



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica de la Región.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Mejia Carbajal, Josimar Percy (ORCID: 0000-0002-7653-1970)

Ibaran Vasquez, Jhon Lander (ORCID: 0000-0002-7663-155X)

ASESOR:

MSc. Martín Sifuentes Inostroza (ORCID: 0000-0001-8621-236X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es dedicado a mis padres: Custodio y Lina, los cuales supieron formarme con valores positivos que siempre los tengo presente cada día de mi vida, y en especial a mi padre que desde el cielo me ilumina cada día para no rendirme.

JHON IBARAN V.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con gran amor a toda mi familia por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera además a todas aquellas personas que siempre apoyándome y motivándome. han estado

JOSIMAR MEJIA C.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por permitirme terminar mis estudios y estar con salud para la elaboración de este trabajo de investigación , a mi madre que me enseñó que todo es posible y también a mí padre quien desde el cielo sé que me ayuda constantemente sus enseñanzas y todas sus palabras de aliento me han impulsado a seguir adelante; a mi tío Sergio Cusma, que ha brindado su apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera, quien considero mi segundo padre y mentor quién es la persona que me enseñó que la perseverancia es el secreto de todos los triunfos .

JHON IBARAN V.

AGRADECIMIENTO

Quiero dar las gracias a Dios por darme la fuerza necesaria para seguir adelante y alcanzar el objetivo que me propuse hace unos años; a mis padres, por el apoyo infinito, la comprensión, el amor y los ánimos que me dan cada día, Gracias a mis amigos, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

JOSIMAR MEJIA C.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	v
Índice de contenidos	vi
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN:	12
II. MARCO TEÓRICO	15
III. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	33
3.2. Variables y operacionalización	33
3.3. Población, muestra y muestreo.	35
3.3.1. Población: Todas las maquinarias de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.....	35
3.3.2. Muestra: Las máquinas que presentan más puntos críticos de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C. 35	
3.3.3. Muestreo: Por conveniencia.....	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	35
3.4.1. Técnica análisis documental: Permitirá proporcionar los parámetros de cada una de las maquinarias.	35
3.4.2. Técnica observación: Permitirá recolectar información del funcionamiento y operación de las maquinarias.	35
3.4.3. Técnica entrevista: Nos ayuda a identificar las fallas, así también valorar y clasificar objetivamente los efectos y causas, para de esta forma, evitar que ocurran y tener un procedimiento certificado de prevención.	36
3.5. Procedimiento.	36
3.5.1. Método de análisis de datos: Se utilizará un programa de hoja de cálculo mediante el cual se podrá generar gráficos y diagramas de barras de frecuencia	

(horas de parada, números de parada, horas de producción) que ayuden a una mejor interpretación de la información recopilada.....	37
3.6. Aspectos éticos.....	37
IV. RESULTADOS	38
4.1. Evaluación de las condiciones iniciales, en materia de mantenimiento, de las máquinas, con las que cuenta la empresa, para determinar los indicadores de mantenimiento.....	38
4.2. Realizar un análisis de criticidad y AMEF de las máquinas	49
4.3. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo, complementario al Plan centrado en la confiabilidad.....	59
4.4. Calcular los nuevos indicadores de mantenimiento, en condiciones de mejora.	71
4.5. Realizar el estudio de costos de inversión para la implementación del Plan de mantenimiento, materia del presente trabajo y determinar el beneficio económico y el retorno de la inversión.....	73
V. DISCUSIÓN	79
VI.- CONCLUSIONES	83
VII.- RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	24
Figura 02: Matriz de Criticidad	25
Figura 03:Árbol lógico de decisiones.....	31
Figura 04:Análisis de muestra.....	33
Figura 05:Existe Plan de Mantenimiento Definido	38
Figura 06:Se lleva Inventario de Repuestos, Suministros y Otros	38
Figura 07:Se lleva Inventario de Repuestos, Suministros y Otros	39
Figura 08:Existe Planificación de Paralización de Maquina.....	39
Figura 09:Se cuenta con Recursos y Herramientas para Mantenimiento.	39
Figura 10:Se da Mantenimiento Adecuado con los Recursos	40
Figura 11:Se Lleva un Control de Mantenimiento.....	40
Figura 12:Veces de Capacitaciones de Mantenimiento	40
Figura 13:Frecuencia de Mantenimiento.	41
Figura 14:Personal que Realiza Mantenimiento	41
Figura 15: Espacio Suficiente para Mantenimiento.	41
Figura 16:Disposición de Documentación Técnica para Mantenimiento.....	42
Figura 17:N° de Veces que se Previenen las Fallas al Año.....	42
Figura 18:Reemplazo de Funciones de las Maquinas	42
Figura 19:Segregación Correcta de Desechos.....	43
Figura 20:N° Veces De Fallos Al Año.....	43
Figura 21:Disponibilidad y confiabilidad Total Periodo 2019 - 2020.....	49

:

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Hojas de información.....	29
Tabla 02: Hojas de decisión (Moubray, 2014)	30
Tabla 03: Variables y Operacionalización.	34
Tabla 04: Lista de máquinas.	35
Tabla 05: Conocimiento de Fallas.	43
Tabla 06: Indicadores iniciales de Maquinaria.....	45
Tabla 07: Cuadro de resumen determinación de indicadores de mantenimiento..	47
Tabla 08: Criticidad para los equipos de Industrias Acevedo S.A.C.	49
Tabla 9: Hoja de información de Máquinas Herramientas de la empresa Acevedo S.A.C.	54
Tabla 10: Tabla de análisis del NPR	58
Tabla 11: Indicadores post mejora.	72
Tabla 12: Beneficio económico por reducción de horas perdidas.....	74
Tabla 13: Costos en mantenimiento predictivo en la maquinaria.....	75
Tabla 14: Costos en mantenimiento preventivo de maquinaria.	75
Tabla 15: Resumen de los costos de mantenimiento.	76
Tabla 16: Inversión en activos fijos.	77

RESUMEN

Durante la elaboración del presente trabajo de investigación que lleva por nombre plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica tiene como fin elaborar un plan mantenimiento preventivo que permita mejorar la disponibilidad y confiabilidad en las máquinas y equipos que intervienen en el proceso productivo de una empresa metalmecánica.

Se inició la investigación realizando una recopilación de información necesaria para conocer los indicadores iniciales de mantenimiento de las maquinarias en la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.

Seguidamente se realizó un análisis de criticidad AMAEF en las maquinarias de tal forma se puedan identificar cuáles son las más críticas analizando los modos y efectos de falla obteniendo en promedio un 81.47 % de disponibilidad, 97.84 % de confiabilidad, se identificó a las maquinas del área de proceso de maquinado como los equipos con menor grado de indicadores de mantenimiento y disponibilidad respectivamente.

Posteriormente se elaboró un plan de mantenimiento preventivo con la metodología RCM que se basa en las fallas potenciales priorizándose en las maquinarias con el mayor grado de criticidad estableciéndose los tiempos para realización tareas preventivas

Realizado lo anteriormente mencionado se procedió a calcular los nuevos indicadores posterior a la elaboración del plan de plan de mantenimiento de las maquinarias logrando incrementar en promedio la disponibilidad en 93.83 %, la confiabilidad en 98.13 % resultados dependientes del MTBF 190.70 MTTR 12.90 respectivamente para el promedio de todas las máquinas.

Finalmente se realizó un análisis costo beneficio del plan de mantenimiento con el propósito de demostrar la rentabilidad de que el proyecto sea factible y confiable para poder ser ejecutada con un periodo de regreso de inversión de 0.4 años \approx 5 meses considerándose eficiente para la empresa.

PALABRAS CLAVE: mantenimiento preventivo, disponibilidad, confiabilidad

ABSTRACT

During the elaboration of this research work, which is called preventive maintenance plan based on the RCM, to improve the availability of the machinery of a metal-mechanical company, the purpose is to develop a preventive maintenance plan to improve the availability and reliability of the machines and equipment involved in the production process of a metal-mechanical company.

The research began by collecting the necessary information to know the initial indicators of maintenance of the machinery in the company SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.

Next, an AMAEF criticality analysis was performed on the machinery in order to identify which are the most critical by analyzing the failure modes and effects, obtaining an average of 81.47% of availability and 97.84% of reliability. The machines in the machining process area were identified as the equipment with the lowest level of maintenance and availability indicators, respectively.

Subsequently, a preventive maintenance plan was elaborated with the RCM methodology based on the potential failures, prioritizing the machinery with the highest degree of criticality and establishing the times for carrying out preventive tasks.

After the above mentioned, the new indicators were calculated after the elaboration of the maintenance plan for the machinery, achieving an average increase of 93.83 % in availability and 98.13 % in reliability, results dependent on the MTBF 190.70 MTTR 12.90 respectively for the average of all the machines.

Finally, a cost-benefit analysis of the maintenance plan was performed with the purpose of demonstrating the profitability of the project being feasible and reliable in order to be executed with a payback period of 0.4 years \approx 5 months, which is considered efficient for the company.

KEYWORDS: preventive maintenance, availability, reliability

I. INTRODUCCIÓN:

Se considera la industria metalmecánica como un referente al crecimiento del sector manufacturero, representa una acción para el desarrollo económico a nivel mundial, por las gratificaciones que produce, genera capital y da mayor importancia a la calidad que agrega a sus productos. Es importante reconocer que muchos países y regiones están generando planes de como poder integrarse en las cadenas de mejora de calidad en las empresas y proyectos. En esta posición se encuentra el grupo de la metalmecánica diseñando actividades de ingeniería y manufactura avanzada de productos (CANACINTRA, 2016).

Las empresas metalmecánicas están siendo obligadas a superarse para ser competitivas y mejorar sus productos a tiempo. Es por eso que altos directivos corporativos están perfeccionando sus sistemas de desarrollo de fabricación con la finalidad de cumplir las expectativas de los clientes (METALMECANICAS, 2013).

Se reportó en Perú en estos últimos años un crecimiento económico entre mil y mil quinientos millones de dólares en el sector metalmecánico. proyecta su desarrollo basado en proveer y dar servicios a mineras, trayendo consigo una demanda del 50% del total de la producción metalmecánica en el país (RAMOS SPARROW, 2017).

En el Perú es muy importante la industria metalmecánica genera trabajo y contribuye al desarrollo del país, comprometiendo al progreso tecnológico de la industria, conllevando a la estabilidad del progreso de largo plazo, y trayendo mejores niveles de crecimiento económico (EMPLEO, 2014).

Es por eso que los procesos de producción metalmecánica deben operar correctamente dentro de las variables requeridos para obtener una buena productividad. Esto se puede dar siempre y cuando las máquinas, equipos y herramientas, tengan la suficiencia de realizar sus funciones operativas por las cuales fueron diseñadas.

Tal es el caso en la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y

DISEÑO ACEVEDO S.A.C. No cuenta con un adecuado programa de mantenimiento preventivo de componentes mecánicos, equipos y sistemas, lo que genera incertidumbre en el funcionamiento de las maquinarias de producción, pérdidas en mantenimiento correctivo y altos costos por repuestos.

La manera de tener buena operatividad y eficiencia en el desempeño de las maquinarias es contar con un adecuado programa de mantenimiento preventivo para evitar fallas imprevistas que provocan paradas innecesarias ocasionando pérdidas económicas y molestias en los clientes al no cumplir con el tiempo establecido.

Esta investigación utiliza cada una de las acciones a desarrollar en el área correspondiente, realizando el mantenimiento preventivo, ya sea por el personal a cargo o contratado. que se encargan de efectuar todas las actividades de conservación que la empresa requiera en dicho sector.

El presente trabajo por todo lo expuesto anteriormente formula el siguiente problema: ¿cómo mejorar la disponibilidad de las maquinarias de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO SAC por medio de un plan de mantenimiento basado en el RCM?

Por ello, respondiendo a la formulación del problema se plantea una hipótesis: plan de mantenimiento basado en el RCM aplicado a maquinarias de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO SAC, logrará incrementar la disponibilidad y disminuir los egresos producidos por detección del proceso productivo.

El trabajo de investigación tiene una justificación: mediante el plan de mantenimiento basado en el RCM se podrá mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos, disminuyendo los costos por concepto de mantenimiento y repuestos, mejor instrucción de empleados del área encargada y brindar seguridad al operario.

En tal sentido el trabajo de investigación tiene como objetivo general: definir un plan de mantenimiento basado en el RCM para mejorar la disponibilidad de las

maquinarias en la empresa Servicios Industriales Fabricación y Diseño Acevedo S.A.C. Los objetivos específicos de esta investigación son: i) elaborar una estimación de estados iniciales, en temas de mantenimiento, de máquinas con las que cuenta la empresa, para determinar los indicadores de mantenimiento iniciales; ii) elaborar un estudio de criticidad y AMEF de las máquinas; iii) Elaborar un programa de mantenimiento preventivo, complementario al plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, tomando en cuenta los resultados obtenidos del AMEF y NPR previamente evaluados; iv) Calcular los nuevos indicadores de mantenimiento, en condiciones de mejora; v) establecer una evaluación del valor de la inversión para la implementación del Plan de mantenimiento y determinar la rentabilidad y además el reembolso de la inversión.

II. MARCO TEÓRICO

Así mismo para el proyecto de investigación se hizo una búsqueda de trabajos previos de autores que realizaron sus investigaciones con técnicas semejantes a implementar, dentro de los cuales destacan:

En una investigación el autor (Alvarez Delgado, 2018) planteó un programa de mantenimiento preventivo centrado en el RCM para optimizar en gran medida la rentabilidad de una empresa manufacturera. El autor realizó el estudio empleando fichas de análisis documental (lista de cotejo o check list) y estudio de criticidad para observar los estándares de mantenimiento y las condiciones de los equipos. Al finalizar la investigación obtuvo como evidencia, que no se administraba el adecuado mantenimiento y no se utilizaba ningún tipo de indicadores, solo se realizaban correctivos.

Después de un año de implementada la propuesta, se obtuvieron resultados de mejoras en la eficiencia de la empresa, un ahorro del 22.6% con respecto a los gastos. Con el plan de mantenimiento preventivo propuesto la empresa obtuvo óptimos resultados tanto en la producción como en los ingresos.

Siguiendo con la búsqueda, se encontró un trabajo de investigación donde el autor (MORENO AGUIRRE, 2017) desarrolló un plan de mantenimiento centrado en RCM, para acrecentar sus indicadores.

El autor utilizó un análisis de AMFE desarrollando hojas de decisión y llegó a establecer actividades de mantenimiento para reducir los efectos de falla y obtuvo como producto un nuevo plan de mantenimiento y el incremento de disponibilidad un 25%, confiabilidad 3% y la mantenibilidad un 9%.

Asimismo, en otro trabajo de investigación donde el autor implementó un programa de mantenimiento preventivo basado en el RCM en una empresa que brinda servicios fabricación, reparación a la industria petrolera, pesquera y minería; con el objetivo de incrementar la productividad (ALBAN SALAZAR, 2017).

Para elaborar sus informes el autor empleó el diagnóstico de los puntos críticos que originaron fallas en las máquinas, hizo también una valoración para resolver las consecuencias en la productividad, implementando el programa propuesto logro reducir interrupciones en la producción en 97.81%, frecuencias de fallas 81.43%, en costos por fallas mecánicas 75.14%, finalmente elaboró un análisis de costo – beneficio del plan donde obtuvo que por cada unidad monetaria invertida la empresa obtendrá 0.76 céntimos de ganancia.

Seguidamente se encontró un trabajo de investigación donde el autor (GALVEZ BERNALES, y otros, 2018) presentó un plan de mantenimiento centrado en RCM a los tornos del taller metalmecánico para mejorar la producción en la empresa.

Para el estudio el autor utilizó herramientas de investigación como el estudio de modo de falla, efectos y análisis de criticidad, logrando identificar las partes críticas y evitar paradas imprevistas.

Según la investigación realizada por el autor, se empleó un perfeccionamiento del plan de mantenimiento preventivo en sectores de la línea de producción, utilizando una metodología:

Primeramente, realizó un diagnóstico de los equipos mediante una consulta organizada y visita de campo para evaluar la clase de mantenimiento que se fija a los equipos, posteriormente usó una herramienta de gestión, que contemple la reiteración de fallas y los impactos de estos en la línea de fabricación, seguridad y mantenimiento llegando a detectar los equipos críticos, luego hizo un AMFE, identificando un total de 19 modos de falla y 40 causas de falla, mediante el NPR y ordenó las causas de falla.

Culminó con un resultado de un nuevo plan de mantenimiento clasificando según metodología RCM, identificó las acciones detalladas para cada elemento mantenible, su frecuencia y el responsable; disminuyó las ocurrencias de fallas, costos por mantenimiento correctivo, el tiempo de indisponibilidad del sistema y los recursos económicos respaldando de esa forma la confiabilidad de equipos.

Finalizando con la búsqueda se encontró un trabajo de investigación donde el autor (NAULA OCHOA, y otros, 2019) elaboró principios de gestión de mantenimiento centrado en RCM, para bajar los efectos nocivos de las fallas dentro del sistema de corte en una empresa de producción generando un incremento en rentabilidad.

El autor usó técnicas de clasificación y subdivisión de activos siguiendo una normativa como referencia, luego identificó los modos de falla con el uso de herramientas AMFE, que analiza su criticidad usando criterios de frecuencia de la información que recolecto de registros de averías, horas de parada, planes de mantenimiento fichas técnicas y costos. Concluyó su investigación en una propuesta donde muestra un descenso del 47% frente a la proyección de modos de falla, elaboración de estrategias de mantenimiento para los equipos críticos y un promedio de 7 horas mensuales repartidos en equidad en todo el año para sus respectivas actividades de mantenimiento, y el costo de oportunidad perdido se reduce.

Para el presente trabajo de investigación se presentan conceptos fundamentales para su mejor comprensión:

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL: Abarca tantos aspectos diferentes que es fácil encontrar una multitud de definiciones en la literatura. El concepto está estrechamente ligado a la finalidad de cualquier industria y a su funcionamiento, que a su vez depende de la situación del mercado en el que opera. El objetivo principal de una industria (en su función de empresa) es crear riqueza en el entorno en el que opera, y para ello debe tratar de maximizar sus beneficios, además de otras consideraciones (por ejemplo, el respeto al medio ambiente). Por lo tanto, puede decirse que el mantenimiento ayuda a lograr este objetivo. El grado de consecución depende de varios factores, entre ellos el tipo de mantenimiento realizado (FRANCISCO T., 2006)

Así mismo desde la época de la revolución industrial el mantenimiento ha ido cambiando adaptándose a nuevas tecnologías formando cada vez una mayor notoriedad en el campo de producción de bienes y servicios siendo una disciplina

estratégica teniendo que contar con el apoyo desde alta gerencia, así como de todas las áreas involucradas en la cadena productiva teniendo en cuenta que una deficiente ejecución del mantenimiento repercute en gran medida sobre la calidad del producto final.

El objetivo principal del mantenimiento es garantizar que la máquina funcione al máximo de su capacidad en el proceso de producción. Esto se consigue aumentando los indicadores para conseguir una mayor calidad de sus productos, que tienen un bajo presupuesto y un alto nivel de seguridad para los operarios que los utilizan, respetando el medio ambiente (MORENO AGUIRRE, 2017).

Funciones de mantenimiento industrial: El mantenimiento industrial se define por las funciones que se le asignan. Estas funciones pueden clasificarse en dos grandes grupos según el trabajo del equipo de mantenimiento.

- Mantenimiento de equipos industriales.
- Reconocimiento y lubricación de los equipos.
- Mantenimiento de edificios y estructuras.
- Gestión de la información de mantenimiento.
- Modificación de equipos
- introducción de nuevos equipos (MICHAEL, 2017).

Funciones básicas de mantenimiento: Las principales funciones de mantenimiento son las que el departamento de mantenimiento tiene que realizar a diario, dedicando a ellas la mayor parte de su tiempo.

Estas funciones esenciales pueden dividirse en las siguientes categorías:

Funciones primarias del mantenimiento: Las funciones principales del mantenimiento son las acciones que el Departamento de Mantenimiento deberá realizar diariamente, consagrando la mayoría parte de su tiempo.

Estas funciones principales se pueden agrupar dentro de las siguientes categorías:

- Mantenimiento del equipo industrial.

- comprobación y lubricación de equipos.
- Mantenimiento de edificios y terrenos
- Gestión de la información relativa al mantenimiento.
- Modificación de las instalaciones y realización de instalaciones nuevas (MICHAEL, 2017).

Funciones de mantenimiento secundario: Además de las funciones principales descritas anteriormente, existen otras funciones que pueden asignarse al departamento de mantenimiento por razones de conveniencia o competencia técnica.

Estas funciones secundarias incluyen las siguientes:

- Gestión de un taller de mantenimiento.
- Seguridad de las instalaciones.
- Gestión de residuos.
- Otros. (Álvarez Delgado, 2018).

El mantenimiento como técnica multidisciplinaria puede abarcar un sin número de funciones permitiendo con su aporte técnico alcanzar el mayor grado posible de eficiencia y calidad tanto en tanto en edificios e instalaciones, así como en áreas muy complejas que requieran altos conocimientos tecnológicos siendo una parte vital determinar el grado de facultades atribuidas frente a cada función.

TIPOS DE MANTENIMIENTO: En toda instalación industrial se pueden realizar los diferentes tipos de mantenimiento refiriéndose a tipos como tareas de mantenimiento pudiéndose clasificar según su especialidad así tenemos:

Mantenimiento mecánico: Por consiguiente, el mantenimiento mecánico entre las diferentes ramas de gestión de mantenimiento es la encargada de dar sostenimiento al correcto funcionamiento de máquinas y equipos velando que cada componente cumpla con la función requerida comprendiendo tareas como lubricación, cambio de piezas, instalación de sistemas mecánicos entre otros por ello es imprescindible

que deba introducir acciones de revisión y reparación mecánica en el programa de gestión de activos.

