

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA
METALMECÁNICA INDUMETALSA S.A.S.**

BRAYAM STIVEN SANTANA ROJAS

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Orientador

**EDGAR ARTURO CHALA
Ingeniero Mecánico**

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA EN INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ing. Edgar Arturo Chala Bustamante
Firma Director de tesis

Ing.
Firma presidente del jurado

Ing. Oscar Chamarravi
Firma del Jurado

Ing. Firma del Jurado

Bogotá D.C., febrero de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GARZÓN

Vicerrector Administrativo Y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUÍS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana de la Facultad de Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Dra. MARÍA ANGÉLICA ACOSTA PÉREZ

DEDICATORIA

Este logro está dedicado a mis padres les agradezco demasiado todo su apoyo y motivación incondicional en esta transición de mi vida, a Dios por brindarme salud y sabiduría para sobrellevar cada obstáculo, luego de estos años llenos de vivencias, aprendizaje, noches largas y días de frustración hoy veo el fruto de todo ese esfuerzo reflejado en este logro que tanto anhelaba, ser un ingeniero mecánico integral.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada persona que hizo parte de este proceso, a cada docente que compartió un poco de su conocimiento y profesionalismo a cada compañero que hizo parte de esta formación con anécdotas, días largos, algunos de frustración y otros llenos de aprendizaje.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a el autor.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	17
MARCO TEÓRICO	17
DEFINICIÓN DE LAS MÁQUINAS	20
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	23
1.1 Misión	23
1.2 Visión	23
1.3 Actividad de la empresa	23
1.4 Caracterización de los activos	24
1.5 Diagnostico actual de mantenimiento	33
2. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	35
2.1 TPM	35
2.2 RCM	35
2.3 AMEF	36
2.4 Método de selección de alternativas	37
2.4.1 <i>Criterios de evaluación para la selección de alternativa</i>	38
2.4.2 <i>Ponderación criterios de evaluación</i>	40
2.4.3 <i>Justificación ponderación de los criterios para la selección de alternativa</i>	40
2.4.4 <i>Justificación ponderación selección de alternativa</i>	42

2.5 Análisis de modo y efecto de falla	44
3 CODIFICACIÓN DE LOS ACTIVOS	46
4.FICHAS TÉCNICAS	47
5.ORDEN DE MANTENIMIENTO	48
6.ORDEN DE TRABAJO PRODUCCIÓN	49
7. HOJA DE VIDA DE LAS MÁQUINAS	50
8.ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA DE LOS ACTIVOS	51
8.1 Severidad	51
8.2Ocurrencia	52
8.3 Detección	53
8.4 Número prioritario de riesgo NPR	53
9. RESULTADOS AMEF DE LOS ACTIVOS	54
9.1 AMEF Torno paralelo 101, 102, 103	54
9.2 AMEF Fresadora universal 201,202	55
9.3 AMEF Segueta hidráulica	56
9.4 AMEF Compresor horizontal	58
10. INDICADORES DE MANTENIMIENTO	59
10.1 Disponibilidad	59
10.2 Confiabilidad	60
10.3 CFM Costo de mantenimiento en la facturación	60
11. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	61
11.1 Actividades de mantenimiento para los tornos 101,102,103	62

11.1.1 <i>Actividades diarias</i>	62
11.1.2 <i>Actividades mensuales</i>	63
11.1.3 <i>Actividades trimestrales</i>	64
11.1.4 <i>Actividades anuales</i>	66
11.2 Actividades de mantenimiento para la fresadora universal 201,202	67
11.2.1 <i>Actividades diarias</i>	67
11.2.2 <i>Actividades mensuales</i>	69
11.2.3 <i>Actividades trimestrales</i>	71
11.2.4 <i>Actividades anuales</i>	72
11.3 Actividades de mantenimiento equipo de soldadura Lincoln 256 301	74
11.4 Actividades de mantenimiento segueta hidráulica 401	74
11.5 Actividades de mantenimiento grabadora laser 501	78
11.6 Actividades de mantenimiento compresor horizontal 601	79
12. ANÁLISIS FINANCIERO	82
12.1 Costo elaboración del plan de mantenimiento	82
12.2 Presupuesto de implementación anual	84
12.3 Costo intervenciones correctivas realizadas	87
13. ANÁLISIS AMBIENTAL	98
13.1 Fuentes de riesgo	98
13.2 Posibilidad	100
13.3 Impacto	100
13.2 Medidas de control	103
14. CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Trabajos realizados por INDUMETALSA S.A.S.	24
Figura 2. Torno paralelo IMP LY 6266 L / 2000	25
Figura 3. Torno Paralelo	25
Figura 4. Torno paralelo CY-6250/1500	26
Figura 5. Fresadora universal WEIDA X63322 1.	26
Figura 6. Fresadora universal WEIDA X63322 2.	27
Figura 7. Equipo de soldadura MIG.	27
Figura 8. Compresor horizontal	28
Figura 9. Grabadora laser.	28
Figura 10. Sierra hidráulica	29
Figura 11. Limpieza Diaria	58
Figura 12. Mirillas de aceite caja de velocidades.	58
Figura 13. Bandejas inferiores torno	59
Figura 14. Partes que ayudan al movimiento del carro	60
Figura 15. Punto torno 103	60
Figura 16. Correas torno	62
Figura 17. Mantenimiento cajas de velocidades	63
Figura 18. Cajas de velocidades fresadora.	64
Figura 19. Mesa de trabajo fresadora	65
Figura 20. Bomba mecánica de lubricación	65

Figura 21. Guías de desplazamiento eje Z	66
Figura 22. Tanque de refrigeración	67
Figura 23. Manifold de lubricación	67
Figura 24. Caja de velocidades fresadora	68
Figura 25. Tanque de refrigeración	70
Figura 26. Componentes de la segueta hidráulica	71
Figura 27. Hoja de segueta y polea de tensión	72
Figura 28. Cilindro Hidráulico brazo segueta	72
Figura 29. Partes Para Limpiar	73
Figura 30. Válvula Bypass	74
Figura 31. Cabezal de compresión	75
Figura 32. Ubicación filtros de aire del cabezal	76
Figura 33. Cambio de aceite cabezal	76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ponderación de criterios	40
Tabla 2. Criterios selección de alternativa	40
Tabla 3. Asignación de ponderación lineal	41
Tabla 4. Ponderación selección de la alternativa de mantenimiento	42
Tabla 5. Criterio de Severidad	52
Tabla 6. Criterio de Ocurrencia	52
Tabla 7. Criterio de Detección	53
Tabla 8. NPR para los Tornos paralelos 101/102/103	55
Tabla 9. NPR Para la fresadora universal 201 – 202	56
Tabla 10. NPR para la Segueta hidráulica	57
Tabla 11. NPR Compresor horizontal 601	58
Tabla 12. Presupuesto elaboración plan de mantenimiento	82
Tabla 13. Costos insumos mantenimiento anual	84
Tabla 14. Elementos varios requeridos para la limpieza y lubricación	85
Tabla 15. Costos mano de obra actividades de mantenimiento anual	85
Tabla 16. Costos de procesos externos	86
Tabla 17. Costo total de mantenimiento anual	87
Tabla 18. Tarifas hora de mecanizado INDUMETALSA S.A.S	88
Tabla 19. Sueldos básicos operarios INDUMETALSA S.A.S	88
Tabla 20. Costos de reparación	89
Tabla 21. Costos de insumos y proceso externo	89
Tabla 22. Costos interrupción de producción	90
Tabla 23. Costos totales de reparación	90
Tabla 24. Costos de reparación	91
Tabla 25. Costos de insumos	91

Tabla 26. Paro de producción	92
Tabla 27. Costos totales de la reparación	92
Tabla 28. Costos de reparación segueta hidráulica	93
Tabla 29. Insumos y repuestos requeridos para la intervención	93
Tabla 30. Paro de producción y costo total de reparación	93
Tabla 31. Costos de reparación torno paralelo 102	94
Tabla 32. Repuestos para la intervención del torno 102	94
Tabla 33. Paro de producción y costo total de reparación torno 102	95
Tabla 34. Costo global intervenciones correctivas	95
Tabla 35. Producción anual por máquina	96
Tabla 36. Fuentes de riesgo	99
Tabla 37. Indicador posibilidad	100
Tabla 38. Indicador impacto	100
Tabla 39. Análisis de riesgos ambientales	101
Tabla 40. Matriz de riesgo ambiental	102
Tabla 41. Medidas de control ambiental	103

RESUMEN

Este documento presenta como objetivo principal la elaboración de un plan de mantenimiento para los activos de la empresa metalmecánica INDUMETALSA S.A.S., la cual a la fecha no cuenta con un plan establecido y se intervienen las maquinas solo cuando quedan inhabilitadas para su operación lo cual conlleva tener sobrecostos debido a los tiempos de inactividad tanto de la máquina como de su operario además de los altos costos de reparación al llevar a cabo netamente mantenimiento correctivo, lo que implica baja confiabilidad y reducción de la producción ya que dichas reparaciones han interrumpido las actividades hasta más de 5 días generando pérdidas considerables. Esta empresa se dedica al mantenimiento industrial, la fabricación de moldes de extrusión y mecanizados especiales para lo cual es indispensable contar con la disponibilidad las maquinas ya que estas actividades de mantenimiento y fabricaciones se deben realizar y entregar en tiempos determinados. Por lo cual, este documento se ocupa de mostrar en detalle un análisis de los activos de la compañía que mediante visitas en las instalaciones se procedió a dar un diagnóstico de las máquinas, así mismo caracterizar cada una de ellas haciendo una análisis de las partes importantes que afectan la operación de las mismas, posteriormente se realizó una evaluación entre las estrategias de mantenimiento TPM, RCM y AMEF para determinar cuál de ellas se adapta a las necesidades y los activos de la empresa con esta evaluación se concluyó que el análisis de modo y efecto de falla es la estrategia adecuada para la empresa ya que la estructura del AMEF permitirá concentrar la información referente a los modos, los efectos, las causas de las fallas y establecer las actividades de mantenimiento entre otros componentes que comprenden el plan. Finalmente darle solución al problema de improductividad y sobrecostos por concepto de reparaciones elaborando este plan de mantenimiento que permitirá aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos de INDUMETALSA S.A.S.

Palabras Clave: Mantenimiento, alternativas de mantenimiento, maquinas herramientas.

INTRODUCCIÓN

INDUMETALSA S. A. S es una empresa que ofrece el servicio de mantenimiento para el sector productor de tubería y accesorios de PVC, fabricación de moldes de extrusión de plástico y mecanizados especiales, dentro de estos procesos se ven inmersas las máquinas herramientas para realizar el proceso de mecanizado para dicho proceso poseen fresadoras universales, tornos paralelos y demás máquinas para complementar los procesos para ellos cuentan con segueta hidráulica, equipo de soldadura MIG, un compresor de 200 lb y una marcadora laser.

Estas máquinas se encuentran activas 6 días a la semana en turnos de 8 horas al día, en unos casos específicos se han presentado fallas que implican reparaciones las cuales han dejado inhabilitada unas de ellas, ocasionando retrasos en los procesos, demoras en las entregas hacia sus clientes y sobrecostos en las reparaciones además de versen afectadas las actividades de los operarios, por otro lado la improductividad ya que han llegado a pasar hasta una semana con la máquina en reparación generando pérdidas considerables para la empresa debido a la ausencia de un plan de mantenimiento con la finalidad de velar por el óptimo funcionamiento, disponibilidad y confiabilidad de las máquinas.

Con lo anterior este proyecto tiene como objetivo fomentar la cultura de mantenimiento además de ser un aliado estratégico para la empresa para reducir esos paros inesperados de las máquinas para tener el control sobre las mismas con el fin de cumplir las actividades específicas programadas para cada una de las maquinas obteniendo como resultado una reducción de los costos de reparación, eliminando la improductividad para así obtener un beneficio para la empresa ya que contara con una mayor disponibilidad y confiabilidad de sus activos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un plan de mantenimiento para la empresa metalmecánica INDUMETALSA S.A.S.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los activos, su funcionamiento, los sistemas y partes críticas.
- Diagnosticar las rutinas de mantenimiento existentes en la empresa y a partir de esto seleccionar el plan de mantenimiento más adecuado para cada activo.
- Elaborar el plan de mantenimiento en función al diagnóstico realizado.
- Realizar un análisis de costos financieros y ambientales del plan de mantenimiento para los activos.

Marco Teórico

Reparar una máquina hasta el punto de restaurarla mediante actividades planeadas de reparación además de velar por mantenerla en óptimas condiciones y garantizar su adecuado funcionamiento es un punto clave importante, por medio de estas actividades se busca extender la vida útil de la máquina y evitar retrasos en los procesos de mecanizado, pérdidas de producción además de los sobrecostos, aplicar estas actividades planeadas es llevar a cabo un plan de mantenimiento cada máquina debe poseer uno debidamente elaborado para su funcionamiento, se puede aplicar diferentes estrategias para predecir fallas e intervenir las máquinas, dichas estrategias van de acuerdo a las condiciones de operación de las maquinas debido a esto debe ser específico para cada una.[3]

En esta sección se definirán la fundamentación teórica necesaria para comprender el desarrollo de este plan de mantenimiento, en primera parte se comenzará con el termino de mantenimiento que Lourival Tavares en su libro estipula que el mantenimiento se le atribuyen responsabilidades como reducir los tiempos de inactividad de los equipos que afectan la operación además de hacer las reparaciones en tiempo oportuno, de los daños que reducen el potencial de ejecución de los servicios y garantizar el funcionamiento de las máquinas de manera que los productos o servicios

satisfagan criterios establecidos por el control de la calidad y estándares preestablecidos.[4]. Por otro lado, es necesario entrar a discutir sobre los tipos de mantenimiento que hay como lo son el Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo cada uno de ellos tiene sus diferencias y beneficios en el predictivo por ejemplo consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes o componentes de la máquina susceptibles de deterioro, pudiendo con ello anticiparse a la falla de la máquina. [5]. Cuando se habla de mantenimiento predictivo en máquinas se trata de realizar de manera periódica inspecciones a las mismas, verificando el correcto funcionamiento de las piezas y partes, revisar la seguridad e integridad de los componentes, calibrar, limpiar y lubricar los componentes de las máquinas. [6]. En cambio, el mantenimiento correctivo está enfocado en corregir las fallas encontradas en las maquinas localizándolas y reparándolas. Este tipo de mantenimiento no es planificado, y solo se lleva a cabo a partir del reporte del operario o el personal que realiza el mantenimiento programado, este tipo de mantenimiento es más costoso que el mantenimiento preventivo, debido a las limitaciones de tiempo obligan a tomar decisiones con poca planeación. [7].

Otro aspecto importante son los indicadores de mantenimiento ya que esto nos ayuda a dimensionar con datos numéricos la gestión del mantenimiento que se está dando a una máquina, en relación a estos se puede tomar decisiones con respecto al plan de mantenimiento aplicado. para empezar, se hablará de disponibilidad que se puede definir como el porcentaje de un tiempo determinado en el cual la máquina está disponible para realizar cualquier tarea y para consolidar este indicador se tiene en cuenta datos de tiempo de operación, tiempo de reparación y números de fallas para tener una disponibilidad alta, esto obliga reducir al máximo el número de paradas de la máquina para tener como resultado una operación exitosa, económica y rentable. [8]. Por otro lado, tenemos el concepto de confiabilidad que se refiere a la probabilidad de que una máquina opere bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado, este indicador estudia las fallas de una máquina cuando se tiene una máquina sin fallas quiere decir que es 100% confiable, a partir de este análisis se pueden determinar información de la máquina en cuanto a probabilidad de falla, tiempo promedio para fallar y la etapa de la vida útil en la que se encuentra la máquina.[9]. El siguiente indicador que se debe resaltar es la mantenibilidad que nos habla sobre la probabilidad

de reparar una máquina en un tiempo determinado después de haber ocurrido una falla es decir que una máquina es mantenible si al ocurrir una falla proceder con su reparación es sencillo y requiere de poco tiempo para restaurar la máquina para continuar con su operación que es lo más importante para una empresa interrumpir lo menos posible el proceso de producción. [10]. Por eso un plan de mantenimiento correctamente aplicado trae con el beneficio no solo para las maquinas sino también para la empresa, pues con este plan se evitan pérdidas económicas por reparaciones de las máquinas y se alivian los paros operacionales que afectan la productividad de la empresa Las actividades de mantenimiento deben estar orientadas a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de los activos de la empresa y a eliminar sus disfuncionamientos que, aunque algunos sean sencillos de reparar distorsionan la continuidad del proceso productivo y la calidad de las piezas fabricadas. La confiabilidad y disponibilidad constituyen dos índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento, pero para que el mismo sea calificado como un mantenimiento eficiente es preciso que los costos involucrados sean lo más reducidos posibles.

[11].

La técnica de mantenimiento RCM que significa mantenimiento centrado de la confiabilidad es una técnica muy completa ya que llega a abarcar el óptimo funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibles fallas y desarrolla estrategias para prevenirlas ya sean fallas de fábrica del equipo o por otro lado error humano en el proceso de esta técnica el RCM incita a responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Que ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Esta técnica es integral ya que se cuestiona cada una de las fallas determinando su causa e impacto operacional y las consecuencias que repercuten, es una guía oportuna para la elaboración de un plan de mantenimiento adecuándolo a las necesidades de la empresa. [12]. Otra técnica de mantenimiento muy conocida es la TPM por sus siglas en inglés que hacen referencia al mantenimiento productivo total es una metodología de mejora ya que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos prevista de la operación de los mismos mediante la aplicación de conceptos como prevenir paros en la producción, cero defectos y cero accidentes además de integrar la participación total de las personas de la empresa tanto del grupo de mantenimiento y administrativo como el operario de la máquina para llevar a cabo las actividades de mantenimiento, el objetivo del TPM es consolidar una cultura interna de mantenimiento en la empresa en la cual todos hagan parte del mismo y promover las condiciones de mejora de los equipos, prevención de las fallas para lograr la eficacia total.[13]. De acuerdo a los tipos, técnicas e indicadores de mantenimiento se puede analizar las condiciones actuales de la empresa metalmecánica INDUMETALSA S.A.S. haciendo énfasis en sus activos y su funcionamiento para recopilar esta información e ir indagando que tipo de alternativa de mantenimiento se ajusta más a los activos de empresa con el fin de consolidar el plan de mantenimiento específico para las máquinas de la empresa velando por su óptimo funcionamiento aumentando la confiabilidad y disponibilidad que son indicadores importantes para cuestionar la eficacia de cada una de las máquinas que componen el proceso de producción de piezas y repuestos específicos de los clientes.

Entrando un poco en contexto dentro de los procesos de fabricación mecánica de piezas, el mecanizado es uno de los procedimientos más utilizados, que permite fabricar piezas con una forma, dimensiones y acabados superficiales de acuerdo con las necesidades de fabricación. El tipo de mecanizado usado en la empresa INDUMETALSA S.A.S. se basa en el desprendimiento de virutas que consiste en eliminación de material empleando para esto una herramienta de corte y a partir de una pieza de materia prima inicial, con el fin de obtener una pieza final con una forma, tamaño y material específico. [14].

Definición de las máquinas:

Torno Paralelo:

El torno paralelo convencional es una de las maquinas herramientas más antiguas, gracias a estos se han podido fabricar piezas como el cilindro de la máquina de vapor que data del siglo XVIII, en esta máquina la pieza a mecanizar se monta en la copa donde su posición es fija, gracias a un conjunto de componentes como el motor y la caja de velocidades estos permiten el movimiento rotacional de la copa el cual se transmite a la pieza, de esta manera en la torre se montan diferentes herramientas de corte, barras, buriles, porta insertos, etc., Al aproximar este carro a la pieza se llevara a cabo el proceso de desprendimiento de viruta dándole así la forma deseada a la pieza. [15].

Fresadora Universal:

La Fresadora universal es una máquina herramienta de varios propósitos cuenta con dos husillos uno vertical y uno transversal en estos se pueden montar diferentes herramientas de corte como fresas, brocas, escariadores, etc., y poseen una mesa de trabajo horizontal en donde se fijará la pieza a mecanizar aproximando la herramienta de corte hacia la misma se empezará a remover material en forma de viruta para obtener una forma deseada ya sea una perforación o rectificar una pieza. [15].

Equipo de soldadura MIG:

Es un dispositivo para el proceso de soldar de unir dos materiales para este fin el quipo MIG realiza un soldeo por fusión por arco que utiliza un alambre macizo como un electrodo, en el cual el arco y el baño de soldadura se protegen de la atmosfera gracias a una mezcla de gas suministrada externamente es uno de los procesos más utilizados debido a su alta productividad, permitiendo tener una velocidad de soldadura alta y buenos acabados. [16].

Sierra Hidráulica:

La sierra hidráulica es un dispositivo usado para el corte de material esta dispone un motor que transmite movimiento rotacional a la hoja de corte, esta a su vez se encuentra soportada a un brazo hidráulico que permite la graduación del descenso de la hoja es decir la velocidad de corte y posee una prensa a la cual se dejara fija la materia prima a dosificar ya sea de sección redonda, rectangular o cuadrada.

Grabadora Laser

El grabado laser es un proceso de fabricación por sustracción de material utilizando un haz laser para modificar la superficie de un objeto, se utiliza principalmente para la creación de imágenes, códigos de barras, códigos QR y demás aplicaciones, para lograr esto el haz de luz láser genera una

alta temperatura pasa así sustraer material y crear poco a poco la figura final, es capaz de trabajar sobre cualquier material ya sea ferroso o no.

Compresor Horizontal

Un compresor a grandes rasgos es una máquina diseñada para aumentar la presión del aire por medio de la compresión existen diferentes tipos que manejan un mecanismo diferente para dicha compresión y posee varias aplicaciones industriales para redes neumáticas, herramientas y diversas aplicaciones lo referente a horizontal es la disposición del tanque de almacenamiento ya que hay verticales y horizontales. [17].

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Misión

Somos una compañía dedicada al mantenimiento en los diferentes sectores industriales, ofrecemos el servicio de fabricación de moldes de extrusión y todo lo relacionado con mecanizados especiales, trabajamos con materia prima de la más alta calidad certificada, contamos con personal capacitado con gran experiencia en el campo lo que nos permite garantizar los mejores resultados con la finalidad de satisfacer las necesidades de nuestros clientes y convertirnos en un aliado estratégico para los mismos.

