

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE MÁQUINAS EN EL
ÁREA DE COMPONENTES EN LA EMPRESA METAL INDUSTRIA
HVA S.R.L – CAJAMARCA"

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Emerson David Leiva Becerra

Yuri Zegarra Rojas

Asesor:

Ing. Luis Roberto Quispe Vásquez

<https://orcid.org/0000-0002-6150-1912>

Cajamarca – Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Katherine del Pilar Arana Arana	46288832
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Elmer Aguilar Briones	18856045
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	María Elena Vera Correa	40012835
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación a la comunidad de colegas,
ingenieros que trabajan por el desarrollo de la productividad
en sus compañías.

Dedicamos este trabajo a todo estudiante, para que le sirva de
punto de partida para profundas investigaciones sobre
productividad en la industria metalmeccánica.

AGRADECIMIENTO

A Dios por derramar su bendición sobre nosotros
y siempre guiarnos por el buen camino.

A nuestros padres por su confianza y buenos
consejos que nos brindaron para seguir adelante
a pesar de diversas adversidades.

A nuestros asesores por su gran apoyo en la
elaboración de nuestra tesis.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	15
1.4. Hipótesis.....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	16
2.1. Tipo de investigación	16
2.2. Población y muestra.....	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	17
2.4. Procedimiento	18
CAPÍTULO III. RESULTADOS	22
3.1. Información general de la empresa	22
3.2. Análisis de la situación actual	28
3.3. Diseño de un sistema de mantenimiento.....	97
3.4. Análisis económico/financiero	158
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	168
4.1. Discusión	168
4.2. Conclusiones.....	170
REFERENCIAS	172
ANEXOS	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas de recolección de datos	17
Tabla 2 Instrumentos de recolección de datos.....	17
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables	21
Tabla 4 Colaboradores	27
Tabla 5 Equipos.....	27
Tabla 6 Características del arco sumergido.....	30
Tabla 7 Características del taladro de columna.....	32
Tabla 8 Características del torno paralelo.	35
Tabla 9 Características del torno paralelo - ZMM	36
Tabla 10 Características del torno – CNC.....	37
Tabla 11 Características de la mandrinadora.	47
Tabla 12 Características de la Fresadora Universal (FRU- 03).....	49
Tabla 13 Características de la Fresadora Universal mediana (FRU- 01)	51
Tabla 14 Características de la Fresadora Vertical (FRV- 02)	53
Tabla 15 Características de la Taladro Radial (TDR- 01).....	56
Tabla 16 Características de la Roladora	57
Tabla 17 Características de la PLEGADORA	60
Tabla 18 Características del torno horizontal.....	64
Tabla 19 Características del torno horizontal.....	65
Tabla 20 Características del compresor de aire.....	70
Tabla 21 Mantenimiento programado	78
Tabla 22 Mantenimiento realizado.....	79
Tabla 23 Matriz de operacionalización de variables con resultado de diagnóstico.....	96
Tabla 24 Programación de actividades para la máquina – Torno VDF	99
Tabla 25 Programación de actividades para la máquina – Mandrinadora.....	100
Tabla 26 Programación de actividades para la máquina – Plegadora	101
Tabla 27 Programación de actividades para la máquina – Fresadora vertical	102
Tabla 28 Programación de actividades para la máquina – Fresadora vertical	103
Tabla 29 Programación de actividades para la máquina –Fresadora universal grande	104
Tabla 30 Programación de actividades para la máquina – Taladro Radial	105
Tabla 31 Programación de actividades para la máquina – Torno horizontal TOS.....	106
Tabla 32 Programación de actividades para la máquina – Fresadora universal mediana	107
Tabla 33 Programación de actividades para la máquina – Guillotina	108
Tabla 34 Programación de actividades para la máquina – Cepillo de codo mecánico.....	109
Tabla 35 Programación de actividades para la máquina – Compresor de aire.....	110
Tabla 36 Mantenimiento programado	113
Tabla 37 Mantenimiento realizada	115
Tabla 38 Matriz AMEF – Torno Horizontal VDF	117
Tabla 39 Matriz AMEF – Mandrinadora	119
Tabla 40 Matriz AMEF – Plegadora	121
Tabla 41 Matriz AMEF – Fresadora Vertical	123
Tabla 42 Matriz AMEF – Roladora	125
Tabla 43 Matriz AMEF – Fresadora Universal Grande	127