Mantenimiento eléctrico: Este tipo de mantenimiento es el que se encarga del soporte en la detección de anomalías en cualquier componente, maquina o instalación eléctrica evitando se produzcan interrupciones de fluido eléctrico realizando acciones de prevención para evitar siniestros eléctricos.

Mantenimiento instrumentación: Mediante este tipo de mantenimiento se realiza el cuidado de equipos o instrumentos operándolo de forma correcta además de comprender la condición del mismo.

-Pudiéndose clasificar también por su grado de peligrosidad

-Con permiso de riesgo de trabajo

-Sin permiso de riesgo de trabajo

-Finalmente se clasifica por la naturaleza de tarea a realizar entre ellos podemos citar:

Mantenimiento correctivo: Es la estructura más simple de mantener una maquina o instalación operativa y es definido por la agrupación de procesos programadas para reparar las máquinas que hayan sufrido desperfecto (AÑASCO, 2016), donde el operador debe informar a la entidad correspondiente (GARCIA GARRIDO,2003).

Mantenimiento preventivo: Trata de mantener a una maquina o instalación operativa, basándose en acciones programadas como revisiones o reparación en el momento indicado, y así tengan disponibilidad (MORALES LUJAN, 2019).

Mantenimiento predictivo: Son parámetros y métodos que acatan y emplean con el propósito de encontrar supuestas fallas y desperfectos en los equipos o sistemas, previniendo que causen paros de emergencia y tiempos muertos. El objetivo es mantener el equipo con una operatividad óptima, programando las inspecciones en los momentos establecidos. (PAOLUCCI, 2009).

Mantenimiento proactivo: Es un procedimiento que se centra en el estudio de la investigación y corrección del problema que producen las fallas en las maquinas o

sistemas, realiza soluciones que eliminan las causas de los problemas. Todos el personal directo o indirecto del área de mantenimiento practican esta técnica por ser muy eficaz (PASCUAL, 2007).

Los tiempos implicados en el mantenimiento para reducir las paradas no programadas son:

Indicadores de mantenimiento: A menudo permiten realizar cálculos mediante programas informáticos o de forma manual; también permiten tomar decisiones importantes y, por lo tanto, requieren el conocimiento de la situación de partida, comprobaciones cuantitativas e informes.

El primer indicador es el llamado Tiempo de Mantenimiento entre Fallas (MTBF, por sus siglas en inglés), es decir, el tiempo promedio que una planta está parada debido a perturbaciones o fallas operativas, es decir, la continuidad con la que sucede cada parada (Carlos Alberto Parra Márquez, 2012).

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}} \quad \text{ecuación 3}$$

Dónde:

MTBF: Tiempo de Mantenimiento Entre Fallos.

El segundo indicador de este tipo es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), es decir, el tiempo que la máquina está parada hasta que se repara la avería o el fallo (Parra Marquez, y otros, 2012).

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones correctivas}}{N^{\circ} \text{ de reparaciones correctivas}} \quad \text{ecuación 4}$$

Dónde:

MTTR: Tiempo Medio Hasta la Reparación.

Utilizando los parámetros temporales anteriores, podemos determinar el indicador más importante, la disponibilidad total, relacionándolos de la siguiente manera (García, 2009):

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{ecuación 5}$$

Dónde: D: Disponibilidad

Otra métrica significativa es la fiabilidad de los equipos, es decir, la capacidad de realizar un trabajo en determinadas condiciones durante un determinado periodo de tiempo y la probabilidad de que el equipo no falle (RENOVETEC).

La confiabilidad puede ser expresada a través de la expresión:

$$C(t) = \left(e^{-\frac{\lambda * TTP}{100}} \right) * 100\% \quad \text{ecuación 6}$$

Dónde:

C(t): Confiabilidad (%)

TTP: Tiempo total de estudio (Hrs).

λ : Tasa de fallas $\left(\frac{\text{Fallas}}{\text{Hr}} \right)$.

Y se expresa: $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

Otro indicador es la mantenibilidad, que se define como la propiedad del activo que cree un gasto de mantenimiento durante el funcionamiento normal o de retirada en caso de fallo del sistema. (Gonzales Fernández, 2015)

La mantenibilidad puede ser calculada por medio de la expresión:

$$M(t) = \left(1 - e^{-\frac{\mu * TTP}{100}} \right) * 100\% \quad \text{ecuación 7}$$

Dónde:

- M(t): Mantenibilidad (%)

- TTP: Tiempo total de estudio (Hrs).
- μ : Tasa de reparaciones $\left(\frac{\text{reparaciones}}{\text{Hr}}\right)$.

y se expresa:

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

Otro concepto importante es el RCM (Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad) es un conjunto de conocimientos sobre la organización de actividades y la gestión del mantenimiento para crear programas organizados basados en la fiabilidad de los equipos. Conocimiento que capacita:

- Conocer de efectos no deseables en la funcionalidad de los procesos de producción (fallos operativos) antes que ocurran.
- Identificar los efectos de las fallas y la repercusión de estas.
- Identificación y planificación de acciones predictivas (pronosticar de forma temprana posibles fallos) y preventivas (medidas previo al fallo).
- identificación de las consecuencias e impactos de estas prácticas nos lleva a una metodología basada en 7 preguntas para la aplicación del RCM, como se indica a continuación:

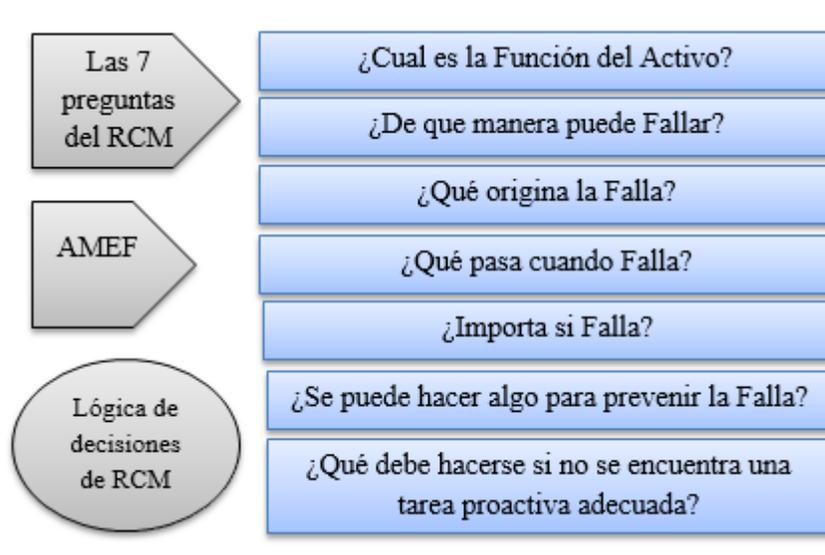


Figura 01: Las 7 preguntas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (Moubray, 2004).

Con RCM obtienes grandes mejoras como:

- ✓ Aumenta la disponibilidad de su equipo.
- ✓ Reduce la cantidad de mantenimiento correctivo.
- ✓ Reduce los fallos inesperados.
- ✓ Integrar las tareas pertinentes.
- ✓ Obtenga una imagen más clara del impacto de las fallas.
- ✓ Investigar y descubrir los fallos estructurales más comunes.
- ✓ Identificar la mayoría de los motivos de los fallos persistentes.
- ✓ Mejorar los inventarios de repuestos y materiales.
- ✓ Reducir los tiempos de reparación.
- ✓ Formar a los trabajadores para mejorar su situación laboral.
- ✓ Mejorar el procedimiento del mantenimiento y las estrategias de aplicación.

Para iniciar el ordenamiento de evaluación y análisis de investigación mediante el RCM, es conveniente definir un parámetro importante denominado índice de criticidad, que es aquel representativo de las fallas drásticas, capaces de generar paralizaciones e interrupciones de producción u operación de máquinas, son los denominados cuellos de botella que causan daño a componentes e infraestructura de una empresa, negocio, planta o maquinaria, cuya demora y paralizaciones nos otorgan una señal “una guía numérica de la importancia de la avería”.

El método más efectivo para determinar la criticidad se basa en la ponderación de acuerdo a los criterios de evaluación y matriz correspondiente de Frecuencia vs. Consecuencia de las fallas (Améndola, 2012).

NÚMERO DE FALLAS	20	SC	SC	C	C	C	C
	15	SC	SC	SC	C	C	C
	10	NC	NC	SC	C	C	C
	5	NC	NC	NC	SC	C	C
		50	100	150	200	250	300
		CONSECUENCIA					

Figura 02: Matriz de Criticidad

Fuente: Ávila, 2008.

¿Qué fundamentos se deberían tomar en cuenta para determinar los puntos de criticidad?

La criticidad se expresa mediante el producto de la probabilidad o frecuencia de suceso de un fallo por la suma de las consecuencias de dicho fallo, definiendo atributos de valor para apoyar los principios de evaluación (Pemex, 2010).

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: En una planta industrial, no todos los equipos tienen la misma importancia. Es un hecho que algunos equipos son más importantes que otros. Dado que los recursos de una empresa para el mantenimiento de una planta son limitados, tenemos que asignar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes y dejar una pequeña parte de la asignación para los equipos que pueden tener menos impacto en los resultados de la empresa. Pero, ¿cómo distinguir los equipos que tienen un gran impacto en los resultados de los que no lo tienen? Cuando intentamos hacer esta distinción, hacemos el análisis de criticidad de los equipos de la planta. Empezamos por distinguir una serie de niveles de importancia o criticidad:

A) **Equipos críticos:** Se trata de equipos cuyo fallo o mal funcionamiento tiene un impacto significativo en el rendimiento de la empresa.

B) **Equipos importantes:** Equipos cuyo fallo, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero cuyas consecuencias son previsibles.

C) **Equipos prescindibles:** Se trata de un equipo que tiene poco impacto en los resultados. En el mejor de los casos se trata de un inconveniente menor, un pequeño cambio de poca importancia o un pequeño coste adicional (GARRIDO, 2003).

Además, unas ciertas empresas están adoptando por agregar una categoría más que equipos altamente críticos tratando así de subdividir en equipos críticos y menos críticos considerando para ello aspectos como producción, calidad, costos y seguridad.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad \text{ecuación 8}$$

La consecuencia se determina, (<http://aprendizajevirtual.pemex.com>):

$$\text{Consecuencia} = F.F \times I.O. \times F.O. \times C.M. \times I.SA\&H \quad \text{ecuación 9}$$

Dónde:

- F.F: Frecuencia de fallas.
- I.O: Impacto operacional.
- F.O: Flexibilidad operacional.
- C.M: Costo de mantenimiento.
- I.SA & H: Impacto seguridad e higiene.

Las tablas para la ponderación de los 6 criterios de la criticidad, se muestran en el anexo 4.

Otros conceptos muy importantes son:

El estudio de modo y efecto de falla (AMEF): puede describirse como un conjunto sistemático de actividades para: identificar y evaluar los fallos del producto/proceso y las consecuencias de estos fallos; identificar las acciones que pueden eliminar o reducir la probabilidad de estos posibles fallos; y documentar todo el proceso. Esto se suma al proceso de identificación de lo que el diseño o el proceso debe hacer para satisfacer al cliente. Todos los métodos de elementos finitos se centran en el diseño del producto o del proceso (CHRYSLER, 2001).

Implementación de AMEF: Dado que la industria en general tiende a mejorar continuamente sus productos y procesos siempre que sea posible, el uso del AMEF como técnica correcta para identificar y minimizar posibles problemas es más importante que nunca. Los estudios de las campañas de vehículos han demostrado que los programas de AMEF plenamente aplicados pueden evitar muchas de estas campañas. Uno de los factores más importantes para el éxito de la aplicación de los programas de AMEF es el calendario. Esto significa que es un ejercicio "antes del evento" y no "después del evento". Para obtener el máximo beneficio, los AMEF deben llevarse a cabo antes de que los modos de fallo del producto o del proceso se incorporen al propio producto o proceso. El tiempo reservado y utilizado adecuadamente para realizar un AMEF, cuando los cambios en el producto/proceso pueden aplicarse de forma más fácil y económica, minimiza las crisis de cambio posteriores. El AMEF puede reducir o eliminar la probabilidad de aplicar acciones correctivas/preventivas que supondrían un problema importante. La comunicación y la coordinación deben tener lugar dentro de todos los equipos de AMEF (GARRIDO, 2003).

AMEF de procesos: El AMEF dentro de un proceso es una técnica de análisis utilizada por los ingenieros/equipos de producción/montaje para garantizar que los posibles modos de fallo y las causas/mecanismos asociados se han tenido en cuenta y abordado en la medida de lo posible. En su forma más estricta, el AMEF es un resumen de las ideas de un equipo (incluido el análisis de los elementos que la experiencia ha demostrado que pueden fallar) a medida que evoluciona el proceso

en cuestión. Este enfoque sistemático corresponde y formaliza la disciplina mental que un ingeniero aplica normalmente a la planificación de la producción.

Los AMEF's potenciales de Procesos:

- Identificar las funciones y los requisitos del proceso,
- Identificar los posibles modos de fallo de los productos y procesos
- Evaluar el impacto de los posibles fallos en el cliente,
- Identificar las causas potenciales de los procesos de fabricación o ensamblaje y las variables del proceso a las que pueden dirigirse los controles para reducir la aparición de defectos o detectar condiciones defectuosas.
- Establecer una lista clasificada de posibles modos de fallo que incluya un sistema de prioridades para las consideraciones de acción correctiva/preventiva, y documentar los resultados del proceso de fabricación/montaje (CHRYSLER, 2001).

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMEF) es un método para identificar los fallos más importantes (Calva, MCD. Vicente Moreno, 2017); y un árbol de decisión lógico. Estas herramientas básicas de RCM se complementan con las siete preguntas fundamentales mencionadas anteriormente (Moubray, 2004) y permiten determinar las distintas consecuencias de los fallos de los distintos componentes o equipos en las condiciones de trabajo previstas. A partir de esta práctica, se presentan los siguientes resultados:

1. Asegurarse de que se comprenden todos los posibles modos de fallo y sus efectos.
2. Identificar los puntos débiles del proyecto.
3. Ofrecer opciones en la fase de diseño.
4. Proporcionar criterios para priorizar las tareas de corrección.

5. Proporcionar criterios para priorizar las acciones preventivas.

Para efectuar el "AMEF" se debe realizar los siguientes pasos mostrados a continuación:

- ✓ Método a evaluar en detalle
- ✓ Detallar los patrones de falla
- ✓ Identificar las causas de la forma y el impacto del fallo.
- ✓ Evaluar la gravedad.
- ✓ Evaluación de detención.
- ✓ Medida "RPN".
- ✓ Identificar los lugares a registrar y las mejoras a realizar.

Hay que tener en cuenta que el AMEF debe llevarse a cabo en un proceso de dos pasos que consiste en la evaluación y la identificación. Para conseguirlo, es necesario hacer un trabajo de campo para obtener la información correcta sobre todos los elementos y luego aplicar el plan con la documentación adecuada:

Fichas de información: antes de elaborar la ficha de decisión, clasificamos el mensaje de información dividiéndolo en niveles para utilizar las fichas de información para identificar las tareas propuestas. Estas fichas responden a las tres primeras preguntas de la metodología RCM

Tabla 01: Hojas de información.

Nombre del equipo:			
Sistema:			
Pieza	Función que desempeña (F)	Modo de fallo funcional (FF)	Causas Potenciales de fallo (FM)

Fuente: Moubray, 2014

Hojas de decisión: En esta fase del análisis se integran finalmente las consecuencias y las tareas y se puede responder a las últimas 4 preguntas de la metodología RCM:

Tabla 02: Hojas de decisión (Moubray, 2014)

HOJA DE DECISIONES			Sistema:										Facilitador:	Fecha:	Hoja N° 1		
			Subsistema:										Auditor:	Fecha:	de:		
Referencia de información			Evaluación de consecuencias				H1	H2	H3	Acción de falla de					Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a-año, m-mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H	H5	S4					
							N1	N2	N3	4							

Fuente: Moubray, 2014

Árbol lógico de decisiones: Herramienta para la selección óptima de las actividades de mantenimiento según la filosofía RCM.

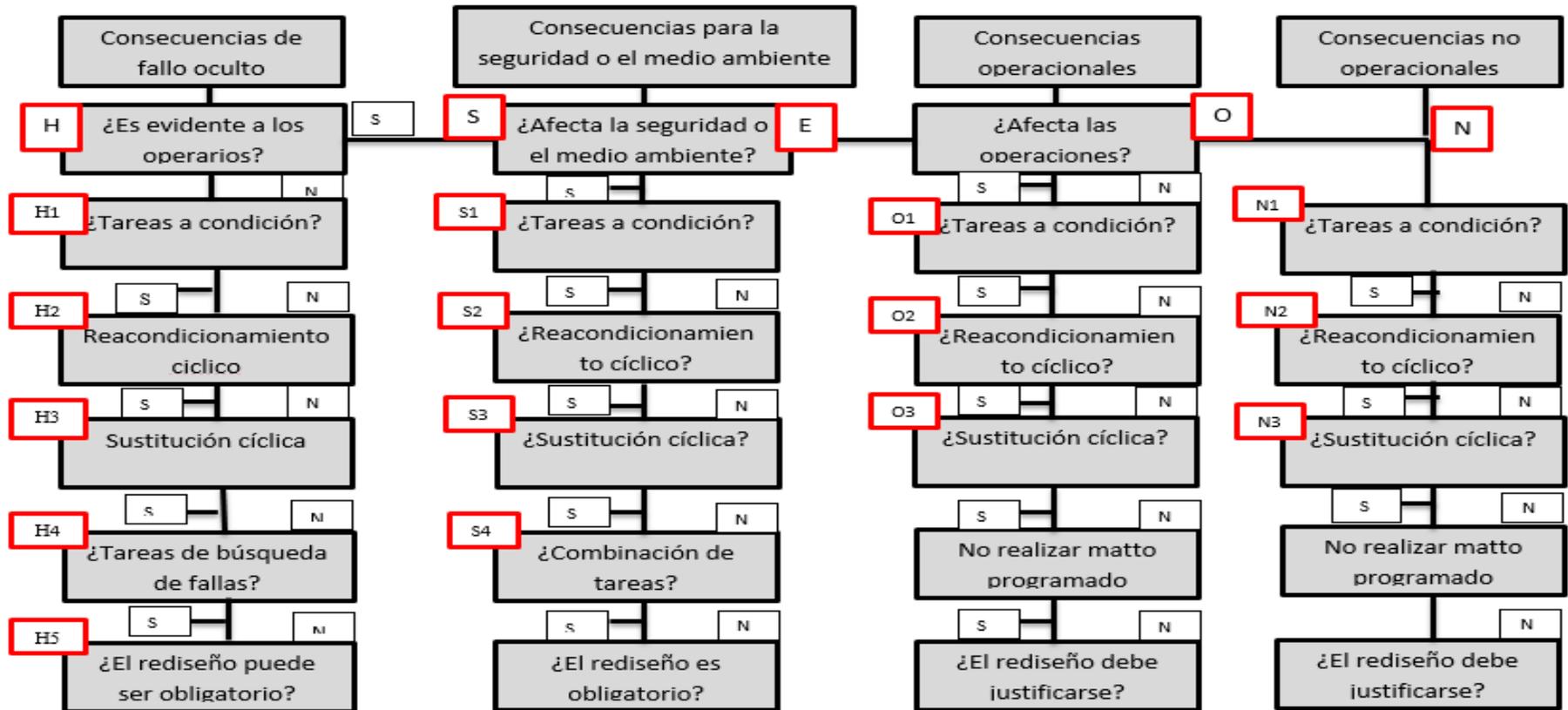


Figura 03: Árbol lógico de decisiones

Fuente: Moubray, 2014

La puntuación de prioridad de los riesgos (RPN) es también un concepto relevante en el mantenimiento que nos permite clasificar los riesgos según su puntuación: graves, más difíciles de localizar; también se utiliza para reflexionar sobre nuestras acciones. (Améndola, 2012).

Se calcula multiplicando los valores determinados de cada grado (gravedad, ocurrencia, detección).

$$NPR = G * O * D$$

Ecuación10

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación será aplicada (CONCYTEC, 2018).

El diseño de investigación será no experimental, se efectuará la revisión de los registros de fallos de los equipos de la empresa metal mecánica, a los cuales se hará una sola observación del último trimestre, para la medición de sus parámetros actuales de mantenimiento y su capacidad de producción a fin de establecer la relación con el sistema de mantenimiento basado en la confiabilidad.



Figura 04: Análisis de muestra.

Fuente: Elaboración propia.

PM: Análisis de muestra

EST: Sistema de mantenimiento RCM

MUS1, MUS2: proporción de observaciones de incremento en la disponibilidad.

3.2. Variables y operacionalización

La variable es de tipo **cuantitativo** porque tenemos valores numéricos (cantidad), centrados en aspectos observables sensibles de cuantificación y emplearemos la estadística para el estudio.

Variable independiente: Mantenimiento Preventivo.

Variable dependiente: Disponibilidad.