1.2 Visión

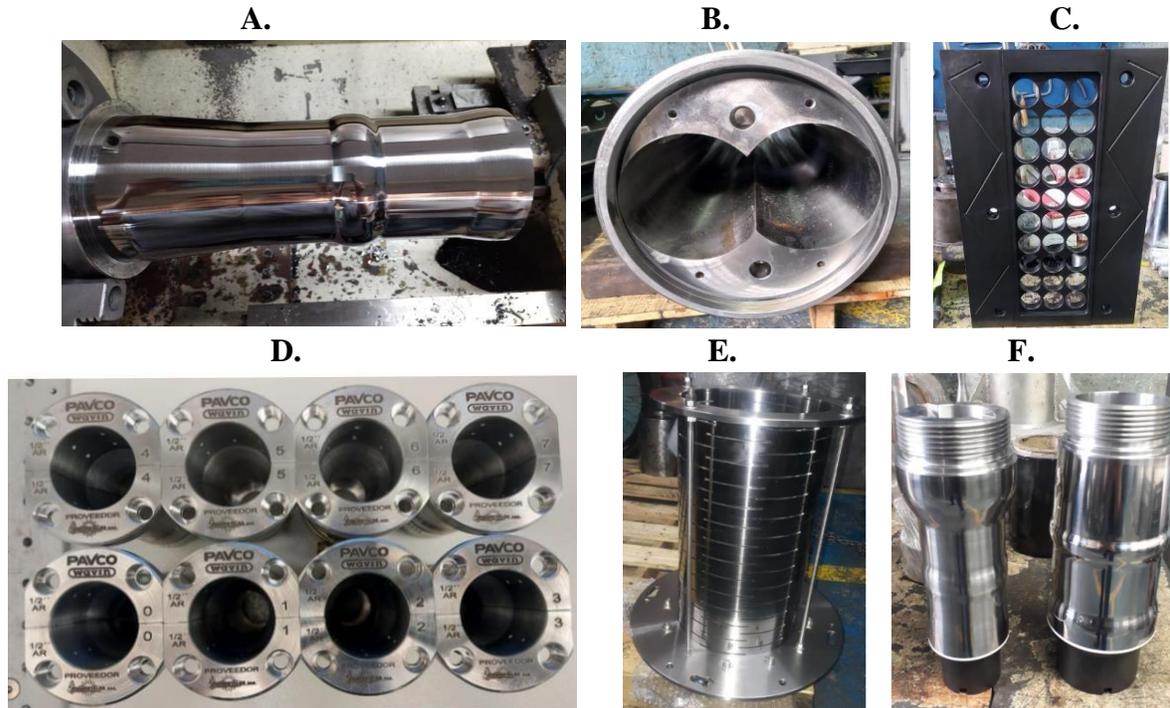
Para el año 2023 estar consolidados tanto en rentabilidad como en posicionamiento en la industria, obteniendo reconocimiento por nuestro gran compromiso, empeño y calidad con cada proyecto propuesto además de convertirnos en un aliado estratégico para nuestros clientes por otro lado aumentar nuestra infraestructura con la finalidad de aumentar nuestra capacidad productiva para garantizar la estabilidad en el mercado, ofreciendo los más altos estándares de calidad en nuestros productos.

1.3 Actividad

En INDUMETALSA se realiza mantenimiento a la maquinaria productora de accesorios y tubería PVC como pueden ser molinos, inyectoras, etiquetadoras, rectificado fabricación de moldes completos de diversas dimensiones y formas a su vez se fabrican repuestos requeridos por los clientes como lo son ejes, mandriles, pinolas, piñones, acoples, vástagos, émbolos, camisas de cilindros, placas, dispositivos especiales, bujes, tornillería especial, etc. por otro lado INDUMETALSA cuenta con proveedores de materiales certificados garantizando así la calidad del producto final ya que deben cumplir los estándares de los clientes. A continuación, se expondrán algunos de los trabajos realizados por parte de la empresa.

Figura. 1

Trabajos realizados por INDUMETALSA S.A.S.



Nota. La figura está mostrando: A. Mandril de 10" Biaxial fabricado para Pavco. B. Alesado de cavidad en barril C. Fabricación placa corrugador para la empresa Gerfor. D. Fabricación y grabado laser Clamps 3/4" AR. E. Manga calibradora de vacío de 8" fabricada para Pavco. F. Pinolas de 4" y 6" Biaxial fabricado para Pavco. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

1.4 Caracterización de los activos

La empresa INDUMETALSA S.A.S., cuenta en sus instalaciones con máquinas herramientas para los procesos de mecanizado para lo mencionado poseen tres tornos paralelos que varían en su capacidad de volteo y longitud entre en estos tornos se realizan diversas operaciones como refrentar, cilindrar, taladrar, roscar entre otras, por otro lado, están las fresadoras universales cuyas funciones son alesar, rectificar, taladrar y demás operaciones, para complementar sus procesos cuentan con un equipo de soldadura MIG, seguetea hidráulica, para su red neumática poseen un compresor con una capacidad de 200 Lb. Y cuentan con una marcadora laser para cualquier tipo de material con el fin de tener clasificadas las piezas fabricadas para que los clientes tengan el debido control a continuación se podrá apreciar los activos en las instalaciones de la empresa.

Figura. 2

Torno paralelo IMP LY 6266 L / 2000



Nota. El torno paralelo IMP. LY/2000, tiene como características principales un volteo sobre bancada para piezas de hasta 600 mm de diámetro y sin escote tiene la capacidad para de 780 mm máximo esto permitirá mecanizar piezas de una variedad amplia de diámetros y posee una longitud entre puntos de 2000 mm. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 3

Torno Paralelo 102



Nota. El torno paralelo 2, tiene como características principales volteo sobre bancada para piezas de hasta 500 mm de diámetro y sin escote tiene una capacidad para maquinar piezas de hasta 600 mm máximo y posee longitud entre puntos máxima para piezas de hasta 1500 mm de largas. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 4

Torno paralelo CY-6250/1500



Nota. El torno paralelo CY-6250/1500 tiene como características principales un volteo sobre bancada que permite el montaje para piezas de hasta 600 mm de diámetro y sin escote tiene la capacidad para piezas de 700 mm máximo esto permitirá mecanizar piezas de una variedad amplia de diámetros y posee una longitud entre puntos máxima de 1500 mm. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 5

Fresadora universal WEIDA X63322 1



Nota. La fresadora universal 1 WEIDA X63322 tiene como características principales una mesa de trabajo de 1000 mm por 400 mm, una variedad de velocidades de trabajo del husillo que oscilan entre 118 – 2400 rpm y una capacidad de carga de 500 kg se pueden maquinar piezas de diferentes tamaños sin ningún problema. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 6

Fresadora universal WEIDA X63322 2



Nota. Posee las mismas características de la anterior, solo cambia el modelo y la ubicación de las palancas que permite manipular la mesa de trabajo. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 7
Equipo de soldadura MIG.



Nota. Equipo de soldadura MIG Lincoln de 256 Amperios, tiene un proceso muy interesante se basa en el arco eléctrico entre un electrodo metálico continuo en forma de alambre y la pieza de trabajo y lo que protege el arco es el gas que se ve detrás del equipo que es una mezcla de CO₂ este protege el metal líquido del ambiente. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 8

Compresor horizontal



Nota. Este es un compresor eléctrico horizontal de doble cabezal de una capacidad de 200 libras del cual se disponen 6 salidas una independiente para cada máquina usadas para el mecanizado que son 5 y una hacia el banco de trabajo. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 9
Grabadora laser.



Nota. Grabadora laser de materiales ferrosos y no ferrosos de fácil manipulación y programación con excelentes acabados en los diferentes materiales gran legibilidad en nomenclatura de fuentes de diversos tamaños o grabar hasta códigos QR actualmente muy utilizados. Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

Figura. 10
Sierra hidráulica



Nota. Sierra hidráulica eléctrica está máquina se encuentra en la empresa para el corte de distintos materiales ferrosos y no ferrosos para diámetros de hasta 12". Tomado de: INDUMETALSA S.A.S.

1.5 Diagnóstico actual de mantenimiento

Actualmente la empresa INDUMETALSA S.A.S. implementa actividades de limpieza y lubricación, se tienen unas a diario que se basan en la recolección de los residuos del mecanizado más conocido como viruta, depositando estos en una caneca metálica, se deja sin rastros de viruta la superficie de las maquinas así mismo se lubrica las bancadas y guías de las mismas con el fin de evitar una corrosión y disminuir la fricción, además de prevenir el desgaste prematuro de las partes móviles, el aceite usado para estos fines es ISO 32 y para las cajas de velocidades se usa el ISO 68 recomendado por el fabricante, se realiza su cambio por encima de un año de uso, por otro lado se intervienen las maquinas únicamente cuando quedan inhabilitadas para sus funciones es decir que se lleva a cabo mantenimiento netamente correctivo y para estas se tienen algunos registros de las intervenciones soportado con órdenes de trabajo internas las mismas que se utilizan para los procesos de producción mas no se cuenta con una orden de mantenimiento específica y no se cuenta con la hoja de vida para los activos así mismo se cuenta con la información necesaria para la

estructuración de las fichas técnicas de las máquinas pero hay ausencia de las mismas. INDUMETALSA S.A.S carece de actividades programadas es decir que no hay existencia de mantenimiento predictivo ni preventivo ya que como antes se mencionó en la empresa solo se implementa mantenimiento correctivo en este orden de ideas se generaliza el estado de los activos ya que para todos es inexistente algún tipo de mantenimiento de manera que continuación se hará un listado de criterios importantes de los cuales la empresa carece a nivel de mantenimiento con el fin de determinar el punto de partida y lo que se busca con la elaboración del presente plan de mantenimiento.

- Codificación de los activos.
- Fichas técnicas.
- Orden de mantenimiento.
- Actividades programadas de mantenimiento.
- Seguimiento de las intervenciones realizadas.

2. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO

2.1 TPM

TPM por sus siglas en ingles que hacen referencia al mantenimiento productivo total es una metodología de mejora ya que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos prevista de la operación de los mismos mediante la aplicación de conceptos como prevenir paros en la producción, cero defectos y cero accidentes además de integrar la participación total de las personas de la empresa tanto del grupo de mantenimiento y administrativo como el operario de la máquina para llevar a cabo las actividades de mantenimiento, el objetivo del TPM es consolidar una cultura interna de mantenimiento en la empresa en la cual todos hagan parte del mismo y promover las condiciones de mejora de los equipos, prevención de las fallas para lograr la eficacia total.[13].

Ventajas del TPM

- Mayor eficiencia
- Más ganancias
- Integración del personal
- Entorno más seguro
- Personal capacitado

Desventajas del TPM

- Resistencia el cambio
- Implementación abrumadora

2.2 RCM

La técnica de mantenimiento RCM que significa mantenimiento centrado de la confiabilidad es una técnica muy completa ya que llega a abarcar el óptimo funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibles fallas y desarrolla estrategias para prevenirlas ya sean fallas de fábrica del equipo o por otro lado error humano en el proceso de esta técnica el RCM incita a responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Que ocasiona cada falla funcional?

- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Esta técnica es integral ya que se cuestiona cada una de las fallas determinando su causa e impacto operacional y las consecuencias que repercuten, es una guía oportuna para la elaboración de un plan de mantenimiento adecuándolo a las necesidades de la empresa. [12].

Ventajas del RCM

- Mejora la disponibilidad de los equipos y sistemas.
- Optimiza la relación costo-confiabilidad.
- Construye conocimiento en la empresa.
- Mejora en la relación producción-mantenimiento.
- Identificación de oportunidades de mejora.

Desventajas del RCM

- Requiere de personal técnico especializado para realizar el análisis de la instalación o el equipo.
- Requiere de tiempo y dedicación, su implementación puede tardar varios meses por encima en referencia a otra técnica.
- Gran inversión inicial con recuperación a largo plazo. [12].

2.3 AMEF

Este tipo de mantenimiento se basa en el análisis de modo y efecto de falla el proceso efectuado por este plan, es de la mayor recolección de información, datos, registros, etc.; que ayuda al análisis de los modos de falla que pueda tener un equipo, un proceso y así mismo crear estrategias y tareas metódicas para actuar sobre dichos problemas presentados y mejorar la vida útil de lo previamente analizado. Este plan se centra sobre los equipos más críticos de un proceso dando priorización a este último con tareas programadas, donde una empresa con departamento de mantenimiento vera favorable que tener este tipo de análisis, será de lo más ventajoso y cada vez más desarrollado con cada uno de los equipos presentes en el proceso de producción llegando a un plan de mantenimiento basado en AMEF bien aplicado. Las ventajas presentes en un AMEF se deben a su facilidad de crear paso a paso la recolección de información por medio de operarios y especialistas en el campo

utilizando herramientas de control puntuación, identificación de fallas con valores, que después de determinar acciones, se reevalúan mirando el nuevo impacto que puedan tener después de una intervención.

Ventajas del AMEF

- Identificar las posibles fallas de la máquina.
- Conocer a fondo el funcionamiento de la máquina.
- Identificar las causas de las fallas.
- Aumentar la disponibilidad de la máquina.
- Reduce los costos de mantenimiento.
- Requiere de una baja inversión inicial.

Desventajas del AMEF

- Está limitado por la experiencia previa del grupo encargado de desarrollar el análisis.
- Se pueden generar errores en el cálculo de NPR dándole importancia a una falla menos potencial que otra.

2.4 Método de selección de alternativas

Para la correcta selección de la alternativa de mantenimiento que más se ajusta a la empresa, se usara el método estadístico Scoring este se basa en un análisis para la selección de soluciones viables o requerimiento de clasificación en términos de importancia para el desarrollo de proyectos o problemas. [8]. Este método será implementado teniendo en cuenta los requerimientos expuestos a continuación para la elaboración del plan de mantenimiento con el fin de seleccionar la alternativa más viable con el fin de satisfacer dichos requerimientos:

- Requisitos de la implementación
- Beneficio de la implementación
- Gestión de la información
- Seguridad

El método Scoring se basa en la asignación de ponderaciones a cada una de las alternativas con respecto a los requerimientos expuestos determinando de este modo la mejor alternativa basado en el modelo matemático de la ecuación 1 mostrado a continuación [8].

$$S_j = \sum_i W_i R_{ij} \quad (1)$$

Donde:

R_{ij} = Rating de la alternativa j en función del criterio i.

W_i =Ponderación para cada criterio.

S_j = Score para alternativa J

Para desarrollar el modelo matemático que propone este método, se debe tener en cuenta, que este pretende identificar, cuál de las alternativas de mantenimiento anteriormente expuestas se acopla mejor a los requerimientos para la elaboración del plan de mantenimiento más adecuado para los activos de INDUMETALSA S.A.S.

2.4.1 Criterios de evaluación para la selección de alternativa

Para una adecuada selección del tipo de plan de mantenimiento para la empresa INDUMETALSA S.A.S. se establecen estos criterios que se analizarán y evaluarán por cada plan de mantenimiento anteriormente mencionado, con el fin de seleccionar el que más se ajuste a las especificaciones de operación y producción de la empresa.

Requisitos de la implementación

Ya que INDUMETALSA S.A.S posee menos de 20 máquinas es necesario indagar cuál de los tipos de mantenimiento anteriormente expuestos se puede establecer abarcando todos los activos y en un menor tiempo partiendo de que no hay un plan establecido verificar cuál de estos permite elaborar el mismo desde ceros con una baja inversión y logística con el fin de que sea factible para la empresa implementarlo adecuándolo a su infraestructura actual y contando con sus operarios para las actividades de mantenimiento.

Beneficio de la implementación

Lo buscado con este plan de mantenimiento es que su implementación sea a un bajo costo y con buenos resultados que sean medibles por ende cada tipo de mantenimiento requiere inversiones de diferentes magnitudes teniendo en cuenta los activos de la empresa hay que analizar cuál de estas alternativas requieren menos inversión sin dejar de lado la importancia de los resultados que busca INDUMETALSA S.A.S. tanto a nivel de operación como la reducción de los paros inesperados que se han presentado además que exista la metodología para poder medir indicadores como la

disponibilidad y confiabilidad que son criterios importantes para la empresa además que se busca que los resultados sean a corto plazo por eso es importante estipular cual en el tipo de mantenimiento que más se ajusta a la empresa y le brinde más beneficios a la misma.

Gestión de información

Para desarrollar de forma adecuada un plan de mantenimiento es necesario llevar una buena gestión de la información referente al mismo y se logra en su mayoría por medio de una herramienta informática, dependiendo el manejo de esta es importante determinar qué tipo de mantenimiento permite centralizar y documentar la información del mantenimiento de los activos y los procesos de forma correcta, completa y práctica para la interpretación de cualquier colaborador este ítem es de gran importancia ya que se busca la buena gestión para el desarrollo de las actividades de mantenimiento así mismo como el seguimiento de las intervenciones y resultados.

Seguridad

La empresa debe velar por la seguridad y salud de los colaboradores debido a que son de gran importancia ya que aparte de operar la maquinas realizan las intervenciones de estas cuando fallan, por ende, el tipo de mantenimiento a seleccionar debe velar por la seguridad en el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

2.4.2 Ponderación de los criterios de evaluación

Tabla 1.
Ponderación de criterios.

Consideración	Ponderación
Muy poco Importante	1
Poco importante	2
Importancia media	3
Algo importante	4
Muy importante	5

Nota. Para la ponderación de cada uno de los criterios a analizar se van a encontrar valores de 1 a 5 siendo 1 para un criterio muy poco importante y 5 para darle a un criterio muy importante.

Teniendo en cuenta los criterios a emplear, se evaluarán con la siguiente asignación teniendo en cuenta los valores para la ponderación de la tabla 1.

Tabla 2.
Criterios selección de alternativa

CRITERIO	PONDERACIÓN
Requisitos de la implementación	4
Beneficio de la implementación	5
Gestión de la información	4
Seguridad	5

Nota. Ponderación de los criterios para la selección de la alternativa.

2.4.3 Justificación ponderación de los criterios para la selección de alternativa

Los requisitos para la implementación de la alternativa de mantenimiento se le asignó una ponderación de cuatro debido a que los requisitos buscados por la empresa no son extensos ni complejos ya que se limitan a obtener resultados a corto plazo y a una baja inversión por ende los beneficios buscados con el plan de mantenimiento son importantes ya que se debe satisfacer las

necesidades de la empresa aumentando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos por esto se le asignó un cinco en la ponderación por otro lado la gestión de la información se le asignó un cuatro ya que la empresa busca que el seguimiento y asignación de tareas sea sencillo y practico de interpretar la seguridad de igual modo es importante para la empresa por que se requiere que las actividades de mantenimiento se lleven a cabo de forma segura ya que los operarios serán los encargados de estas actividades entonces se debe velar por la seguridad y salud de los mismos debido a esto se le asignó un cinco en la ponderación de los criterios para la selección de la alternativa de mantenimiento.

Para la selección de la alternativa de mantenimiento ya expuestas se asignará una ponderación que estará en el orden de 1 a 9, siendo 1 bajo es decir que la alternativa no cumple con los requisitos y 9 alto en el caso que la alternativa sea la más acorde y cumpla con el criterio. Se asigna de la siguiente manera.

Tabla 3.
Asignación de ponderación lineal

Extra Bajo	1
Muy bajo	2
Bajo	3
Poco bajo	4
Medio	5
Poco alto	6
Alto	7
Muy alto	8
Extra alto	9

Nota. Con los criterios mencionados en la tabla 3 y las consideraciones obtenidas para los requerimientos de para la elaboración del plan de mantenimiento mostrados en la tabla, se realiza el cálculo del modelo matemático Scoring, seleccionando de esta manera la alternativa que obtiene

un mayor resultado como se muestra en la tabla 4, indicando así la alternativa que más se ajusta a los requerimientos de la empresa.

Tabla 4.

Ponderación selección de la alternativa de mantenimiento

CRITERIO	PONDERACIÓN	RCM	TPM	AMEF
	$n W_i$	R_{i1}	R_{i2}	R_{i3}
Requisitos de la implementación	4	5	5	8
Beneficio de la implementación	5	9	9	8
Gestión de la información	4	8	8	8
Seguridad	5	9	9	9
TOTAL	-	142	142	149

Nota. La tabla representa la ponderación para la selección de la alternativa de mantenimiento.

2.4.4 Justificación de la ponderación selección de alternativa

Requisitos de la implementación

RCM: Este implica una mayor inversión en infraestructura y recursos, además que se deben seguir los lineamientos de la norma SAE JA1011 para evaluar y establecer los criterios y requerimientos para ser llamado RCM y debe poseer un auditoria para garantizar los procesos o actividades de mantenimiento, por otro lado, su análisis es más profundo y por ende requiere una mayor inversión de tiempo y dedicación para lograr los objetivos del RCM va dirigido hacia otro tipo de industria.

(Ponderación de 5).

TPM: Este de igual manera requiere de inversión de recursos, se debe brindar capacitaciones para todo el personal en general para entrar en contexto al personal ajeno a la producción o los operarios de las máquinas y esto genera retrasos en el análisis para la formulación de actividades de mantenimiento, este requiere de un departamento de mantenimiento con lo cual no se cuenta en la empresa lo que implica más recursos y sus resultados no se verán reflejados a corto plazo siendo el tiempo un criterio importante. **(Ponderación de 5)**

AMEF: Esta alternativa requiere de una menor inversión de recursos, tiempo y talento humano enfocándose puntualmente en las fallas, sus causas el efecto operacional y en cómo prevenirlas con las actividades establecidas y organizadas sistemáticamente además que se debe apegar a una

norma y un ente regulador lo que implica que su implementación es más llamativa para la empresa en comparación de las otras alternativas **(Ponderación de 8)**.

Beneficios de la implementación

RCM: Si se aplica de la forma adecuada los beneficios se verán reflejados en indicadores como la disponibilidad y la confiabilidad del activo por otro lado mayor seguridad e integridad ambiental, se verá un aumento de la producción. Esta estrategia de mantenimiento es utilizada en industrias que tienen una alta disponibilidad de sus productos por ejemplo alimentación y farmacéuticos. [].

