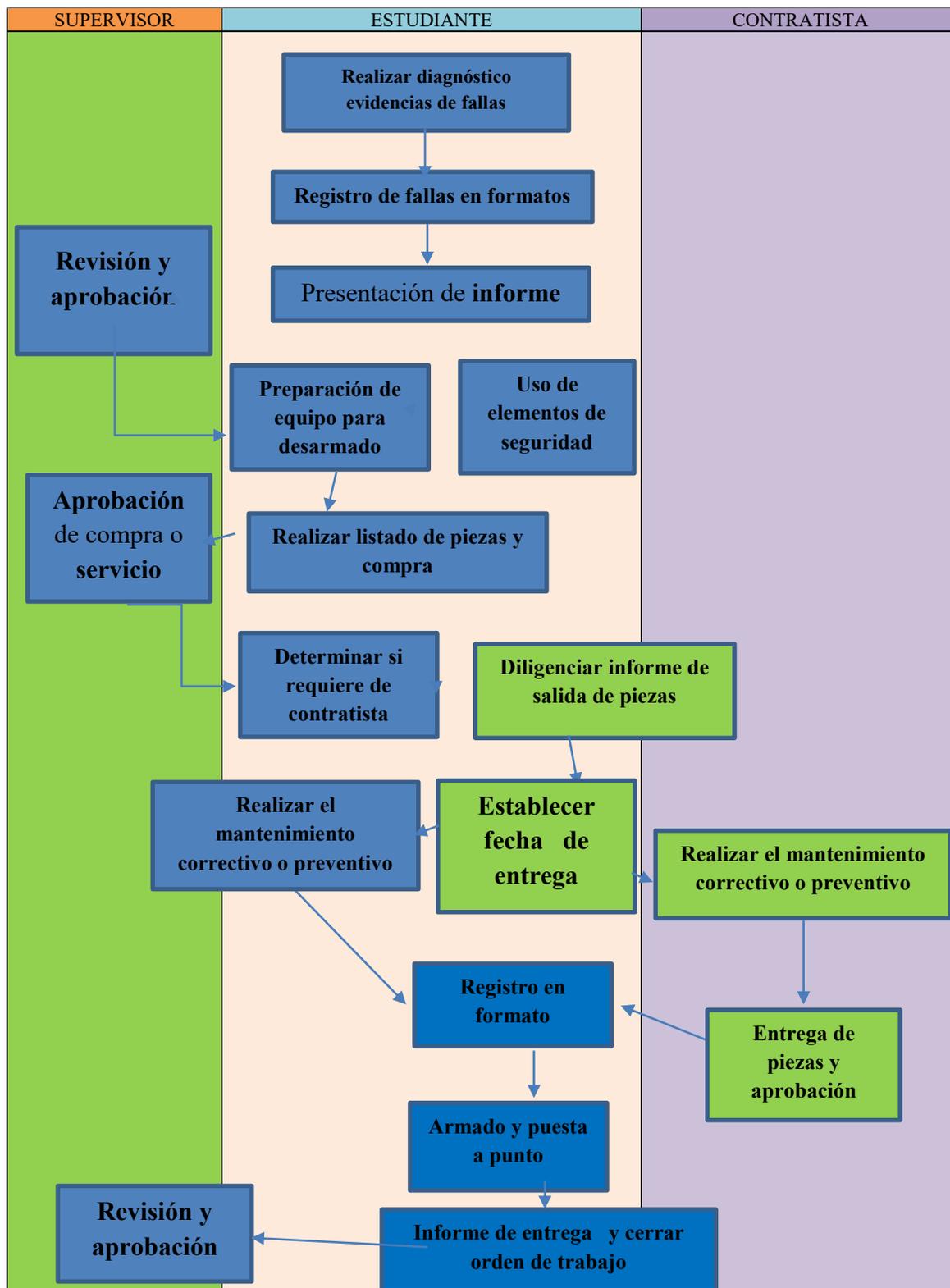
3.3.8 Funciones de los cargos en el mantenimiento preventivo

Supervisor: Persona a cargo del laboratorio donde residen los equipos existentes, el cual tiene el deber de diligenciar y aprobar las intervenciones en los equipos, a su vez es la persona que se encarga de gestionar los presupuestos para llevar a cabo los mantenimientos programados.

Estudiante: Persona con área de formación en Ing. Mecánica el cual realiza y practica lo aprendido en el uso y manejo de equipos de manufactura, además, es conocedor por su experiencia de indagar, diagnosticar, proponer y ejecutar cambios que mejoren el estado de los equipos.