Tabla 03: Variables y Operacionalización.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable Independiente:</p> <p>Mantenimiento preventivo</p>	<p>Es un grupo tareas programadas con la finalidad de evitar posibles fallas o paradas que retrasen el proceso de producción (MORENO AGUIRRE, 2017).</p>	<p>Son grupos de tareas coordinadas y direccionadas a la eficiencia de los mantenimientos planificados.</p>	<p>-Número de fallas. -Tiempo de ejecución.</p>	<p>De razón</p>
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Disponibilidad</p>	<p>Capacidad de un equipo o sistema de ejecutar la función, en el tiempo se establecido (OCAMPO, y otros, 1996).</p>	<p>Se determina como el periodo promedio entre fallas entre la división del tiempo promedio entre fallas más tiempo promedio para reparar.</p> $D(t) = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \times 100$	<p>TMEF: Tiempo medio entre fallas. TMPR: Tiempo medio de reparación.</p>	<p>De razón</p>
<p>Confiabilidad</p>	<p>Posibilidad de que un equipo sistema no experimente fallas durante un tiempo determinado (OCAMPO, y otros, 1996).</p>	<p>Es la tasa de fallas por el Tiempo total programado.</p> $C(t) = \left(e^{-\frac{\lambda \cdot TTP}{100}} \right) * 100$	<p>TTP: Tiempo total de estudio (Hrs). λ: Tasa de fallas $\left(\frac{\text{Fallas}}{\text{Hr}} \right)$. y se expresa: $\lambda = \frac{1}{MTBF}$</p>	<p>De razón</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población: Todas las maquinarias de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.

3.3.2. Muestra: Las máquinas que presentan más puntos críticos de la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.

3.3.3. Muestreo: Por conveniencia

La lista de las máquinas que operan en la empresa SERVICIOS INDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C. se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 04: Lista de máquinas.

N°	Máquinas y equipos
2	Tornos verticales
1	Cepillos
2	fresadoras
1	Taladro de banco
1	Máquina de soldar

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnica análisis documental: Permitirá proporcionar los parámetros de cada una de las maquinarias.

Instrumento: ficha de registro de datos.

3.4.2. Técnica observación: Permitirá recolectar información del funcionamiento y operación de las maquinarias.

Instrumento: guía de observación

3.4.3. Técnica entrevista: Nos ayuda a identificar las fallas, así también valorar y clasificar objetivamente los efectos y causas, para de esta forma, evitar que ocurran y tener un procedimiento certificado de prevención.

Instrumento: Guía de entrevista

3.4.4. Técnica encuesta: se realiza un formulario impreso para obtener respuestas referentes al tema en estudio.

Instrumento: cuestionario

3.5. Procedimiento.

El presente proyecto será realizado en seis etapas las cuales se explican a continuación:

- **Primera etapa:** El presente proyecto inicia con la recopilación de datos y las observaciones de operación de las maquinarias para esto será necesario solicitarlos archivos y documentación en el área de mantenimiento donde se muestran los datos técnicos de las máquinas, las fallas presentadas y los mantenimientos correctivos realizados.
- **Segunda etapa:** una vez levantados los archivos y documentación en la etapa anterior se procede al cálculo de las muestras de mantenimiento actuales: confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, en cada maquinaria involucrada en el proceso de producción.
- **Tercera etapa:** Seguidamente se realizará un análisis de criticidad y AMFE en las maquinarias de tal manera que se pueda identificar cuáles son las más críticas y analizar los modos y efectos de falla.
- **Cuarta etapa:** Posteriormente se elaborará el plan de mantenimiento preventivo con las fallas más potenciales presentadas en las maquinarias y donde se establecerán los tiempos para realizar cada una de las tareas preventivas.
- **Quinta etapa:** Una vez ya realizado todos los procesos anteriores, se

calcularán los nuevos indicadores de mantenimiento posterior a la elaboración de plan de mantenimiento preventivo de las maquinarias.

- **Sexta etapa:** Para finalizar nuestro trabajo de investigación se elaborará un análisis de costo y beneficio del plan de mantenimiento preventivo con el propósito de demostrar la rentabilidad de que el proyecto realizado sea factible y confiable para poder ser ejecutada.

3.5.1. Método de análisis de datos: Se utilizará un programa de hoja de cálculo mediante el cual se podrá generar gráficos y diagramas de barras de frecuencia (horas de parada, números de parada, horas de producción) que ayuden a una mejor interpretación de la información recopilada.

3.6. Aspectos éticos.

El investigador se responsabiliza a seguir las normas y otorgando veracidad en los datos del análisis, la privacidad y la confiabilidad de los informes técnicos adquiridos como también la identidad del personal que brindo la información técnica y a su vez la empresa autoriza el uso de los datos obtenidos de mantenimiento para la elaboración del trabajo de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de las condiciones iniciales, en materia de mantenimiento, de las máquinas, con las que cuenta la empresa, para determinar los indicadores de mantenimiento.

Por consiguiente, para revisar el estado actual de mantenimiento se formuló una encuesta (ver anexo 1) y una entrevista (ver anexo 2) inicialmente se realizó una encuesta a los trabajadores y una entrevista dirigida al supervisor de dicha área. Las figuras de la 5 a 20 y la tabla 05 muestran las incógnitas que contiene la encuesta con su correspondiente respuesta.

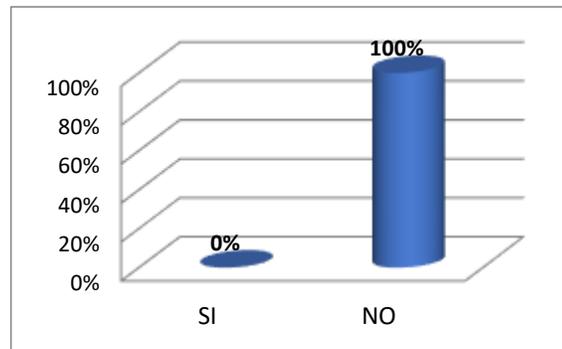


Figura 05: Existe Plan de Mantenimiento Definido

Fuente: Elaborado propia

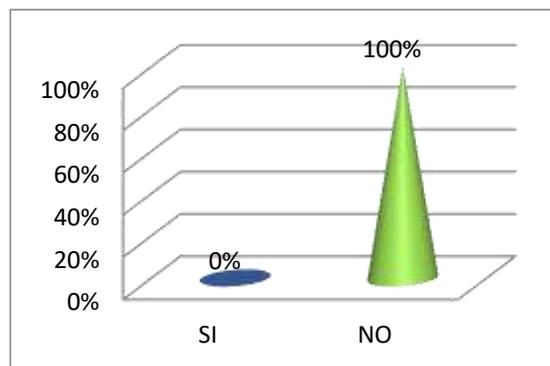


Figura 06: Se lleva Inventario de Repuestos, Suministros y Otros

Fuente: Elaborado propia

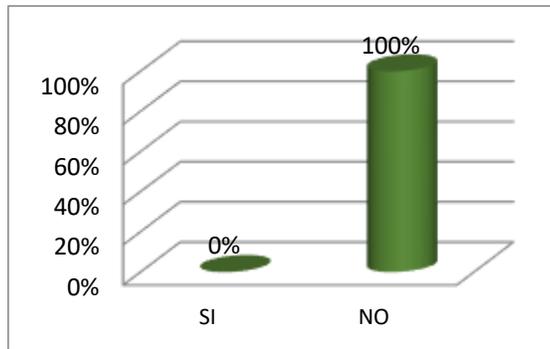


Figura 07: Se lleva Inventario de Repuestos, Suministros y Otros

FUENTE: Elaborado propia

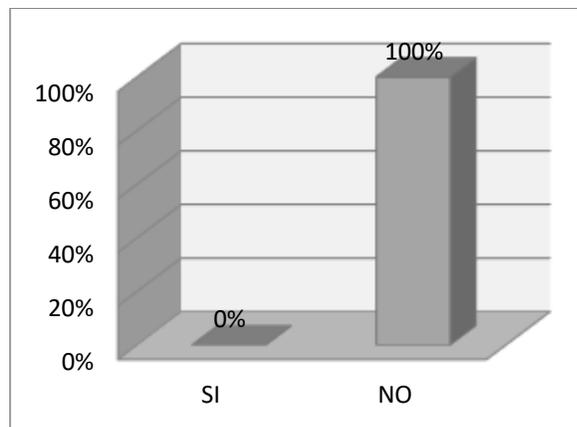


Figura 08: Existe Planificación de Paralización de Maquina.

FUENTE: Elaborado propia

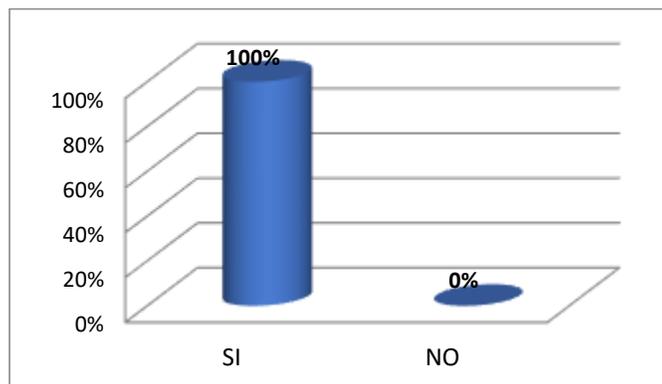


Figura 09: Se cuenta con Recursos y Herramientas para Mantenimiento.

Fuente: Elaborado propia

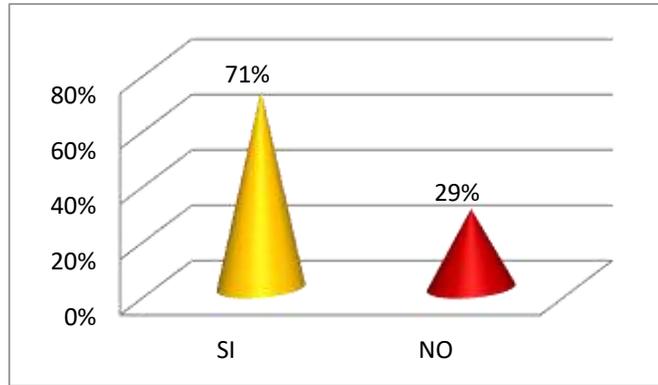


Figura 10: Se da Mantenimiento Adecuado con los Recursos

Fuente: Elaborado propia

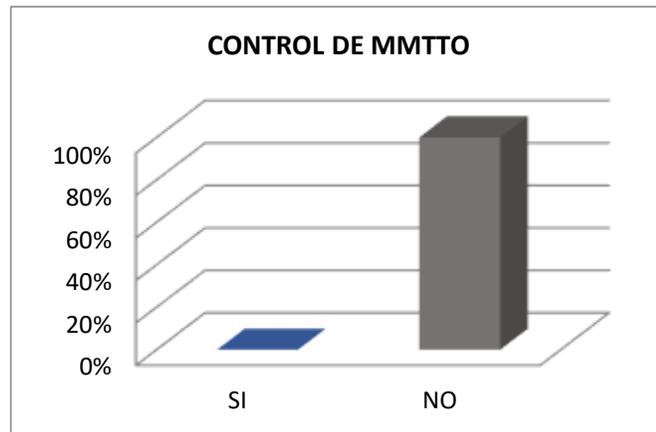


Figura 11: Se Lleva un Control de Mantenimiento.

Fuente: Elaborado propia

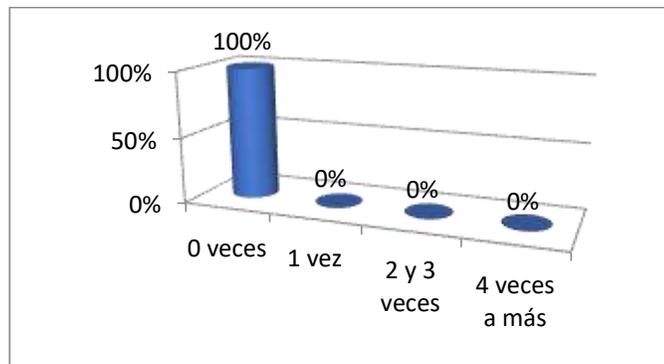


Figura 12: Veces de Capacitaciones de Mantenimiento

Fuente: Elaborado propia

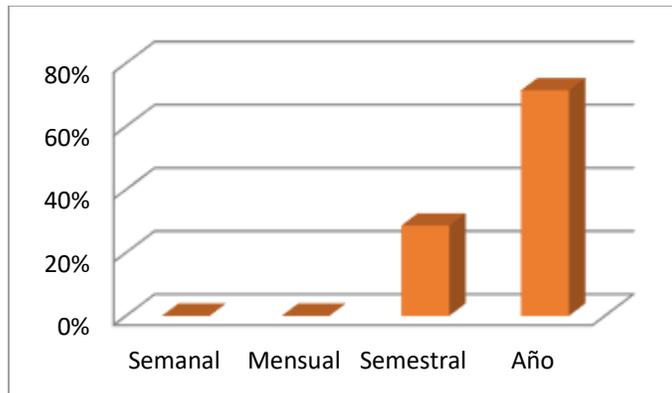


Figura 13: Frecuencia de Mantenimiento.

Fuente: Elaborado propia

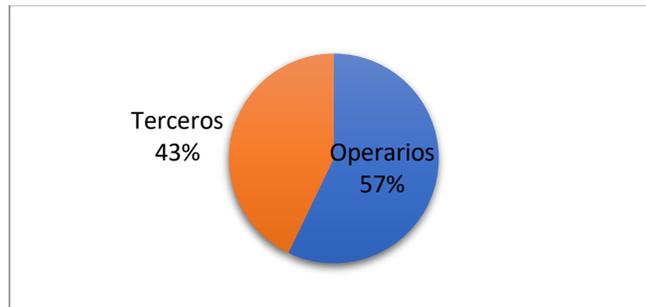


Figura 14: Personal que Realiza Mantenimiento

Fuente: Elaborado propia

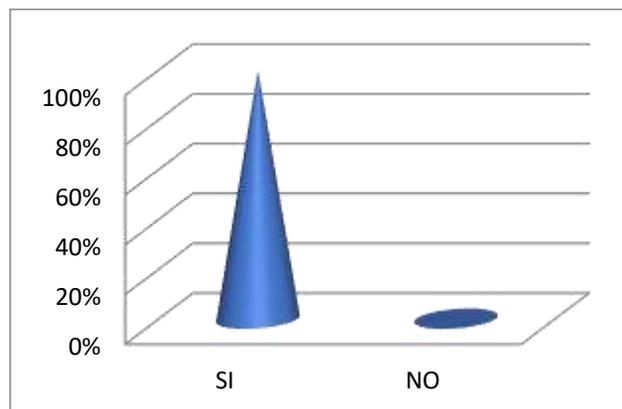


Figura 15: Espacio Suficiente para Mantenimiento.

Fuente: Elaborado propia

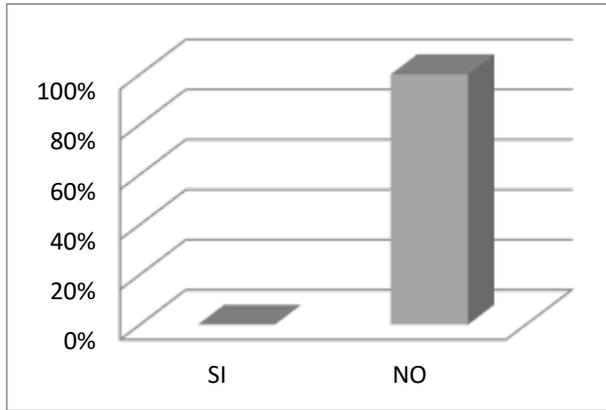


Figura 16: Disposición de Documentación Técnica para Mantenimiento.

Fuente: Elaborado propia

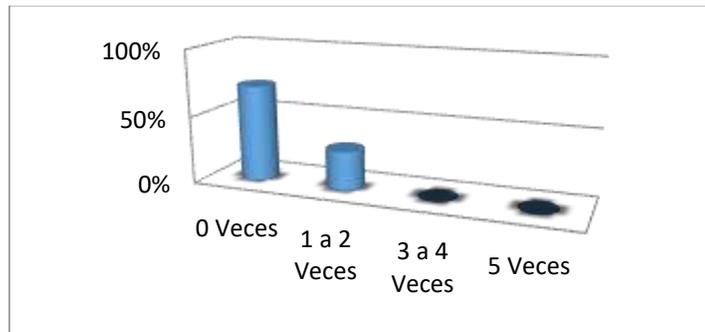


Figura 17: N° de Veces que se Previenen las Fallas al Año

Fuente: Elaborado propia

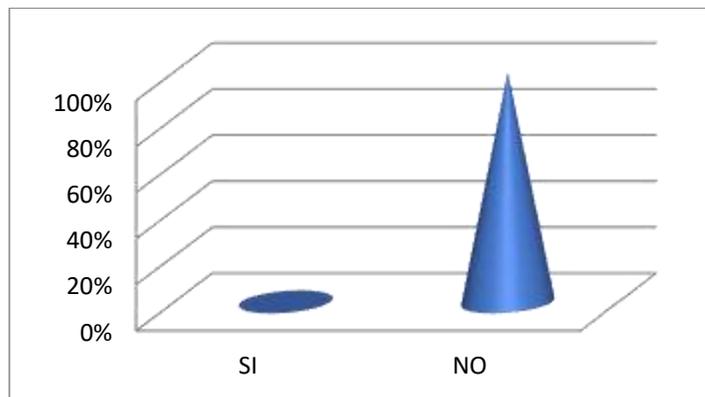


Figura 18: Reemplazo de Funciones de las Maquinas

Fuente: Elaborado propia

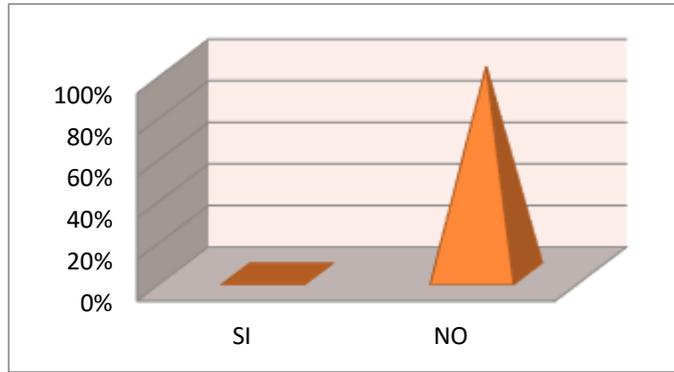


Figura 19: Segregación Correcta de Desechos.

Fuente: Elaborado propia

Tabla 05: Conocimiento de Fallas.

FALLAS	SI	NO
Se Mantiene Registro Actualizado De Fallas	0%	100%
Seguimiento A Las Fallas	0%	100%
Se Conoce Como Detectar Las Fallas A Las Maquinas	0%	100%
Sabe Cómo Reaccionar Ante Cualquier Falla	57%	43%

Fuente: Elaborado propia

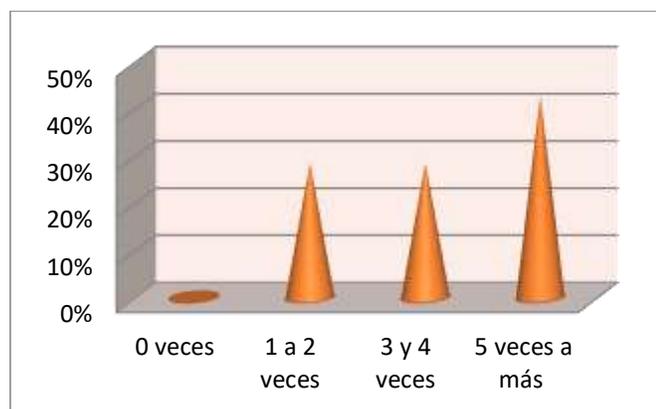


Figura 20: N° Veces De Fallos Al Año.

Fuente: Elaborado propia

A partir de la obtención de la técnica, guía de observación (ver anexo 3) se descubrió que la empresa, cuenta con un limitado acceso a manuales respectivos por cada máquina, además que cada operario no tiene conocimiento del mantenimiento correcto sobre el mantenimiento correspondiente a cada máquina no se lleva un control o historial detallado de los mantenimientos que se realizan, no se da inspecciones, y los gastos mensuales se elevan cuando se realizan reparaciones por fallas imprevistas.

Existen maquinas con fallas severas, no se realiza inventario por cada máquina, ni tampoco cuentan con accesorios o piezas en stock para cubrir cualquier eventualidad, además que se comprobó que los esfuerzos de mantenimiento no están destinados a detectar fallas, así como que los productos entregados son susceptibles de mejora.

Máquinas Herramientas consideradas en la empresa:

- 2 tornos marca BUSH.
- 1 cepillo marca KLOPP.
- 1 fresadora marca INDUMA.
- 1 taladro de banco marca TAMA.
- 1 taladro de banco marca DRILL PRESS.
- 1 máquina de soldar marca HOBART.

Con respecto a la determinación de las características específicas de Disponibilidad y Confiabilidad iniciales de máquinas de la empresa, es importante tener tiempos de operación, tiempos de parada y derivados de acuerdo a la siguiente data de determinación de indicadores:

Tabla 06: Indicadores iniciales de Maquinaria.