(Ponderación de 8)

TPM: Al llevar a cabo la implementación de esta alternativa se obtendrán beneficios integrales debido a que participan en las actividades de mantenimiento toda la organización esto reflejará el aumento de la producción, el compromiso del personal y se fomenta el trabajo en equipo además de aumentar la disponibilidad de los equipos, pero esto será a largo plazo y con una inversión considerable. **(Ponderación de 8)**

AMEF: Con la implementación de un AMEF se lograrán identificar las fallas antes de que ocurran a su vez se aumentara la confiabilidad de sus activos, se reducirán los costos por concepto de reparaciones con el fin de reducir los paros inesperados, por otro lado, su estructura permite tener de manera organizada y sistemática las actividades de mantenimiento como tan bien ver reflejados los resultados de dichas intervenciones para velar por el óptimo funcionamiento de los activos para así aumentar la disponibilidad de los mismos. **(Ponderación de 8)**

Gestión de la información

RCM, TPM: Estas alternativas del mismo modo permiten llevar la información de manera organizada se apoyan de alguna herramienta digital para su administración y recolección de datos así mismo para estar alimentando el sistema a medida que se avanza en las intervenciones de igual modo los resultados obtenidos con las mismas, pero conocer al detalle lo aportado con estas actividades de mantenimiento. **(Ponderación de 8)**

AMEF: La estructura de un plan basado en AMEF brindara la información de una manera concisa y sistemática estableciendo cada una de las posibles fallas en cada equipo, su impacto operacional, la causa y el modo que dio origen a la falla y las tareas establecidas para corregirlas de este modo

será práctico y poco confuso para llevar a cabo las intervenciones en INDUMETALSA S.A.S.
(Ponderación de 8)

Seguridad

RCM, TPM, AMEF: Las alternativas de mantenimiento anteriormente mencionadas están comprometidas con la seguridad y el medio ambiente teniendo en cuenta estos criterios para la elaboración de las actividades de mantenimiento tanto en su planeación como ejecución además de garantizar que no se ponga en riesgo la salud del personal de mantenimiento por otro lado, se utilicen insumos amigables con el medio ambiente y se le dé el debido manejo a los desechos presentes por eso se generaliza la ponderación por igual a las tres alternativas. **(Ponderación 8).**

Luego del análisis del método estadístico Scoring arrojo como resultado que la alternativa que más se ajusta a los requerimientos y necesidades de la empresa metalmecánica INDUMETALSA S.A.S es el AMEF (análisis del modo y efecto de fallas) ya que requiere menos inversión tanto económica como logística y de talento humano para la elaboración del plan de mantenimiento el AMEF es aplicable a todos los activos de la empresa y permitirá establecer las actividades programadas adecuadas para cada uno de ellos por otro lado esta alternativa permitirá llevar la información referente a las fallas, causas y acciones a realizar para su prevención de una manera ordenada y sistemática para realizar las intervenciones de manera adecuada sin dejar de lado que sean seguras y amigables con el medio ambiente. El adecuado análisis de los activos y como acción siguiente la elaboración de este plan de mantenimiento permitirá obtener como resultado la erradicación de los paros inesperados, la reducción de los costos por concepto de mantenimiento correctivo con el objetivo de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los mismos velando por su óptimo funcionamiento alargando su vida útil con la finalidad de brindarle un beneficio a INDUMETALSA S.A.S.

2.5 Análisis de modo y efecto de falla

A partir de la selección de la estrategia se procederá a establecer una serie de criterios que se dispondrán en modos de falla de la máquina para así establecer un efecto de la falla y su impacto operacional para poder establecer los controles pertinentes para su prevención y/o solución a dicha falla lo siguiente es generar una ponderación con la cual se determinara la severidad, ocurrencia y detección para cada una de estas fallas establecidas, obteniendo un número prioritario de riesgo con

esto se pretende conocer en qué nivel de criticidad se encuentra cada una de estas fallas con el fin de darle prioridad a las más graves para tener como punto de partida estas mismas con el objetivo de tomar acciones de mejora sobre las mismas y establecer un responsable de las mismas en el caso específico a los operarios de cada máquina de la empresa del AMEF sugiere un orden para la aplicación de esta alternativa para la elaboración del plan de mantenimiento que se mostraran en el siguiente diagrama.

Pasos para la construcción de un AMEF

1. Descripción de la máquina.
2. Establecer los sistemas presentes y sus partes
3. Identificar los posibles modos de falla y sus efectos en la operación
4. Asignar valores de severidad, ocurrencia y detección con el fin de jerarquizar y asignar un valor a cada falla.
5. Calcular el número prioritario de riesgo para determinar la criticidad de cada falla para priorizar las más críticas.
6. Establecer acciones correctivas para las fallas identificadas, establecer inspecciones, controles y procesos que permitan evitar dichas fallas.
7. Hacer un control y análisis de mejora de las acciones tomadas evidenciando la eficiencia de estas.

3. CODIFICACIÓN DE LOS ACTIVOS

La codificación de los activos es una herramienta que permite mediante códigos únicos establecidos internamente en la empresa con el fin de identificar y control de los activos, ya que, las maquinas presentes en las instalaciones de INDUMETALSA son de distinta clase se asignara un digito a cada tipo de máquina y de la misma manera se establecerán sub códigos dependiendo la cantidad que hallan de cada tipo de las mismas por ejemplo para los TORNOS el número que hará a estos será el número a acompañado de un código que iniciara 01, 02, 03 y así sucesivamente con la cantidad existente de este modo se asignara el siguiente orden.

1. TORNOS

101 TORNO PARALELO 2000

102 TORNO PARALELO 1500

103 TORNO PARALELO 1500

2. FRESADORAS UNIVERSALES

201 FRESADORA UNIVERSAL

202 FRESADORA UNIVERSAL

3. EQUIPO DE SOLDADURA

301 EQUIPO DE SOLDADURA LINCOLN 256

4. SEGUETA HIDRÀULICA

401 SEGUETA HIDRÀULICA

5. GRABADORA LASER

501 GRABADORA LASER

6. COMPRESOR

601 COMPRESOR HORIZONTAL

4. FICHAS TÉCNICAS DE LOS ACTIVOS

En esta sección se expondrá especificaciones técnicas de cada uno activos de INDUMETALSA S.A.S., luego de un análisis hecho en las instalaciones para cada uno de sus activos para llegar a la caracterización de cada uno de estos, de ese modo se obtuvo la información mostrada en cada una de las fichas técnicas elaboradas para la empresa con las cuales no se contaba estas fichas técnicas permitirán conocer detalladamente las características de cada uno de estos activos y poder comparar los del mismo tipo de activo por ejemplo comparar las capacidades de volteo sobre bancada entre los tres tornos paralelos que posee la empresa para tenerlo presente para algún montaje específico, estas partes mencionada y con la información recopilada sobre los activos se llegó a la estructura que a continuación se presenta donde se podrá ver datos relevantes como:

- Datos generales
- Marca, Modelo, Referencia, Código, Ubicación.
- Dimensiones de la máquina Largo, Ancho, Alto, Peso.
- Características:

En este punto se dan a conocer las características específicas de cada máquina

- Datos de instalación eléctrica

Tipo de corriente, Tensión, Frecuencia.

Las fichas técnicas se encuentran en el apartado de los anexos desde 5 a 13.

5. ORDEN DE MANTENIMIENTO

Se establece la orden de mantenimiento para la empresa INDUMETALSA S.A.S., ya que no se contaba con un formato establecido, para llevar el control de las intervenciones realizadas a las máquinas cuando se presenta una falla con el fin de llevar el control estas, además de saber puntualmente lo que se realizó, cuando tiempo tardo la reparación, que personal se vio inmerso en las mismas por otro lado conocer que repuestos y materiales se requieren para la intervención. Con este análisis se llegó al siguiente formato en donde se encuentra consignada dicha información para cada actividad de mantenimiento que se realice en la empresa. Ver anexo 13.

6. ORDEN DE TRABAJO PRODUCCIÓN

Con el fin de brindar una mejora al control de los procesos de la empresa se estableció una nueva versión de la orden de trabajo en donde se encontrará la información necesaria para conocer el costo real de cada proceso, ya que en esta se tendrá una descripción del proceso para poder relacionarlo di fue por concepto de fabricación, reparación o mantenimiento así mismo conocer puntualmente los insumos, materia prima, herramientas para luego consignar en esta los tiempos de mecanizado y si el trabajo requirió de un proceso externo ya sea un tratamiento térmico o un recubrimiento como un cincado todo esto con la finalidad de conocer los costos relacionados a este trabajo para una futura cotización o si se debe realizar el mismo ya se cuenta con un soporte que brindara una referencia respecto a los insumos y tiempos que requieren. ver Anexo 14.

7.HOJA DE VIDA PARA LA MÁQUINA

La hoja de vida de un activo permitirá reunir la información referente a las intervenciones realizadas al mismo de manera que se pueda acceder a dicha información de manera práctica y oportuna además poder identificar el tipo de mantenimiento realizado ya sea preventivo o correctivo, todo debe ir consignado en el formato que se estableció para INDUMETALSA S.A.S. en la cual deberá ir consignada las características principales de cada activo y el historial de intervenciones de este.
Ver anexo 15

8. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA PARA LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA

Se realizara un estudio de criticidad que permite conocer que partes de la máquina son críticas y por ende más propensas a fallar, en estas se centrara las actividades de mantenimiento para su prevención o corrección, después de caracterizar cada una de las partes importantes para la operación de la máquina, se generaliza estas al tratarse del mismo tipo de máquina como en el caso de los tornos paralelos y las fresadoras universales ya que estas poseen en general las mismas partes y se hará un solo análisis de modo y efecto de falla por cada tipo para conocer las principales causas, efecto e impacto operacional que ocasionen averías en la máquina a continuación se realizará un estudio para determinar el número prioritario de riesgo para conocer la criticidad de cada una de las partes de las máquinas para la operación de la mismas esto permitirá jerarquizar el orden para la elaboración de las actividades de mantenimiento.

Para calcular el número prioritario de riesgo se debe evaluar la severidad, la ocurrencia y la detección de cada una de estas falla previamente identificadas para así poder realizar el producto entre estos indicadores $S \times O \times D$ con la finalidad de obtener el número prioritario de riesgo, para priorizar las fallas que obtengas como resultado un alto valor de NPR, para ponderar la severidad, ocurrencia y detección se basará en las siguientes tablas que se establecieron dependiendo el criterio a evaluar para tener claridad al momento de conocer el porqué del resultado del número prioritario de riesgo de cada falla para determinar estas ponderaciones fue de gran ayuda la recopilación de información en las instalaciones de la empresa e indagar con los operarios para obtener unos resultados los más reales posibles.

8.1 Severidad

La severidad es el grado de afectación de la falla presentada en el proceso de la máquina, se tiene un rango que va desde 1 hasta 10, donde el numero 1 indica que no hay ningún efecto de la falla sobre la operación de la máquina y no representa un riesgo inmediato y el 10 que encabeza la ponderación corresponde a una falla con un efecto critico sin previo aviso que afecta el proceso, el medio ambiente y pone en riesgo la vida del operario.

Tabla 5.*Criterio de Severidad*

VALOR	EFEECTO	CRITERIO DE SEVERIDAD
10	Critico (sin aviso)	Pone en riesgo la vida del operario ocurre repentinamente y sin aviso, afecta el medio ambiente y la máquina seriamente
9	Critico (con aviso)	Pone en riesgo la vida del operario, ocurre con aviso, afecta el medio ambiente y la máquina.
8	Muy alto	No es posible operar la máquina por un periodo mayor a una semana, requiere intervención de tercero, generando retrasos en los procesos afectando al cliente
7	Alto	No es posible operar la máquina por un periodo mayor a 4 días, requiere intervención inmediata en las tareas de mantenimiento por parte de los colaboradores.
6	Considerable	No es posible operar la máquina por un periodo no mayor a 2 días y requiere la intervención por parte de los colaboradores de la empresa
5	Moderado	No es posible operar la máquina durante 1 día y requiere la intervención de los colaboradores.
4	Menor	Genera interrupciones durante la operación de la máquina que generan retrasos en el proceso, requiere inspección y seguimiento.
3	Bajo	Genera interrupciones durante la operación de la máquina y requiere inspección.
2	Muy Bajo	No genera ningún tipo de interrupción en la operación de la máquina
1	Ninguno	Ningún efecto

Nota. La tabla establece la ponderación lineal que se tendrá en cuenta para determinar el impacto de la falla.

8.2 Ocurrencia

El criterio de ocurrencia es la probabilidad que se presente una falla repetitiva en una parte específica de la máquina y se asignó un rango que va desde 2 a 10, donde 10 es una probabilidad que la falla se presente repetidamente y el 2 representa una falla que es poco común que ocurra.

Tabla 6.*Criterio de Ocurrencia*

VALOR	OCURRENCIA	PROBABILIDAD
10	Muy alta	8 o más
8	alta	7 de 10
6	Frecuente	5 de 10
4	baja	3 de 10
2	muy baja	1 de 10

Nota. Criterio de ocurrencia en donde se asigna un valor y una probabilidad dependiendo la ocurrencia de la falla.

8.3 Detección

El criterio de detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes que se genere una avería que afecte la operación de la máquina, para este caso se tiene un rango de 2 a 10, donde 10 es una probabilidad muy baja de detectar la falla es decir que su detección sea difícil de evidenciar y 2 es una probabilidad muy alta es decir que es detectable apenas ocurre la falla evitando una avería grave.

Tabla 7.
Criterio de Detección

VALOR	DETECCIÓN	CRITERIO DE DETECCION
10	Muy baja	No es visible, únicamente se evidencia bajo un análisis de ensayos no destructivos.
8	Baja	No es visible, únicamente cuando se desmontan los componentes inmersos en la falla
6	Moderada	No es una falla visible ni siquiera durante una inspección detallada
4	Alta	Se detecta de inmediato, pero requiere de una inspección detallada
2	Muy alta	Se detecta inmediatamente sin necesidad de inspección detallada de la falla.

Nota. Ponderación de la detección de la falla de acuerdo a su complejidad.

8.4 NPR Numero prioritario de riesgo

El numero prioritario de riesgo es un valor que establece de jerarquización de las fallas dándole prioridad a las más críticas como antes se mencionaba y está dada por el siguiente producto. NPR = Severidad x Ocurrencia x Detección

Clasificando el resultado de NPR del siguiente modo:

- 500-1000 Alto riesgo de falla
- 125 – 499 Riesgo de falla medio
- 1 – 124 Riesgo de falla bajo
- 0 No existe riesgo de falla.

9. RESULTADOS AMEF

Luego del pertinente análisis de modo y efecto de falla para los activos de la empresa por medio de este se pudo jerarquizar las partes de las máquinas que están más susceptibles a fallar de manera que esto permite establecer las actividades necesarias para prevenir estas posibles fallas previamente identificadas, así que a continuación se expondrán los resultados con el fin de proseguir a establecer las actividades.

9.1 AMEF Tornos paralelos 101 - 102 – 103

Los Tornos paralelos son unas máquinas diseñadas para un ciclo de trabajo continuo, para estar por turnos enteros activas, son máquinas que con un mantenimiento preventivo se pueden mantener por años en óptimas condiciones, pero del mismo modo si son manipuladas de una manera inadecuada, por turnos extensos y sin el debido mantenimiento hace que las partes se deterioren en tiempos reducidos afectando la operación de la máquina. Se establecieron en el análisis de modo y efecto de fallas las partes que permiten el funcionamiento de la máquina de ese modo se establece la descripción de la parte, los posibles modos de falla, el efecto de la misma, los controles de ocurrencia que se tienen y así mismo se le asignó una ponderación para los indicadores de severidad, ocurrencia y detección para cada una de estas posibles fallas con el objetivo de obtener el numero prioritario de riesgo y en base a estos resultados se establecen las actividades programadas para velar por el óptimo funcionamiento de los tornos paralelos, el desarrollo total del AMEF para los tornos paralelos se encuentra en el anexo 1.

Tabla 8.

NPR para los Tornos paralelos 101/102/103.

TORNOS PARALELOS 101 / 102 / 103	
PARTE	NPR
Caja de velocidades	192
Motor	160
Husillo	64
Carro longitudinal	42
Carro transversal	42
Caja de velocidades avances	40
Punto	40
Bancada	32
Bomba y tanque	32
Cremallera, barras y patrón de roscado	32
Manivelas	24

Nota. Resultados del análisis de modo y efecto de falla de los tornos paralelos 101,102,103 ya que poseen las mismas partes se hizo un análisis general para este tipo de máquina y se priorizaron las partes susceptibles a fallar con el fin de establecer las actividades de mantenimiento.

9.2 AMEF Fresadoras Universales 201 – 202

El análisis de modo y efecto de falla para la fresadora universal permitió conocer cada una de sus partes y como en conjunto permiten la operación de la máquina que además es muy versátil, en el desarrollo del análisis se establecieron las partes esenciales para la operación de esta, se realiza la descripción de la parte, los posibles modos de falla, el efecto de la misma, los controles de

ocurrencia que se tienen y así mismo se le asignó una ponderación para los indicadores de severidad, ocurrencia y detección para cada una de estas posibles fallas con el objetivo de obtener el número prioritario de riesgo para priorizar la atención a estas partes que son susceptibles a fallar el análisis completo se encuentra adjunto en el anexo 2 y los resultados de número prioritario de riesgo se muestran a continuación.

Tabla 9.

NPR Para la fresadora universal 201 – 202

FRESADORA UNIVERSAL 201 - 202	
PARTE	NPR
Caja De Velocidades Husillo Vertical	288
Caja De Velocidades De Los Avances	192
Motor Husillo Vertical	112
Motor Avances Rápidos	112
Guías Verticales	96
Guías Horizontales	96
Guías Transversales	96
Caja De Velocidades Husillo Horizontal	80
Husillo Vertical	56
Manifold De Lubricación	48
Husillo Transversal	40
Bomba De Refrigeración	40
Tanque De Refrigeración	40
Bomba Mecánica De Lubricación	40
Carnero	32
Manivela X,Y,Z.	16

Nota. Resultados del análisis de modo y efecto de falla para la fresadora universal 201 y 202 ya que poseen las mismas partes y características se hizo un análisis general para este tipo de máquina y se priorizaron las partes susceptibles a fallar con el fin de establecer las actividades de mantenimiento.

9.3 AMEF Segueta hidráulica 401

El análisis se encuentra en el anexo 3. en donde se puede apreciar el desarrollo completo del AMEF para la segueta hidráulica.

Tabla 10.
NPR para la Segueta hidráulica

SEGUETA HIDRÁULICA 401	
PARTE	NPR
Hoja	108
Prensa	96
Bomba de refrigeración	96
Cilindro hidráulico	80
Filtro tanque	80
Caja reductora	72
Motor	56
Tanque de refrigeración	48
Transmisión (Poleas)	16

Nota. Resultados del número prioritario de riesgo con el fin de prestarle atención a piezas claves para la operación de la máquina y de qué modo se establecerán las actividades para buscar prevenir estas posibles fallas y mantener la máquina en óptimas condiciones.

9.4 AMEF Compresor horizontal 601

El análisis completo se encuentra en el anexo 4. en donde se puede apreciar la ponderación de severidad ocurrencia y detección para llegar a estos resultados finales de numero prioritario de riesgo donde previamente se establecieron las partes, su descripción, las posibles fallas, su impacto operacional, sus causas y así mismo poder establecer las actividades de mantenimiento para velar por un óptimo funcionamiento del compresor.

Tabla 11.

NPR Compresor horizontal 601

COMPRESOR H. 601	
PARTE	NPR
Motor	96
Cabezal (Cilindro pistón)	56
Filtro de aire	48
Transmisión de potencia polea y correa	40
Red neumática	36
Tanque	32
Presostato	16
Manómetro	12
Válvula Bypass	12

Nota. Resultados del previo análisis de modo y efecto de falla para el compresor horizontal lo que permitió conocer cual sus partes críticas para la operación y así mismo brinda soporte para la elaboración de las actividades de mantenimiento.

10. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

10.1 Disponibilidad

La disponibilidad de una máquina es un indicador que permite evaluar la probabilidad de que esta máquina pueda ser operada satisfactoriamente a lo largo de un tiempo determinado y esta disponibilidad se encuentra en función de la confiabilidad y mantenibilidad así mismo brinda soporte para las actividades de mantenimiento este indicador permitirá calcular la efectividad de las actividades programadas establecidas para los activos de la empresa para realizar el cálculo de este indicador se debe hacer por medio de la siguiente ecuación establecida por el ingeniero Lourival [4].

Estos datos serán producto del seguimiento de las intervenciones en la máquina en un periodo determinado y será el tiempo transcurrido al presentarse una falla y la siguiente soportado con la orden de mantenimiento establecida previamente con el objetivo de determinar estos datos con una información precisa y este indicador nos permitirá evaluar la gestión del mantenimiento en términos de la disponibilidad de cada uno de los activos.

$$\% \text{ de disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

Dónde:

- MTBF: Este índice se define como el tiempo medio entre fallas y se refiere al tiempo promedio transcurrido entre una falla y la siguiente, su cálculo es sencillo y se realiza del siguiente modo.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total que la máquina esta disponible para operar}}{\textit{Total de paradas}}$$

- MTTR: Este índice se refiere a el tiempo medio para reparar una máquina y se calcula utilizando el tiempo promedio que lleva una reparación después que se haya producido la falla.