Contratista: Personal externo el cual, por medio de una orden de trabajo, realiza cambios correctivos o preventivos a los equipos que están bajo la autoridad del supervisor.

Tabla 3- 12 Flujograma para ejecutar mantenimiento correctivo



Fuente: Elaboración del autor.

3.4 Matriz de mantenimiento preventivo anual

Tabla 3- 13 Matriz de mantenimiento preventivo anual

		MATRIZ DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL																							
		Fecha:		5 DE JUNIO DE 2022																					
		Versión:		V1																					
		Codigo:		MPA																					
Equipo de inspección:		Torno JET BD 920 N																							
Persona a cargo de la inspección:		Por asignar																							
Simbología usada para marcar de manera quincenal en S1 (primeros quince días del mes) y S2 (el resto de días del mes): Actividad (X).																									
Taladro de arbol JET																									
Actividad	Ene		Feb		Mar		Abril		Mayo		Jun		Jul		Agos		Sept		Oct		Nov		Dic		
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Actividades de lubricación																									
Revisión y lubricación de rodamientos	x						x					x								x					
Engrase y lubricación	x						x					x								x					
Cambio de sellos	x						x					x								x					
Actividades electricas																									
Revisión, ajuste y cambio de conexiones eléctricas	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		
Revisión de voltaje y amperaje	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		
Actividades mecanicas																									
Ajustes y alineación de partes móviles	x				x				x				x						x						
Revisión y verificación de engranes	x				x				x				x						x						
Inspección, ajuste, cambio de bandas,	x												x												
Torno BD920 N																									
Actividad	Ene		Feb		Mar		Abril		Mayo		Jun		Jul		Agos		Sept		Oct		Nov		Dic		
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Actividades de lubricación																									
Cambio de Aceite	x						x						x							x					
Revisión del nivel y fugas de aceite	x						x						x							x					
Revisión y lubricación de rodamientos	x						x						x							x					
Engrase y lubricación	x						x						x							x					
Cambio de sellos	x						x						x							x					
Actividades electricas																									
Revisión, ajuste y cambio de conexiones eléctricas	x						x						x							x					
Revisión de voltaje y amperaje	x						x						x							x					
Revisión de tarjeta electrónica	x						x						x							x					
Revisión de servo motores	x						x						x							x					
Revisión de motor eléctrico	x						x						x							x					
Revisión del estado de los cables y general	x						x						x							x					
Actividades mecanicas																									
Ajustes y alineación de partes móviles	x												x												
Revisión y verificación de engranes	x												x												
Inspección, ajuste, cambio de bandas, correas y poleas	x												x												
Limpieza o rasqueteado de bancadas	x				x								x												
Inspección visual de posibles daños	x																								
Cambio de rodamientos	x																								
Revisión y ajuste general de máquinas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Revisión y rectificación de guías	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
reciprocantes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Mantenimiento general	x																								
Limpieza superficial, áreas de trabajo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Aseo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Lavado general	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Limpieza general	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pintura	x																								
Observaciones																									
Antes de usar el equipo de tener elementos de protección(Guantes , gafas, botas ropa adecuada).																									
Aprobación (Personal a cargo del taller):																									

Fuente: Elaboración del autor.

3.5 Análisis de resultados

3.5.1 Análisis de resultados en el torno

Una de las principales fallas por la que puede afectarse el torno, es el uso indebido de equipos con operaciones de trabajo altas, ya que al realizar su trabajo sin conocer la velocidad requerida, como aparece estipulado en la caja Norton, puede alterar las correas que posee y estas deteriorarse y llegar al fallo, para ello según las recomendaciones de área tecnológica (Areatecnología, 2011), se debe tener en cuenta el material para seleccionar la herramienta de desbaste, además, puede emplearse aceros rápidos o herramientas de carburo metálico; configurando las velocidades de trabajo en el torno, evitando alteraciones sobre el mismo.

Las velocidades de trabajo en el torno pueden verse afectadas por unas poleas y correas deterioradas ocasionando que el acabado superficial sea de mala calidad (Sinpar, 2015).

Se debe emplear los formatos básicos de mantenimiento preventivo planteado en el desarrollo del proyecto (anexos) y con ello se cumpliría a las recomendaciones que hizo el investigador Ramírez en el año 2015, en donde se debe cumplir con las revisiones, apoyarse de conocer la máquina por medio de históricos, y cumplir con las actividades de engrasar, cambiar, desmontar y limpiar los componentes del torno (Ramírez, 2015a).