TORNO MARCA BUSH N° 1				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
SEPTIEMBRE 2019	166	42	79.81	97.85
Oct-19	171	45	79.17	97.92
Nov-19	174	26	87.00	97.95
Dic-19	160	40	80.00	97.78
Feb-20	150	42	78.13	97.63
Mar-20	186	30	86.11	98.08
TOTAL (PROM)	167.83	37.50	81.74	97.87

TORNO MARCA BUSH N° 2				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
May-19	160	48	76.92	97.78
Jun-19	174	26	87.00	97.95
Jul-19	166	34	83.00	97.85
Ago-19	142	66	68.27	97.50
Set-19	186	22	89.42	98.08
Nov-19	173	27	86.50	97.94
TOTAL (PROM)	166.83	37.17	81.78	97.85

CEPILLADORA MARCA KLOPP				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
May-19	185	23	88.94	98.07
Jul-19	162	38	81.00	97.80
Set-19	166	42	79.81	97.85
Oct-19	172	36	82.69	97.93
Ene-20	164	28	85.42	97.83
Jul-20	158	42	79.00	97.75

TOTAL (PROM)	167.83	34.83	82.81	97.87
---------------------	---------------	--------------	--------------	--------------

FRESADORA MARCA INDUMA				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
Feb-20	152	40	79.17	97.65
Mar-20	158	50	75.96	97.75
Abr-20	165	43	79.33	97.84
May-20	158	42	79.00	97.75
Jun-20	152	48	76.00	97.66
Jul-20	154	54	74.04	97.69
TOTAL (PROM)	156.50	46.17	77.22	97.72

TALADRO DE BANCO MARCA TAMA				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
Abr-20	155	53	74.52	97.70
May-20	158	42	79.00	97.75
Jun-20	165	43	79.33	97.84
Jul-20	172	28	86.00	97.93
Ago-20	175	17	91.15	97.96
Set-20	190	18	91.35	98.12
TOTAL (PROM)	169.17	33.50	83.47	97.88

TALADRO DE BANCO MARCA DRILL PRESS				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
Nov-19	155	53	74.52	97.70
Feb-20	165	27	85.94	97.84
Mar-20	170	38	81.73	97.90
Abr-20	168	32	84.00	97.88
May-20	167	33	83.50	97.87

Ago-20	169	31	84.50	97.89
TOTAL (PROM)	165.67	35.67	82.28	97.85

MÁQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART				
	(MTBF)	(MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
Feb-19	150	42	78.13	97.63
Mar-19	186	30	86.11	98.08
Jun-19	172	36	82.69	97.93
Feb-20	161	31	83.85	97.79
Mar-20	155	53	74.52	97.70
Jun-20	167	41	80.29	97.87
TOTAL (PROM)	165.17	38.83	80.96	97.83

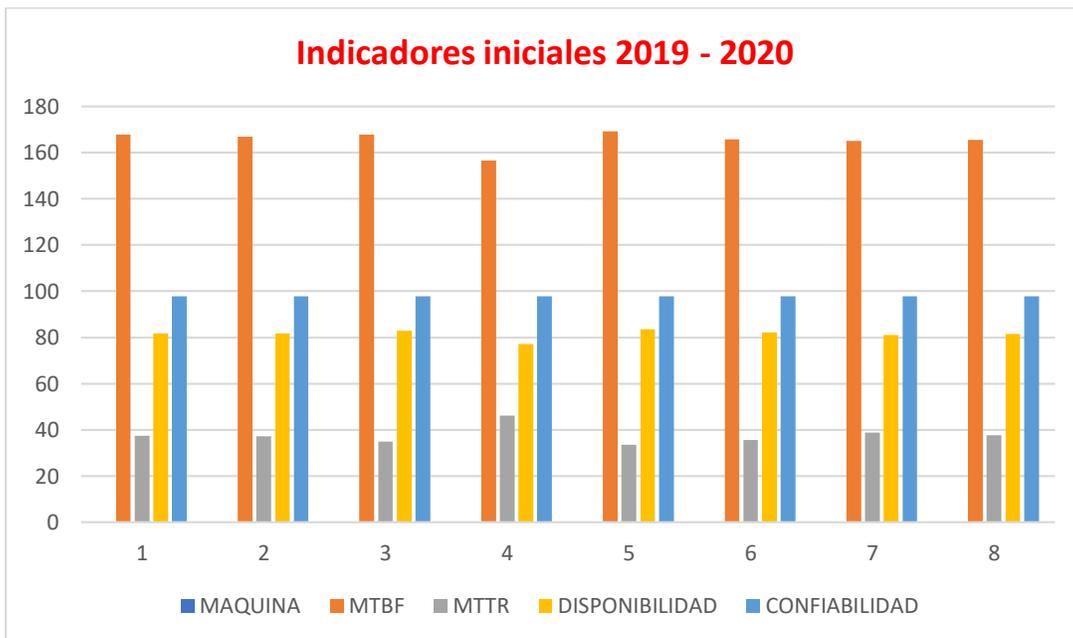
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 07: Cuadro resumen determinación de indicadores de mantenimiento

RESUMEN INDICADORES INICIALES.				
MAQUINA	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
TORNO MARCA BUSH N° 1	167.83	37.50	81.74	97.87
TORNO MARCA BUSH N° 2	166.83	37.17	81.78	97.85
CEPILLADORA MARCA KLOPP	167.83	34.83	82.81	97.87
FRESADORA MARCA INDUMA	156.50	46.17	77.22	97.72
TALADRO DE BANCO MARCA TAMA	169.17	33.50	83.47	97.88
TALADRO DE BANCO MARCA DRILL PRESS	165.67	35.67	82.28	97.85
MAQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART	165.17	38.83	80.96	97.83
	165.57	37.67	81.47	97.84

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la disponibilidad y confiabilidad, éstas se han calculado en base a las horas de funcionamiento entre las horas por parada no programada (anexo 5), generándose en la tabla 7 y figura 21 los indicadores correspondientes para el total Periodo 2019-2020:



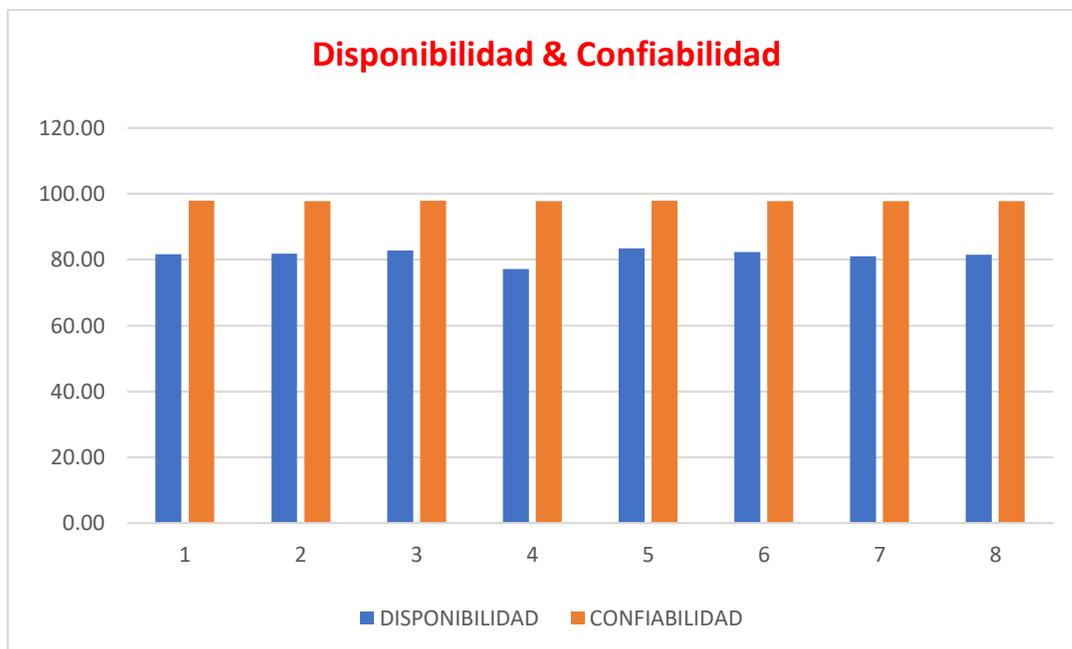


Figura 21: Disponibilidad y confiabilidad Total Periodo 2019 - 2020.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Realizar un análisis de criticidad y AMEF de las máquinas

Máquinas a considerar:

- 2 tornos marca BUSH.
- 1 cepillo marca KLOPP.
- 1 fresadora marca INDUMA.
- 1 taladro de banco marca TAMA.
- 1 taladro de banco marca DRILL PRESS.
- 1 máquina de soldar HOBART.

4.2.1. Criticidad de las Máquinas Herramientas:

El cálculo de los valores de criticidad de las maquinas herramientas, se realizaron en hoja de cálculo (anexo 7) y como resultado se exponen los cuadros resumen en las siguientes tablas:

Tabla 08: Criticidad para los equipos de Industrias Acevedo S.A.C.

CUADRO RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE TORNOS MARCA BUSH

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	PERNOS DE TORRE FLOJOS	NO CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96
2	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	512
3	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	320
4	ENGRANAJES DESGASTADOS	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	640
5	"COLA DE MILANO" DE DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	256
6	CHUCK PORTA-BROCAS FLOJO	SEMI-CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	144

CUADRO RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE CEPILLO MARCA KLOPP

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	CABEZAL FLOJO	NO CRITICO	MTTO CORRECTIVO	96
2	TRABAMIENTO PALANCA STOP/START	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	240
3	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	512
4	PERNOS ROTOS	NO CRITICO	MTTO CORRECTIVO	72
5	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	216

6	BASES O DESCANSOS	SEMI CRITICO	MTTO PREVENTIVO	144
7	DESGASTE DE PORTA CUCHILLAS.	SEMI CRÍTICO	MTTO PREDICTIVO	144

CUADRO RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE FRESADORA MARCA INDUMA

N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	DESALINEAMIENTO DE POLEAS CABEZAL	SEMI-CRITICO	MTTO CORRECTIVO	192
2	NIVELACIÓN DE MESA (DESALINEADA)	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	640
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	320
4	DESGASTE DE HUSILLO	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	160
5	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MTTO PREDICTIVO	512
6	MANIVELA DE CONTROL DE HUSILLO	SEMI CRITICO	MTTO PREDICTIVO	160
7	VOLANTES PARA MOVIMIENTO SOBRE EJES X - Y - Z	NO CRITICO	MTTO PREVENTIVO	480
8	CAJA DEL SISTEMA ELÉCTRICO (CONTROL)	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	168
9	AFLOJAMIENTO Y DESNIVEL DE BASE	SEMI-CRITICO	MTTO PREDICTIVO	144

**CUADRO RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE TALADROS DE BANCO
TAMA / DRILL PRESS**

N°	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
----	-------	---------------	--------------	---------------------

1	DESGASTE DE PIVOT DE MANIVELA	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	192
2	DESGASTE DE HUSILLO	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	160
3	FIJACIÓN DE MESA EN COLUMNA DE TALADRO	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	480
4	PERNOS ROTOS DE BASE DE TALADRO	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	256
5	FALLA MOTOR (SISTEMA ELÉCTRICO)	SEMI-CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512
6	DESGASTE DE ENGRANAJES DE MECANISMO PARA MOVIMIENTO PRINCIPAL	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512
7	DESCONTROL DE MECANISMO PARA MOVIMIENTO PRINCIPAL	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	320

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE MÁQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART				
N°	FALLA	CLASIFICACIÓN	PLAN DE MTTO	VALOR DE CRITICIDAD
1	CORROSIÓN EN CARCASA	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	192
2	ROTURA DE PERILLA SELECTORA DE AMPERAJE	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	640
3	FALLA DE START/STOP (BOTON DE ENCENDIDO)	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	480
4	BASES O DESCANSOS	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	256
5	SISTEMA ELÉCTRICO (TRANSFORMADOR)	SEMI-CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512

6	ROTURA DE CABLES PORTA ELECTRODO/DE MASA	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	240
9	DESGASTE DE PINZAS PORTA ELECTRODO/DE MASA.	SEMI-CRITICO	MTTO CORRECTIVO	144

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Análisis de Modo y Efecto de fallas (AMEF) de las Máquinas Herramientas.

En las tablas siguientes, se desarrollarán los AMEF para cada una de las fallas críticas de las máquinas herramientas, por medio de la elaboración de las hojas de información.

Tabla 9: Hoja de información de Máquinas Herramientas de la empresa Acevedo S.A.C.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	MAQUINAS Y EQUIPOS DEL AREA DE PRODUCCIÓN		INGENIERO SUPERVISOR	FECHA	Hoja 1/1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
El Sistema eléctrico en las máquinas herramientas, tienen la función de transmitir potencia hacia el funcionamiento de tornos marca Bush, cepillo marca klopp, fresadora marca induma, taladro de banco marca Tama, taladro de banco marca drill press y máquina de soldar.	Bajo aislamiento de cables y motores eléctricos.	Debido a la presencia de humedad en el ambiente de trabajo y en ocasiones cuando hay cortes de energía, baja el aislamiento de cables y estator de los MOTORES Y SISTEMA ELÉCTRICOS	De acuerdo a la oportunidad y tiempo que deje de estar operativo el motor, es posible que se produzca la apertura de bobinas del estator por bajo aislamiento y “el motor se queme”. A manera de prevención, después de cada paralización de la unidad se debe realizar el “megado” correspondiente.		
La bancada es el elemento principal de las máquinas herramientas, tiene por función el soporte y fijación de la pieza a intervenir. Su alineamiento es básico para calidad de trabajos.	Desalineamiento de Bancada	Por desgaste prematuro o pesos excesivos sobre la BANCADA o MESA de la máquina herramienta (torno, cepillo, fresadora, taladro de banco), se produce desalineamiento o variación de nivel.	Trabajos fuera de ajustes de precisión, desfasaje en maquinados de concentricidades.		

<p>Los engranajes son los elementos de transmisión de potencia, desde el motor para ejercer el movimiento principal de las máquinas herramientas.</p>	<p>Desgaste de engranajes de mecanismo para movimiento principal</p>	<p>Por el constante cambio de engrane en las cajas de velocidades de las máquinas herramientas, se produce desgaste en los flancos de ENGRANAJES, máxime si no cuentan con la debida lubricación.</p>	<p>Al producirse este desperfecto, las velocidades requeridas para maquinado son irregulares y afectan la calidad del producto rectificado o producido.</p>
<p>Las colas de milano son “enganches” trapezoidales entre dos elementos paralelos que requieren facilidad de deslizamiento longitudinal.</p>	<p>Fisura en elementos de contacto de las "Cola de milano" de desplazamiento transversal de las M.H.</p>	<p>Debido a humedad excesiva y falta de lubricación, en las “COLAS DE MILANO” se produce corrosión que afecta el normal deslizamiento de los elementos y el trabamiento de éstos causa fisuras en este “engroche”.</p>	<p>Pérdida de producción en los procesos de fabricación de elementos maquinados, pues la falla obliga a parar la máquina-herramienta y someter a reparación el sistema.</p>
<p>La palanca stop/start de las máquinas herramientas tienen como función principal, el arranque y parada locales intermitentes durante el proceso de maquinado.</p>	<p>Trabamiento de palanca stop/start</p>	<p>Por el continuo ejercicio de realizar maquinados, la PALANCA STOP/START se activa con frecuencia y en forma intermitente, por lo que resulta ser una parte cuyo desgaste es prematuro.</p>	<p>Retraso en la producción porque al no funcionar esta palanca, la máquina herramienta debe ser parada para la reparación correspondiente.</p>
<p>El Sistema de lubricación de las máquinas herramientas es fundamental en el proceso de maquinado, pues además de mantener en buen estado a los engranajes, también debe ser funcional para las correderas de la mesa o bancada y los desplazamientos longitudinales y/o trasversales.</p>	<p>Contaminación del Sistema de lubricación.</p>	<p>Por polución excesiva y falta de control en los filtros correspondientes, se produce la contaminación del lubricante y la congestión del sistema, afectando a engranajes y sistemas móviles de desplazamiento en ejes X, Y, Z de las M.H.</p>	<p>Rotura de dientes de engranajes y fisuras en colas de milano de las máquinas herramientas afectadas. Parada obligatoria de las M.H.</p>

<p>El husillo en las máquinas herramientas tiene como función alojar a porta cuchillas, Chuck porta brocas, fresas de roseta o espiga y todos los elementos de corte y/o desbaste.</p>	<p>Desgaste de husillo</p>	<p>Generalmente por el continuo uso y cambio de elementos para corte y desbaste, el HUSILLO de las M.H. sufre desgaste prematuro y los elementos no pueden ser fijados correctamente.</p>	<p>Parada de máquina para cambio de husillo, definitivamente por uno nuevo.</p>
<p>La función principal de la caja del sistema eléctrico, es alojar a todos los sistemas automáticos y contactores que sirven para el arranque, seguridad y parada de la máquina herramienta.</p>	<p>Caja del sistema eléctrico (control)</p>	<p>Debido a cortocircuito en las conexiones de la CAJA DEL SISTEMA ELÉCTRICO de máquinas herramientas, los controles quedan inoperativos.</p>	<p>Paralización súbita de la máquina herramienta con consecuencias de hasta seguridad personal del operador.</p>
<p>El mecanismo principal de las máquinas herramientas tiene como función la seguridad de la unidad, como del operador.</p>	<p>Descontrol de mecanismo para movimiento principal</p>	<p>Debido a la presencia de humedad en el ambiente de trabajo y en ocasiones cuando hay cortes de energía, el MECANISMO PARA MOVIMIENTO PRINCIPAL de la M.H. queda aislado y no controla la carrera de cabezal o desplazamiento longitudinal.</p>	<p>De acuerdo a la falla del mecanismo para movimiento principal de la máquina, existe la posibilidad de accidente tanto para el operador o para el activo fijo. Pues si hay descontrol en los limit switches de la carrera del cabezal o torre tanto en el desplazamiento axial, como longitudinal, este elemento saldrá de su lugar y colapsará por la caída estrepitosa.</p>
<p>Control de selección de diferentes amperajes para utilización de electrodos de diferentes diámetros</p>	<p>Corrosión en contactos de selectora de amperaje de máquina de soldar.</p>	<p>Debido a la presencia de humedad en el ambiente de trabajo los contactores en los diferentes niveles de amperaje no funcionan correctamente</p>	<p>El efecto de esta falla determina la limitación de continuar el proceso de soldadura, a pesar que la máquina sí funciona; pero no es posible el cambio de electrodo que requiera más o menos amperaje para su fusión.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Número de Prioridad de Riesgos (NPR).

A continuación, la siguiente tabla, exhibe la selección de las fallas críticas de elementos evaluados por medio de una hoja de cálculo (anexo 8). Se determinan los valores NPR de acuerdo con una serie de criterios (anexo 6), para cada falla especificadas en el AMEF. Mediante la correspondiente estimación se establecen como:

- NPR >200 Inaceptable (I)
- 200 > NPR < 125 reducción deseable (R)
- 125 > NPR Aceptable

Tabla 10: Tabla de análisis del NPR

Ítem	Descripción de la falla crítica	G	O	D	NPR	
F1	Bajo aislamiento de cables y motores eléctricos.	8	5	5	200	I
F2	Desalineamiento de bancada.	10	5	6	300	I
F3	Desgaste de engranajes de mecanismo para movimiento principal	9	3	9	243	I
F4	Fisura en elementos de contacto de las "cola de milano" de desplazamiento transversal de las máquinas herramientas.	7	2	8	112	I
F5	Trabamiento de palanca stop/start	6	6	5	180	A
F6	Contaminación del Sistema de lubricación.	10	3	8	240	I
F7	Desgaste de husillo	7	3	9	189	R
F8	Caja del sistema eléctrico (control)	8	5	7	280	I
F9	Descontrol de mecanismo para movimiento principal	8	3	6	144	R

Fuente: Elaboración propia.

De esta evaluación del NPR, podemos deducir que 6 fallas son no deseables (66.7%), 2 fallas se pueden reducir a deseables (22.2%) y 1 falla es aceptable (11.1%).

4.3. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo, complementario al Plan centrado en la confiabilidad.

En base a las recomendaciones de los fabricantes, el conocimiento de los operadores y estudio sobre la conservación del conjunto de máquinas y equipos, se ha establecido un programa de mantenimiento preventivo para cada unidad. Este programa está fundamentado en la lubricación de las unidades y en los controles cíclicos, como la inspección visual, la lubricación, la resolución de problemas y la limpieza.

Las tareas de lubricación de cada elemento se detallan en la carta de lubricación (Véase el anexo 9).

Se realizan inspecciones periódicas y planificadas con anticipación en los equipos críticos para detectar cualquier defecto que pueda provocar una detección prematura de los equipos o daños importantes que puedan afectar su vida útil.

Estas inspecciones se realizan en todas las unidades a intervalos fijos y en diversas condiciones. La frecuencia de las inspecciones se distribuye en mensual, trimestral, semestral y anual. Las inspecciones de equipos se dividen en actividades mecánicas y eléctricas. Los controles mecánicos pueden ser realizados por el propio operador o por el personal de mantenimiento, en función de la dificultad de las actividades. Las eléctricas sólo deben ser realizadas por personal de mantenimiento cualificado.

A continuación, se describen las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del área:

- 2 tornos marca BUSH.
- 1 cepillo marca KLOPP.
- 1 fresadora marca INDUMA

- 1 taladro de banco marca TAMA
- 1 taladro de banco marca DRILL PRESS
- 1 máquina de soldar marca HOBART.

4.3.1. Tornos paralelos marca BUSH:

MANTENIMIENTO DIARIO:

Inspección:

- Verificar que las compuertas estén cerradas.
- Compruebe la condición en la conexión eléctrica de la máquina.
- Compruebe la correcta sujeción de piezas mediante las mordazas
- Compruebe el correcto ajuste los tornillos de fijación en la torre de herramientas.
- Compruebe el posicionamiento de los soportes de las palancas de roscado, de giro y de control.
- Evitar alojar herramientas o instrumentos de medida en las sobre alguna superficie de trabajo.

Limpieza:

Terminada el ciclo de trabajo, realizar limpieza de las partes móviles como carro transversal entre otros en donde la suciedad podría dificultar su deslizamiento.

Lubricación:

- Revise la condición del aceite en todos los contenedores y rellene con aceite en caso sea necesario.
- Compruebe la correcta operatividad de la bomba de aceite, por medio del goteo en el indicador de flujo de aceite
- Colocar aceite Lubricar las guías longitudinales y transversales.
- Lubricar los rodamientos, el tornillo sin fin y los ejes del contrapunto.
- Lubricar la varilla roscada y la varilla giratoria.