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparación}}{\textit{Número de fallas}}$$

10.2 Confiabilidad

La confiabilidad es un indicador determinante al estar hablando de mantenimiento y se define como la probabilidad de que una máquina lleve a cabo su función de manera adecuada durante un periodo

y condiciones de trabajo específicas para ser evaluado bajo esos criterios. Su cálculo se basa en la ecuación desarrollada por el ingeniero Lourival Tavares en la cual la confiabilidad está en función del tiempo promedio entre fallas y el tiempo medio de reparación de modo que se expresa como se muestra a continuación. [4].

$$\text{Confiabilidad (R)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

10.3 CMF Costo de mantenimiento en la facturación.

Este indicador permite mostrar la gestión del mantenimiento que es el costo del mantenimiento en la facturación, esta misma será producto de la operación de costo por hora de una máquina por la cantidad de horas anuales de producción de ese modo se determina cuando debe producir esa máquina en un año o en el periodo que se evalué frente al costo total del mantenimiento que dicho valor se verá reflejado en la sección del análisis financiero para conocer esta relación de modo que este valor siempre debe ser positivo procurando mantener estable la situación financiera de la empresa. [18].

$$CMF = \frac{\text{Costo total de mantenimiento}}{\text{Producción maquinas}}$$

Con la finalidad de obtener un resultado para poder evaluar la gestión del mantenimiento a nivel económico es decir para poder establecer la relación del costo total de la inversión del plan de mantenimiento anual con respecto a la producción de las máquinas en un año dicho cálculo se encuentra en el análisis financiero en la sección dos

11. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En esta sección se expondrán las actividades de mantenimiento preventivas para cada uno de los activos de INDUMETALSA S.AS., producto del desarrollo de este proyecto, que se basó en indagar y recopilar información referente a los mismos además con visitas realizadas a las instalaciones de la empresa que fue fundamental para conocer cada uno de los activos, su funcionamiento, sus partes seguido de su caracterización y diagnóstico de mantenimiento, a partir de esto se evaluó la mejor alternativa de mantenimiento para la empresa y se llegó una conclusión y con esta se elaboró el AMEF (Análisis de modo y efecto de falla) para cada uno de los activos, que se realizó anteriormente, en donde se priorizaron las partes más susceptibles a fallar afectando la operación de cada máquina, y de este modo se jerarquizo la importancia de estas para así establecer las actividades de mantenimiento. Con el fin de velar por la conservación de esa parte más propensa a fallar ya que es de vital importancia para una normal operación, se establecen actividades programadas, la frecuencia se determinó mediante las visitas de campo la recolección de información y como complemento se aprovechó el conocimiento de los operarios para así establecer los tiempos de las intervenciones a continuación mostradas por otro lado el seguimiento de las mismas se llevará con la orden de mantenimiento establecida para la empresa que se encuentra en la sección de los anexos al final de este documento esta orden permitirá llevar el control de las actividades de mantenimiento y conocer los insumos requeridos para la intervención por otro lado saber cuántos operarios se vieron involucrados en las actividades, de este modo por cada tipo de máquina se establecieron actividades específicas que se encontraran a continuación.

11.1 Actividades de mantenimiento para los tornos paralelos 101, 102, 103.

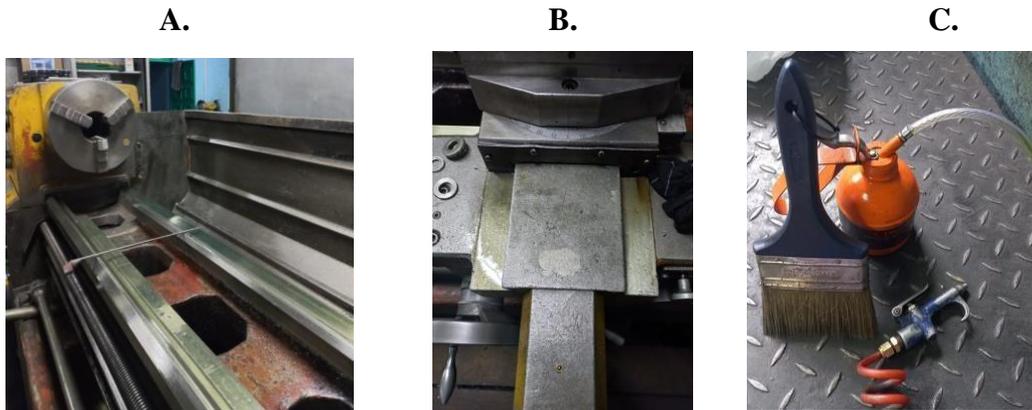
11.1.1 Actividades a realizar a diario:

- Limpieza de la bancada y la copa con ayuda de la red neumática y una brocha se deben evacuar los residuos del proceso de mecanizado no deben quedar rastros de viruta, además con la ayuda de la aceitera se debe poner una capa de aceite sobre la bancada y las guías del carro transversal ya que esta evita la corrosión y permite que al iniciar el turno al siguiente día la bancada y guías

se encuentren lubricadas para el desplazamiento del carro donde van montadas las herramientas de corte.

Recursos: Brocha, aceitera, aceite ISO 32, red neumática, 20 min

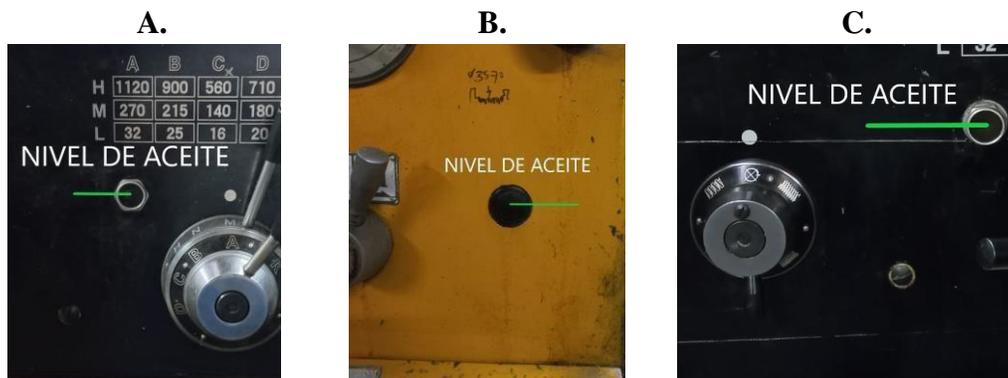
Figura. 11
Limpieza Diaria



Nota. La figura muestra: **A.** Bancada torno **B.** Carro transversal **C.** Red neumática, aceitera y brocha.

Revisar el nivel del aceite en la mirilla que se encuentra al lado de la caja de velocidades, es importante mantener el nivel de aceite en la mitad de esta ya que cuando se prende el torno hay una bomba que ayuda a la circulación del aceite a todas las partes móviles del torno y la ausencia de este aumentara la fricción de los piñones de la caja de velocidades. Recursos: 3 min

Figura. 12.
Mirillas de aceite caja de velocidades.



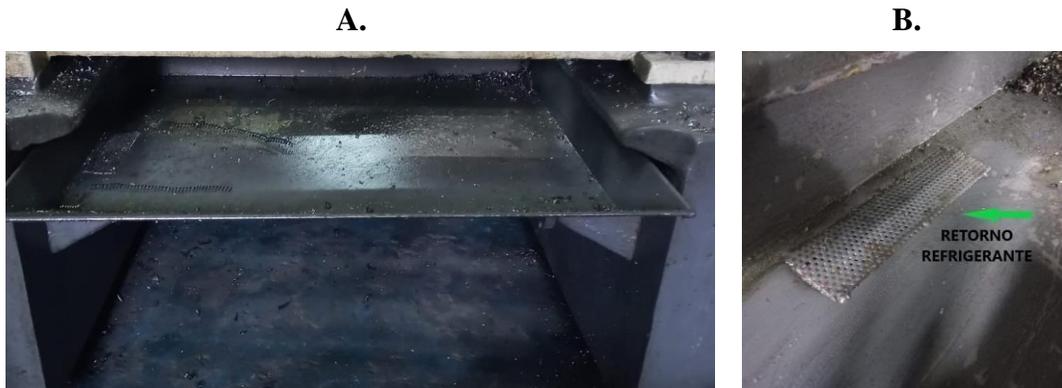
Nota. **A.** Torno paralelo 101 **B.** Torno paralelo 102 **C.** Torno paralelo 103

Limpiar las bandejas inferiores del torno de los restos del mecanizado con una frecuencia diaria se debe sacar todas las virutas que se encuentran alojadas ahí ya que puede impedir el retorno del refrigerante al tanque además de contaminarlo por otro lado la acumulación de viruta en estas bandejas pueden sobrecargar estas ya que el peso de una cantidad de viruta es considerable y es importante tener el área de trabajo limpia.

Recursos: Escoba, red neumática.

Figura. 13

Bandejas inferiores torno



Nota. A. Bandejas inferiores torno paralelo. B. Sifón de retorno del refrigerante

11.1.2 Actividades a realizar cada mes:

- Para un óptimo funcionamiento del torno al momento de roscar y mover el carro longitudinal es importante limpiar con la petrolizadora con ACPM la cremallera, el eje roscado y las dos barras hexagonales para eliminar las impurezas que se adhieren y crean una mezcla de lubricante con los restos del mecanizado y el refrigerante creando así una especie de residuo creando desgaste entre estas partes, luego de esta limpieza se procede a agregar lubricante ISO 32 para un movimiento limpio del carro transversal como del carro longitudinal ya que no habrán impurezas y estará bien lubricado.

Recursos: 1/3 galón de ACPM, petrolizadora, y trapos para limpiar, 30 min

Figura 14.

Partes que ayudan al movimiento del carro



Nota. Estas partes permiten diferentes movimientos del carro, la cremallera permite el avance rápido, el tornillo permite mover el carro con diversos pasos para roscar, la barra del medio permite el desplazamiento longitudinal del carro y la barra inferior es la de encendido y cambio del sentido de giro de la copa.

- ☑ Se debe desmontar el punto, ya que este permite centrar las piezas en conjunto con la copa de modo que se pueda limpiar la camisa donde está alojado, verificar las palancas de bloqueo que estén haciendo su función, proceder con la debida lubricación, inspección de rodamiento se debe realizar un chequeo de alineación con ayuda del comparador y se debe centrar de ser necesario fabricar el inserto cónico si presenta golpes por mala operación de modo que se garantice la concetricidad de las piezas y que no haya bote en el proceso de mecanizado por defecto del punto.

Figura. 15
Punto torno 103



Nota. Punto torno para centrar las piezas además para montar las brocas para taladrar.

- ☑ Limpieza a fondo de toda la máquina, es importante cuidar el exterior de la misma por esa razón con ayuda de la red neumática con la petrolizada con ACPM y unos trapos se procederá a limpiar y eliminar de residuos de viruta, polvo, grasa y refrigerante de todo el exterior del torno paralelo ya que esto puede desgastar la pintura del mismo y esta lo protege de la corrosión. Se destinará el último sábado de cada mes para este proceso ya que el día sábado se presta para estas actividades ya que el flujo de trabajo se reduce un poco y cada operario se encargará de la limpieza de cada torno.

Recursos: Petrolizadora, 1/3 galón de ACPM, retal de tela.

11.1.3 Actividades a realizar cada tres meses:

- ☑ Para el buen trabajo de la bomba de refrigeración es necesario contar con un tanque limpio, libre de mugre y restos de viruta por eso cada tres meses se debe proceder con extraer todo el refrigerante, limpiar el tanque de manera que no queden residuos de ningún tipo ya que es posible que se presente la formación de lodos y esto afecta la calidad del líquido refrigerante de este modo se garantiza que la bomba no se vaya bloquear por impurezas se pueda tapar y forzar por otro lado en el tanque se debe depositar 10 galones para el torno 101 y 7.5 galones de refrigerante para el caso del torno 102 y 103.

Recursos: Agua para diluir el refrigerante, refrigerante, trapos, petrolizadora, llaves brístol.

- ☑ Es necesario inspeccionar las correas del torno utilizan cuatro correas, es necesario conocer el estado si presenta desgaste o fisura es necesario realizar el cambio se aconseja tener un paquete de repuesto compuesto por cuatro correas torno 101 B97 torno 102 B85 y torno 103 B87 además se debe verificar la tensión para un óptimo trabajo de ser necesario se debe proceder con el cambio al detectar algún error.

Figura. 16
Correas torno



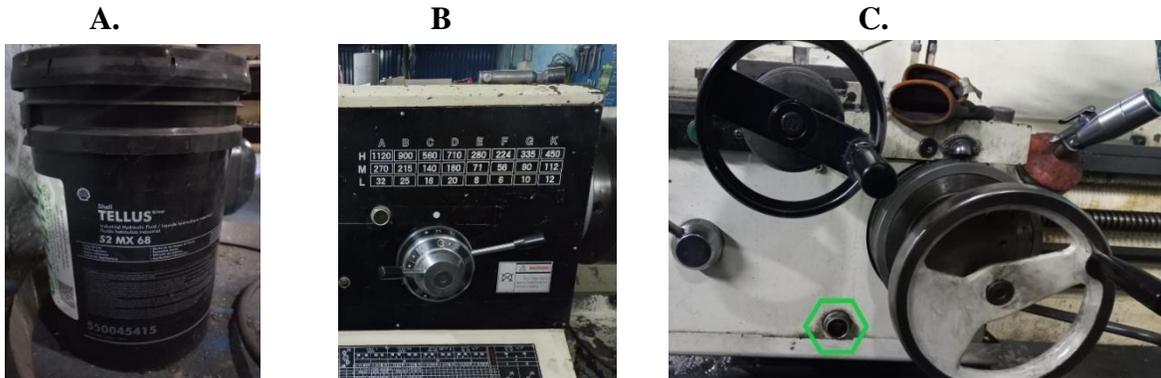
Nota: Correas en buen estado y con la tensión adecuada del torno 103 de ejemplo para los demás.

11.1.4 Actividades a realizar cada año:

- ☑ Se debe realizar el cambio de aceite de la caja de velocidades y los avances ya que después de 2000 horas de uso el aceite ISO 68 empieza a perder propiedades que afectan el desempeño del torno, se debe drenar en su totalidad para el torno 101 es necesario 5 galones de aceite ISO 68 recomendado por el fabricante ya que posee grandes cualidades anti desgaste y anticorrosivas para el torno 102 y 103 se requieren 4 galones de manera que se deben usar los recipientes para almacenar el aceite usado para realizar el debido proceso de desecharlo sin afectar el medio ambiente.

Figura 17.

Mantenimiento cajas de velocidades



Nota. **A.** Aceite hidráulico ISO 68. Contenido de 5 galones de la marca Shell utilizado en la empresa **B.** Caja de velocidades del husillo torno 101. **C.** Avances rápidos.

- Se recomienda realizar un análisis de vibraciones en la parte de la caja de velocidades del husillo y el motor para conocer el estado real de estos componentes determinar si requieren de intervención por alineación, desgaste de rodamientos, piñones fracturados o algún fallo detectable mediante este análisis ya que tarda menos de 1/5 de tiempo con respecto al desmonte de las piezas para una posible inspección visual.
- Se recomienda realizar una calibración de precisión además de realizar una prueba de nivel del torno ya que las vibraciones pueden generar un desnivel en el torno y requiera de la verificación de cada apoyo que posee graduación para dejar el torno a nivel.

11.2 Actividades de mantenimiento preventivo para las fresadoras universales 201 y 202

11.2.1 Actividades a realizar a diario:

- Revisar el nivel de aceite tanto de la caja de velocidades del husillo vertical y el nivel de las cajas de velocidades de los avances rápidos de la mesa de trabajo es importante no dejar bajar el nivel y de ser así buscar de inmediato la fuga ya que estas con un nivel bajo de aceite se presentará un aumento de fricción y desgaste de las partes móviles como los son los rodamiento y piñones demás que componen estas cajas.

Figura 18.

Cajas de velocidades fresadora.

A.



B.

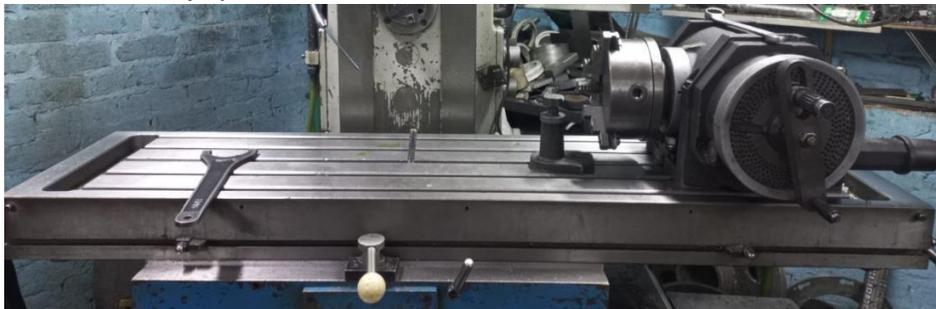


Nota. **A.** Caja de velocidades del husillo vertical. **B.** Caja de velocidades de velocidades de los avances rápidos de la mesa de trabajo.

- Limpieza de la mesa de trabajo: Con ayuda de la red neumática y una brocha se deben evacuar los residuos del proceso de mecanizado de la mesa de trabajo de manera que no deben quedar rastros además verificar que en la parte derecha donde se encuentra el retorno del líquido refrigerante es importante que no se filtren virutas ya que se contamina el tanque del mismo, afectando el funcionamiento de la bomba con una acumulación grande.

Figura 19.

Mesa de trabajo fresadora



Nota. Finalizando el turno de este modo debe quedar la mesa de trabajo, limpia.

- Verificar el nivel del tanque de la bomba mecánica, es necesario tener siempre por encima de $\frac{3}{4}$ de aceite ISO 32 recomendado por el fabricante, accionar la bomba mecánica por lo menos

8 veces durante el turno así mismo revisar que el aceite este llegando a todas las guías y partes y al finalizar el turno volver a accionar la misma un par de veces.

Figura. 20

Bomba mecánica de lubricación.



Nota: Ubicación de la bomba mecánica de lubricación.

12.2.2 Actividades a realizar cada mes

- ☑ Para evitar el desgaste prematuro de la guía de desplazamiento del eje Z ya que este está más expuesto y se componen de la tuerca en bronce y el tornillo trapecial que permite el movimiento soportado sobre una estructura que es guía de la mesa de trabajo, es necesario usar la petrolizadora con uso de ACPM para eliminar todas las impurezas y residuos de viruta de estos componentes con el fin de reducir la fricción y que no se presente la obstrucción en el paso del tornillo para evitar forzar el desplazamiento de la mesa de trabajo sobre el eje y Z de la máquina.

Recursos: 1/3 galón de ACPM, red neumática, petrolizadora, retal de tela.

Figura. 21

Guías de desplazamiento eje Z



Nota. Guías de desplazamiento de la mesa de trabajo sobre el eje Z compuesto por las guías indicadas con las flechas negras que dan soporte además el tornillo y la tuerca que hacen posible el movimiento vertical de la mesa de trabajo de la fresadora.

- ☑ Limpieza a fondo de toda la máquina, es importante cuidar el exterior de la máquina por esa razón con ayuda de la petrolizada con ACPM en ella y unos trapos se procederá a limpiar y eliminar de residuos de viruta, polvo, grasa y refrigerante de todo el exterior de la fresadora ya que esta puede desgastar la pintura de esta la cual la protege de la corrosión. Se destinará el último sábado de cada mes para este proceso ya que el sábado se presta para estas actividades ya que el flujo de trabajo se reduce un poco y cada operario se encargará de la limpieza de su máquina.

Recursos: 1/3 galón de ACPM, petrolizadora.

12.2.3 Actividades a realizar cada tres meses

- ☑ Limpieza de tanque de refrigeración: Para velar por un óptimo funcionamiento de la bomba de refrigeración es importante extraer todo el líquido del tanque, lavar el mismo con ayuda de una petrolizadora y esta con apoyo de la red neumática para poder eliminar todos los residuos de viruta y mugre esto ayudara a conservar la calidad del refrigerante depositado en el tanque y sin impurezas la bomba trabajara en una manera óptima.

Recursos: Red neumática, retal de tela.

Figura. 22

Tanque de refrigeración



Nota. Entrada tanque de refrigeración por el lado derecho de la base inferior de la fresadora se encuentra el tapón de drenaje.

- ☑ Limpieza del Manifold de lubricación, con el fin de mantener libres las vías de salida del Manifold se debe purgar esta con ayuda de la red neumática y la petrolizadora ejerciendo presión sobre la entrada de este para se eliminen cualquier impureza de las vías para garantizar que el aceite ISO 32 llegue a todos los puntos que requieren lubricación.

Figura. 23.
Manifolt de lubricación



Nota. Manifolt de lubricación es un dispositivo en bronce con una entrada para el aceite ISO 32 y varias salidas para ser distribuido.

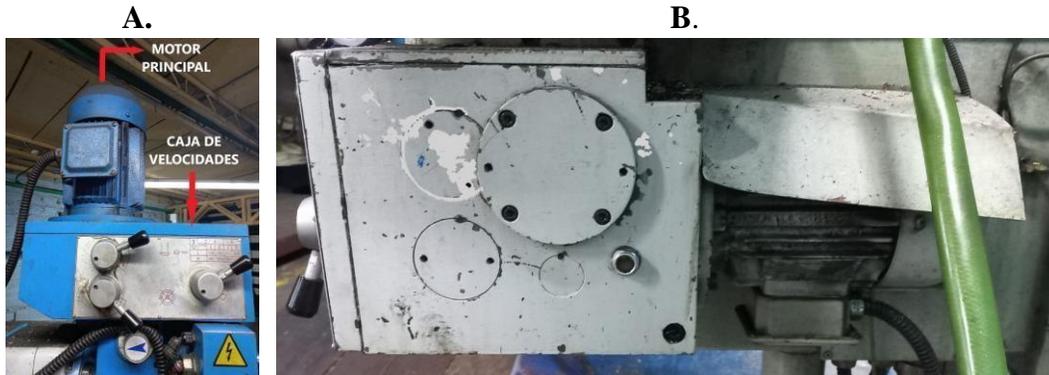
12.2.4 Actividades a realizar cada año

- Es importante conocer el estado de las cajas de velocidades principal y su motor es decir la del husillo vertical, saber cómo se encuentran las partes móviles, los piñones, rodamientos y demás componentes saber si existe un riesgo inminente como la fractura de algún diente de unos de los piñones si se presenta alguna desalineación o desgaste de rodamientos, pero el desensamblar está requiere intervenir la operación de la máquina más o menos tres turnos de 8 horas ya que es un proceso que toma tiempo por esa razón se recomienda realizar un análisis de vibraciones ya que este tardara un poco más de una hora, pero podremos conocer la condición de la caja sin necesidad de desensamblar está reduciendo con esto costos ya que no será necesario desmontar la misma y por otro lado comprar algún componente que no sea necesario y no tendremos que para la operación de la máquina desde que todo se encuentre en orden.

Recursos: Intervención externa análisis de vibraciones.

Figura 24.

Caja de velocidades fresadora



Nota. **A.** Caja de velocidades y motor del husillo vertical estos permiten el movimiento rotacional al además de variar la velocidad de este. Capacidad de aceite 3L **B.** Caja de velocidades de los avances rápidos de la mesa de trabajo y su motor. Capacidad de aceite caja 2L.