3.5.2 Análisis de resultados en el taladro de árbol

Similar a los resultados de la investigación de Nagles (Nagles, 2021, p. 38), el taladro de árbol presentó fallas en la columna de soporte, mesa de trabajo y el husillo, debido a la falta de lubricación, en donde se recomendó realizar limpieza, inspección visual de

partes con corrosión. Planteándose un mantenimiento anual en frecuencias quincenales, por cada mes, dos meses, cuatro meses, seis meses. Este tipo de falla por oxidación de igual forma se presentó en la investigación realizada por Villamizar y Aguilar (Villamizar & Aguilar, 2021, p. 32).

3.5.3 Recomendaciones

Se debe dar uso de los formatos establecidos, ya que de estos se ayuda a prolongar la vida útil del taladro de árbol y del torno JET BD 920 N.

Se debe realizar una revisión antes y después de operar el torno, para descartar alguna novedad en su funcionamiento, posterior a ello, si existe falla, registrar en la hoja de vida y reportar.

Para los equipos es importante realizar adecuadamente una limpieza antes de operar, y finalizando la actividad volver a limpiar, evitando la acumulación de material residual.

Para las cajas de velocidades del torno y del taladro, se recomienda no dejar pasar por alto la revisión de correas y poleas, ya que de estas depende el acabado final de las piezas.

Conclusiones

El diagnóstico realizado de los equipos torno BD -920N / taladro JET 016065 del taller de mecánica de la universidad Antonio Nariño sede Buganviles, permitió determinar que la falla común se debe a la falta de lubricación y mantenimiento preventivo en las correas de ambos equipos, ya que estas requieren de tensionado y revisión periódica ya que la ausencia de ello provoca que ambos equipos no trabajan adecuadamente.

Al analizar por medio del FMEA en los equipos torno BD -920N / taladro JET 016065, se permitió determinar los causales para luego realizar el mantenimiento correctivo de ambos equipos, permitiendo que estos se puedan usar nuevamente para la formación y aplicación en las actividades de los estudiantes para el manejo de herramientas y equipos industriales.

El mantenimiento preventivo permite conservar los equipos, principalmente evita la existencia de oxidación en las estructuras por falta de lubricación, evitando la falta de movilidad entre las piezas que están en rotación.

El uso de un registro adecuado en las hojas de vida, permite llevar el control de fallas que se presentan en los equipos, ya que de estas fallas se pueden tomar decisiones para conservar la operatividad de los equipos.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, O. A. R. (2019). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos de la institución educativa técnica industrial turmequé. 64.
- Añez, A. E. P., & González, A. J. P. (2012). Preventive maintenance for lathes convencionales in the departament of mechanical iutc. 14.
- Areatecnologia. (2011). Torno. <https://www.areatecnologia.com/herramientas/torno.html>
- Basaez, I. J. C. (2018). Propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para tornos del taller metalmecánico utfsm, sede viña del mar. 168.
- Bloch, H. P. (2017). Subject Category 18—Maintenance. En H. P. Bloch (Ed.), *Petrochemical Machinery Insights* (pp. 191-222). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809272-9.00018-9>
- Buenastareas. (2014). Fallas y Averias En Un Torno Paralelo Gratis Ensayos. <https://www.buenastareas.com/materias/fallas-y-averias-en-un-torno-paralelo/0>
- Calixto, E. (2016). Chapter 7—Reliability Management. En E. Calixto (Ed.), *Gas and Oil Reliability Engineering (Second Edition)* (pp. 665-701). Gulf Professional Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805427-7.00007-5>
- Cato, W. W., & Mobley, R. K. (2002). Chapter 2—Definition of a CMMS. En W. W. Cato & R. K. Mobley (Eds.), *Computer-Managed Maintenance Systems (Second Edition)* (pp. 13-55). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-75067473-7/50002-4>
- Corena, A. F. F., & Caldera, B. A. (2004). Diseño de programa de mantenimiento centrado en lubricación al taller torno y taller torno fresa del sena c.i.c. de cartagena. 150.