Normas de seguridad:

- Antes de realizar un trabajo debe contar el equipo de protección personal adecuado.
- Corte el flujo eléctrico cuando termine el trabajo o cuando se aleje de la máquina.
- Antes de realizar trabajos de mantenimiento, desconéctela de la red eléctrica y coloque el interruptor en la pestaña NO UTILIZAR.

MANTENIMIENTO SEMANAL:**Lubricación:**

- Lubricar ruedas de cambio y cojinete intermedio del soporte del tren de engranajes (lira.)

Limpieza:

- Limpiar cada una de las partes que compone el torno.

MANTENIMIENTO MENSUAL:

- Análisis de vibraciones básico de máquina herramienta.
- Verificar desalineación de máquina y soldaduras mecánicas, fallas en rodamientos.
- Verificar posibles puntos calientes en cables y tableros.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

Inspección:

- Verificar aislamiento de cables y motores.
- Supervisión de componentes y/o elementos mecánicos.

Medición eléctrica:

- Verificar el consumo eléctrico del motor principal.

Lubricación:

- Lubricar adecuadamente rodamientos en motores eléctricos.
- Aplicar grasa a la cadena y piñón del motor de avance rápido.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL:

Inspección:

- Revisión completa de fajas, reemplace si fuese necesario.
- Inspección general de componentes eléctricos.

Limpieza:

- Limpiar filtro del sistema de refrigeración.

CADA 3000 HORAS DE OPERACIÓN:

Lubricación:

- Renovar el aceite de la caja de mando del carro.
- Cambio de aceite de la caja de avances.
- Cambio de aceite del cabezal de husillo.
- Limpieza y en caso fuese necesario reemplace los filtros del sistema de lubricación.

MANTENIMIENTO ANUAL

- Revisión del correcto anclaje y pintura.
- Revisión general de piezas mecánicas.
- Inspección completa de motores eléctricos.

- Reajuste de la holgura según el desgaste: acoplamiento, guías longitudinales y transversales del carro, carro superior, rodamientos del husillo.

4.3.2. Cepilladora marca KLOPP.

MANTENIMIENTO DIARIO:

Inspección:

- Compruebe que las puertas del panel de control están cerradas.
- Compruebe las condiciones en la conexión eléctrica de la máquina.
- Compruebe que no exista obstrucción de movimiento del carro longitudinal y transversalmente.
- Compruebe que la presión de aceite del sistema hidráulico para el cabezal del husillo es de 30 kg/cm².
- Compruebe que la presión adecuada de aceite en el sistema hidráulico de fijación de los carros y de la mesa de apoyo de la pieza es de 75 kg/cm².
- Revise el afilado correcto de las cuchillas de corte.

Limpieza:

- Concluido la jornada de trabajo, limpie la máquina con las herramientas adecuadas considerando los elementos principales de trabajo.

Lubricación:

- Compruebe la correcta lubricación del cabezal y del carro. Rellenar si es necesario.
- Compruebe el correcto funcionamiento de las bombas de aceite del cabezal y del carro mediante el goteo del indicador de flujo de aceite.
- Compruebe la cantidad de aceite en el depósito del sistema de sujeción hidráulica del cabezal.
- Compruebe el nivel de aceite en el depósito del sistema hidráulico de sujeción del carro y de la mesa de trabajo.

- Lubrique el husillo con una fina capa de aceite.

MANTENIMIENTO SEMANAL:

Lubricación:

- Rellenar copa porta herramienta mediante graser.
- Engrasar guías longitudinales.
- Asegurar que el filtro magnético del sistema de lubricación de las guías se encuentre limpio.

Limpieza:

- Verificar limpieza general (guías, filtros, etc.)

MANTENIMIENTO MENSUAL:

- Análisis de vibraciones básico de máquina herramienta.
- Verificar desalineación de máquina y solturas mecánicas, fallas en rodamientos
- Verificar posibles puntos calientes en cables y tableros.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

Inspección:

- Verificar aislamiento de cables y motores.
- Inspección del correcto ajuste del deflector de viruta.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL:

Inspección:

- Inspección mecánica.
- Inspección de general de las instalaciones eléctricas

Ajuste:

- Ajustar las tuercas de desplazamiento del cabezal y la mesa transversal.

CADA 1000 HORAS DE OPERACIÓN:

Limpieza:

- Micro filtro del sistema hidráulico de fijación del cabezal.
- Micro filtro del sistema hidráulico de fijación de los carros y mesa portapieza.
- Sistema hidráulico del sistema de fijación de los carros y mesa portapieza.

CADA 3000 HORAS DE OPERACIÓN:

Lubricación:

- Cambio de aceite del cabezal del husillo, carros y mesa portapieza.
- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

MANTENIMIENTO ANUAL

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.

Regulación y ajuste del juego de acuerdo al desgaste:

- Juego del cabezal del husillo en la guía del soporte.
- Juego del carro longitudinal en las guías de la bancada.
- Juego del carro transversal en las guías del carro longitudinal.
- holgura axial del perno central de la mesa.
- Holgura axial del husillo principal.
- Holgura axial del husillo de trabajo.

CADA 8000 HORAS DE OPERACIÓN:

Lubricación:

- Lubricación del Sistema hidráulico en el sistema de fijación del husillo.
- Lubricación del sistema de fijación de partes móvil y mesa porta-pieza.

4.3.3. Fresadora marca INDUMA.

MANTENIMIENTO DIARIO:

Inspección:

- Inspeccionar la ubicación y sujeción adecuada de en topes de recorrido.
- Comprobar el estado apropiado en las conexiones eléctricas de la máquina.

Limpieza:

Al término del trabajo realizar una limpieza general eliminando virutas y cualquier resto de suciedad.

Lubricación

- Compruebe la cantidad de aceite en los depósitos del cabezal del husillo, la caja de alimentación. Rellenar si es necesario.
- Compruebe si la bomba de aceite para engranajes trabaja correctamente por medio del goteo en el indicador de flujo de aceite.
- Lubrique las guías de la mesa y de la consola accionando la bomba manual. Mínimo dos oportunidades por periodo de trabajo.

MANTENIMIENTO SEMANAL:

Lubricación:

- Lubricar los ejes roscados de mesa longitudinal y transversal.

Limpieza:

- Eliminar de virutas y residuos de refrigerante detalladamente.

MANTENIMIENTO MENSUAL:

- Análisis de vibraciones básico de máquina herramienta.
- Verificar desalineación de máquina y soldaduras mecánicas, fallas en rodamientos
- Verificar posibles puntos calientes en cables y tableros

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

Inspección:

- Verificar aislamiento de cables y motores.
- Inspección de desgaste, alineamiento, sonido en general de la fresadora.
- Inspección de desalineamiento.

Medición eléctrica:

- Comprobar nivel de aislamiento, temperatura y estado de rodamiento en el motor eléctrico así mismo de todas las conexiones eléctricas.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL:

Inspección:

- Revisar las condiciones en que se encuentran fajas y poleas alinear en caso sea necesario.
- Verificar que la mesa de trabajo este correctamente alineada.

Limpieza:

- Limpieza de filtro en el sistema de refrigeración.

CADA 3000 HORAS DE OPERACIÓN:

Lubricación:

- Cambio de aceite del cabezal del husillo.

- Cambio de aceite caja de avances de las mesas.
- Lubricación del cojinete del motor eléctrico principal.
- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

MANTENIMIENTO ANUAL

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.

4.3.4. Taladros de Banco TAMA & DRILL PRESS

Mantenimiento diario:

Inspección:

- Comprobar el correcto estado de los componentes eléctricos.
- Comprobar la compuerta del tablero eléctrico se encuentre cerrada.
- Verificar el ajuste de los tornillos de fijación de la pieza sobre la mesa.
- Inspeccionar posicionamiento de la herramienta de corte.
- Realizar cambios de velocidad mientras la maquina esta parada.

Limpieza:

Limpiar los restos de viruta y de lubricante al concluir cada trabajo.

Lubricación:

- Revisar el grado de aceite en los depósitos del carro porta-husillo y mecanismo del brazo de elevación. Reponer en caso necesario.
- Revisar el correcto funcionamiento de la bomba de aceite en el carro porta-husillo y mecanismo de elevación del brazo mediante el goteo en el indicador de flujo de aceite.
- Lubricar las superficies guías del brazo sobre la camisa accionando la bomba manual de aceite. Una vez por turno.

MANTENIMIENTO SEMANAL:

Lubricación:

- Lubricar tuerca del tornillo de elevación del brazo.
- Lubricar superficies guías horizontales del brazo.

Limpieza:

- Limpiar cuidadosamente el polvo y virutas taladro radial.

MANTENIMIENTO MENSUAL:

- Análisis de vibraciones básico de máquina herramienta.
- Verificar desalineación de máquina y soldaduras mecánicas, fallas en rodamientos
- Verificar posibles puntos calientes en cables de alimentación y tableros.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

Inspección:

- Inspección mecánica.
- Verificar aislamiento de cables y motores.
- Medir corriente de consumo del motor principal.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL:

Inspección:

- Inspección mecánica.
- Comprobar el buen funcionamiento de la bomba de refrigeración y aislamiento del motor eléctrico.
- Verificar el correcto estado del interruptor, inversor de giro y demás componentes eléctricos.
- Engrasar rodamientos.

Limpieza:

- Limpiar filtro del sistema de refrigeración y cambiar el refrigerante.

CADA 3000 HORAS DE OPERACIÓN:

Lubricación:

- Cambio de aceite de la caja del carro porta- husillo y la caja sinfín para elevación del brazo.
- Lubricación de los cojinetes de los motores eléctricos.
- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

MANTENIMIENTO ANUAL

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.

CADA 10000 HORAS DE OPERACIÓN:**Lubricación:**

- Lubricar cojinete del husillo.

4.3.5. Equipo de soldadura por arco eléctrico marca HOBART.**MANTENIMIENTO DIARIO:****Inspección:**

- Compruebe que todas las conexiones eléctricas son seguras y están bien aisladas.
- Compruebe el cable de porta electrodos, el cable de tierra y la porta electrodos.
- Compruebe que el ventilador opere correctamente cuando la unidad esté en funcionamiento. El ventilador debe estar libre de ruidos y vibraciones inusuales.

Limpieza:

- Al finalizar la jornada de trabajo limpiar exteriormente el equipo.

Normas de seguridad:

- Utilice siempre el equipo de protección personal proporcionado por la empresa.

- Mantenga la zona de trabajo limpia y libre de peligros. Asegúrese de que no hay materiales inflamables, volátiles o explosivos en la zona de trabajo o cerca de ella.
- Mantenga la cabeza alejada de los humos. No inhalar los vapores. Si se trabaja en interiores, ventile el área o utilice un sistema de escape de arco. Proteja a otras personas de las chispas y los arcos eléctricos cuando suelde.
- Asegúrese de que no entren chispas en la máquina.
- Al realizar el mantenimiento, asegúrese de que la fuente de alimentación esté apagada y desconectada de la línea eléctrica.

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:

Inspección:

- Limpie el interior de la consola con aire limpio a una presión no superior a 40 psi.
- Compruebe el estado y el ajuste del interruptor.

Medición eléctrica:

- Medir corriente de consumo del equipo.

CADA DOS AÑOS

- Realizar una revisión completa.

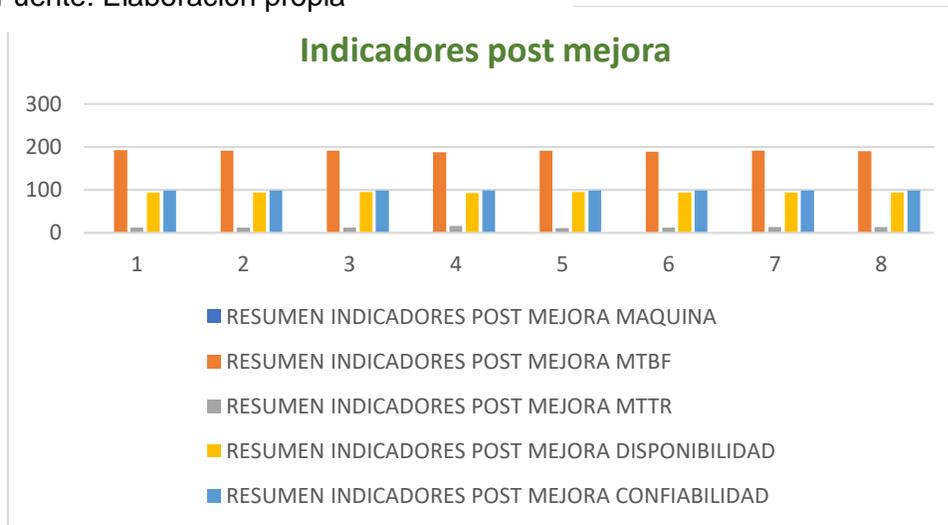
4.4. Calcular los nuevos indicadores de mantenimiento, en condiciones de mejora.

De acuerdo a lo obtenido en el NPR, se tratarán para su solución 6 fallas indeseables que corresponden al 66.7% de todas las fallas existentes en las máquinas herramientas estudiadas; existiendo, asimismo, el 33.3% de fallas entre reducibles a deseables y aceptables, esto se realizó en hoja de cálculo (anexo 10).

Tabla 11: Indicadores post mejora.

RESUMEN INDICADORES POST MEJORA				
MAQUINA	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
TORNO MARCA BUSH N° 1	192.85	12.49	93.92	98.15
TORNO MARCA BUSH N° 2	191.62	12.38	93.93	98.14
CEPILLADORA MARCA KLOPP	191.07	11.60	94.28	98.13
FRESADORA MARCA INDUMA	187.29	15.37	92.41	98.10
TALADRO DE BANCO MARCA TAMA	191.51	11.16	94.50	98.14
TALADRO DE BANCO MARCA DRILL PRESS	189.46	11.88	94.10	98.12
MAQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART	191.07	12.93	93.66	98.13
total	190.70	12.54	93.83	98.13

Fuente: Elaboración propia



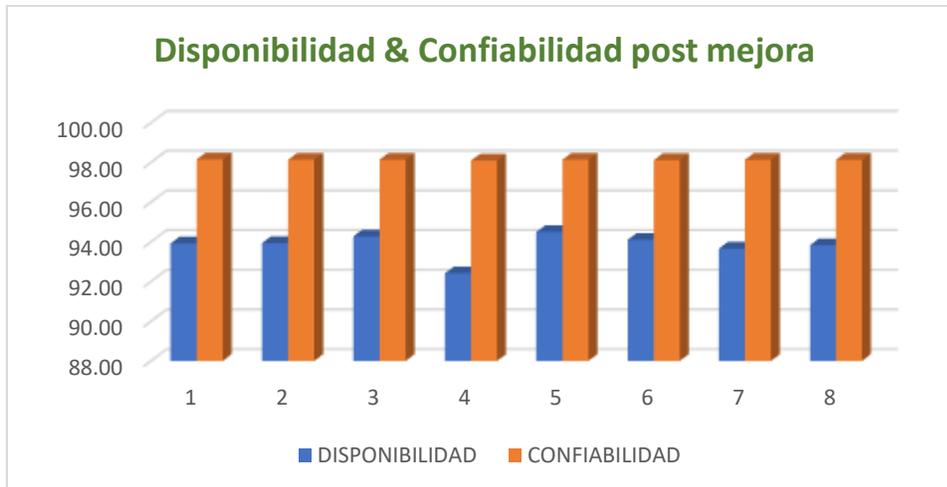


Figura 22: Indicadores de Mantenimiento post mejora

Comentario: Tomando como ejemplo la primera proyección:

$$\text{➤ } \mathbf{MTTR} = 37.50 * 0.333 = 12.49 \frac{\text{Horas}}{\text{mes}}$$

$$\mathbf{MTTR} = [\text{MTTR inicial} * (\mathbf{R} + \mathbf{A})]$$

$$\text{➤ } \mathbf{MTBF} = (37.50 - 12.49) + 167.83 = 192.85 \frac{\text{Horas}}{\text{año}}$$

$$\mathbf{MTBF} = [\text{MTTR inicial} - \text{MTTR actual}] + \text{MTBF inicial}$$

$$\text{➤ } \mathbf{C(t)} = e^{-\lambda * ttp / 100}$$

$$\text{➤ } \mathbf{D(o)} = \frac{\mathbf{MTBF}}{\mathbf{MTBF + MTTR}}$$

De acuerdo al mismo método se han realizado los cálculos MTTR, MTBF, C(t) y D(o) de cada una de las máquinas herramientas.

4.5. Realizar el estudio de costos de inversión para la implementación del Plan de mantenimiento, materia del presente trabajo y determinar el beneficio económico y el retorno de la inversión.

4.5.1. Beneficio económico por reducción de horas perdidas.

Tabla 12: Beneficio económico por reducción de horas perdidas.

MÁQUINA HERRAMIENTA	MTTR actual	MTTR mejora	Ahorro en	Costos de	Ahorro (US\$/mes)
	(Hrs/mes)	(Hrs/mes)	Hrs. Perdidas (Hrs/mes)	Operación (US\$/hr)	
TORNO MARCA BUSH N° 1	37.50	12.49	25.01	30	750.38
TORNO MARCA BUSH N° 2	37.17	12.38	24.79	30	743.71
CEPILLADORA MARCA KLOPP	34.83	11.60	23.23	30	697.02
FRESADORA MARCA INDUMA	46.17	15.37	30.79	30	923.80
TALADRO DE BANCO MARCA TAMA	33.50	11.16	22.34	30	670.34
TALADRO DE BANCO MARCA DRILL PRESS	35.67	11.88	23.79	30	713.69
MAQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART	38.83	12.93	25.90	30	777.06
Total	263.67	87.80	175.87	30	5275.97

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que el beneficio económico y el ahorro por disminución de fallas:

$$B_{\text{ahorro fallos}} = 5275.97 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \approx 63311.64 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

4.5.2 Costo por implementación del mantenimiento predictivo.

Tabla 13: Costos en mantenimiento predictivo en la maquinaria.

ACCIÓN	FRECUENCIA	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO TOTAL (US\$/año)
Análisis de aceite	12 veces/año	35.00	420
Análisis vibracional a los rodamientos y engranajes	12 veces/año	83.33	1000
Análisis termo gráfico a cables, tableros y motores	12 veces/año	50.00	600
Total			2020

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Costos por implementación del mantenimiento preventivo

Tabla 14: Costos en mantenimiento preventivo de maquinaria.

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Intervalo	Precio Unitario	Precio TOTAL
CONSUMIBLES				
ACEITE PARA MAQUINAS HERRAMIENTAS (Bidón de 19L)	70L	480	117.80	1736.00
FILTRO DE ACEITE	7	960	28.00	392.00
LIQUIDO REFRIGERANTE (Cilindro de 55 GL) BLANCO	104L	240	94.39	1427.86
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	7	960	38.82	543.48

REFRIGERANTE JD/MF VCS (20L) AMARILLO	84 L	480	55.76	936.77
TRANSMISIÓN DE POTENCIA				
ACEITE PARA CAJA REDUCTORA DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS (Bidón de 20L)	56 L	960	105.80	592.48
ACEITE PARA CAJA DE ENGRANAJES DE GIRO 80W 90 (Bidón de 20L)	56 L	960	95.40	534.24
MOTOR				
RODAMIENTO 6205 PARA ROTOR/ESTATOR	14	960	15.00	420.00
CINTAS AISLANTES AUTO VULCANIZANTES	12	480	18.00	864.00
SISTEMA ELÉCTRICO				
REPUESTOS PARA CONTACTORES	7	960	180.02	2520.28
LIMPIADOR DE CONTACTOS	7	480	20.00	560.00
TERMINALES PARA CONEXIÓN DE CABLES	14	480	10.00	560.00
FUSIBLES PARA TABLERO DE CONTROL	14	960	43.70	1223.60
TOTAL:				12310.11

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Beneficio útil:

Tabla 15: Resumen de los costos de mantenimiento.

Ahorro en horas perdidas	+ 63311.64 US\$/año
Costos predictivos	- 2020.00 US\$/año
Costos preventivos	- 12310.11 US\$/año
Beneficio útil	48981.53 US\$/año

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Inversión en tecnología para la implementación del RCM basado en el AMEF.

Tabla 16: Inversión en activos fijos.

ACTIVOS FIJOS	UNIDAD	VALOR UNITARIO (US\$)	VALOR TOTAL (US\$)
Vibrómetro PCE-VD 4	1	8500	8500
Cámara termográfica PCE-TC 32.	1	5800	5800
Megger	1	3200	3200
Instrucción al personal	10	150	1500
Costo total			19000

Fuente: Elaboración propia.

4.5.6. Retorno operacional de la inversión (R.O.I.)

$$R.O.I. = \frac{INVERSIÓN INICIAL}{BENEFICIO ÚTIL}$$

ecuación 11

$$R.O.I. = \frac{19000}{48981.53}$$

$$R.O.I. = 0.4 \text{ años} \approx 5 \text{ meses.}$$

4.5.7. Costo beneficio

Para el análisis de Costo – Beneficio se ha realizado la suma de los egresos y de los ingresos sumándose en los egresos todos los gastos tanto de la inversión predictiva y preventiva así también la inversión en tecnología requerida también se ubica todos los ingresos que en el estudio representa las horas de trabajo recuperadas

INGRESOS		
AHORRO EN HORA PERDIDAS	total	63311.64
EGRESOS		
MANTENIMIENTO PREDICTIVO		2020.00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		12310.11
INVERSIÓN TECNOLÓGICA		19000.00
	total	33330.11

$$\text{costo beneficio} = \frac{\text{ingreso}}{\text{egreso}}$$

$$\text{costo beneficio} = \frac{63311.64}{33330.11} = 1.89$$

costo beneficio: 0.89 US\$

Considerando por cada unidad monetaria invertida la empresa logra un beneficio de 0.89 dólar.