- Cambio de aceite tanto de la caja principal como la de los avances rápidos ya que al estar activo por más de 2000 horas de uso el aceite empieza a perder propiedades y es necesario usar el aceite recomendado por el fabricante que es el ISO 68 ya que este posee unas propiedades de anti-desgaste y oxidación al contribuir a la limpieza del sistema y a la reducción de depósitos lo que permite prolongar la vida útil de los componentes de las cajas de velocidades además de extraer y agregar el aceite nuevo se debe de disponer de este recipiente en donde venía el nuevo para depositar el aceite usado para ser desechado bajo las normas dispuestas por la secretaria de ambiente.

Recursos: 5 Lt. de aceite ISO 68, embudo, retal de tela, bandeja para drenar el aceite.

- Ajuste de tuercas, tornillos de la estructura de la fresadora para garantizar el óptimo proceso de mecanizado el carnero, el cabezal, la mesa de trabajo y las guías. se debe recorrer toda la máquina en busca todas las partes susceptibles a desajustarse por vibraciones.

Recursos: Llaves mixtas, llaves brístol, un tubo, retal de tela.

11.3 Actividades de mantenimiento para el equipo de soldadura Lincoln 256 301

- ☑ Se procede a limpiar los excesos de polvo sobre el equipo con ayuda de aire seco con la red neumática y realizar limpieza de boquillas de la pistola ya que quedan residuos de la operación con ayuda de la silicona para facilitar el proceso para extraer estos residuos.
- ☑ Una vez por año se recomienda enviar el equipo de soldadura a personal técnico calificado donde brinden servicio de mantenimiento y calibración para dejar la máquina a punto ya que no se cuentan con los equipos necesarios para realizar esta intervención. Se realiza la cotización por medio de la empresa para el servicio especializado del equipo de soldadura MIG. **Ver anexo G**

11.4 Actividades de mantenimiento para la segueta hidráulica 401

- ☑ Es indispensable realizar limpieza de inmediato después de su uso para evitar acumulaciones de virutas residuos del corte del material ya que esto junto con restos del líquido refrigerante se adhieran a las superficies de la máquina afectando su pintura la cual evita la corrosión de las partes.
- ☑ Cada mes se debe evacuar el tanque de refrigeración, retirando los tornillos bristol de la parte de la tapa metálica para facilitar la limpieza de este, retirar el filtro con ayuda de la pistola del compresor y el tanque de manera que se conserve la calidad del refrigerante y que la bomba trabaje de manera adecuada evitando que se tape la entrada de esta con esas impurezas.

Recursos: Llaves Bristol, retal de tela, red neumática

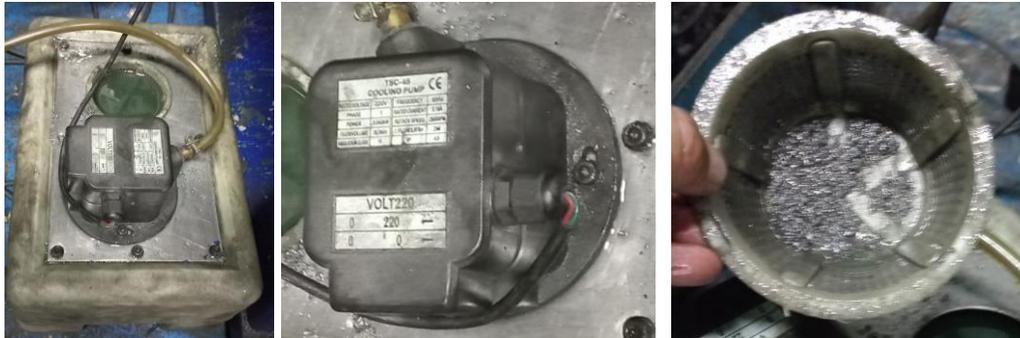
Figura. 25

Tanque de refrigeración

A.

B.

C.



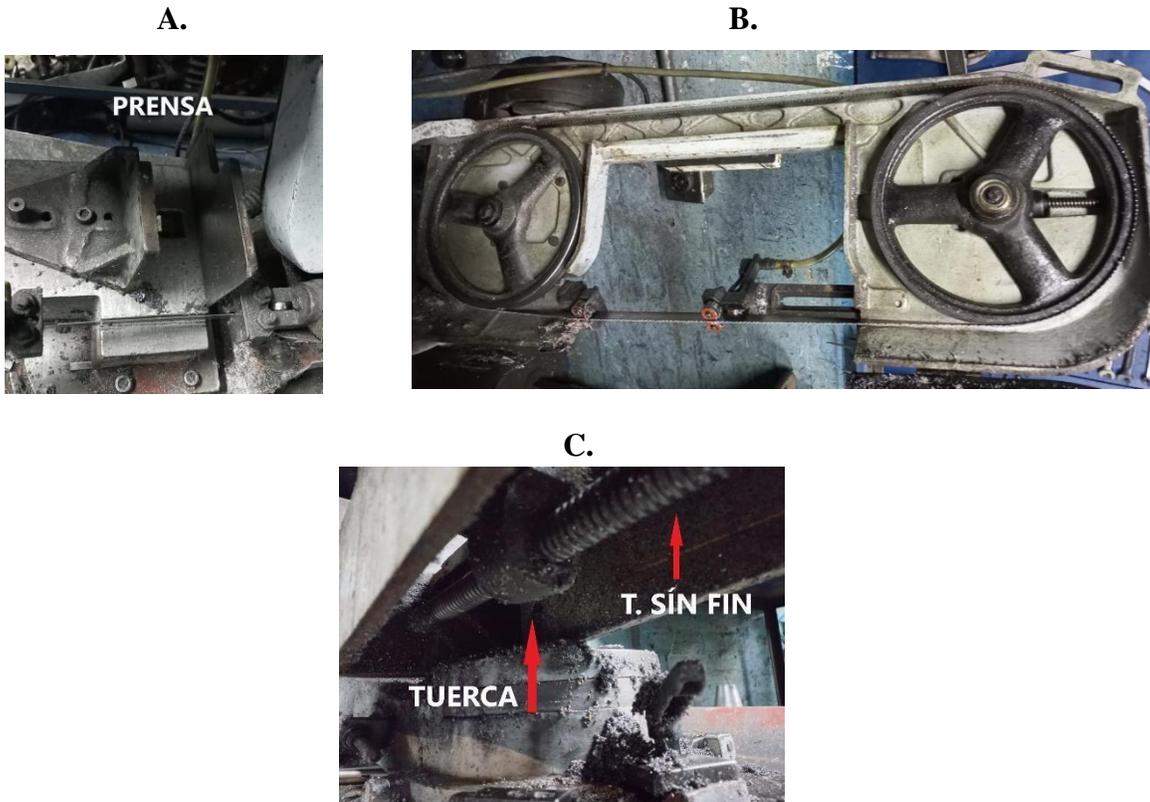
Nota. A. Tanque de refrigeración. B. Bomba de refrigeración. C. Filtro del tanque.

- Se realizará limpieza general mensualmente con ayuda de la red neumática y la petrolizadora con ACPM para eliminar todo el mugre, grasa y polvo que hay sobre el exterior de la segueta y en el posterior del brazo donde se encuentra la hoja montada sobre la polea interna extraer la viruta presente para evitar atascamientos todo esto con el fin de conservar la condición de los componentes y cuidar su pintura ya que esta evita la corrosión de la máquina, del mismo modo limpiar y lubricar el tornillo sin fin y la tuerca que permite la apertura y el cierre de la prensa que asegura la pieza a cortar.

Recursos: Petrolizadora, red neumática, 1/3 galón de ACPM, retal de tela, llaves brístol.

Figura. 26

Componentes de la següeta hidráulica



Nota. A. Prensa. B. Sistema de transmisión polea conductora- conducida y la hoja acoplada a estas. C. mecanismos de apertura y cierre de la prensa tornillo sin fin y tuerca.

- ☑ Cada tres meses se debe ajustar los tornillos y tuercas tanto de la base del motor como la del brazo principal, soporte el cilindro hidráulico, la prensa, haciendo una inspección a cada parte susceptible a sufrir un desajuste. Recursos: Llaves fijas y Bristol.
- ☑ La hoja de la següeta se debe cambiar tan pronto se evidencia algún daño o de algún modo se fracture por una mala operación, ya que puede causar un accidente se debe verificar su estado frecuentemente, para realizar su cambio se debe retirar la tapa posterior, se destensa la hoja con la manivela que cambio de posición la para liberar la hoja de la següeta la cual es de referencia M42 verificar que el repuesto corresponda al recomendado, se procede a montar la hoja nueva, se procede a tensionar y tapar de nuevo para realizar la verificación de la instalación. Recursos: Brocha, Repuesto hoja següeta M42.

Figura 27.

Hoja de segueta y polea de tensión.

A.



B.



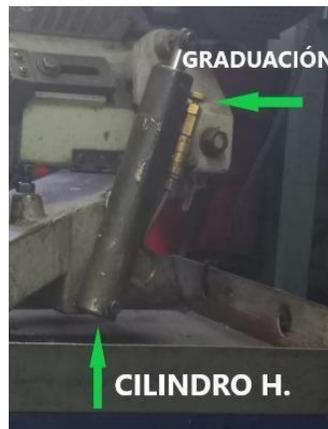
Nota. A. Polea de tensión y transmisión B. Hoja de corte

- ☑ Cada año se debe desmontar el cilindro hidráulico para realizar mantenimiento preventivo, cambio de aceite, verificación de los sellos si se detecta algún daño al retirarlo es necesario reemplazar por unos nuevos ya que este cilindro posibilita el descenso de la hoja de la segueta y con una válvula que permite la graduación del descenso del brazo esta máquina es una pieza importante en el proceso.

Recursos: Llaves brístol, sellos hidráulicos, aceite hidráulico ISO 68, retal de tela.

Figura 28.

Cilindro Hidráulico brazo segueta



Nota. Cilindro hidráulico del brazo de la segueta que permite el movimiento de descenso de la máquina.

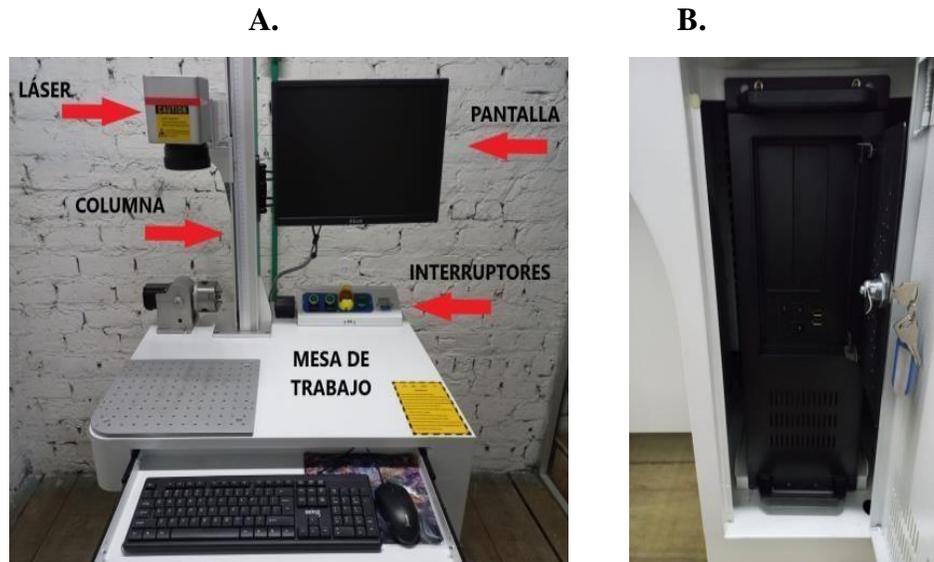
11.5 Actividades de mantenimiento grabadora laser 501

- ☑ Una vez por semana se limpiará el polvo de la superficie de la máquina con un paño se retirará el polvo con delicadeza del lente, columna, mesa de trabajo, interruptores, pantalla, ratón, teclado y torre para evitar acumulación y así mismo prevenir el desgaste de la pintura de esta.

Recursos: Paño suave, alcohol.

Figura. 29.

Partes Para Limpiar



Nota. A. Componentes superiores. **B.** Torre

- ☑ Cada semana se debe lubricar la columna del láser ya que está en continuo movimiento, para evitar el desgaste de este, con ayuda la aceitera y en este aceite ISO 32, con ayuda de la red neumática se sacará el polvo para luego lubricar el tornillo sin fin que hace posible el movimiento vertical que permite la graduación de la longitud focal del láser de esto modo se reduce el contacto entre estas partes y se suaviza su movimiento. Recursos: Aceitera con ISO 32
- ☑ Cada seis meses se sacará la torre y se desmontara con ayuda de las llaves brístol posee 5 tornillos que mantienen fija su posición luego se desmonta su cubierta exterior con ayuda de un destornillador con apoyo de aire seco se limpiaran todos los componentes después verificar

conexiones volver a montar la cubierta y poner en su sitio la torre ajustando los tornillos que se soltaron al inicio para fijar la posición de esta.

- ☑ Cada 6 meses se realizará copia de seguridad de la información referente a grabaciones realizadas ya que se conservan parámetros importantes, se buscarán actualizaciones del sistema para realizarlas de ser el momento.

11.6 Actividades de mantenimiento Compresor horizontal 601

- ☑ Darle apertura diariamente a la válvula bypass para drenar el agua en el tanque ya que una gran acumulación de esta genera corrosión al interior del mismo, primero se debe cortar la corriente con el interruptor rojo para luego abrir la válvula, esta se encuentra en la parte inferior izquierda del compresor y se debe girar 90° se debe tener a la mano un recipiente para depositar el agua y desecharla.

Recursos: 10 min, un recipiente (Botella de reciclaje).

Figura. 30
Válvula Bypass



Nota. Válvula bypass que permite el drenaje de aire condensado en el tanque.

- ☑ Inspeccionar diariamente la mirilla para verificar el nivel de aceite debe mantenerse en la mitad de esta, de ser necesario dosificar lo faltante y verificar una posible fuga para este fin se debe utilizar aceite SAE 50 recomendado por el fabricante, quitando el tapón naranja ubicado en el cabezote con ayuda de un embudo agregar lo suficiente para llegar al nivel ideal para un óptimo trabajo del compresor.

Figura. 31

Cabezal de compresión



Nota. A. Mirilla nivel de aceite cabezal. B. Ubicación del tapón de aceite

- ☑ Cada mes se debe realizar una limpieza general, retirar todo el polvo y partículas que se adhieran a la superficie del compresor ya que esto desgasta la pintura prematuramente y esta evita la corrosión con ayuda de trapos y ACPM para dejar una capa protectora. Recursos: 1/3 galón de ACPM, retal de tela,
- ☑ Cada seis meses se realizará cambio de filtros de aire ubicados en el cabezote posee dos para lo cual se debe cortar la corriente con el interruptor rojo para evitar que se encienda sin los filtros, para retirarlos se deben aflojar las tuercas tipo mariposa quitar esta junto a la arandela luego retirar la tapa frontal de modo que ya se pueda extraer el filtro fácilmente, se montan los nuevos y se monta la tapa frontal y se ajustan las tuercas mariposas no olvidar poner las arandelas.

Recursos: Filtros de aire 2 unidades, retal de tela.

Figura. 32.

Ubicación filtros de aire del cabezal



Nota. A. Ubicación de filtros del cabezal B. Desmonte de filtro.

- ☑ Cada año se debe realizar cambio de aceite el cual debe ser SAE 50 recomendado por el fabricante y se requieren de dos cuartos de aceite para llegar al nivel adecuado de operación, se debe cortar la corriente con el interruptor rojo de manera que no se encienda accidentalmente, se retira el tapón y abrir la válvula de paso para drenar el aceite usado, dejar escurrir bien durante media hora y se procede a agregar el nuevo retirando el tapón naranja ubicado en la parte superior del cabezote dosificar hasta llegar al nivel, es importante no accederse del nivel, luego usar el mismo recipiente donde venía el aceite nuevo para almacenar el usado y seguir los lineamientos para ser desechado.

Recursos: Llave alemana, 2 cuartos de aceite SAE 50, trapos y recipiente para contener el aceite usado.

Figura. 33

Cambio de aceite cabezal



Nota. A. Válvula de drenaje y tapón de aceite cabezal.
B. Tapón y entrada del aceite SAE 50

13. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero estará dividido en unas secciones que serán el costo de la elaboración de el plan de mantenimiento, por otro lado, el costo de la implementación anual del mismo y por otro lado conocer el costo de las intervenciones correctivas que se realizaron en el último año con el objetivo de comparar los costos.

13.1 Costo de la elaboración de el plan de mantenimiento.

Tabla 12.

Presupuesto elaboración plan de mantenimiento

ÍTEM	UNIDAD	PRECIO	CANT.	TOTAL	F. FINANCIERA
Talento Humano					
Proponente	Hora	\$15.000	375	\$4'500.000	INDUMETALSA
Maquinaria y Equipos					
Computador	-	\$2'500.000	1	\$2'500.000	PROPONENTE
Software	-	\$220.000	1	\$220.000	FUA
Impresora	-	\$ 320.000	1	\$ 320.000	INDUMETALSA
Total				\$3'040.000	
Fungibles					
Internet	Mensual	\$40.000	3.2	\$128.000	INDUMETALSA
Libros	-	-		-	FUA
Papelería	-	\$15.000	1	\$15.000	INDUMETALSA
Dotación	-	\$120.000	1	\$120.000	INDUMETALSA
Total				\$263.000	
Otros gastos					
Luz	Mensual	\$15.000	3.2	\$60.000	PROPONENTE
Transporte	Mensual	\$80.000	3.2	\$320.000	PROPONENTE
Total				\$380.000	
Subtotal	\$8'138.000				
Imprevistos (5%)	\$409.150				
Costo Final	\$8'547.150				

Nota. Se establecen los criterios más importantes para la determinación del costo por concepto de elaboración del plan de mantenimiento.

Talento Humano

Los costos expuestos se estipulan de acuerdo con el tiempo invertido por parte del proponente cuyo sueldo seria por el orden de \$ 2.880.000 al mes por ende serian \$12.000 por hora, la intensidad horaria para el proyecto está en 25 horas semanales aproximadamente las cuales son dedicadas a la recopilación de información de los activos y al desarrollo de los avances del plan de mantenimiento. por un total de 107 días para el desarrollo integral del plan de mantenimiento.

Maquinaria y Equipo

Este ítem está compuesto básicamente de un computador para el investigador en el cual se llevará la información recopilada de la empresa además de que en él se trabajará en el desarrollo del documento además se debe adquirir un software como lo es el office 365 para poder desarrollar el documento en el mismo usando la herramienta de Word para la redacción del plan de mantenimiento y Excel para los formatos inherentes al plan de mantenimiento se requiere una impresora para poder tener en físico los avances y datos recopilados de la empresa.

Fungibles

Los costos expuestos en esta parte se desglosan de la siguiente manera:

- El servicio de internet es requerido por el investigador para recopilar información que sea fundamental para la construcción del plan de mantenimiento.
- La dotación será proporcionada por la empresa que se compone de unas botas punta de acero, bata y gafas para poder hacer las visitas a las instalaciones con los implementos de seguridad.
- En la parte de papelería se verían reflejados estos costos en block de notas, resma de papel y demás elementos para la toma de datos e impresión.

OTROS GASTOS

Estos gastos comprenden el consumo energético del computador ya que estará en uso constantemente y los costos por concepto de transporte es lo requerido por el investigador para realizar las visitas a las instalaciones de la empresa INDUMETALSA S.A.S para la recopilación de información además de socializar los avances del plan de mantenimiento.

13.1 Análisis de implementación del plan de mantenimiento anual

Este análisis se realiza con el objetivo de determinar el costo del mantenimiento de los activos de la empresa implementando el presente plan de modo que se relacionaran los costos de insumos, mano de obra, herramienta y procesos externos a continuación para identificar los requerimientos necesarios para cumplir con las actividades programadas.

Tabla 13.

Costos insumos mantenimiento anual

COSTO INSUMOS MANTENIMIENTO ANUAL										
	INSUMOS									
	ACPM		ACEITE			ACEITE GUIAS	REFRIGERANTE		TRAPOS	
MÁQUINA	CANT. GAL	COSTO	TIPO	CANT. GAL	COSTO	COSTO X 10 GAL	CANT. GAL	COSTO	CANT.	COSTO
3 TORNO PARALELO	24	\$ 200.760	Hidráulico ISO 68	13,5	\$ 730.000	O ISO 32	120	\$ 696.091	25 kg	\$ 75.000
2 FRESADORA UNIVERSAL	16	\$ 133.840	Hidráulico ISO 68	2,6	\$ 140.400	\$ 397.000	60	\$ 348.046		
SEGUETA HIDRÁULICA	4	\$ 33.460	Hidráulico ISO 68	0,2	\$ 10.800		6	\$ 34.805		
COMPRESOR	4	\$ 33.460	SAE 50	0,5	\$ 80.000		-	-		
EQUIPO DE SOLDADURA	-	-	-	-	-	-	-	-		
GRABADORA LASER	-	-	-	-	-	-	-	-		
COSTO TOTAL INSUMOS ANUALES					\$	2.913.661				

Nota. Esta tabla contiene información relacionada con los insumos para las actividades programadas para las maquinas con el fin de extender la vida útil de sus componentes y aumentar la disponibilidad entre estas podemos conocer cuánto aceite se requiere para el cambio anual que se tiene establecido para las maquinas específicamente para la caja de velocidades tanto del torno como para la fresadora además el aceite necesario para la lubricación programada de guías y bancadas del mismo modo el ACPM requerido para las limpiezas de diferentes componentes para eliminar residuos de grasa, refrigerante y viruta además para complementar labor de limpieza se utiliza retal de tela que se consigue por kilogramo, y para un buen proceso es necesario mantener el líquido refrigerante en buenas condiciones y lo necesario para cuatro cambios anuales, los costos aquí presentados fueron obtenidos por medio de una cotización con la empresa fluidos y lubricantes industriales de la ciudad de Bogotá.

Tabla 14.

Elementos varios requeridos para la limpieza y lubricación

ELEMENTOS VARIOS REQUERIDOS PARA LA LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN		
ELEMENTOS	CANT.	COSTO
ESCOBA	6	\$ 39.000
RECOGEDOR	6	\$ 42.000
BROCHA DE 4"	6	\$ 60.000
ACEITERA 500 ml	6	\$ 84.000
	TOTAL	\$ 225.000

Nota. Estos costos se relacionan con el proceso de limpieza y lubricación de las maquinas elementos requeridos para la recolección de las virutas y para la dosificación del aceite ISO 32 utilizado para las guías y bancadas, la cantidad especificada es con el fin que cada operario cuente con sus elementos para cada máquina para los procesos mencionados.