- Degenierias. (2019). Partes y accesorios del torno mecánico. <https://deingenierias.com/torno/partes-del-torno/>
- Dhgate. (2018). Compre Herramienta Plaza WM180V Titular De Alta Calidad Herramienta De Torno De Metal Soporte Del Conjunto De La Máquina Cuchillo Pequeño Carro Captador 90 Mm De Carrera De La Venta Caliente A 276.748,29 € Del Topseller1128 | Es.Dhgate.Com. <https://es.dhgate.com/product/wm180v-square-tool-holder-high-quality-metal/463729745.html>
- Dominguez, E. M. (2014). MAnnual de mantenimiento para torno convencional y fresadora cnc. 114.
- Drilly. (2022). Una guía completa para el mantenimiento y las puestas a punto de la prensa de perforación. <https://drilly.com/drill-press-maintenance-and-tuneups/>
- Filz, M.-A., Langner, J. E. B., Herrmann, C., & Thiede, S. (2021). Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning. *Computers in Industry*, 129, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103451>
- Gentles, W. M. (2020). Chapter 42—HTM best practice guidelines and standards of practice around the world. En E. Iadanza (Ed.), *Clinical Engineering Handbook (Second Edition)* (pp. 268-275). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813467-2.00042-0>
- Gonzalez, P. (s. f.). Determinacion de las causas del corto circuito del motor electrico del torno convencional azeta TMR230SUPER. Recuperado 6 de octubre de 2019, de https://www.academia.edu/19856908/Determinacion_de_las_causas_del_corto_circuito_del_motor_electrico_del_torno_convencional_azeta_tmr230super

- Haascnc. (2017). Husillo—Torno—Guía de resolución de problemas.
<https://www.haascnc.com/es/service/troubleshooting-and-how-to/troubleshooting/Lathe-Spindle-Troubleshooting-Guide.html>
- John. (2022). Cómo mantener una prensa de taladro (2022) | Inspector de herramientas.
<https://toolinspector.com/how-to-maintain-a-drill-press/>
- Ma, Z., Ren, Y., Xiang, X., & Turk, Z. (2020). Data-driven decision-making for equipment maintenance. *Automation in Construction*, 112, 103103.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103103>
- Martinez. (2016). Mantenimiento de los tornos.
<https://es.slideshare.net/Martinezdiana1996/mantenimiento-de-los-tornos>
- Metalfishing. (2008). PII: S0026-0576(08)80065-7 | Lector mejorado de Elsevier.
[https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(08\)80065-7](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(08)80065-7)
- Mishra, A. K., & Aryal, B. (2021). Operational maintenance analysis of actively utilized road construction equipments. *Materials Today: Proceedings*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.051>
- Muñoz, R. H. O., & Sibaja, J. A. (2004). Implementacion de un programa de mantenimiento preventivo en metal prest ltda. 62.
- Nagles, J. (2021). Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la empresa ingeniería mym S.A.S.
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26703/UrbanoFiguroaAnoldStevenn2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Narváez, J. (2014). Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los talleres automotriz i, ii y el laboratorio de eléctricas de la escuela de

ingeniería automotriz [2014].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3341/1/25T00228.pdf>

Noske, H. (1991). Monitoring of Gripping Force in Lathe Chucks. IFAC Proceedings Volumes, 24(6), 581-586. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)51204-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)51204-5)

Oliva, O. A. C. (2013). Desarrollo de un sistema de mantenimiento preventivo para las máquinas torno winston - torno pinacho – llenadora de resistencias – fresadora jhonford – swager o reductor, de la empresa colres ltda. 164.

Oramas, R. (2004). 0030695.pdf. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0030695.pdf>

Parmar. (2018). Precautionary Measures in Pre-Operational use of Drill Press/Pillar Drill Machine/Bench drill – ParmarDrill – Blog. <http://www.parmardrill.com/blog/2018/09/24/drill-machines-precautionary-measures/>

Pierre, H. (2018). Metodología Para Seleccionar Sistemas de Mantenimiento. <http://www.mantenimientomundial.com/notas/8metodologia.pdf>

Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study. *Procedia Manufacturing*, 51, 1423-1430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>

Qin, W., Zhuang, Z., Liu, Y., & Xu, J. (2022). Sustainable service oriented equipment maintenance management of steel enterprises using a two-stage optimization approach. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 75, 102311. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102311>

Quora. (2017). What is a pillar drill used for and how is it used? Quora. <https://www.quora.com/What-is-a-pillar-drill-used-for-and-how-is-it-used>

- Ramírez, D. (2015a). Manual de mantenimiento de torno convencional y aplicación algunos tipos de soldadura. 20.
- Ramírez, D. (2015b). Manual de mantenimiento de torno convencional y aplicación algunos tipos de soldadura. 20.
- Rishbin. (2013). Fallas comunes y análisis de tornos CNC. RISHBIN CO., LTD.
<http://es.steelslitter.com>
- Rockler. (2019). How to Maintain Your Shop Drill Press from Drive Belt to Tool Lubricant—Rockler. Rockler Woodworking and Hardware.
<https://www.rockler.com/learn/drill-press-maintenance>
- Salazar, N. E. A., & de, de M. (s. f.-a). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa construcciones reyes s.r.l. para incrementar la productividad. 224.
- Salazar, N. E. A., & de, de M. (s. f.-b). Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la empresa construcciones reyes s.r.l. para incrementar la productividad. 224.
- Saltmarsh, E. A., & Mavris, D. N. (2013). Simulating Corrective Maintenance: Aggregating Component Level Maintenance Time Uncertainty at the System Level. *Procedia Computer Science*, 16, 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.048>
- Sharma, R., Sharma, R., Prabha, Y. B., Rema Devi, S., Saxena, P., & Rajasanthosh kumar, T. (2021). Iot monitoring lathe machine performance. *Materials Today: Proceedings*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.300>