V. DISCUSIÓN

Al final del estudio realizado en el presente trabajo de investigación, se comprobó que la disponibilidad de los activos de una empresa metalmeccánica en la región mejoró gracias a las estrategias del plan de mantenimiento preventivo basado en RCM. Se elaboraron indicadores de mantenimiento previos y posteriores a la mejora; se identificaron las principales averías, distinguiendo entre críticas, medianamente críticas y no críticas; se aplicó el AMEF a las averías críticas para obtener planes de mantenimiento adecuados; se presentó una metodología de implantación de NPR para priorizar los riesgos y se elaboró un plan de mantenimiento para determinar el mantenimiento preventivo de la maquinaria de la empresa de cara al futuro; por último, se realizó un estudio de inversiones para establecer el debate pertinente, los resultados de la investigación se contrastan de forma cuantitativa, montos de ganancia, aspectos metodológicos, considerados en los antecedentes y relacionados con el tema desarrollado:

Haciendo referencia al antecedente anterior, teniendo por autor a otros., (Alvarez Delgado, 2018) que proponía la implementación de un plan de mantenimiento preventivo orientado a RCM para optimizar el rendimiento de una empresa de fabricación, se utiliza este método como referencia, el cual es interesante y probablemente se pueda adaptar a nuestro sistema de estudio, ya que el seguimiento, la elaboración de listas de verificación y el desarrollo del plan de mantenimiento siguen las directrices de RCM. Sin embargo, los resultados de eficiencia son diferentes, ya que el antecedente anterior mencionada que logró una mejora de la eficiencia empresarial y un ahorro de costes del 22,6%, mientras que el plan de mantenimiento preventivo propuesto en este estudio ahorra un 38,8% de utilidad en comparación con la inversión.

A diferencia de la investigación de (MORENO AGUIRRE, 2017), en la que explica y desarrolla un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para implementar sus indicadores y reducir el impacto de las fallas, observando un incremento del 25% en disponibilidad, 3% en confiabilidad y 9% en mantenibilidad; en comparación con la presente investigación, en la que los indicadores muestran un incremento del 13% en disponibilidad y 0% en confiabilidad. 29%, refleja el mal estado inicial del historial de mantenimiento debido a la falta de un plan adecuado; mientras que en la presente investigación, sí existía un plan, el mismo que dio la aparente mejora de los indicadores y su mejor desempeño con la adaptación del RCM como producto, por lo tanto un mantenimiento que garantiza aumentar la disponibilidad de la maquinaria y equipo para ambas investigaciones mantienen la similitud en la creación comparativa de los indicadores de gestión ; Sin embargo, existen diferencias en la consideración de iniciar las mediciones desde cero o el establecimiento de las primeras acciones de mantenimiento, lo que también trae diferencias en los ahorros correspondientes.

Refiriéndose al trabajo de investigación del autor (ALBAN SALAZAR, 2017), en el que presenta la implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para una empresa dedicada a la fabricación, reparación y servicio para la industria petrolera, pesquera y minera, con el fin de mejorar la productividad, La evaluación comienza con el cálculo de indicadores que identifican los cambios en el proceso que provocan paros y el uso de estadísticas para tratar de reducir el número de paros en 97. 81%, la tasa de fallos 81,43%, el coste de los fallos mecánicos 75,14% y, por último, elaboró un análisis coste-beneficio del plan que mostraba que por cada unidad de dinero obtendría 0,76 céntimos de beneficio. En este estudio también se ha tenido en cuenta la evaluación inicial y posterior del plan, con mejoras medias en el mantenimiento y la fiabilidad y disponibilidad de las máquinas que van del 81,47% al 93,83% y del 97,84% al 98,13%, respectivamente. Estos índices también suponen una reducción de los tiempos de inactividad relacionados con las averías y unos beneficios económicos del orden del 39,8% en comparación con la inversión considerando por cada unidad

monetaria invertida la empresa logra un beneficio de 0.89 dólar.

A diferencia de la investigación de (GALVEZ BERNALES, y otros, 2018), que proponía un plan de mantenimiento centrado en RCM para los tornos de un taller metalmecánico para aumentar la rentabilidad del negocio del taller, Investigar herramientas como el análisis de fallos y el análisis de criticidad para identificar las piezas críticas y evitar las paradas no planificadas mediante una metodología basada en el diagnóstico de los equipos a través de una encuesta organizada y una visita al lugar de trabajo para evaluar el tipo de mantenimiento, y después utilizar una matriz de riesgos y considerar la frecuencia de los fallos y su impacto en el rendimiento empresarial, la seguridad y la conservación para identificar los equipos críticos, Posteriormente, se llevó a cabo un AMEF, en el que se identificaron un total de 19 tipos de fallos y 40 causas de fallo mediante NPR y se clasificaron las causas de fallo. Sin embargo, los resultados de la determinación de la criticidad son más efectivos y el estudio AMEF es más relevante ya que se consideraron 10 tipos de fallos y 10 causas de fallos, y sólo para las plantas críticas.

Finalmente, se contrastó con una investigación (NAULA OCHOA, y otros, 2019) que tipifica una filosofía de gestión del mantenimiento que se centra en el RCM para reducir los efectos nocivos de las fallas dentro del sistema de una empresa manufacturera generando un aumento de la rentabilidad a través de técnicas de clasificación y subdivisión de activos, e identificando los modos de falla con el uso de herramientas AMEF que analizan su criticidad con criterios de frecuencia y consecuencia. Siguiendo este antecedente, esta investigación también técnicas de clasificación y subdivisión de los activos a un estándar como referencia, a continuación, identificó los modos de fallo con el uso de herramientas AMEF, analizando como su criticidad con criterios de frecuencia de la información de los registros de fallas, horas de inactividad, los horarios de mantenimiento, hojas de datos y los costos, lo que resulta en mejoras en sus indicadores: la disponibilidad, un aumento de 12.36%; Fiabilidad, un aumento del 0,29%; esto equivale a un PRI

de 144 días, lo que representa una inversión inicial de 19.000,00 dólares y un beneficio de 48.981,53 dólares. Creemos que los índices han mejorado considerablemente. Además, los parámetros económicos son mucho más sensibles y tenemos un R.O.I. de 0,4 años = 5 meses, que es mucho más representativo.

En consecuencia, en la investigación podemos señalar las siguientes fortalezas y debilidades de nuestra investigación:

-Como fortaleza: Mediante la metodología RCM; se puede lograr el incremento en los niveles de disponibilidad y confiabilidad, brindando mejoras en el trabajo y rentabilidad del proceso en la industria metalmecánica principalmente en empresas de pequeña y mediana envergadura.

Que teniendo un adecuado programa de mantenimiento y la concientización de la parte administrativa de la empresa se puede alcanzar muchas metas como la más fundamental de operar bien las maquinas y equipos, generar un buen servicio y satisfacción de los clientes.

Como debilidad: Fue no encontrar información exacta de las maquinas en cuanto manuales de fabricante, registro actualizado de operación y fallas de las maquinas y equipos.

VI.- CONCLUSIONES

En la evaluación inicial de la investigación denominada Plan de Mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica de la Región, se ha determinado que los indicadores de conservación de las máquinas tienen una disponibilidad de 81.47% y una confiabilidad de 97.84%, en promedio para las máquinas herramientas: Torno marca BUSH N° 1, torno marca BUSH N° 2, cepilladora marca KLOPP, fresadora marca INDUMA, taladro de banco marca TAMA, taladro de banco marca DRILL PRESS y máquina de soldar marca HOBART.

De acuerdo al estudio de criticidad producido para las fallas en base a 5 criterios normativos: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, impacto de seguridad e impacto ambiental se encontró que las fallas imperantes son 36 en la totalidad de las máquinas, identificándose para cada unidad en el cuadro respectivo. Considerando las fallas en los diferentes equipos, 20 fallas están en la calificación de críticas, 12 como semi-críticas y 4 como no críticas.

Haciendo uso de lo establecido en el AMEF, se trabajaron las fallas críticas generales de todos los equipos; determinando a través del NPR, podemos deducir que teniendo en cuenta las fallas repetitivas de los equipos se resumen, de las 9 fallas características, 6 fallas son no deseables (66.67%), 2 fallas son reductibles a deseables (22.22%) y 1 fallas es considerada aceptable (11.11%).

Elaborando el plan de mantenimiento, además del estudio del AMEF Y NPR de las máquinas de la empresa y se tuvo en cuenta el programa de mantenimiento diseñado para tal fin; se ha comprobado que, en el estado de mejora, las máquinas tienen una disponibilidad y confiabilidad de 93.83% y 98.13%, respectivamente; dependientes del MTBF de 190.70 y MTTR de 12.54; respectivamente para el promedio de todas las máquinas.

En relación al análisis económico propuesto para la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, materia de la investigación, se ha podido concluir que se necesita una inversión inicial de 19,000.00 US\$, para obtener un beneficio útil de 48,981.53 US\$, con un período de reembolso de inversión de 0.4 años \approx 5 meses, lo cual se considera eficiente para la empresa.

En el programa de mantenimiento se incluyó a la máquina de soldar debido a su participación del proceso productivo y por su fiabilidad en el trabajo continuo, resistencia en trabajo, calidad de soldadura , contando con una configuración sencilla en su funcionamiento a comparación de una máquina de soldar actual que son más frágiles pues son más susceptibles a los daños por poseer componentes electrónicos, convirtiéndose a largo plazo la inversión en la máquina de soldar convencional más rentable que una soldadora electrónica actual, estas tienen muchas ventajas pero no ofrecen lo que el empresario busca que es durabilidad en trabajo continuo y resistencia en condiciones adversas es por ello que se prefiere invertir en su mantenimiento a tener que reemplazar por un equipo nuevo pues las actuales máquinas ya no vienen fabricadas con un material de alta resistencia incluso en modelos similares con el mantenimiento se piensa tener una máquina más disponible como respaldo a dos que están en servicio.

VII.- RECOMENDACIONES

Se recomienda capacitar a los operadores y personal técnico de la empresa que intervienen en el funcionamiento de las máquinas y concientizados en la mejora que se realiza de acuerdo a la implementación del plan de mantenimiento, para así poder identificar continuamente los puntos críticos de esta maquinaria y establecer posibles planes de mejora continua.

Se recomienda efectuar por lo menos en forma anual, todas las actividades que comprendan la realización de un AMEF, poniendo énfasis en las fallas críticas de las máquinas encontradas en la presente investigación, además de cumplir estrictamente con lo fijado en las hojas de decisiones del AMEF, en forma frecuente.

Se recomienda para un estudio posterior realizar análisis financiero para la adquisición de un nuevo equipo de soldar como respaldo stand by para el normal desarrollo del proceso productivo.

Se recomienda de manera expresa la institucionalización del seguimiento continuo e inspecciones aleatorias haciendo uso de las herramientas de mantenimiento predictivo indicadas en la presente investigación; de esta manera se logrará optimizar el diagnóstico de fallas y favorecerá la programación oportuna de las tareas de mantenimiento y conseguir resultados positivos, en función de la disminución de tiempos perdidos por mantenimiento y que reflejarán en mejores estándares de costos e inversiones

REFERENCIAS

Alvarez Delgado, Rosivel Antonia. 2018. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) como estrategia de optimización de una empresa metalmecánica Arequipa 2016.* Arequipa Peru : s.n., 2018.

Améndola. 2012. 2012.

Andrade Jara, Patricio Alvaro y Peralta Saca, Julio Fernando. 2015. *Diseño e implementación de una mini planta industrial para llenado de sólidos mediante la técnica de número de vueltas a ser instalado en el laboratorio de automatización industrial.* Guayaquil, Ecuador : s.n., 2015.

Aquilino Rodriguez , Penin. 2012. *Sistema Scada.* Tercera. Barcelona-España : MARCOMBO, 2012. 978-84-267-1781-8.

BOLTON, WILLIAM. 2013. *Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.* MEXICO : Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2013. Vol. Quinta edición . 978-607-707-603-2.

Casachagua. 2017. 2017.

Chacón León, Henry Alex. 2020. *Plan de Mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera.* Universidad Peruana de los Andes, Huancayo - Peru : 2020.

Ciencia y Tecnología. **Pereira, Universidad Tecnológica de. 2010.** 2010. 0122-1701.

Confiabilidad y Manteabilidad. **Primitivo Reyes , Aguilar. 2008.** Mexico : s.n., 2008.

DINO SRL. 2000. Pacasmayo : s.n., 2000.

Doebelin, Ernes. 2005. *Sistema de Medición e Instrumentación.* Mexico : Mc Graw Hill, 2005.

Editorial Control. ed, Victor. 2019. Argentina : s.n., 2019.

Garcia Vega , Julio Roberto y Ayala Huarca , Jose Lucio. 2013. *Diseño de un sistema automatizado para la mejora en la etapa de filtrado de sólidos de agua sanguaza en la corporación pesquera Copeinca S.A.C.- planta Chimbote.* Chimbote : s.n., 2013.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos y Baptista Lucio, Maria del Pilar. 2010. *Metodlogia de la Investigación.* Mexico : Mc Graw hill, 2010. 978-607-15-0291-9.

Linares. 2014. 2014.

Lozada, Jose. 2014. *Investigación Aplicada.* 2014. 1390-9592.

Martinez Garcia, Fernando Manuel. 2015. *Gestión Integrada del Mantenimiento y la Energía para la Prevención de Fallos en Equipos de Plantas de Proceso.* Murcia, España : s.n., 2015.

Mayhua Lopez, Efrain, Ludeña Choez, Jimmy Diestin y Tamayo Bedregal, Jorge Antonio. 2016. Arequipa Peru : s.n., 2016.

Mesa Grajales , Dairo, Ortiz Sánchez , Yesid y Pinzon, Manuel. 2006. *Scientia et Technica año XII.* Colombia : s.n., 2006. 0122-1701.

MICHAEL, BR. MORENO AGUIRRE EDWIN. 2017. *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC) AL COMPRESOR ESTACIONARIO DE TORNILLO DE UNA ETAPA DE LA EMPRESA METALMECÁNICA FAMECA SAC.* trujillo peru : s.n., 2017.

Moubray. 2004. 2004.

Nieva Mendoza, Gustavo Adolfo y Rodriguez Ortiz, Walter Paul. 2017. *Diseño de un sistema automatizado para el Reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la galletera DEL NORTE S.A- Trujillo, La Libertad.* Trujillo : s.n., 2017.

Pallás Areny, Ramon. 2006. *Instrumentos Electronicos basicos.* España : Marcombo S.A., 2006. 84-267-1390-4.

Parra Marquez, Carlos Alberto y Crespo Marquez, Adolfo. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos* . Sevilla, España : INGEMAN, 2012. 978-8495499-67-7.

Pastrana, Raymundo. 1995. *Manual de Consulta para equipos Columbia*. Vancouver, USA : s.n., 1995.

Pere, Ponza y Toni, Granollers. 2009. *Diseño y automatización Industrial*. Cataluña - España : s.n., 2009.

Robayo, Faiber Ignacio, Silva, Dayana Melisa y Mosquera, David Julian. 2015. Sistema de control automatizado en planta de cargue de agua potable para camiones cisterna. Neiba, Republica Dominicana : s.n., 2015. 1657-6985.

Serna Ruiz, Antonio, Ros Garcia, Fransisco Antonio y Rico Noguera, Juan Carlos. 2010. *Guia Practica de Sensores*. España : Creaciones Copyright, S.L., 2010. 978-84-92779-49-9.

Silva Diaz, Leiter Javier. 2017. *Revistas Ciencias Tecnicas Agropecuarias*. San Jose de Lajas , Mayabeque, Cuba : Versión On-line, 2017. Vol. 26. 2071-0054.

Solis Quisiyupanqui, Lindembert Hernan y Carpena del Pozo, Maria Julia. 2010. *Prototipo de un selector automatico materiales y colores*. Lima, Peru : s.n., 2010.

Tegnologia en Marcha. **Esteban, Perez Lopez. 2015.** 4, COSTA RICA : s.n., 2015, Vol. 28.

Teoria y Tecnologia de los Trasnformadores de Medida. **Berrosteguieta, Jaime.**

Zavaleta Medina, Cristóbal Andrés. 2018. *Plan de mantenimiento basado en RCM para el chancador fuller, operación Manto Verde*. Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso - Chile : 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: Encuesta para medir el estado actual de mantenimiento de ACEVEDO SAC

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			FECHA ELABORACIÓN
ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL DEL ÁREA DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA FACTORIA			V2
NOMBRE:	CARGO:	EDAD:	FECHA:
<p>Buenos días, somos estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo, Josimar Mejia y Jhon Ibarán, de la escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, estamos realizando una encuesta con el propósito de conocer el estado actual del mantenimiento en el Área de Máquinas y Herramientas que existe dentro de la Empresa. Los datos que se consignen en ella, serán tratados de forma anónima. Marca con un aspa (X) tu respuesta a elegir.</p>			
	SI		NO
1.- ¿EXISTE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CLARAMENTE DEFINIDO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2.- ¿SE LLEVA UN INVENTARIO DE LOS REPUESTOS SUMINISTROS Y OTROS QUE SE UTILIZAN EN CADA MAQUINARIA?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3.- ¿CUENTA CON LA INFORMACIÓN ADECUADA DE LOS REPUESTOS QUE UTILIZAN?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4.- ¿SE PLANIFICA LA PARALIZACIÓN DE LA MÁQUINA, PARA DARLE MANTENIMIENTO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5.- ¿LA EMPRESA CUENTA CON LOS RECURSOS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS, PARA REALIZAR MANTENIMIENTO A LAS MÁQUINAS?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6.- ¿CREE USTED QUE CON LOS RECURSOS BRINDADOS POR LA EMPRESA, SE PUEDA DAR UN ADECUADO MANTENIMIENTO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7.- ¿SE LLEVA UN CONTROL DE MANTENIMIENTO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8.- ¿AL AÑO, CUANTAS VECES RECIBES ALGÚN TIPO DE CAPACITACIÓN PARA MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS?			
	<input type="checkbox"/> 0 VECES	<input type="checkbox"/> 1 VEZ	<input type="checkbox"/> 2 Ó 3 VECES
			<input type="checkbox"/> 4 VECES AMÁS
9.- ¿CADA CUANTO TIEMPO SE REALIZA EL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS?			
	<input type="checkbox"/> SEMANAL	<input type="checkbox"/> MENSUAL	<input type="checkbox"/> SEMESTRAL
			<input type="checkbox"/> ANUAL
10.- ¿QUIÉN REALIZA EL MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS?			
	<input type="checkbox"/> OPERARIOS DE LA EMPRESA	<input type="checkbox"/> TERCEROS	<input type="checkbox"/> AMBOS
11.- ¿CUENTA CON EL ESPACIO SUFICIENTE PARA DARLE MANTENIMIENTO A LAS MÁQUINAS ?	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO
12.- ¿DISPONE DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA DAR MANTENIMIENTO A LAS MÁQUINAS?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
13.- ¿LAS VECES EN QUE LAS MÁQUINAS TIENEN FALLAS AL AÑO ES?			
	<input type="checkbox"/> 0 VECES	<input type="checkbox"/> 1 VEZ	<input type="checkbox"/> 2 Ó 3 VECES
			<input type="checkbox"/> 4 VECES AMÁS
14.- ¿SE MANTIENE UN REGISTRO ACTUALIZADO DE LAS FALLAS DE LAS MÁQUINAS?	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO
15.- ¿SE LE DA SEGUIMIENTO A LAS FALLAS DE LAS MÁQUINAS?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
16.- ¿CONOCEN COMO DETECTAR LAS FALLAS DE LAS MÁQUINAS EN SU DEBIDO TIEMPO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
17.- ¿SABE COMO REACCIONAR ANTE CUALQUIER FALLA DEL EQUIPO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
18.- ¿CUANTAS VECES AL AÑO, PREVIENEN LAS FALLAS EN LA MÁQUINAS?			
	<input type="checkbox"/> 0 VECES	<input type="checkbox"/> 1 VEZ	<input type="checkbox"/> 2 Ó 3 VECES
			<input type="checkbox"/> 4 VECES AMÁS
19.- ¿LAS FUNCIONES DE LAS MÁQUINAS UTILIZADAS PUEDEN SER REEMPLAZADAS POR OTRAS?	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO
20.- ¿LA SEGREGACIÓN DE LOS DESECHOS (SÓLIDOS Y LÍQUIDOS) DE LAS MÁQUINAS ES EL CORRECTO?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
DESEA REALIZAR ALGÚN COMENTARIO ADICIONAL:			

			FIRMA
			DNI: _____
FECHA DE ELABORACIÓN:		FECHA DE REVISIÓN:	
_____		_____	

ANEXO 2: Entrevista estructurada, aplicada al supervisor del área de máquinas y herramientas.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Entrevista estructurada, aplicada al supervisor del área de máquinas y herramientas

Nombres y apellidos:

Fecha:

Muy buenos días. Nuestros nombres....., somos estudiantes de la Universidad César Vallejo, de la escuela de Ingeniería Industrial, estamos realizando una entrevista con el propósito de conocer el estado actual del mantenimiento en el área de máquinas y herramientas que existe dentro de la empresa.

Le agradeceríame pudiera responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los nombres y modelos de las maquinarias que se tiene en la empresa?

2. ¿Las maquinarias adquiridas por la empresa son nuevas o de segunda? ¿Si hay de segunda que maquinas lo son?

3. ¿Cuánto tiempo de vida, vienen funcionando las maquinarias?

4. ¿Cuáles son las funciones que realizan las maquinas?

5. ¿Bajo qué condiciones trabaja las maquinas?

6. ¿Cuál es el rendimiento que tienen las maquinarias?