Tabla 15.

Costos mano de obra actividades de mantenimiento anual

COSTOS MANO DE OBRA ANUAL ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
MÀQUINA	OPERARIO	HORAS	COSTO
TORNO	TORNERO	175	\$ 1.093.750,00
FRESADORA	FRESADOR	165	\$ 1.031.250,00
G. LASER	DIBUJANTE	15	\$ 75.000,00
EQUIPO DE SOLDADURA	TORNERO	12	\$ 70.000,00

COMPRESOR	TORNERO	24	\$ 140.000,00
SEGUETA HIDRÀULICA	OPERARIOS	30	\$ 256.250,00
		TOTAL	\$ 2.666.250,00

Nota. Tiempos aproximados y costos para llevar a cabo las actividades de mantenimiento establecidas para frecuencia diría, mensual, trimestral, anual dependiendo el tipo de máquina.

Tabla 16.

Costos de procesos externos

COSTOS PROCESOS EXTERNOS		
TIPO	DESCRIPCIÓN	COSTO
Análisis de vibraciones	de las recomendaciones es realizar un análisis de vibraciones para conocer el estado de los componentes de las cajas de velocidades del torno paralelo, la fresadora universal y los motores de estas	\$ 3.000.000,00
Mantenimiento y calibración	Una de las recomendaciones es enviar con personal certificado el equipo de soldadura MIG para realizar un mantenimiento anual y calibración de este.	\$ 202.300,00
		TOTAL
		\$ 3.202.300,00

Nota. Estos son los costos de procesos externos involucrados en las actividades de mantenimiento ya que no se cuenta con el equipo específico para realizar el mantenimiento y calibración adecuadamente por esa razón se busca personal calificado para realizar estas actividades y sus costos se obtuvieron por medio de la empresa ALQUIMAQS S.A.S y ofrecen los servicios de mantenimiento, reparación y venta de equipos de soldadura y para el análisis se vibraciones se consultó a la empresa Aero turbo de Colombia ubicados en la ciudad de Bogotá especialistas en análisis y ensayos no destructivos.

Tabla 17.
Costo total de mantenimiento anual

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO ANUAL	
DESCRIPCIÓN	COSTO
COSTO DE ELABORACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO	\$ 8.547.150
COSTO INSUMOS PLAN DE MTO.	\$ 2.913.661
COSTOS ELEMENTOS VARIOS	\$ 225.000
COSTOS MANO DE OBRA	\$ 2.666.250,00
COSTOS PROCESOS EXTERNOS	\$ 3.202.300,00
TOTAL	\$ 17.554.361

Nota. Costos totales implementación del plan de mantenimiento para un año luego del previo análisis realizado para establecer los costos de elaboración, insumos, elementos de limpieza, mano de obra y procesos externos.

12.2 Costos de intervenciones correctivas

En esta sección se realizará un análisis referente a las intervenciones realizadas durante el último año de las cuales hay ordenes de trabajo internas de la empresa para estas, se vieron intervenidas las labores de un torno paralelo, una fresadora universal y la segueta hidráulica donde se requirieron insumos para fabricar repuestos, mano de obra y perdida de producción por la intervención.

12.2.1 Intervención torno paralelo 103

Reparación del torno paralelo 103 el cual estuvo afectada su operación por un total de 6 días generando retrasos, costos de reparación además afectar la producción generado pérdidas, ya que se vio afectada la caja de velocidades del husillo lo que implico fabricar y cambiar uno de los piñones además se vieron afectado los rodamientos de ese eje donde va alojado el piñón y este mismo luego de su fabricación se debe mandar a TT para realizarle una cementación lo que implica tiempo y dinero. A continuación, se presenta un análisis sobre lo que implico dicha reparación.

Tabla 18.

*Tarifas hora de mecanizado
INDUMETALSA S.A.S.*

TARIFAS MECANIZADO HORA INDUMETALSA 2021	
MÁQUINA	PRECIO X HORA
TORNO	\$ 41.805,00
FRESADORA	\$ 47.031,00

Nota. Precios por concepto de mecanizado para el torno paralelo y la fresadora universal.

Tabla 19.

*Sueldos básicos operarios
INDUMETALSA S.A.S*

SUELDOS BASICOS OPERARIOS INDUMETALSA 2021		
OPERARIO	MENSUAL	HORA
TORNERO	\$ 1.400.000	\$ 5.833
FRESADOR	\$ 1.500.000	\$ 6.250
DIBUJANTE	\$1200000	\$ 5.000

Nota. Sueldos básicos del personal involucrado en las intervenciones que son los mismos operarios de las máquinas.

Tabla 20*Costos de reparación*

REPARACIÓN TORNO FRACTURA DE PIÑÓN Y DAÑO EN RODAMIENTOS			
PROCESO	TIEMPO (HR)	OPERARIO	COSTO
DESMONTAR CAJA PARA EXTRAER PIÑÓN FRACTURADO	6	TORNERO	\$ 35.000
FABRICACIÓN PIÑÓN	3	TORNERO	\$ 125.415
FABRICACIÓN PIÑÓN	9	FRESADORA	\$ 423.279
CAMBIO DE RODAMIENTOS	2	TORNERO	\$ 11.667
MONTAJE PIÑÓN NUEVO	4	TORNERO	\$ 23.333
		TOTAL	\$ 618.694

Nota. Costo del proceso de reparación sin insumos, tiempos en maquinaria para la fabricación y mano de obra. Soportado en la tabla 24 y 25.

Tabla 21.*Costos de insumos y proceso externo*

INSUMOS		
MATERIAL 8620 Ø 7" x 55 mm	1	\$ 230.000
RODAMIENTO 40X52X7 SKF	2	\$ 300.000
TRATAMIENTO TERMICO CEMENTECIÓN	1	\$ 150.000,00
TOTAL		\$ 680.000,00

Nota. Insumos requeridos y proceso externo para culminar el piñón de la caja de velocidades.

Tabla 22.

Costos interrupción de producción

PARO DE PRODUCCIÓN		
	HORAS	COSTO
FRESADORA	9	\$ 423.279
TORNO	3	\$ 125.415
TORNO EN REPARACIÓN	48	\$ 2.006.640
	TOTAL	\$ 2.555.334,00

Nota. Costos debido al paro de la producción por un lado se vio afectado la operación de unas de las fresadoras y otro torno ya que se tuvo que fabricar el piñón, las actividades de mantenimiento por parte del operario del torno 103, y ya que la máquina se vio afectada por 6 días hubo pérdidas de producción considerables.

Tabla 23.*Costos totales de reparación*

COSTO TOTAL DE LA REPARACION	
REPARACIÓN + INSUMOS + PARO DE PRODUCCIÓN	\$ 3.854.028,00

Nota. El costo total lo comprende varios ítems la reparación, los insumos y lo que se perdió por la intervención que luego del análisis se pudo determinar realmente todo lo que abarca una reparación de esta por falta de mantenimiento y controles pertinentes.

12.2.2 Intervención correctiva de la fresadora universal 201

En esta reparación se evidencia que se intervino la máquina ya que no era posible su operación porque la mesa de trabajo quedo inhabilitada ya que se dañó la tuerca que en conjunto con el tornillo posibilita el movimiento vertical de la mesa este averió y se pudo presentar por falta de lubricación por ende las partes comenzaron a sufrir desgaste prematuro. La máquina estuvo dos días inhabilitada, se presentaron tiempos muertos del operario en el trascurso de la fabricación del repuesto, se necesitaron dos operarios para el proceso de montaje y desmontaje de la mesa de trabajo generando sobre costos expuestos a continuación.

Tabla 24.
Costos de reparación

REPARACIÓN FRESADORA UNIVERSAL GUIA EJE Z LA TUERCA DESGASTADA				
PROCESO	TIEMPO	CANT. OPER.	OPERARIO	COSTO
DESMONTAR MESA DE TRABAJO	3	2	FRESADOR	\$ 37.500
PLANO TUERCA	1,5	1	DIBUJANTE	\$ 7.500
FABRICACIÓN DE TUERCA	4	1	TORNERO	\$ 167.220
FABRICACIÓN DE TUERCA	1	1	FRESADOR	\$ 47.031
LIMPIEZA	1	1	FRESADOR	\$ 6.250
MONTAJE DE MESA DE TRABAJO	3	2	FRESADOR	\$ 18.750
			TOTAL	\$ 284.251

Nota. Costos por concepto de fabricación e intervención de los operarios.

Tabla 25.
Costos de insumos

INSUMOS		
	CANT.	COSTO
SAE 65 Ø 3 1/2" X 90 mm	1	\$ 230.000
GALÓN DE ACPM	0,5	\$ 4.400
		TOTAL
		\$ 234.400

Nota. Costos de insumos para la reparación bronce SAE 65 para la tuerca y medio galón de ACPM para la limpieza.

Tabla 26.

Paro de producción

PARO DE PRODUCCIÓN		
	HORAS	COSTO
FRESADORA	1	\$ 47.031
TORNO	4	\$ 167.220
FRESADORA EN REPARACIÓN	24	\$ 1.128.744
	TOTAL	\$ 1.342.995,00

Nota. Costos que conllevan la intervención ya que se vieron involucradas un torno y una fresadora para la fabricación de la tuerca y además la máquina intervenida duro dos días sin operación lo que acarrea un sobrecosto y demora en las entregas.

Tabla 27.

Costos totales de la reparación

COSTO TOTAL DE LA REPARACION	
REPARACIÓN + INSUMOS + PARO DE PRODUCCIÓN	\$ 1.891.646

Nota. Costo total de la reparación teniendo todos los factores presentes además que esta se puede prevenir con actividades de mantenimiento preventivo como limpieza periódica y lubricación.

13.2.3 Intervención correctiva segueta hidráulica

El operario debía cortar cierta cantidad de tramos de un material para fabricar unas piezas, la máquina tenía ruido excesivo y la cuchilla no trabajaba de la manera adecuada y al indagar se halló la falla en el motor de la sierra el cual requería de cambio de rodamientos viéndose interrumpida las labores del operario en el proceso de mecanizado para proceder con la reparación del motor, gasto 4.5 horas de un turno de 8 para continuar con la fase de producción después del corte del material que es el mecanizado generando retrasos en el proceso. A continuación, se exponen los costos de la intervención.

Tabla 28.*Costos de reparación segueta hidráulica*

REPARACIÓN MOTOR SEGUETA HIDRÁULICA				
PROCESO	TIEMPO	CANT. OPER.	OPERARIO	COSTO
DESMONTAR MOTOR	1	1	TORNERO	\$ 5.833
DESARME DE MOTOR Y CAMBIO DE RODAMIENTOS	2	1	TORNERO	\$ 11.667
MONTAJE DE MOTOR Y AJUSTE	1,5	1	TORNERO	\$ 8.750
LIMPIEZA	1	1	TORNERO	\$ 5.833
			TOTAL	\$ 32.083

Nota. Costos de reparación de la segueta hidráulica, intervenida por el tornero que se encontraba usándola y de modo que se muestra la ruta de reparación que se llevó a cabo y se muestran los costos de mano de obra y demás a continuación.

Tabla 29.*Insumos y repuestos requeridos para la intervención*

INSUMOS		
RODAMIENTO 20x47x14 SKF 6204	2	\$ 50.000
TOTAL		\$ 50.000,00

Nota. Rodamientos requeridos para reemplazar los afectados del motor de la segueta hidráulica ya que estos se encontraban desgastados sus esferas se encontraban en malas condiciones.

Tabla 30.*Paro de producción y costo total de reparación.*

PARO DE PRODUCCIÓN		
	HORAS	COSTO
TORNO	5,5	\$ 229.928
TOTAL		\$ 229.928
COSTO TOTAL DE LA REPARACION		
REPARACIÓN + INSUMOS + PARO DE PRODUCCIÓN	\$	312.010,83

Nota. Perdida de producción de la empresa ya que las labores del torno se vieron intervenidas por la reparación de la segueta hidráulica ya que sin esta era imposible realizar el corte del material por ende una reparación de estas que puede verse sencilla afecta de varias maneras la producción y por

ende a la empresa y este tipo de fallas se puede prevenir con actividades de mantenimiento programadas.

12.2.4 Intervención correctiva torno paralelo 102

El torno paralelo 102 estaba presentado una falla en el eje x afectando el proceso ya que se visualizaba una medida pero en el resultado se tenía otra era una variación extraña e indagando se evidencio la falla en la regleta que hace posible esta lectura y su condición requería de reemplazo tenía exceso de residuos afectando esta y aparte había un ruido aparente en lateral al destapar la tapa que cubre esta parte se evidencia una de las fisurada próxima a romperse y por ende se deben cambiar todas a continuación se expone un análisis de lo que represento esta intervención.

Tabla 31.
Costos de reparación torno paralelo 102

REPARACIÓN TORNO 102			
PROCESO	TIEMPO (HR)	OPERARIO	COSTO
DESMONTAR REGLETA LONGITUDINAL EJE X	3	TORNERO	\$ 17.500
REEMPLAZO DE LAS CUATRO CORREAS	1	TORNERO	\$ 5.833
MONTAJE REGLETA NUEVA EJE X	2	TORNERO	\$ 11.667
LIMPIEZA	1	TORNERO	\$ 5.833
		TOTAL	\$ 40.833

Nota. Costos de mano de obra para realizar la intervención, de manera que el torno pudo seguir en uso, pero sin ayuda del visualizador y este es una herramienta complementaria muy necesaria para tener el control en el proceso de mecanizado.

Tabla 32.
Repuestos para la intervención del torno 102

INSUMOS Y REPUESTOS		
REGLETA 1500 MM IMPORTECNIA	1	\$ 1.800.000
CORREAS B77	4	\$ 140.000
		TOTAL
		\$ 1.940.000,00

Nota. Repuestos requeridos una regleta longitudinal de 1500 mm y esta debe ser compatible con el visualizador el proveedor de la máquina facilito el repuesto para solo tener que montarla, y 4 correas tipo B77 para reemplazar las desgastadas.

Tabla 33.

Paro de producción y costo total de reparación torno 102

PARO DE PRODUCCIÓN		
	HORAS	COSTO
TORNO EN REPARACIÓN	24	\$ 1,003,320.00
COSTO TOTAL DE LA REPARACIÓN		
REPARACIÓN TORNO 102 + INSUMOS + PARO DE PRODUCCIÓN	\$	2,984,153.00

Nota. Costos por concepto de intervención correctiva en el torno 102 viéndose afectada la operación por tres días se requieren insumos y mano de obra.

Mediante esta recopilación de fallas presentadas en el último año se puede estimar un valor global por las intervenciones correctivas que se realizaron para poder comparar este valor con costo total de la implementación anual de este plan de mantenimiento a continuación se resumirá el costo por concepto de intervenciones correctivas.

Tabla 34.

Costo global intervenciones correctivas

COSTO GLOBAL DE INTERVENCIONES CORRECTIVAS	
MÁQUINA INTERVENIDA	COSTO TOTAL
TORNO PARALELO 103	\$ 3,854,028
FRESADORA U. 201	\$ 1,861,646
SEGUETA HIDRÁULICA 401	\$ 312,011
TORNO PARALELO 102	\$ 2,984,153
TOTAL	\$ 9,011,838

Nota. Cuatro reparaciones correctivas en el último año tuvieron una representación económica para la empresa considerable que está en el orden de los nueve millones de pesos además de no haberse considerado un cambio de aceite, ni refrigerante ya que no hay registro de estos.

Tabla 35.*Producción anual por máquina*

PRODUCCIÓN ANUAL POR MÁQUINA							
MÁQUINA	VALOR HORA	VALOR HORA OPERARIO	VALOR NETO	HORAS DIARIAS	HORAS ANUALES	CANTIDAD MAQUINAS	COSTO TOTAL
TORNO	\$ 41.805	\$ 5.833,33	\$ 35.972	6,8	1632	3	\$ 164.357.280
OFRESADORA	\$ 47.031	\$ 6.250,00	\$ 40.781	6,8	1632	2	\$ 124.709.184
GRABADORA LASER	\$ 44.418	\$ 6.042	\$ 38.376	1,36	65,28	4	\$ 11.598.428,16
EQUIPO DE SOLDADURA							
COMPRESOR							
SEGUETA HIDRÁULICA							
						TOTAL	\$ 283.864.892
Consumo energético	\$ 1.400.000,00	Promedio tres últimos recibos					
Costo anual fresador	\$ 14.400.000,00	2304 horas al año					
Costo anual tornero	\$ 13.440.000,00	2304 horas al año					

Nota. Este análisis considera una aproximación de producción por los activos teniendo como tiempo un año para esa evaluación de manera que se tiene el valor hora para cliente por máquina de ese valor se descuenta el porcentaje estipulado para el operario que representa el valor hora por 8 horas diarias, siendo 48 a la semana y 2304 horas al mes mientras que la máquina esta activa por 6.8 horas diarias descontando la hora de almuerzo y el receso de la mañana, se destina un costo por el consumo de energía que el promedio del recibo esta sobre el establecido de ese modo el costo total mostrado es un aproximado a la producción anual por las seis máquinas que comprenden los activos de la empresa.

Con este análisis previamente realizado podemos evaluar el proyecto con un indicador económico que permita conocer el retorno de la inversión realizada con la implementación del plan de mantenimiento y el valor de producción aproximado de las maquinas este cálculo se basara en el indicador ROI. Que se defino como el retorno sobre la inversión y para este caso la ecuación se expresa así.

$$ROI = \frac{\text{PRODUCCIÓN} - \text{COSTO PLAN DE MANTENIMIENTO}}{\text{COSTO PLAN DE MANTENIMIENTO}}$$

Dónde:

- La producción hace referencia al valor obtenido en la tabla 30.
- Costo plan de mantenimiento hace referencia al cálculo obtenido en la tabla 17.

14. ANÁLISIS AMBIENTAL

El análisis ambiental es pertinente ya que da a conocer que acarrea una actividad de mantenimiento, en específico brinda las herramientas para determinar el impacto ambiental que tiene la intervención, las visitas a las instalaciones de INDUMETALSA S.A.S permitió evidenciar que la ubicación de la empresa se encuentra en una zona comercial-industrial la contaminación auditiva es media y no hay zonas expuestas al sol y la lluvia.

Así mismo es importante aludir que al realizar actividades de reparación, ajuste, limpieza e inspección no se genera algún tipo de contaminante nocivo que en caso extremo pueda causar la muerte para alguno de los colaboradores de la empresa, más sin embargo se generan residuos líquidos, para el caso del refrigerante y los diferentes aceites y sólidos para el caso de la viruta producto del proceso de mecanizado para los cuales se debe llevar el manejo adecuado para desecharlo con el fin de evitar un daño al ecosistema, estos aceites usados se depositan en su mayoría en el recipiente donde viene de fábrica y para el caso de la viruta esta se almacena en unos barriles metálicos se cuentan con tres de estos y cada semana se evacua ya que se realiza la venta de esta viruta a un intermediario para que este lo haga llegar a las siderúrgicas ya que estos residuos son materia prima para la producción de nuevos materiales ferrosos.

Hay algunos elementos que se usan para llevar a cabo diferentes actividades de mantenimiento que no son reutilizables y se deben desechar, pero estos se dividen en elementos reciclables, los que no son posibles reciclar y los orgánicos de este modo se clasifican los desechos no reutilizables para darle su debido proceso y mayor aprovechamiento.

Por medio de este análisis ambiental se reconocerán las fuentes de riesgo posibles durante la ejecución del presente plan de mantenimiento, se definirán las consecuencias que poseen estos riesgos expuestos y determinar la posibilidad de que sucedan en medio de la ejecución de una tarea específica así mismo definir los controles existentes para cada una de las fuentes de riesgo con el objetivo de establecer medidas de control sobre estas.

14.1 Fuentes de Riesgo

En la tabla tal se evidencia las fuentes de riesgo que pueden tener lugar en el desarrollo de las actividades de mantenimiento, en esta esta consignada de la fuente de riesgo, la consecuencia de la

misma, la posibilidad que tenga lugar en la actividad además los controles existentes para estas fuentes de riesgo

Tabla 36.

Fuentes de riesgo

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES				
PROCESO	FUENTE DE RIESGO	CONSECUENCIA	POSIBILIDAD	CONTROLES EXISTENTES
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	LIMPIEZA DIARIA RED NEÚMATICA	SALPICAR RESIDUOS DE ACEITE, REFRIGERANTE Y VIRUTAS AL SUELO.	ES UNA CONSECUENCIA DE LA PRESIÓN QUE SE MANEJA	TENER PRECAUCIÓN CON EL PROCESO
	LIMPIEZA CON ACPM	SALPICAR EL SUELO Y CREAR UNA NUVE DE ACPM	ES POSIBLE SALPICAR UN POCO EL SUELO Y SE GENERE UNA NUVE MIN DE ACPM	NINGUNO
	DRENAJE DE ACEITE	DERRAME DE ACEITE USADO	ES POSIBLE DERRAMAR UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE ACEITE	UTILIZAR UNA BANDEJA AMPLICA PARA ESTE DRENADO
	CAMBIO DE ACEITE	DERRAME SOBRE LA MAQUINA Y EL SUELO AL MOMENTO DE DOSIFICAR	ES MUY PROBABLE SI SE AGREGA DE UNA MANERA INADECUADA	UTILIZAR EMBUDO
	CAMBIO DE FILTROS	FILTROS USADOS, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE
	LIMPIAR GRASA	TRAPOS CONTAMINADOS	INEVITABLE	NINGUNO
	LUBRICACIÓN DE GUIAS	DERRAME DE ACEITE NUEVO SOBRE LA MÁQUINA Y EL SUELO	POCO PROBABLE	SIEMPRE SE DEBE HACER CON AYUDA DE LA ACEITERA
	DRENAR COMPRESOR	DERRAME DE ESTA MEZCLA AGUA ACEITE, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE SI NO SE REALIZA CON PRECAUCIÓN	DARLE APERTURA A LA VALVULA BYPASS PROGRESIVAMENTE
	LIMPIAR POLVO	TRAPOS CONTAMINADOS CON MUGRE Y POLVO	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE
	CAMBIO DE CORREAS	CORREAS USADAS, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE

Nota. La tabla anterior es una herramienta para la identificación de riesgos ambientales

Luego del análisis realizado anteriormente con el objetivo de identificar las posibles fuentes de riesgos durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento el paso a seguir es establecer unos

indicadores para determinar el impacto ambiental de cada una de estas fuentes potenciales de riesgo en la implementación de este plan de mantenimiento.