- Sharpenup. (2017). Consejos de mantenimiento de la prensa de perforación (operación segura por más tiempo)—Sharpen Up. <https://www.sharpen-up.com/drill-press-maintenance-tips-safe-operation-longer/>
- Sinpar, S. (2015). Los problemas más comunes -y sus soluciones- que pueden aparecer durante el torneado. <https://www.sinpar.com.ar/novedades/noticias/684-los-problemas-mas-comunes-y-sus-soluciones-que-pueden-aparecer-durante-el-torneado>
- Souza, R. L. C., Ghasemi, A., Saif, A., & Gharaei, A. (2022). Robust job-shop scheduling under deterministic and stochastic unavailability constraints due to preventive and corrective maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108130. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108130>
- StuDocu. (2021). LA CAJA Norton—La caja norton También conocida como caja de avances, sirve para seleccionar. StuDocu. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/procesos-de-manufactura/la-caja-norton/6525916>
- Subbarao, R., & Dey, R. (2020). Selection of Lathe Spindle Material Based on Static and Dynamic Analyses Using Finite Element Method. *Materials Today: Proceedings*, 22, 1652-1663. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.182>
- Tönshoff, H. K., & Noske, H. (1990). Machine Tool Monitoring Applied to Lathe Chucks. *CIRP Annals*, 39(1), 429-432. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)61089-0](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)61089-0)
- ToolInspector. (2022). Best Table Saw Fences. <https://toolinspector.com/how-to-maintain-a-drill-press/>

Trespalcios, G. F. G. (2012a). Elaboración de plan de mantenimiento para torno emco 220 del laboratorio de mecatronica universidad eafit. 129.

Trespalcios, G. F. G. (2012b). Elaboración de plan de mantenimiento para torno emco 220 del laboratorio de mecatronica universidad eafit. 129.

Villamizar, M. P. N., & Aguilar, Z. C. G. (2021). Diseño del plan de mantenimiento preventivo de los equipos del laboratorio de procesos industriales de la facultad de ingeniería industrial de las Unidades Tecnológicas de Santander. 1, 64.

Wellquem. (2022). Relax - aerosol. wellquem de Colombia.
<https://wellquem.com/producto/relax-aerosol/>

Anexos

Anexo 01. Formato de mantenimiento correctivo

	FORMATO MANTENIMIENTO CORRECTIVO				
	Equipo:				
Fecha:					
		Numero de hoja:			
Programa académico:					
Estudiante (S) a cargo:					
Codigo del estudiante:					
Supervizado por:					
Técnico a cargo:				Celular:	
1. Seleccione con una "x" el mantenimiento correctivo realizado:					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación ()	Estructura ()
2. Soporte fotográfico					
Colocar evidencia fotográfica de antes de reparar, evidenciando la falla y la fotografía de reparación:					
3. Aprobación					
Firma estudiante			Firma de aprobación por supervisor a cargo		

Anexo 02. Formato registro de falla

	FORMATO REGISTRO DE FALLA				
	Equipo:				
	Fecha:				
	Numero de hoja:				
Programa académico:					
Estudiante (S) a cargo:					
Código del estudiante:					
Supervisado por:					
El formato es continuidad de registro falla (Seleccione con una "x"):				Si ()	No()
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()
2. Descripción de la falla.					
Describa la falla:					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Numero de hoja):					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()
2. Descripción de la falla.					
Describa la falla:					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Numero de hoja):					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()
2. Descripción de la falla.					
Describa la falla:					
Evidencia fotográfica anexo hoja N.º (Numero de hoja):					

Anexo 03. Registro de falla

		ANEXO REGISTRO DE FALLA			
		Equipo:			
		Fecha:			
		Numero de anexo:			
Programa académico:					
Estudiante (S) a cargo:					
Código del (los) estudiante:					
Supervisado por:					
1. Seleccione con una "x" la falla encontrada:					
Registro de falla	Eléctrico ()	Electrónico ()	Mecánico ()	Lubricación()	Estructura ()
2. Descripción a detalle de la falla con soporte fotográfico.					
Agregue fotografías desde el inicio de la falla hasta donde termine la falla:					
Descripción de la falla:					