7. ¿Antes de que las maquinarias sean utilizadas, se hace una revisión? ¿Qué partes se revisa?

8. ¿Cuántos días a la semana trabaja las maquinas?

9. ¿Cuáles son las fallas más comunes que tienen cada máquina?

10. ¿Qué tipo de mantenimiento se les da a las maquinarias?

11. ¿Cada cuánto tiempo se les da el mantenimiento a las maquinarias?

12. ¿Se cumple el plan de mantenimiento según el catálogo de las maquinas?

¿Se lleva un control de estos mantenimientos?

13. ¿Los mantenimientos que se le dan a las maquinas lo realiza los trabajadores de la empresa o se paga a un tercero?

14. ¿Tiene conocimiento de los costos que tiene los repuestos de las maquinas?

15. ¿Se lleva un control de los gastos por mantenimiento?

ANEXO 3: Guía de Observación

Nº	ACCIONES A EVALUAR	REGISTRO DE CUMPLIMIENTO			OBSERVACIONES
		SI	NO	NA	
I. Información General					
1	La empresa cuenta con algún programa de mantenimiento preventivo		✓		<i>No cuenta</i>
2	La empresa tiene a la vista sus manuales uso de las maquinarias adquiridas.		✓		
3	Existe una buena comunicación entre todas las áreas de la empresa y el ambiente es adecuado.			✓	<i>No siempre existe buena comunicación.</i>
4	La empresa garantiza un ambiente laboral sin accidente		✓		
II. Área de Máquinas y Herramientas					
1	Los operarios tienen conocimiento básico del mantenimiento de su máquina.		✓		<i>No tienen conocimiento sobre este tema.</i>
2	Se realizan ordenes de trabajo por emergencia o urgentes.	✓			
3	Se realizan gastos mensuales por reparaciones en mantenimiento de las maquinarias.	✓			
4	Existen maquinas con fallas severas.	✓			
5	Se realizan gastos elevados por maquinaria que sufren fallas imprevistas.	✓			
6	Se lleva un control o historial detallado del mantenimiento que recibe cada máquina.		✓		
7	<i>Se tiene accesorios o piezas en stock para cubrir cualquier eventualidad.</i>		✓		
8	<i>Se realiza inventario por cada máquina.</i>		✓		
9	<i>Existen inspecciones a las máquinas.</i>		✓		
10	<i>El mantenimiento de maquinarias es realizado por el personal de la empresa</i>			✓	<i>Algunas veces es hecho por terceros.</i>
11	<i>Existe mucha contaminación en el ambiente de trabajo.</i>	✓			<i>Debido a que esta cerca al área de soldadura</i>

12	Se distribuye adecuadamente las máquinas de trabajo	✓			
13	Se necesita de mucho esfuerzo para conocer las fallas de las maquinas		✓		
14	Los operadores tienen la capacidad para detectar, y prevenir las fallas de las maquinas		✓		
15	Todas las fallas de las máquinas, tienen igual importancia al momento de prevenirlas.		✓		
16	Se conoce las consecuencias por cada fallo de la máquina.	✓			
17	Los esfuerzos de mantenimiento están destinados a detectar fallas.		✓		
18	Satisfacen los productos que son entregados a los clientes			✓	A veces sí y otras no
19	Se puede reducir tiempos para habilitar material en las máquinas.	✓			
20	La limpieza, lubricación y revisión de las maquinas está a cargo del área de máquinas y herramientas	✓			

CÓDIGO DE COSTOS: 652001		CÓDIGO: MEC-TP-01	
DATOS DEL EQUIPO			
EQUIPO: Torno Paralelo Universal		MODELO: C5TM	SERIE: 1325
FABRICANTE: BUSH		AÑO DE FABRICACIÓN: 2010	
PESO TOTAL : 1800 Kg	DIMENSIONES	X(largo): 3050mm	Y(ancho) 850mm
TRABAJO			
CRÍTICO	si	TURNO	si
INTERMITENTE	si	AÑO PUESTO EN SERVICIO: 2010	
SISTEMAS			
ELÉCTRICO	si	VOLTAJE [V] 3x220	CORRIENTE [A]
HIDRAULICO	si	TIPO	Bomba de engranajes para sistema de lubricación.
REFRIGERACIÓN	si	TIPO	Enfriamiento por líquido refrigerante de la herramienta de trabajo.
LUBRICACIÓN	si	TIPO	Por bomba de engranaje. Por salpique. Manual

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

DISTANCIA ENTRE PUNTAS	2300 mm	ALTURA DE PUNTAS	370 mm					
Ø MAX. SOBRE LA BANCADA	530 mm	Ø MAX SOBRE EL CARRO	300 mm					
Ø MAX EN EL ESCOTE	630 mm	LONGITUD MAX EN EL SCOTE	325 mm					
CONO INTERIOR DEL HUSILLO	MORSE No.6	Ø DEL HUSILLO	90 mm					
MOMENTO DE ROTACIÓN EN EL HUSILLO (a plena potencia)			2750 Nm					
PASO DE ROSCA								
	CANTIDAD DE PASOS DE ROSCA	GAMA DE PASOS DE ROSCAS						
MÉTRICO		0.5-180 mm						
WITHWORTH		60-5/32 esp/pulg						
MÓDULO		0.125-45 mm						
DIAMETRAL PICH		240-43/64 esp/pulg						
CARRO		CONTRAPUNTO						
No. VELOCIDADES LONGITUDINAL		CONO DE LA PINULA	MORSE No. 6					
GAMA DE ANCES LONGITUDINAL	0.05-18 mm/rev	Ø DE LA PINULA	90 mm					
No. VELOCIDADES TRANSVERSAL		AVANCE DE LA PINULA	200 mm					
GAMA DE ANCES TRANSVERSAL	0.0217-7.826 mm/rev	AVANCE TRANSVERSAL	-5+5 mm					
MOTORES ELÉCTRICOS								
No.	FUNCION	KW	VOLT	AMP	RPM	HZ	MARCA	MODELO
1	Principal	13	220/440		1715	60		
2	Carro transversal	0.55	220		950	60		



Figura: torno paralelo universal marca BUSH

CÓDIGO DE COSTOS:	652001	CODIGO:	MEC-TP-04					
DATOS DEL EQUIPO								
EQUIPO:	Torno Paralelo Universal	MODELO:	TUG -40 SERIE: 3714					
FABRICANTE:	BUSH	AÑO DE FABRICACIÓN:	2010					
PESO TOTAL :	1900 Kg	DIMENSIONES	X(largo):3150 mm Y(ancho) :1020mm Z(alto):1250mm					
TRABAJO								
CRÍTICO	si	TURNO	no INTERMITENTE si AÑO PUESTO EN SERVICIO:					
SISTEMAS								
ELÉCTRICO	si	VOLTAJE [V]	440-220 CORRIENTE [A] 10-20 FRECUENCIA [Hz] 60					
HIDRÁULICO	si	TIPO	Bomba de engranajes para sistema de lubricación.					
REFRIGERACIÓN	si	TIPO	Enfriamiento por refrigerante de la herramienta de trabajo					
LUBRICACIÓN	si	TIPO	Por bomba de engranajes, salpique de aceite, manual.					
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS								
DISTANCIA ENTRE PUNTAS	1500 mm	ALTURA DE PUNTAS	217.5 mm					
Ø MAX. SOBRE LA BANCADA	400 mm	Ø MÁX SOBRE EL CARRO	420 mm					
Ø MAX EN EL ESCOTE	640 mm	LONGITUD MAX EN EL ESCOTE	156 mm					
CONO INTERIOR DEL HUSILLO	MORSE No.6	Ø DEL HUSILLO	52 mm					
MOMENTO DE ROTACIÓN EN EL HUSILLO (a plena potencia)			750 Nm					
PASO DE ROSCA								
	CANTIDAD DE PASOS DE ROSCA	GAMA DE PASOS DE ROSCAS						
MÉTRICO	32	0.75-28 mm						
WITHWORTH	35	28-3/4 esp/pulg						
MÓDULO	28	0.375-14 mm						
DIAMETRAL PITCH	35	56-1 1/2 esp/pulg						
CARRO		CONTRAPUNTO						
No. VELOCIDADES LONGITUDINAL	42	CONO DE LA PINULA	MORSE No. 5					
GAMA DE AVANCES LONGITUDINAL	0.045-3.36 mm/rev	Ø DE LA PINULA	mm					
No. VELOCIDADES TRANSVERSAL	42	AVANCE DE LA PINULA	180 mm					
GAMA DE AVANCES TRANSVERSAL	0.0225-1.68 mm/rev	AVANCE TRANSVERSAL	-15+15 mm					
MOTORES ELÉCTRICOS								
No.	FUNCIÓN	KW	VOLT	AMP	RPM	HZ	MARCA	MODELO
1	Principal	5.5	220		1430	60		
2	Bomba de lubricación.	0.125	220		2800	60		



Figura: torno paralelo universal marca BUSH

CÓDIGO DE COSTOS: 652001		CÓDIGO: MEC-FR-01						
DATOS DEL EQUIPO								
EQUIPO: FRESADORA		FA5B- MODELO: U	SERIE: 27627					
FABRICANTE: KLOPP		AÑO DE FABRICACIÓN: 1982						
PESO TOTAL : Kg	DIMENSIONES	X(largo): 3080mm	Y(ancho) 2700mm Z(alto):2420mm					
TRABAJO								
CRÍTICO	si	TURNO	si INTERMITENTE					
AÑO PUESTO EN SERVICIO:								
SISTEMAS								
ELÉCTRICO	si	VOLTAJE [V] 3-220	CORRIENTE [A] : 60 (máx) FRECUENCIA [Hz] 60					
TABLERO ELÉCTRICO		PESO: 185 Kg	X(largo): 640 mm Y(ancho): 519 mm Z(alto): 1310 mm					
HIDRÁULICO	si	TIPO	lubricación Bomba de para sistema de .					
REFRIGERACIÓN	si	TIPO	Enfriamiento por líquido refrigerante de la herramienta de trabajo.					
LUBRICACIÓN	si	TIPO	Por bomba. Por salpique. Manual					
HUSILLO								
No. DE VELOCIDADES	20	GAMA DE VELOCIDADES	18-1400 rpm CONO DE HUSILLO ISO 50					
ALTURA MÁX DEL EJE DE HUSILLO A LA MESA LONGITUDINAL:								
MESAS								
	ENTRE PUNTAS	No. DE VELOCIDADES	GAMA DE REV.					
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL	1250 mm	15	12-1500 mm/min					
DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL	400 mm	15	12-1500 mm/min					
DESPLAZAMIENTO VERTICAL	400 mm	15	3-375 mm/min					
GIRO DE LA MEZA LONGITUDINAL ALREDEDOR DEL EJE Z: $\pm 45^\circ$								
MOTORES ELÉCTRICOS								
No.	FUNCIÓN	KW	VOLT	AMP	RPM	HZ	MARCA	MODELO
1	Motor principal	15	220/380	0	1445	60		VF160 L-0 M301
2	Mecanismo de avance	3	220/380		1420	60		AP100 L-4 M301
3	Bomba de refrigeración.	0.180	220/380		2880	60		2COA-2-12-P1
4	Bomba de lubricación	0.070	220/380		2800	60		2 CZB 05



Figura: fresadora marca KLOPP

CÓDIGO DE COSTOS: 652001				CÓDIGO: MEC-TR-01				
DATOS DEL EQUIPO								
EQUIPO: Taladro Radial con mando programado				MODELO: VO 63		SERIE: 145251191		
FABRICANTE: DRILL PRESS				AÑO DE FABRICACIÓN:				
PESO TOTAL : 7100 Kg		DIMENSIONES		X(largo): 3700mm		Y(ancho) 1380mm	Z(alto):4050mm	
TRABAJO								
CRITICO	si	TURNO	si	INTERMITENTE	si	AÑO DE FABRICACIÓN: 1989		
SISTEMAS								
ELÉCTRICO		si	VOLTAJE [V] 380		CORRIENTE [A]		FRECUENCIA [Hz] 60	
HIDRÁULICO		si	TIPO Bomba de engranajes para sistema de lubricación. Sistema de fijación del brazo.					
REFRIGERACIÓN		si	TIPO Enfriamiento por líquido refrigerante de la herramienta de trabajo.					
LUBRICACIÓN		si	TIPO Por bomba de engranaje. Por salpique. Manual					
DIAMETROS A TALADRAR MÁXIMOS								
				Husillo Morse 5		Rosca máxima		
Ø DE TALADRAR EN ACERO DE 600 MPa DE RESISTENCIA.				63 mm	90 rev/min	M 64x4 mm		
					0.28 mm/rev			
Ø DE TALADRAR EN FUNDICIÓN GRIS DE 250 MPa DE RESISTENCIA.				80 mm	31.5 rev/min	M 85x4 mm		
					0.16 mm/rev			
DIMENSIONES PRINCIPALES								
DISTANCIA DEL EJE HUSILLO A LA SUPERFICIE DE LA GUÍA DE LA CAMISA					máx 2000 mm	mín 386 mm		
DISTANCIA DEL HUSILLO A LA BASE DE LA MÁQUINA					máx 1865 mm	mín 535mm		
RECORRIDO VERTICAL DEL BRAZO					950 mm			
RECORRIDO HORIZONTAL DEL CARRO PORTAHUSILLO SOBRE EL BRAZO					1613 mm			
GIRO DEL BRAZO ALREDEDOR DE LA COLUMNA					±180°			
CARRERA DEL HUSILLO					380 mm			
HUSILLO								
REVOLUCIONES DEL HUSILLO		No. De velocidades	16		AVANCES DEL HUSILLO		No. De velocidades 16	
		Gama de rev.	11.2-2000 rev/min				Gama de avances 0.035-2.8 mm/rev	
MOTORES ELÉCTRICOS								
No.	FUNCIÓN	KW	VOLT	AMP	RPM	HZ	MARCA	MODELO
1	Motor para taladrar	5.5	380		1450	60		
2	Motor de elevación de brazo	3	380		1420	60		
3	Motor de la bomba hidráulica	1.1	380		1380	60		
4	Motor de la bomba de enfriam.	0.125	380	0.22	2880	60	MEZ	3COA2-12P1



Figura: taladro radial con mando programado marca DRILL PRESS

Anexo 4: Criterios de evaluación del análisis de criticidad

Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasiaccidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Améndola, 2012

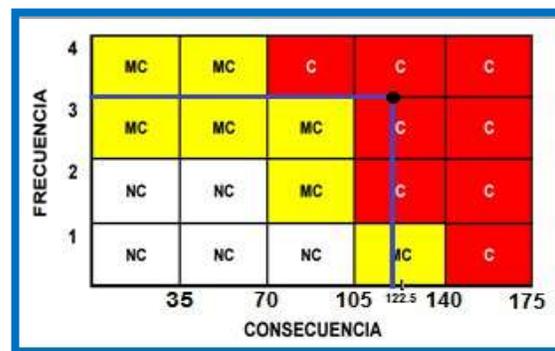


Figura: intersección de la falla según la frecuencia y la consecuencia

Anexo 5: determinación de indicadores de mantenimiento en hoja de calculo

Cuadros y tablas - Excel (Error de activación de productos)

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla

Normal Bueno Incorrecto Neutral

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	INDICADORES.									
2										
3	TORNO MARCA BUSH N° 1									
4		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
5	SEPTIEMBRE 2019	166	42	79.81	97.85		-0.0060241	0.97854672	97.854672	
6	Oct-19	171	45	79.17	97.92		-0.00584795	0.97916743	97.9167428	
7	Nov-19	174	26	87.00	97.95		-0.00574713	0.97952291	97.9522907	
8	Dic-19	160	40	80.00	97.78		-0.00625	0.97775124	97.7751237	
9	Feb-20	150	42	78.13	97.63		-0.00666667	0.97628571	97.628571	
10	Mar-20	186	30	86.11	98.08		-0.00537634	0.98083126	98.0831264	
11	TOTAL (PROM)	167.83	37.50	81.74	97.87					

Cuadros y tablas - Excel (Error de activación de productos)

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla

Normal Bueno Incorrecto Neutral

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
13	TORNO MARCA BUSH N° 2									
14		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
15	May-19	160	48	76.92	97.78		-0.00625	0.97775124	97.7751237	
16	Jun-19	174	26	87.00	97.95		-0.00574713	0.97952291	97.9522907	
17	Jul-19	166	34	83.00	97.85		-0.0060241	0.97854672	97.854672	
18	Ago-19	142	66	68.27	97.50		-0.00704225	0.97496655	97.4966554	
19	Set-19	186	22	89.42	98.08		-0.00537634	0.98083126	98.0831264	
20	Nov-19	173	27	86.50	97.94		-0.00578035	0.97940577	97.940577	
21	TOTAL (PROM)	166.83	37.17	81.78	97.85					

Cuadros y tablas - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Normal Bueno Incorrecto Neutral Estilos

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
23	CEPILLADORA MARCA KLOPP									
24		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
25	May-19	185	23	88.94	98.07		-0.00540541	0.98072865	98.0728654	
26	Jul-19	162	38	81.00	97.80		-0.00617284	0.97802287	97.8022872	
27	Set-19	166	42	79.81	97.85		-0.0060241	0.97854672	97.854672	
28	Oct-19	172	36	82.69	97.93		-0.00581395	0.97928728	97.9287285	
29	Ene-20	164	28	85.42	97.83		-0.00609756	0.97828796	97.8287955	
30	Jul-20	158	42	79.00	97.75		-0.00632911	0.9774728	97.7472803	
31	TOTAL (PROMI)	167.83	34.83	82.81	97.87					

Cuadros y tablas - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Normal Bueno Incorrecto Neutral Estilos

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
32										
33	FRESADORA MARCA INDUMA									
34		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
35	Feb-20	152	40	79.17	97.65940592		-0.00657895	0.97659406	97.6594059	
36	Mar-20	158	50	75.96	97.74728034		-0.00632911	0.9774728	97.7472803	
37	Abr-20	165	43	79.33	97.84181131		-0.00606061	0.97841811	97.8418113	
38	May-20	158	42	79.00	97.74728034		-0.00632911	0.9774728	97.7472803	
39	Jun-20	152	48	76.00	97.65940592		-0.00657895	0.97659406	97.6594059	
40	Jul-20	154	54	74.04	97.68944932		-0.00649351	0.97689449	97.6894493	
41	TOTAL (PROMI)	156.50	46.17	77.22	97.72					

Cuadros y tablas. - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibre 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Normal Bueno Incorrecto Neutral

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
43	TALADRO DE BANCO MARCA TAMA									
		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
45	Abr-20	155	53	74.52	97.70	-0.00645161		0.97704184	97.7041837	
46	May-20	158	42	79.00	97.75	-0.00632911		0.9774728	97.7472803	
47	Jun-20	165	43	79.33	97.84	-0.00606061		0.97841811	97.8418113	
48	Jul-20	172	28	86.00	97.93	-0.00581395		0.97928728	97.9287285	
49	Ago-20	175	17	91.15	97.96	-0.00571429		0.97963872	97.963872	
50	Set-20	190	18	91.35	98.12	-0.00526316		0.981231	98.1231005	
51	TOTAL (PROM)	169.17	33.50	83.47	97.88					

Cuadros y tablas. - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Calibre 11 Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla Normal Bueno Incorrecto Neutral

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
53	TALADRO DE BANCO MARCA DRILL PRESS									
		TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (MTBF)	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
55	Nov-19	155	53	74.52	97.70	-0.00645161		0.97704184	97.7041837	
56	Feb-20	165	27	85.94	97.84	-0.00606061		0.97841811	97.8418113	
57	Mar-20	170	38	81.73	97.90	-0.00588235		0.97904618	97.9046176	
58	Abr-20	168	32	84.00	97.88	-0.00595238		0.97879939	97.8799389	
59	May-20	167	33	83.50	97.87	-0.00598802		0.9786738	97.8673803	
60	Ago-20	169	31	84.50	97.89	-0.00591716		0.97892351	97.8923505	
61	TOTAL (PROM)	165.67	35.67	82.28	97.85					

Cuadros y tablas - Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

Cortar Copiar Copiar formato Fuente Alineación General Ajustar texto Combinar y centrar Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos

H76

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
52										
53	MAQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART									
54			TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD					
55	Feb-19	150	42	78.13	97.63		-0.00666667	0.97628571	97.628571	
56	Mar-19	186	30	86.11	98.08		-0.00537634	0.98083126	98.0831264	
57	Jun-19	172	36	82.69	97.93		-0.00581395	0.97928728	97.9287285	
58	Feb-20	161	31	83.85	97.79		-0.00621118	0.97788789	97.7887889	
59	Mar-20	155	53	74.52	97.70		-0.00645161	0.97704184	97.7041837	
70	Jun-20	167	41	80.29	97.87		-0.00598802	0.9786738	97.8673803	
71	TOTAL (PROM)	165.17	38.83	80.96	97.83					

Anexo 6: Criterios para evaluación del NPR.

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Detección	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Fuente: Améndola, 2012

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR > 200 Fallas Inaceptables (I).

125 < NPR ≤ 200 Fallas reducibles deseables (R).

NPR ≤ 125 Fallas Aceptables (A).

Anexo 7: análisis de criticidad en hoja de cálculo.