13.1.1 Posibilidad

La posibilidad será la probabilidad de que alguna de estas fuentes de riesgos anteriormente identificadas tenga una consecuencia de acuerdo con cada una de las actividades establecidas como posibles fuentes de riesgo de la tabla 20.

Tabla 37.
Indicador posibilidad

INDICADOR POSIBILIDAD		
1	INEVITABLE	ES INEVITABLE QUE SUCEDA
2	MUY PROBABLE	SUCEDERÁ 8 DE CADA 10 VECES
3	PROBABLE	PUEDE SUCEDER
4	POCO PROBABLE	SUCEDERÁ 2 O MENOS VECES

Nota. La tabla anterior permite clasificar la posibilidad de que sea potencial las fuentes de riesgo antes mencionadas.

11.1.2 Impacto

Este indicador se refiere al daño producido en el ambiente, si es un daño que de alguna manera puede ser reversible por medio de ciertas acciones correctivas o si definitivamente el daño es irreversible y afecta el ecosistema debido al tipo de contaminante.

Tabla 38.
Indicador impacto

INDICADOR IMPACTO		
A	CATASTRÓFICO	DAÑOS IRREPARABLES. LA MUERTE
B	IMPACTANTE	DAÑOS NOTORIOS EN EL AMBIENTE Y ES REVERSIBLE A LARGO PLAZO
C	MODERADO	GENERA CONTAMINACIÓN CONTROLABLE
D	BAJO	NO PRODUCE CONTAMINACIÓN NI ES UN RIESGO INMINENTE

Nota. La tabla 38 determina el impacto ambiental para ponderar cada uno de los riesgos identificados.

Posteriormente al haber realizado la identificación de los riesgos ambientales, haber establecido los indicadores y su ponderación con el fin de realizar la apreciación para cada caso de las actividades de mantenimiento que son un posible riesgo ambiental antes expuestas de modo que se reflejaría en la tabla 20 de esta manera.

Tabla 39.
Análisis de riesgos ambientales.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES				
PROCESO	FUENTE DE RIESGO	CONSECUENCIA	POSIBILIDAD	CONTROLES EXISTENTES
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	LIMPIEZA DIARIA RED NEUMÁTICA	SALPICAR RESIDUOS DE ACEITE, REFRIGERANTE Y VIRUTAS AL SUELO.	ES UNA CONSECUENCIA DE LA PRESIÓN QUE SE MANEJA	TENER PRECAUCIÓN CON EL PROCESO
	LIMPIEZA CON ACPM	SALPICAR EL SUELO Y CREAR UNA NUVE DE ACPM	ES POSIBLE SALPICAR UN POCO EL SUELO Y SE GENERE UNA NUVE MIN DE ACPM	NINGUNO
	DRENAJE DE ACEITE	DERRAME DE ACEITE USADO	ES POSIBLE DERRAMAR UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE ACEITE	UTILIZAR UNA BANDEJA AMPLICA PARA ESTE DRENADO
	CAMBIO DE ACEITE	DERRAME SOBRE LA MAQUINA Y EL SUELO AL MOMENTO DE DOSIFICAR	ES MUY PROBABLE SI SE AGREGA DE UNA MANERA INADECUADA	UTILIZAR EMBUDO
	CAMBIO DE FILTROS	FILTROS USADOS, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE
	LIMPIAR GRASA	TRAPOS CONTAMINADOS	INEVITABLE	NINGUNO
	LUBRICACIÓN DE GUIAS	DERRAME DE ACEITE NUEVO SOBRE LA MÁQUINA Y EL SUELO	POCO PROBABLE	SIEMPRE SE DEBE HACER CON AYUDA DE LA ACEITERA
	DRENAR COMPRESOR	DERRAME DE ESTA MEZCLA AGUA ACEITE, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE SI NO SE REALIZA CON PRECAUCIÓN	DARLE APERTURA A LA VALVULA BYPASS PROGRESIVAMENTE
	LIMPIAR POLVO	TRAPOS CONTAMINADOS CON MUGRE Y POLVO	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE
	CAMBIO DE CORREAS	CORREAS USADAS, TRAPOS SUCIOS	MUY PROBABLE	ALAMACENAR EN BOLSA DE BASURA NO RECICLABLE

Nota. Permite la identificación de riesgos ambientales en INDUMETALSA S.A.S.

A continuación de haberle asignado un valor de posibilidad e impacto a las posibles fuentes de riesgo, se procede a evaluar el nivel de impacto ambiental mediante los indicativos que se destinaron a cada fuente de riesgo.

Con la información suministrada por la siguiente tabla se establece el nivel de riesgo según la zona donde se encuentre en la matriz de riesgo ambiental.

Tabla 40.
Matriz de riesgo ambiental

POSIBILIDAD	IMPACTO AMBIENTAL			
	Catastrófico	Considerable	Moderado	Bajo
Inevitable	A	A	M	M
Muy probable	A	A	M	M
Probable	M	M	M	B
Poco Probable	M	M	B	B

Nota. Matriz de riesgos ambientales de cada uno de los riesgos identificados basada en la guía técnica colombiana GTC 45 la identificación de peligros y valorar los riesgos de seguridad y salud ocupacional.

Donde:

- ☑ **A:** Impacto ambiental alto. Se requiere establecer controles para prevenir las consecuencias que acarrea el desarrollo de esta tarea y suspender actividades hasta implementar los controles previamente establecidos.
- ☑ **M:** Impacto ambiental moderado. Se recomienda modificar los controles establecidos con el objetivo de mejorarlos, no es necesario suspender las actividades, pero si llevar un control periódico.
- ☑ **B:** Impacto ambiental bajo. Se recomienda conservar las medidas de control si las hay, se debe llevar un seguimiento periódico para tener el control de la fuente de riesgo así sea baja. [19].

14.2 Medidas de control

Una vez determinado el nivel de impacto ambiental para cada riesgo se establecen unas medidas de control establecidas en la siguiente tabla, donde se mitiga la fuente de riesgo a partir del manejo que se le da a los residuos y elementos presentes en cada riesgo

Tabla 41.
Medidas de control ambiental

TIPO DE RESIDUO	CLASIFICACIÓN	DEPOSITO	MANEJO Y CONTROL			
NO PELIGROSO	R	PAPEL Y CARTON		RECICLAJE Y REUTILIZACION		
	E	PAPEL ARCHIVO				
	C	PERIODICO				
	I	CARTON LISO-CORRUGADO				
	C	LIMPIOS Y SECOS				
	L	TEXTILES				
	A	TRAPOS				
	B	ROPA				
	L	PLASTICOS				
	E	BOLSAS				
	O	VASOS				
	L	PET				
	N	CONTENEDORES				RECICLAJE Y REUTILIZACION
	C	MATERIAL RESIDUO				
I	VIRUTA					
O	RODAMIENTOS					
L	METAL					
PELIGROSOS	E	CHATARRA		ENTREGA DE RESIDUOS A PRESTADOR DE SERVICIOS DE RECOLECCION		
	O	TORNILLOS				
	L	MATERIALES CONTAMINADOS PAPEL, CARTON, TRAPOS CON RESIDUOS DE ACEITE, GRASA, REFRIGERNATE				
	A	RESIDUOS ORDINARIOS				
	B	FILTROS				
	L	EMPAQUES				
	E	ACEITE USADO				

Nota. La tabla anterior representa el manejo de los residuos teniendo en cuenta los que produce la empresa INDUMETALSA S.A.S. basado en lo descrito por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la selección de la fuente, Bogotá: INCONTEC,2009.

14. CONCLUSIONES

Se determinó que INDUMETALSA S.A.S. solo intervenía sus máquinas cuando quedaban inhabilitadas para su operación entrando a realizar solo acciones correctivas.

La caracterización de los activos y la recopilación de información con visitas a las instalaciones permitió crear las fichas técnicas de los activos.

Por medio de los requerimientos de la empresa y la evaluación bajo los criterios establecidos permitió identificar que el análisis de modo y efecto de falla era la técnica que más se adaptaba a las necesidades de la empresa.

Se caracterizaron los activos de la empresa de tal manera que permitió conocer el funcionamiento de las máquinas, sus componentes, partes críticas y esenciales para su operación gracias a análisis de modo y efecto de falla.

Por medio del análisis de modo y efecto de falla se pudo jerarquizar la importancia de algunos de los componentes de las máquinas susceptibles a fallas por medio del NPR para de ese modo organizar las actividades de mantenimiento.

El desarrollo del plan de mantenimiento permitió identificar la información necesaria para conocer el costo de una intervención para llevar el control de esta información se estableció la orden de mantenimiento.

La identificación y análisis de la orden de trabajo actual permitió establecer nuevos criterios a tener en cuenta para no excluir ningún insumo inmerso en un trabajo específico además de conocer los tiempos de mecanizado puntuales con los ajustes realizados al formato de orden de trabajo.

El desarrollo del plan de mantenimiento permitió familiarizar más con su entorno y máquina asignada ya que fomenta más el compromiso con las actividades de mantenimiento establecidas.

Se plantearon actividades de mantenimiento preventivo en pro de extender la vida útil de los activos, aumentar la disponibilidad y confiabilidad de estos.

Del análisis ambiental se logró identificar que, aunque se tiene los controles necesarios, falta capacitar al personal para reconocer la separación de residuos y el debido procedimiento para los que son peligrosos o no reciclables para de este modo darle un adecuado manejo a los mismos.

El análisis financiero permitió establecer el costo total por tres conceptos el primero relacionado con el costo de la elaboración del plan de mantenimiento seguido de uno sobre la implementación anual del plan de gastos de acciones correctivas realizadas en el último año para poder comparar frente a la implementación que abarca acciones más profundas y eficaces sobre los activos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Elles, V. López., *Diseño de plan de mantenimiento en la sección de equipos de metalmecánica del Sena-centro para la industria petroquímica.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías, Universidad tecnológica de bolívar, Cartagena, Colombia, 2009. [en línea]. Disponible: https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/1189/0053969.pdf?s_equence=1&isAllowed=y.
- [2] G. Sierra., *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías físico-mecánicas, Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2004. [en línea]. Disponible: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>.
- [3] K. Holmberg, A. Adgar, A. Arnaiz, E. Jantunen, J. Mascolo, S. Mekid, *E-maintenance*. [en línea] Vol. 1. Disponible: <https://books.google.es/books?id=JspeqJ4gvp0C&lpg=PR5&ots=A91PmfEZae&dq=maintenance&lr&hl=es&pg=PR3#v=onepage&q&f=false>
- [4] L. A. Tavares. (2000). *Administración moderna de mantenimiento* [En línea] Vol.1. Disponible: <https://infolibros.org/pdfview/4976-administracion-moderna-demantenimientolourivaltavares/>
- [5] A. M. Sánchez., *Técnicas de mantenimiento predictivo.*, *Metodología de aplicación en las organizaciones.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías, Universidad católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible: <https://infolibros.org/pdfview/4984-tecnicasdemantenimiento-predictivometodologia-de-aplicacion-en-las-organizaciones-anamariasanchez-gomez/>
- [6] J. C. Valdivieso., *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías., Universidad politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2010. [En línea]. Disponible: <https://infolibros.org/pdfview/4985diseno-de-un-plandemantenimiento-preventivo-para-la-empresa-extruplas-sa-casoreal-juan-carlosvaldiviesotorres/>

- [7] J. D. Guaitarilla., *Plan de mantenimiento preventivo para la maquina industrial de la empresa fluoroplasticos S.A.OS.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías., Universidad autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10883/T08482.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- [8] N. A. López, *Elaboración de un plan de mantenimiento para una grúa tipo celosía Bucyrus 38-B de la empresa subsuelos S.A.S. en cota-Cundinamarca.*, Tesis pre., Facultad de ingenierías., Ingeniería Mecánica, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia, 2020, [En línea].
Disponible <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8153/1/41327182020III-IM.pdf>.
- [9] Max Schwartz, *Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad*: (mayo 7, 2020).
Consultado: jun. 21. 2021. [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=QlxVJQnd9UU>
- [10] Rubén Sifuentes, *Mantenibilidad y pronóstico*: (marzo 14, 2018) Consultado: jun. 21. 2021. [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=NCrzJwdPLSs&t=141s>
- [11] F. Rey. (2001). *Manual de mantenimiento integral en la empresa*. 1ª Ed. [en línea].
Disponible: <https://books.google.es/books?id=zyYz3HkcdXoC&lpg=PA5&ots=uCUoYwBphh&dq=mantenimiento%20en%20una%20empresa&lr&hl=es&pg=PA4#v=onepage&q=mantenimiento%20en%20una%20empresa&f=false>
- [12] J. Moubray. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. 2ª Ed. [en línea].
Disponible: https://www.academia.edu/download/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN.pdf
- [13] C. Gómez. (2001). *Mantenimiento productivo total*. 1ª Ed. [en línea]. Disponible: https://books.google.es/books?id=IPtzAgAAQBAJ&lpg=PA14&ots=zXftBcH_B&d

- [q=mantenimiento%20productivo%20total&lr=&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=mantenimiento%20productivo%20total&f=false](https://books.google.com/books?hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=mantenimiento%20productivo%20total&lr=&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=mantenimiento%20productivo%20total&f=false)
- [14] H. Gerling / C. Magarola. (2006). *Alrededor de las maquinas-herramientas*. 3ª.Ed. [en línea].Disponible:https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZqcaZrdabB8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=m%C3%A1quinas+herramienta&ots=9BCDJpqRfF&sig=7gXLFNksguYiLduOyZo_bUU2_Gc#v=onepage&q=m%C3%A1quinas%20herramienta&f=false .
- [15] J. Roldan Viloría. (2019). *Máquinas y herramientas. Procesos y cálculos mecánicos*. [en línea].Disponible:<https://books.google.com.co/books?id=zk6mdwaaqbaj&lpg=pp1&hl=es&pg=pr4#v=onepage&q&f=false>
- [16] J. W. Giachino, W. Weeks (1988). *Técnica y práctica de la soldadura*. 5ª Ed., [en línea].Disponible:<https://books.google.com.co/books?id=JE2RK4QupuoC&lpg=PP1&hl=es&pg=PP6#v=onepage&q&f=false>
- [17] P. Fernández Díez, “Compresores”. Santander, España, 5, dic, 2000. [PDF]. Disponible:http://www.ing.una.py/pdf_material_apoyo/compresoresyventiladores.pdf
- [18] J. Saavedra. (07, feb, 2013).” Índices de mantenimiento”. [en línea]. <https://sites.google.com/site/gerenciademantenimientoiii2012/home/indicesdemantenimiento>. [Acceso: 25, dic ,2021].
- [19] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, guía *para la identificación de peligros y valoración de los riesgos de seguridad y de salud en el trabajo*, Bogotá: INCONTEC, 2012.
- [20] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la selección de la fuente, Bogotá: INCONTEC,2009.

ANEXOS

ANEXO 2

AMEF FRESADORA UNIVERSAL 201, 202

Número de la máquina		FRESADORA UNIVERSAL		Código de la máquina		201/202		Preparado por: BRYAN STIVEN SANTAMARCOJAS		Rev. JOSÉ VARGAS				
Encargado:		MICHAEL GARCÍA POVEDA 201 / CRISTIAN FORERO 202		Efectos de la Falla		201/202		Fecha (Ong): 18 DE OCTUBRE DE 2021		Rev. JOSÉ VARGAS				
PARTE DE LA MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	Modelos de Falla	Modos de Falla	Efectos de la Falla	Símbolos	Señales	Uso	Control de Ocurrencia	DETECCIÓN	Nº P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	S O D N E O C F V U T R
HUSILLO VERTICAL	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO VERTICAL EL CUAL ES EL MAS USADO	7	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	2	56	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	7 2 2 18
HUSILLO TRANSVERSAL	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO TRANSVERSAL PERMITE LA OPERACION DE LA MESA	5	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	2	49	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	5 2 2 24
CAJA DE VELOCIDADES	PERMITE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DEL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	6	144	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 2 4 48
HUSILLO VERTICAL	PERMITE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DEL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	6	238	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 6 4 144
CAJA DE VELOCIDADES DE LOS AVANCES	PERMITE LA VARIACION DE LA VELOCIDAD DEL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	5	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	8	89	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	5 4 6 120
MOTOR HUSILLO VERTICAL	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	8	192	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 2 6 72
MOTOR AVANCES RAPIDOS	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	7	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	8	112	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	7 2 6 84
GUIAS VERTICALES	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	7	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	112	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	7 2 4 84
GUIAS HORIZONTALES	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	86	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 2 2 24
GUIAS TRANSVERSALES	PERMITE EL MOVIMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	4	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	86	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 2 2 24
BOMBA DE REFRIGERACION	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	6	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	48	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	6 2 2 24
TANQUE DE REFRIGERACION	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	5	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	49	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	5 2 2 20
BOBINA MECANICA DE LUBRICACION	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	5	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	49	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	5 2 2 20
MANIFOLD DE LUBRICACION	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	4	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	6	48	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	4 2 4 32
CARNERO	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	4	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	4	32	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	4 2 2 16
MANIVELA X,Y,Z	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE LA MESA PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	FRACCIÓN DEL HUSILLO	QUEDA INHABILITADO EL HUSILLO PARA EL PROCESO DE MECANIZADO	4	MECANIZADO	2	CONSEGUIR A LOS MECANIZADOS MANIPULANDO LA MESA PARA LA OPERACION	2	16	ACCIONES RECOMENDADAS	MICHAEL GARCIA POVEDA E. CRISTIAN FORERO	ACCIONES RECOMENDADAS	4 2 2 16

ANEXO 3

AMEF SEGUETA HIDRÁULICA 401

AMEF SEGUETA H.- INDRAMETALSA



Nombre de la máquina		Codigo de la máquina		401		Preparado por:		BRAAYAM STIVEN SANTANA ROJAS		Revisado por:		JOSE VARGAS	
Encargado:		MICHAEL GARCIA POVEDA								Páginas:		1 de 1	
PARTE DE LA MAQUINA	DESCRIPCIÓN	Modos de Falla	Efectos de la Falla	S E V	C U O	Controles de Ocurrencia	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	S O U	N P R
PRENSA	ESTA COMPUESTA DE UN MECANISMO TORNILLO SIN FIN Y TUERCA QUE PERMITE SUIETAR LA PIEZA A CORTAR DE ESTA.	1. SE SUELTA EL PIN DE LA MANIJA CON LA CUAL SE UNE LA TUERCA PARA EL DESPLAZAMIENTO ROTORA. ROTURA DE DIENTES	NO SE PODRIA CORTAR YA QUE LA PIEZA NO ESTA FIJA	6	4	NINGUNO	4	96	LIMPIEZA Y LUB SIN FIN Y CORONA Y AJUSTE DE MANIVELA		ACCIÓN RECOMENDADA	7 2 2	28
HOJA	GRACIAS A ESTA ES POSIBLE REALIZAR EL CORTE DE LA MATERIA PRIMA	ROTURA. ROTURA DE DIENTES	QUEDA INHABILITADA LA MAQUINA	9	6	CAMBIO DE HOJA AL CUMPLIR EL CICLO DE VIDA	2	108	INSPECCIÓN DEL ESTADO PERIODICO		ACCIÓN RECOMENDADA	8 4 2	64
MOTOR	TRANSMITE EL MOVIMIENTO HACIA LA CAJA REDUCTORA ESTA A LAS POLEAS Y ESTAS A SU VEZ A LA HOJA	RUIDO EXCESIVO CORTO CIRCUITO. VARIACION DE CORRIENTE PICOS	QUEDA INHABILITADA LA MAQUINA YA QUE NO HAY FUENTE DE POTENCIA	7	2	NINGUNO	4	56	LIMPIEZA CON AIRE SECO Y CAMBIO DE RODAMIENTOS		ACCIÓN RECOMENDADA	7 2 2	28
TANQUE DE REFRIGERACIÓN	PERMITE ALMACENAR EL LIQUIDO REFRIGERANTE	FISSURA	FUGA DE REFRIGERANTE	6	2		4	48			ACCIÓN RECOMENDADA	6 2 2	24
BOMBA DE REFRIGERACIÓN	SU FUNCIÓN ES IMPULSAR EL LIQUIDO REFRIGERANTE PARA REDUCIR LA TEMPERATURA TANTO DE LA HOJA COMO LA PIEZA	SE TAPA LA BOMBA DE LUBRICACION. CONEXIONES	NO HABRIA CIRCULACION DE REFRIGERANTE PARA REALIZAR LOS CORTES EFICIENTE	6	4	NINGUNO	4	96	LIMPIEZA PERIODICA	MICHAEL GARCIA POVEDA	ACCIÓN RECOMENDADA	6 2 2	24
FILTRO DEL TANQUE	EVITA QUE ENTREN RESTOS DEL CORTE Y PUEDAN TAPAR LA BOMBA	FALTA DE EVACUACIÓN DE RESTOS DEL CORTE IMPIDE EL RETORNO DEL REFRIGERANTE	NO HAY RETORNO DEL REFRIGERANTE Y POR ENDE SE DESPERDICIA EN EL FILTRO	5	4	SE LIMPIA TAN PRONTO SE DETECTA QUE EL LIQUIDO NO RETORNA	4	80			ACCIÓN RECOMENDADA	5 4 4	80
CILINDRO HIDRAULICO	PERMITE EL DESCENSO DE LA CUCHILLA. ADEMÁS DE GRADUAR LA VELOCIDAD DE CORTE CON LA VALVULA	FUGA DE ACEITE. NO GRADUA	MAL RENDIMIENTO Y SE FORZA EL DESCENSO	5	4	NINGUNO	4	80	SE DEBE DESMONTAR PARA REALIZAR MTO. CAMBIO DE ACEITE. SELLOS Y GRADUACION DE LA VALVULA		ACCIÓN RECOMENDADA	5 2 2	20
CAJA REDUCTORE	REGULA LA VELOCIDAD DEL MOTOR PARA TRANSMITIRLA A LAS POLEAS	DAÑO SIN FIN Y CORONA	QUEDA INHABILITADA LA MAQUINA PARA SU USO	6	2	NINGUNO	6	72	LUBRICACIÓN Y AJUSTE PERIODICO		ACCIÓN RECOMENDADA	6 2 4	48
TRANSMISIÓN DE POTENCIA (POLEAS)	SUN UN PAR DE POLEAS QUE TRANSMITE EL MOVIMIENTO DE ROTACION A LA HOJA.	MUERE PROVOCA FRICCIÓN ENTRE LAS POLEAS Y LAS HOJAS FORZANDO EL MOV.	NO HABRIA MOVIMIENTO DE LA HOJA DE CORTE	4	2	SE EVIDENCIA LA AUSENCIA DE LIMPIEZA CUANDO SE CAMBIA LA HOJA	2	16	LIMPIEZA PERIODICA PARA EVITAR ACUMULACIÓN DE VIRUTA		ACCIÓN RECOMENDADA	4 2 2	16