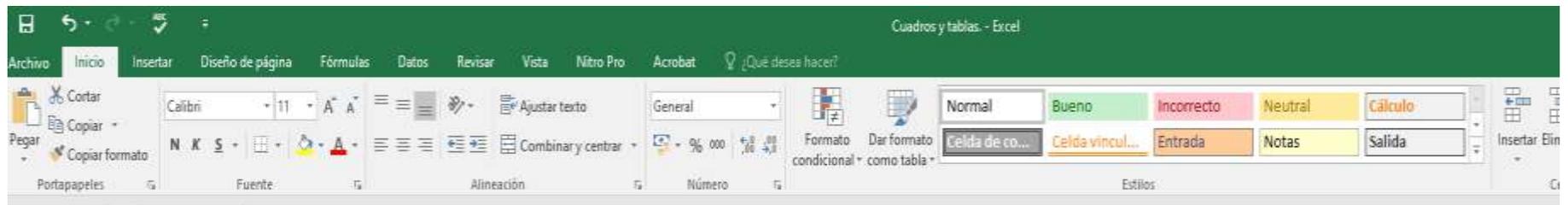
Cuadros y tablas. - Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Nitro Pro Acrobat ¿Qué desea hacer?

Calibrí 11 Ajustar texto General Celda de co... Celda vincul... Entrada Notas Salida

H1 CUADRO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE TORNOS MARCA BUSH

CUADRO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE TORNOS MARCA BUSH															
CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE TORNOS MARCA BUSH					INTERVENCIONES	FRECUENCIA	IMPACTO	FLEXIBILIDAD	COSTO	IMPACTO	CONSECUENCIA	NIVEL DE			
Nº	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MITTO	VALOR DE CRITICIDAD	FALLAS	(FALLA/AÑO)	DE FALLAS	OPERACIONAL	OPERACIONAL	MANTENIEMIENT	SA&H				CRITICIDAD
1	PERNOS DE TORRE FLOJOS	NO CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	96	PERNOS DE TORRE FLOJOS	7	1	8	3	2	2	96			N.C.
2	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	512	SISTEMA ELÉCTRICO	10	2	8	4	2	4	256			C
3	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	320	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	9	1	10	4	2	4	320			C
4	ENGRANAJES DESGASTADOS	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	640	ENGRANAJES DESGASTADOS	16	2	10	4	2	4	320			C
5	"COLA DE MILANO" DE DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL	CRÍTICO	MANTENIEMIENTO PREVENTIVO	256	"COLA DE MILANO" DE DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL	18	2	8	4	2	2	128			C
6	CHUCK PORTA-BROCAS FLOJO	SEMI-CRÍTICO	MANTENIEMIENTO PREDICTIVO	144	CHUCK PORTA-BROCAS FLOJO	8	1	10	3	2	4	240			C



CUADRO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE FRESADORA MARCA INDUMA														
CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE FRESADORA MARCA INDUMA					FALLA	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO MANTENIMIENTO	IMPACTO SA&H	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD	
FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MITO	VALOR DE CRITICIDAD											
1	DESALINEAMIENTO DE POLEAS CABEZAL	SEMI-CRITICO	MITO CORRECTIVO	192	DESALINEAMIE NTO DE POLEAS CABEZAL	12	2	8	3	2	2	96	MC	
2	NIVELACIÓN DE MESA (DESALINEADA)	CRITICO	MITO PREDICTIVO	640	NIVELACIÓN DE MESA (DESALINEADA)	14	2	10	4	2	4	320	C	
3	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CRITICO	MITO PREDICTIVO	320	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9	1	10	4	2	4	320	C	
4	DESGASTE DE HUSILLO	CRITICO	MITO PREVENTIVO	160	DESGASTE DE HUSILLO	9	1	10	4	2	2	160	C	
5	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MITO PREDICTIVO	512	SISTEMA ELÉCTRICO	10	2	8	4	2	4	256	C	
6	MANIVELA DE CONTROL DE HUSILLO	SEMI CRITICO	MITO PREDICTIVO	160	MANIVELA DE CONTROL DE HUSILLO	8	2	10	1	2	4	80	MC	
7	VOLANTES PARA MOVIMIENTO SOBRE EJES X - Y - Z	NO CRITICO	MITO PREVENTIVO	480	VOLANTES PARA MOVIMIENTO SOBRE EJES X - Y - Z	6	1	10	4	2	6	480	C	
8	CAJA DEL SISTEMA ELÉCTRICO (CONTROL)	CRITICO	MITO PREDICTIVO	168	CAJA DEL SISTEMA ELÉCTRICO	24	3	7	1	2	4	56	N.C.	
9	AFLOJAMIENTO Y DESNIVEL DE BASE	SEMI-CRITICO	MITO PREDICTIVO	144	AFLOJAMIENTO Y DESNIVEL DE BASE	11	2	9	1	2	4	72	MC	

Cuadros y tablas - Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Nitro Pro Acrobat ¿Qué desea hacer?

Cortar Copiar Copiar formato Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Calibri 11 A* A* Ajustar texto General Normal Bueno Incorrecto Neutral Cálculo Celda de co... Celda vincul... Entrada Notas Salida Insertar Eliminar

CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE CEPILLO MARCA KLOPP															
N°	FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTT	VALOR DE CRITICIDAD	FALLA	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SA&H	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD		
1	CABEZAL FLOJO	NO CRITICO	MTTO CORRECTIVO	96	CABEZAL FLOJO	6	1	8	3	2	2	96	N.C.		
2	TRABAMIENTO PALANCA STOP/START	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	240	TRABAMIENTO PALANCA STOP/START	4	1	10	4	2	3	240	C		
3	SISTEMA ELÉCTRICO	CRÍTICO	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	512	SISTEMA ELÉCTRICO	10	2	8	4	2	4	256	C		
4	PERNOS ROTOS	NO CRITICO	MTTO CORRECTIVO	72	PERNOS ROTOS	8	1	8	3	1	3	72	N.C.		
5	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	216	DESALINEAMIENTO DE BANCADA	20	3	8	3	1	3	72	MC		
6	BASES O DESCANSOS	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	256	BASES O DESCANSOS	12	2	8	4	1	4	128	C		
7	DESGASTE DE PORTA CUCHILLAS.	SEMI CRÍTICO	MTTO PREDICTIVO	144	DESGASTE DE PORTA CUCHILLAS.	12	2	9	1	2	4	72	MC		

Cortar Copiar Pegar Copiar formato Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Calibri 11 A A Ajustar texto General Formato condicional Dar formato como tabla

Normal Bueno Incorrecto Neutral Cálculo Celda de co... Celda vincul... Entrada Notas Salida

Insertar Eliminar Celda

U41

CUADRO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE TALADROS DE BANCO TAMA / DRILL PRESS													
CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE TALADROS DE BANCO TAMA / DRILL PRESS					FALLA	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO MANTENIMIENTO	IMPACTO SA&H	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD
FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTD	VALOR DE CRITICIDAD										
1	DESGASTE DE PIVOT DE MANIVELA	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	192	BASTIDOR O CHASIS	10	2	8	3	2	2	96	MC
2	DESGASTE DE HUSILLO	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	160	DESGASTE DE HUSILLO	9	1	10	4	2	2	160	C
3	FUJACIÓN DE MESA EN COLUMNA DE TALADRO	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	480	SISTEMA DE DIRECCIÓN	8	1	10	4	2	6	480	C
4	PERNOS ROTOS DE BASE DE TALADRO	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	256	BASES O DESCANSOS	6	2	8	4	1	4	128	MC
5	FALLA MOTOR (SISTEMA ELÉCTRICO)	SEMI-CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512	SISTEMA ELÉCTRICO	8	2	8	4	2	4	256	C
6	ENGRANAJES DE MECANISMO PARA MOVIMIENTO PRINCIPAL	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512	DISCO DE EMBRAGUE	8	2	8	4	2	4	256	C
7	DESCONTROL DE MECANISMO PARA MOVIMIENTO PRINCIPAL	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	320	BOMBAS HIDRÁULICAS EN TANDEM	8	1	10	4	2	4	320	C

Cuadros y tablas. - Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Nitro Pro Acrobat ¿Qué desea hacer?

Cortar Copiar Copiar formato Pegar Fuente Alineación Número Estilos

Calibri 11 Ajustar texto General Normal Bueno Incorrecto Neutral Cálculo Celda de co... Celda vincul... Entrada Notas Salida

CUADRO DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE MAQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART														
CUADRO RESUMEN DE ANALISIS DE CRITICIDAD DE MÁQUINA DE SOLDAR MARCA HOBART.					FALLA	INTERVENCIONES (FALLA/AÑO)	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO MANTENIMIENTO	IMPACTO SA&H	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD	
FALLA	CLASIFICACION	PLAN DE MTTD	VALOR DE CRITICIDAD											
1	CORROSIÓN EN CARCASA	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	192	CORROSIÓN EN CARCASA	10	2	8	3	2	2	96	MC	
2	ROTURA DE PERILLA SELECTORA DE AMPERAJE	CRITICO	MTTO PREVENTIVO	640	ROTURA DE PERILLA SELECTORA DE AMPERAJE	9	1	10	4	2	2	160	C	
3	FALLA DE START/STOP (BOTON DE ENCENDIDO)	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	480	FALLA DE START/STOP (BOTON DE ENCENDIDO)	8	1	10	4	2	6	480	C	
4	BASES O DESCANSOS	SEMI-CRITICO	MTTO PREVENTIVO	256	BASES O DESCANSOS	6	2	8	4	1	4	128	MC	
5	SISTEMA ELÉCTRICO (TRANSFORMADOR)	SEMI-CRITICO	MTTO PREDICTIVO	512	SISTEMA ELÉCTRICO (TRANSFORMADOR)	8	2	8	4	2	4	256	C	
6	ROTURA DE CABLES PORTA ELECTRODO/DE MASA	CRITICO	MTTO PREDICTIVO	240	ROTURA DE CABLES PORTA ELECTRODO/DE MASA	8	2	8	4	2	4	256	C	
9	DESGASTE DE PINZAS PORTA ELECTRODO/DE MASA	SEMI-CRITICO	MTTO CORRECTIVO	144	DESGASTE DE PINZAS PORTA ELECTRODO/DE MASA	8	1	10	4	2	4	320	C	

Anexo 9: actividades de lubricación por equipo

c. MAQUINA: TALADRO RADIAL		FABRICANTE: _____	MODELO: _____			
CLASE DE ACTIVIDAD: RN Revisar nivel y completar RF : revisar flujo AA : aplicar aceite AG : aplicar grasa CA : cambio de aceite						
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	MECANISMO/ PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD	TIEMPO	LUBRICANTE	LUBRICANTE
					TIPO	CANTIDAD
Diario	CARRO PORTA HUSILLO	Bomba de engranaje				
	Indicador de nivel de aceite.		RH	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Indicador de flujo.		RF	Periódicamente.	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
	MECANISMO DE ELEVACIÓN DEL BRAZO					
	Indicador de nivel de aceite.		RH	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Indicador de flujo.		RF	Periódicamente	Shell tellus 37	Flujo pulsante **
	Superficies guías del brazo sobre la camisa	Bomba de aceite accionada manualmente	AA	10 seg.	Shell tellus 37	Al comenzar el trabajo
semanal	Tuerca del1 omillo de elevación del	Grasera de mano	AG	½ min	Shell Albania EP2	Necesaria
	Superficies guías horizontales del brazo	Aceitera de mano	AA	½ min	Shell tellus 37	Aplicar en gotas y esparir una pieza
Mensual	Tuerca del programador de profundidad	Grasera de mano	AG	½ min	Shell Albania EP2	Necesaria.
	Husillo-funda.	Grasera de mano	AG	½ min	Shell Albania EP2	Necesaria.
Cada 3000 horas de operación	Carro poda- husillo.	Bomba de engranajes	CA	20 min	Shell tellus 37	11 litros
	Caja sin fin para elevación de brazos	Salpicadura	CA	20 min.	Shell tellus 37	2 litros
	Cojinetes de los motores eléctricos	. Grasera de mano	AG	15 min.	Shell Albania EP2	Necesaria.
Cada 1000 horas de operación	Cojinete del husillo.	Grasera de mano	AG	45 min.	Shell Albania EP2	Necesaria.

*En caso de que el nivel esté bajo, suministrar el aceite necesario hasta alcanzar el nivel medio del respectivo depósito de aceite.

**En caso de que no haya flujo de aceite revisar la bomba de lubricación. No operar la máquina hasta que se haya corregido el problema.

← MAQUINA: TORNOS PARALELOS		FABRICANTE: _____	MODELO: _____			
CLASE DE ACTIVIDAD: RN: Revisar nivel y completar RF: revisar flujo AA: aplicar aceite AG: aplicar grasa CA: cambio de aceite						
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	MECANISMO/ PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD	TIEMPO	LUBRICANTE	LUBRICANTE
					TIPO	CANTIDAD
Diario	Niveles de aceite en los depósitos	Bomba de engranaje	RN	periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Bomba de aceite	Bomba de engranaje	RN	periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Guías de bancadas	Aceitera de mano	AA	20 min	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
	Carros transversales y longitudinales	Aceitera de mano	AA	20 min	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
	Cojinetes, tornillo y contrapuerta	Grasera de mano	AG	periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria.
	Barra de roscar y barra de cilindrar	Aceitera de mano	AA	20min	Shell tellus 37	Flujo pulsante **
semanal	Rueda de cambio	Grasera de mano	AG	periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria
	Cojinete intermedio de la lira	Grasera de mano	AG	periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria.
trimestral	rodamientos de los motores eléctricos.	Grasera de mano	AG	periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria.
	cadena y piñón del motor de avance rápido	Grasera de mano	AG	periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria.
Cada 3000 horas de operación	caja de mando del carro.	Bomba de engranaje	CA	periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	caja de avances	Bomba de engranaje	CA	periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *

*En caso de que el nivel esté bajo, suministrar el aceite necesario hasta alcanzar el nivel medio del respectivo depósito de aceite.

**En caso de que no haya flujo de aceite revisar la bomba de lubricación. No operar la máquina hasta que se haya corregido el problema.

← MAQUINA: CEPILLADORA		FABRICANTE: _____	MODELO: _____			
CLASE DE ACTIVIDAD: RN Revisar nivel y completar RF : revisar flujo AA : aplicar aceite AG : aplicar grasa CA : cambio de aceite						
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	MECANISMO/ PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD	TIEMPO	LUBRICANTE	LUBRICANTE
					TIPO	CANTIDAD
Diario	Nivel de aceite en los depósitos del cabezal de husillo y los carros	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Bombas de aceite del cabezal de husillo y los carros de la mesa porta pieza	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Depósito del sistema hidráulico de fijación del cabezal de husillo	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Sistema hidráulico de fijación de los carros y mesa porta pieza	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	Husillo	Aceitera de mano	AA	20 min	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
semanal	Copa porta herramienta	Grasera de mano	AG	Periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria
	Guías de las cubiertas de las mesas	Aceitera de mano	AA	45 min	Shell tellus 37	Aplicar en gotas y esparcir mediante una pieza
	Tuerca de desplazamiento axial	Grasera de mano	AG	Periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria
Cada 3000 horas de operación	Cabezal del husillo, carros y mesa porta pieza	Bomba de engranajes	AA	Periódicamente	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
	Cojinetes de los motores eléctricos	Grasera de mano	AG	Periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria
Cada 8000 horas de operación	Sistema hidráulico del sistema de fijación del cabezal de husillo	Aceitera de mano	AA	20 min.	Shell tellus 37	Flujo pulsante**
	Sistema hidráulico del sistema de fijación de los carros y mesa porta-pieza	Aceitera de mano	AA	20 min.	Shell tellus 37	Flujo pulsante**

*En caso de que el nivel esté bajo, suministrar el aceite necesario hasta alcanzar el nivel medio del respectivo depósito de aceite.

**En caso de que no haya flujo de aceite revisar la bomba de lubricación. No operar la máquina hasta que se haya corregido el problema.

<. MAQUINA: FRESADORA		FABRICANTE: _____	MODELO: _____			
CLASE DE ACTIVIDAD: RN Revisar nivel y completar RF: revisar flujo AA: aplicar aceite AG: aplicar grasa CA: cambio de aceite						
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	MECANISMO/ PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD	TIEMPO	LUBRICANTE	LUBRICANTE
					TIPO	CANTIDAD
Diario	depósitos del cabezal de husillo, caja de avances	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	bomba de lubricación manual.	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	caja de velocidades	Bomba de engranaje	RF	Periódicamente.	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	guías de las mesas	Aceitera de mano	AA	45 min	Shell tellus 37	Aplicar en gotas y esparcir mediante una pieza
semanal	Tornillos de la mesa longitudinal y transversal	Grasera de mano	AG	Periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria
Cada 3000 horas de operación	cabezal del husillo	Bomba de engranaje	RN	Periódicamente	Shell tellus 37	Nivel medio del Indicador de aceite. *
	caja de avances de las mesas	Bomba de engranaje	RF	Periódicamente	Shell tellus 37	Aplicar en gotas y esparcir mediante una pieza
	cojinete del motor eléctrico principal	Grasera de mano	AG	Periódicamente	Shell Albania EP2	Necesaria

*En caso de que el nivel esté bajo, suministrar el aceite necesario hasta alcanzar el nivel medio del respectivo depósito de aceite.

**En caso de que no haya flujo de aceite revisar la bomba de lubricación. No operar la máquina hasta que se haya corregido el problema.

Anexo 11: certificados de validación de datos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIO DE EVALUACION						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CANTIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
ASPECTOS GENERALES					SI	NO	
LOS INSTRUMENTOS CONTIENEN INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA EL CORRECTO LLENADO DE PARAMETROS					X		
LOS ITEMS PERMITEN LOGRAR LA OBTENCION DE DATA IMPORTANTE PARA LA INVESTIGACION					X		
LOS ITEM SON SUFICIENTES PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION. EN CASO SEA LA RESPUESTA NEGATIVA SUGIERA AÑADIR ITEMS					X		
VALIDEZ							
APLICABLE			X	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

1.- CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LAS VARIABLES Y/O DIMENSIONES

2.-LOS ITEM SOM APROPIADOS PARA REPRESENTAR LOS INDICADORES Y VARIABLES

3.- NO SE ENCUENTRA NINGUNA DIFICULTAD PARA EL LLENADO DE LOS CUADROS SIENDO CONCISO EXACTO Y DIRECTO

DATOS GENERALES DEL EXPERTO *Hurtado Valdivia, Nestor Moises*

APELLIDOS Y NOMBRES

PROFESION *Ing. Mecanico Electricista*

ESPECIALIDAD


 FIRMA DEL EXPERTO
 CIP 172608

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO							
ITEM	CRITERIO DE EVALUACION				CANTIDAD		OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		SI	NO	
	SI	NO	SI	NO			
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
ASPECTOS GENERALES							
LOS INSTRUMENTOS CONTIENEN INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA EL CORRECTO LLENADO DE PARAMETROS					X		
LOS ITEMS PERMITEN LOGRAR LA OBTENCION DE DATA IMPORTANTE PARA LA INVESTIGACION					X		
LOS ITEM SON SUFICIENTES PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION. EN CASO SEA LA RESPUESTA NEGATIVA SUGIERA AÑADIR ITEMS					X		
VALIDEZ							
APLICABLE		X		NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

1.- CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LAS VARIABLES Y/O DIMENSIONES

2.-LOS ITEM SOM APROPIADOS PARA REPRESENTAR LOS INDICADORES Y VARIABLES

3.- NO SE ENCUENTRA NINGUNA DIFICULTAD PARA EL LLENADO DE LOS CUADROS SIENDO CONCISO EXACTO Y DIRECTO

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

APELLIDOS Y NOMBRES MAURICIO AGUILAR JAVIER



PROFESION INGENIERO MECANICO

FIRMA DEL EXPERTO

ESPECIALIDAD

CIP: 101801

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ITEM	CRITERIO DE EVALUACION						OBSERVACIONES
	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CANTIDAD		
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	X		X		X		
2	X		X		X		
3	X		X		X		
4							
ASPECTOS GENERALES							
LOS INSTRUMENTOS CONTIENEN INSTRUCCIONES CLARAS Y PRECISAS PARA EL CORRECTO LLENADO DE PARAMETROS						SI	
LOS ITEMS PERMITEN LOGRAR LA OBTENCION DE DATA IMPORTANTE PARA LA INVESTIGACION						SI	
LOS ITEM SON SUFICIENTES PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION. EN CASO SEA LA RESPUESTA NEGATIVA SUGIERA AÑADIR ITEMS						SI	
VALIDEZ							
APLICABLE			X	NO APLICABLE			
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

1.- CORRESPONDE AL CONCEPTO TEORICO FORMULADO DE LAS VARIABLES Y/O DIMENSIONES

2.- LOS ITEM SOM APROPIADOS PARA REPRESNTAR LOS INDICAORES Y VARIABLES

3.- NO SE ENCUENTRA NINGUNA DIFICULTAD PARA EL LLENADO DE LOS CUADROS SIENDO CONCISO EXACTO Y DIRECTO

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

APellidos y Nombres *RODRIGUEZ NEYRA MAGUS*

Profesion *ING. MECÁNICO ELECTRICISTA*

Especialidad

FIRMA DEL EXPERTO

CIP: *221142*



CONSTANCIA DE OBTENCION DE RECOLECCION DE DATOS PARA ELABORACION DE TESIS

SR: MORI RODRIGUEZ RICHARD

Jefe De Área

Por la presente dejamos constancia que el señor Mejía Carbajal, Josimar Percy identificado DNI: 44126612 y el señor Ibarán Vásquez, Jhon Lander DNI: 44639596 se les esta brindado toda la información referente a los costos, operación y mantenimiento de las maquinarias de la empresa **SERVICIOSINDUSTRIALES FABRICACIÓN Y DISEÑO ACEVEDO S.A.C.**

Basado en el único objetivo de desarrollar la tesis que lleva por título: **Plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM, para mejorar la disponibilidad a las maquinarias de una empresa metal mecánica de la Región.**

Otorgamos la siguiente constancia a solicitud del interesado para fines prescritos

Martes 17 noviembre del 2021


Firma
 DNI 32853579