ANEXO 4

AMEF COMPRESOR 601

AMEF COMPRESOR - INDUMETALSA

Nombre de la máquina		Código de la máquina		601		Preparado por:		18 DE OCTUBRE DE 2021		Rev. JOSE VARGAS		
Encargado:		CAMILLO ANDRES CUBILLOS								Página 1 de 1		
Parte de la Máquina	Descripción	Modos de Fala	Efectos de la Fala	S E V	Causas Potenciales	Controles de Ocurrencia	E N P R	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	S O D N E C T R	
CABEZAL (CILINDROS PISTONES)	BAJO EL FUNCIONAMIENTO DEL PISTÓN ESTOS SE ENCARGAN DE COMPRIMIR EL AIRE QUE SE VALEVANDO SU PRESION A LA SALIDA.	RAYADURA DE CILINDRO Y PISTÓN	QUEDA INHABILITADA PARA SU FUNCIONAMIENTO	7	FALTA DE LUBRICACION SE DEJO BAJAR EL NIVEL DE ACEITE YA QUE NO HABIA PERIODICA.	2	4	56 LLEVAR UN CONTROL DE LAS INSPECCIONES DEL NIVEL DE ACEITE, COMENTARLO YA EN BENEFICIO DE Y TODOS LOS OPERARIOS	OPERARIOS DE PLANTA.	SE LLEVA EL CONTROL DE LA INSPECCION PERIODIC DEL NIVEL DE ACEITE.	7 2 2 28	
VALVULA BYPASS	EXTRAER EL AGUA CONDENSADA EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PRODUCTO DE LA CONDENSACION DE AIRE A ALTA PRESION.	FRACURA DE LA SERBATOYERAS PLASTICAS PROPERSA A UNA MALA APERTURA Y FRACURARLA	NO SE PODRIA OPERAR LA MAQUINA TANQUE AFECTANDO EL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA	3	ERROR HUMANO, MALA MANEJA DE LA VALVULA	2	2	12 SE DEBE REALIZAR EL CONTROL DE APERTURA Y CIERRE CON FRECUACION SIN FORZAR LA MANEJA Y EL VALVULA	OPERARIOS DE PLANTA.	SE REALIZA EL CONTROL DE MANEJA ADECUADA SIN FORZAR LA APERTURA Y EL CIERRE	2 2 2 8	
MOTOR	ESTA ENCARGADO DE TRANSMITIR LA ENERGIA ELECTRICA EN UN MOVIMIENTO MECANICO COMO EL DE LOS PISTONES.	DESGASTE DE RODAMIENTOS	SE PUEDE FREMAR EL MOTOR O RECALAR	6	FALTA DE LUBRICACION DEL ESTADO DEL MOTOR	4	4	96 EVALUAR LA LUBRICACION DEL MOTOR PERIODICAMENTE DETECTAR SI HAY UN AUMENTO DE LA TEMPERATURA O RUIDO EXCESIVO.	OPERARIOS DE PLANTA.	SE INSPECCIONA EL MOTOR UNA VEZ POR SEMANA PARA DETECTAR ALGUNO IRREGULARIDAD.	2 2 2 8	
PRESOSTATO	SE UTILIZA PARA CERRAR O ABIR UN CIRCUITO ELECTRICO EN FUNCION DE LA PRESION QUE EJERCE UN FLUIDO SOBRE UN PISTÓN INTERNO QUE SE MUEVE EN CONTACTO CON CONTACTOS	PICO MUY ALTO DE CORRIENTE QUEBANDO EL INDUCIDO	DEJA INACTIVO EL MOTOR SE DEBE REPARAR DEJANDO INHABILITADA LA MAQUINA	5	NO HAY CONTROL DE LAS CONEXIONES O VERIFICAR EL ESTADO DE LA FUENTE	2	4	40 VERIFICAR EL ESTADO DE LAS CONEXIONES Y LA CORRIENTE DE SALIDA PARA EL COMPRESOR	OPERARIOS DE PLANTA.			2 2 2 8
RED NEUMATICA	ESTA RED NEUMATICA PERMITE TENER 6 MANIFESTOS PARA LA MAQUINA PARA EL PROCESO DE LIMPIEZA	DESJUSTE EN EL PRESOSTATO	ACCIONARA EL MOTOR CON UNA MALA LECTURA	2	VIBRACIONES	NINGUNO	4	16 CALIBRAR EL ESTADO DE LA RED NEUMATICA PARA GARANTIZAR SU OPTIMO FUNCIONAMIENTO.	OPERARIOS DE PLANTA.	SE CALIBRA EL ESTADO DE LA RED NEUMATICA POR AÑO	2 2 4 16	
TRANSMISION DE POTENCIA POLEA Y CORREA	TIENE LA FUNCION DE TRANSMITIR LA ENERGIA PARA GENERAR EL MOVIMIENTO DE COMPRESION	FUGA DE AIRE	SE DESCARGA EL COMPRESOR Y CON POCO USO	2	ACOPLES RAPIDOS DEFECTUOSOS O VIBRACIONES EN LAS MANIBERAS	3	6	36 VERIFICAR EL ESTADO DE LOS ACOPLES Y INSPECCIONAR LAS LINEAS DE LA RED NEUMATICA PARA LA DETECCION DE FUGAS	OPERARIOS DE PLANTA.	SE VERIFICA LOS ACOPLES DE CADA CONEXION Y CADA OPERARIO INSPECCIONA LA RED NEUMATICA QUE LE CORRESPONDE DE RED NEUMATICA	2 2 4 16	
MANÓMETRO	ES UN INDICADOR PARA MEDIR LA PRESION DEL AIRE EN EL TANQUE	DESALINEACION O DESGASTE DE LA CORREA	QUEDA INHABILITADA LA MAQUINA PARA SU FUNCIONAMIENTO	5	FALTA DE INSPECCION DEL ESTADO DE LA CORREA Y SU DEBIDA ALINEACION	2	4	40 VERIFICAR EL ESTADO DE LA RED NEUMATICA MENSUALMENTE Y ALINEACION	OPERARIOS DE PLANTA.	SE VERIFICA UNA VEZ POR MES EL ESTADO DE LA CORREA Y LA ALINEACION DE MANTENIMIENTO VISUAL POR UNO DE LOS OPERARIOS	5 2 2 20	
FILTROS DE AIRE CABEZAL	PERMITE PURIFICAR EL AIRE DE PARTÍCULAS SOLIDAS EN EL PROCESO DE COMPRESION	DESGASTE	PUEDEN HABER IMPUREZAS EN EL CABEZAL DE COMPRESION MALA ADMISION DE AIRE AFECTA EL ALMACENAMIENTO	3	FALTA DE REEMPLAZO PERIODICAMENTE	4	2	12 VERIFICAR PERIODICAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DEL MANOMETRO DE PRESION	OPERARIOS DE PLANTA.	SE VERIFICA UNA VEZ POR SEMANA EL FUNCIONAMIENTO DEL MANOMETRO	2 2 2 8	
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	PERMITE EL ALMACENAMIENTO DE AIRE A PRESION Y ALI SE VA LA CONDENSACION DE AIRE	CORROSION	NO SE DRENA EL AGUA CONDENSADA EN LA CORROSION INTERNA	4	NINGUNO	NINGUNO	4	32 CAMBIAR FILTROS DE AIRE CADA 6 MESES	OPERARIOS DE PLANTA.	REALIZAR EL CAMBIO DE LOS FILTROS CADA 6 MESES	2 2 4 16	

ANEXO 5

FICHA TÉCNICA TORNO PARALELO 101

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		Torno paralelo 101		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
Yunnan machine tool Works	ago-17	IMP-LY6266L-2000	101	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA			MATERIAL	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO
3500	1160	1440	4000	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Ø Max sobre bancada: 600 mm		IMAGEN DE LA MÁQUINA 		
Ø Max sin escote: 880 mm				
Longitud entre puntos: 2000 mm				
Movimiento total carro transversal: 450 mm				
Ancho de bancada: 430 mm				
Velocidades del husillo: 6-1120 rpm				
Avances para cilindrar: 0.063-6.43 mm/rev				
Avances para refrentar: 0.027-2.73 mm/rev				
Rango pasos roscas métricas: 1 - 224 mm				
Rango pasos roscas en pulgadas: 28H-1/8"				
Capacidad tanque de refrigeración: 10 gal.				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia	P. motor	P. Bomba
Alterna	220 v	60 Hz	7.5 HP	
Observaciones:				

ANEXO 6

FICHA TÉCNICA TORNO PARALELO 102

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		Torno paralelo		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
Yunnan machine tool works	sep-12	IMP-LY6250L-1500	102	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO
3000 mm	1060 mm	1360 mm	2800	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Ø Max sobre bancada: 600 mm		IMAGEN DE LA MÁQUINA 		
Ø Max sin bancada: 700 mm				
Longitud entre puntos: 1500 mm				
Movimiento total del carro transversal: 320 mm				
Ancho de bancada: 350 mm				
Velocidades del husillo: 6-1120 rpm				
Avances para cilindrar: 0.063-6.43 mm/rev				
Avances para refrentar: 0.027-2.73 mm/rev				
Rango pasos roscas métricas: 1 - 224 mm				
Rango pasos roscas en pulgadas: 28H-1/8"				
Capacidad Tanque de refrigeración: 7.50 gal.				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia	P. motor	P. Bomba
Alterna	220 v	60 Hz	5.5 HP	
Observaciones:				

ANEXO 7

FICHA TÉCNICA TORNO PARALELO 103

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		Torno paralelo		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
CHINO	dic-10	-	103	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO
2900	1000	1310	2500	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Ø Max sobre bancada: 500 mm		IMAGEN DE LA MÁQUINA 		
Ø Max sin bancada: 600 mm				
Longitud entre puntos: 1500 mm				
Movimiento total del carro transversal: 320 mm				
Ancho de bancada: 320 mm				
Velocidades del husillo: 6-1120 rpm				
Avances para cilindrar: 0.059-1.646 mm/rev				
Avances para refrentar: 0.020-0.573 mm/rev				
Rango pasos roscas métricas: 0.2-14 mm				
Rango pasos roscas en pulgadas: 64H-3 1/2"				
Capacidad T. refrigeración: 7.5 gal.				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia	P. motor	P. Bomba
Alterna	220 v	60 Hz	5.5 HP	
Observaciones:				

ANEXO 8

FICHA TÉCNICA FRESADORA UNIVERSAL 201

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS					
DATOS GENERALES					
Nombre de la máquina		Fresadora Universal			
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación	
WEIDA	dic-15	X63322Z	201	PLANTA	
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO	
2020	1850	2400	2200		
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA					
Ancho mesa de trabajo : 500 mm					
Largo mesa de trabajo: 600 mm					
Giro de la mesa de trabajo: ± 45°					
Desplazamiento en x: 1011 mm					
Desplazamiento en y: 300 mm					
Desplazamiento en z : 400 mm					
Desplazamiento carnero: 350mm					
Cono Morse: iso 40					
Velocidades del husillo vertical : 108- 2400 rpm					
Velocidades del husillo horizontal : 48-1560 rpm					
Avances mesa de trabajo: Cant. 24 Vel. 8 - 505 mm / min					
Avance rapido: triplica los avances					
Capacidad Tanque refrigeracion: 7.5 gal.					
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA					
Corriente	Tensión	Frecuencia	Potencia motor husillo	Potencia Bomba	
Alterna	220 v	60 Hz	3 HP		
Potencia motor avances					
1 HP					
Observaciones:					

ANEXO 9

FICHA TÉCNICA FRESADORA UNIVERSAL 202

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		Fresadora Universal		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
WEIDA	dic-10	X63322Z	202	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO
2020	1850	2400	2200	
CARACTERISTICAS DE LA MÁQUINA				
Ancho mesa de trabajo : 500 mm		IMAGEN DE LA MÁQUINA 		
Largo mesa de trabajo: 600 mm				
Giro de la mesa de trabajo: 0º				
Desplazamiento en x: 1011 mm				
Desplazamiento en y: 300 mm				
Desplazamiento en z : 400 mm				
Desplazamiento carnero: 350mm				
Cono Morse: ISO 40				
Velocidades del husillo vertical : 108-2400 rpm				
Velocidades del husillo horizontal : 48-1560 rpm				
Avances mesa de trabajo:				
Cant. 24 / 8 - 505 mm / min				
Avance rápido: triplica los avances				
Capacidad Tanque refrigeracion: 7.5 gal.				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia	Potencia motor husillo	Potencia Bomba
Alterna	220 v	60 Hz	3 HP	0,5 HP
Potencia motor avances X,Y	Potencia motor avances z			
1 HP	1 HP			
Observaciones:				

ANEXO 10

FICHA TÉCNICA EQUIPO DE SOLDADURA LINCOLN 301

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		EQUIPO DE SOLDADURA MIG		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
LINCOLN	dic-16	P. MIG 256	301	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA			MATERIAL	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	LAMINA DE ACERO
985	808	485	100	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Voltaje de entrada: 208 / 230 / 1 / 60 (V) Salida nominal Corriente / Voltaje /Ciclo de trabajo (3): 250 A/26V/40% Corriente de entrada @ salida nominal: 56 / 52 (A) Calibre de alambre: 0,9 a 1,2 mm Velocidad de alimentación de alambre: 1,3-17,7 m/min Gas protector: CO2 / Ar+CO2 Longitud cable pistola PRO 250 L: 4 mts Voltaje corriente alterna máximo. 40 V Capacidad rollo de alambre: 15Kg		IMAGEN DE LA MÁQUINA 		
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia		
Alterna	220 v	60 Hz		
Observaciones:				

ANEXO 11

FICHA TÉCNICA SEGUETA HIDRÁULICA 401

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS					
DATOS GENERALES					
Nombre de la máquina		SEGUETA HIDRÁULICA			
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación	
DISAM	dic-16	CBS-712GR	401	PLANTA	
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO	
1000	500	810	197		
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA					
Capacidad de corte: Ø 6,35 mm hasta Ø 254 mm - 1/4" - 10"		IMAGEN DE LA MÁQUINA 			
Capacidad de alineación: 0° - 45°					
Medidas de hoja: 19 x 0.9 x 2.362 MM					
Potencia motor: 1 HP					
Velocidad del motor: 1860 rpm					
Potencia bomba de refrigeración: 0,2 HP					
Capacidad tanque de refrigeración: 1 Galón					
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA					
Corriente	Tensión	Frecuencia			
Alterna	220 v	60 Hz			
Observaciones:					

ANEXO 12

FICHA TÉCNICA GRABADORA LASER 501

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		GRABADORA LASER		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
RAYCUS	dic-19	20W	501	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	LÁMINA DE ACERO
650	850	1750	150	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Mesa de trabajo: 200x200 MM		IMAGEN DE LA MÁQUINA		
Longitud de onda: 1064 mm				
Frecuencia de repetición de laser: ≤ 100 KHz				
Velocidad de marcado: ±1200 mm				
Ancho mínimo de línea: 0.01 mm				
Carácter mínimo: 0.05 mm				
Rotativo: Función de marcado de tubos				
Precisión de la repetición: ± 0.001 mm				
Tipo de refrigeración: Refrigeración por aire				
Materiales aplicables: Ferrosos y no ferrosos				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia		
Alterna	220 v	60 Hz		
Observaciones:				

ANEXO 13

FICHA TÉCNICA COMPRESOR HORIZONTAL 601

FICHA TÉCNICA MÁQUINAS HERRAMIENTAS				
DATOS GENERALES				
Nombre de la máquina		COMPRESOR HORIZONTAL DE 200 LB		
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación
Prim air	dic-19	A65-140	601	PLANTA
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO
1000	450	1200	140	
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA				
Capacidad: 140 PSIG				
Capacidad del tanque: 50 GALONES				
Cabezote: TA65 tipo A				
Cantidad de pistones: 3 en estrella de 65 mm c/u				
Flujo de aire: 14 CFM				
Velocidad motor: 1800 RPM				
Potencia motor: 3 HP				
Nº de salidas: 2				
Tipo de correa: V				
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA				
Corriente	Tensión	Frecuencia		
Alterna	220 v	60 Hz		
Observaciones: Válvula de retención industrial interna de 3/4x1/2 y demás sistemas de seguridad industrial incorporados.				

ANEXO 14

ORDEN DE MANTENIMIENTO

ORDEN DE MANTENIMIENTO				
Versión 01-2021				
Nº DE ORDEN: 001	FECHA Y HORA SOLICITUD:			
CÓDIGO DEL EQUIPO:				
NOMBRE DE LA MÁQUINA:				
NOMBRE DEL ENCARGADO:				
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA				
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO				
RECURSOS REQUERIDOS PARA LA INTERVENCIÓN				
MANO DE OBRA		MATERIALES Y REPUESTOS		
CANT.	DESCRIPCIÓN	CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO
				\$
				\$
				\$
OBSERVACIONES:				\$
				\$
				\$
				\$
HORA Y FECHA DE INICIO DEL MANTENIMIENTO:				
HORA Y FECHA DE CULMINACIÓN DEL MANTENIMIENTO:				
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA INTERVENCIÓN:				
FIRMA DEL RESPONSABLE		NOMBRE CLARO Y CARGO		

ANEXO 15
ORDEN DE TRABAJO PRODUCCIÓN

ORDEN DE TRABAJO						
<small>Versión 01-2021</small>						
Nº DE ORDEN:	REMISIÓN:	FECHA:				
CLIENTE:						
NOMBRE DE LA PIEZA:						
CANTIDAD A FABRICAR:	PLANO ADJUNTO <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>	MUESTRA: SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/>				
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO						
MATERIALES Y REPUESTOS						
MATERIALES			REPUESTOS			
TIPO	DIMENSIONES	COSTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO	
PROCESO						
MECANIZADOS			OTRO PROCESO			
	OPERARIO	DESCRIPCIÓN	CANT. HORAS	OPERARIO	DESCRIPCIÓN	CANT. HORAS
FRESA						
TORNO						
SOLDADURA						
Nº MÁQUINA:						
PROCESO EXTERNO						
DESCRIPCIÓN		COSTO	OBSERVACIONES:			

ANEXO 16

FORMATO HOJA DE VIDA DE LAS MÁQUINAS

HOJA DE VIDA MÁQUINA					
DATOS GENERALES					
Nombre de la máquina					
Marca	Modelo	Referencia	Código	Ubicación	
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA				MATERIAL	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (Kg)	HIERRO FUNDIDO	
CARACTERISTICAS DE LA MÁQUINA					
Ø Max sobre bancada:		IMAGEN DE LA MÁQUINA			
Ø Max sin escote:					
Longitud entre puntos:					
Movimiento total carro transversal:					
Ancho de bancada:					
Velocidades del husillo:					
Avances para cilindrar:					
Avances para refrentar:					
Rango pasos roscas métricas:					
Rango pasos roscas en pulgadas:					
Capacidad tanque de refrigeración:					
DATOS INSTALACION ELÉCTRICA					
Corriente	Tensión	Frecuencia	P. motor	P. Bomba	
Alterna					
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL					
ACTIVIDAD	FRECUENCIA	INSUMOS		ENCARGADO	
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO					
DESCRIPCIÓN		FECHA	ENCARGADO	TIPO DE MTO.	

ANEXO 17

TARIFAS SERVICIOS INDUMETALSA S.A.S.



INDUMETALSA S.A.S.
Industria Metalmeccánica Santana S.A.S.
NIT 900.600.692-6

BOGOTÁ D.C. DICIEMBRE 18 DE 2020

SEÑORES
MEXICHEM COLOMBIA S.A.S
OLGA LUCIA RESTREPO
DEPARTAMENTO DE COMPRAS
CIUDAD

POR MEDIO DE LA PRESENTE OFRECEMOS A USTEDES MEXICHEM COLOMBIA S.A.S LAS TARIFAS DE NUESTROS SERVICIOS DE MECANIZADO Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DE NUESTRA COMPAÑIA INDUSTRIA METALMECANICA SANTANA S.A.S CON SIGLA INDUMETALSA S.A.S CON NIT 900.600.692-6 LAS CUALES TENDRAN UNA VIGENCIA DEL 1 DE ENERO DE 2021 A 31 DE ENERO DE 2022:

DESCRIPCION	VALOR POR HORA
TORNO PARALELO CONVENCIONAL	\$ 41.805
TORNO CNC	\$ 62.708
CENTRO DE MECANIZADO CNC	\$ 94.062
BANCO DE ENSAMBLE Y AJUSTE	\$ 26.128
FRESADORA UNIVERSAL	\$ 47.031
LIMADORA	\$ 31.354
EROSIONADORA POR HILO	\$ 52.256
EROSIONADORA POR PENETRACION	\$ 44.941
TALADRO RADIAL	\$ 20.903
TALADRO DE ARBOL	\$ 10.451
RECTIFICADORA PLANA	\$ 47.031
RECTIFICADORA CILINDRICA	\$ 52.256
SERVICIO PRENSA HIDRAULICA	\$ 36.579
SERVICIO DE DIBUJO	\$ 19.133

CONDICIONES COMERCIALES
PRECIOS MAS IVA 19%

ATENTAMENTE

JOSE IGNACIO SANTANA VARGAS
C.C. 79.805.912 BTA
REPRESENTANTE LEGAL
INDUSTRIA METALMECANICA SANTANA S.A.S



INDUMETALSA S.A.S.
Industria Metalmeccánica Santana S.A.S.
NIT 900.600.692-6

Calle 37D Sur N°. 72H - 77 * Tel.: 757 3736 * Cel.: 320 344 2729 * E-mail: indumetalsas@yahoo.es
Bogotá, D.C. - Colombia