Tabla 44 Matriz AMEF – Taladro radial	129
Tabla 45 Matriz AMEF – Torno Horizontal TOS.....	131
Tabla 46 Matriz AMEF – Fresadora Universal Mediana.....	133
Tabla 47 Matriz AMEF – Guillotina.....	135
Tabla 48 Matriz AMEF – Cepillo de codo mecánico	137
Tabla 49 Matriz AMEF – Compresor	139
Tabla 50 Matriz de operacionalización de variables con resultado de mejora.....	157
Tabla 51 Costos por procedimientos	158
Tabla 52 Costos por capacitaciones	158
Tabla 53 Implementos.....	159
Tabla 54 Costo en material de registro.....	159
Tabla 55 Costos en cuidado a la salud	160
Tabla 56 Costos en higiene	160
Tabla 57 Costos en botiquín.....	161
Tabla 58 Costos de mano de obra	161
Tabla 59 Costos de mantenimiento	162
Tabla 60 Costos por incurrir en la propuesta de mejora.....	163
Tabla 61 Costos por no incurrir en la propuesta de mejora.....	166
Tabla 62 Flujo de caja neto	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización de la empresa.....	23
Figura 2 Organigrama	25
Figura 3 Área de componentes.....	28
Figura 4 Área de Soldadura.....	29
Figura 5 Arco Sumergido.....	30
Figura 6 Máquina de soldar.....	31
Figura 7 Taladro de columna	32
Figura 8 Área de maestranza.....	34
Figura 9 Torno paralelo - TOS.....	35
Figura 10 Torno paralelo - ZMM.....	36
Figura 11 Torno paralelo - CNC	37
Figura 12 Mapa de procesos.....	38
Figura 13 Ishikawa mantenimiento preventivo	40
Figura 14 Ishikawa baja disponibilidad operativa.....	41
Figura 15 Área de Componentes – Mantenimiento.....	45
Figura 16 Mandrinadora.....	47
Figura 17 Fresadora Universal – Grande	49
Figura 18 Fresadora Universal – Mediana.	50
Figura 19 Recomendaciones por el fabricante	51
Figura 20 Fresadora vertical.....	52
Figura 21 Mantenimiento correctivo de la fresadora vertical	53
Figura 22 Mantenimiento correctivo de la fresadora vertical	54
Figura 23 Taladro Radial.....	55
Figura 24 Roladora.....	57
Figura 25 Engranajes de Roladora en mal estado	58
Figura 26 Engranajes de Roladora en malas condiciones.	59
Figura 27 Plegadora	60
Figura 28 Plegadora inoperativa	61
Figura 29 Engranaje de Plegadora en mal estado.....	62
Figura 30 Torno Horizontal – Marca VDF.	63
Figura 31 Torno Horizontal – Marca TOS.....	65
Figura 32 Rodajes de Guillotina sin lubricación	66
Figura 33 Máquinas de soldar sobre Guillotina	67
Figura 34 Materiales desechables y herramientas sobre guillotina	67
Figura 35 Cepillo de codo mecánico.....	68
Figura 36 Compresor de aire.....	69
Figura 37 Cables cruzados en el piso	70
Figura 38 Viruta en el piso	71
Figura 39 Aceite para lubricar torno	72
Figura 40 Herramientas sobre torno.....	73
Figura 41 Derrame de hidrolina en brazo de equipo	74
Figura 42 Material sobrante obstruyendo área de trabajo	75
Figura 43 Desperdicio acumulado.....	75

Figura 44 Acumulación de planchas inutilizadas.....	76
Figura 45 Repuestos Obsoletos.....	76
Figura 46 Pines y cortes inutilizados.....	77
Figura 47 Cronograma de actividades del programa.....	112

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo incrementar la disponibilidad de máquinas mediante un sistema de mantenimiento preventivo en el área de componentes en la empresa Metal Industria HVA S.R.L ubicada en la ciudad de Cajamarca. Respecto a la metodología se considera aplicada, cuantitativa con un alcance correlacional puesto que existe una causa y efecto en las variables. Luego de ello, se realizó el diagnóstico situacional de la empresa encontrando que las 12 máquinas de la empresa mantienen paradas intempestivas que originan que el servicio se prolongue, por lo que repercute que la empresa mantenga un 56% de disponibilidad de máquinas actualmente. Para ello, se diseñó un sistema de mantenimiento preventivo el cual abarca un programa de mantenimiento preventivo para eliminar el mantenimiento correctivo, así mismo se propuso la contratación de un ingeniero mecánico para ser el encargado del área, para lo cual, se realizó el programa de actividades para cada uno de los equipos, formatos de inspección, órdenes de trabajo e inspecciones de las mismas; al realizar la propuesta se incrementará en la disponibilidad de máquinas. Finalmente, se espera que la disponibilidad aumente a un 97% generando una rentabilidad de S/ 0.72 soles de rentabilidad por cada sol que se invierta en el proyecto.

Palabras clave: Mantenimiento, criticidad, disponibilidad, rentabilidad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Experimentar fallas en el equipo es inevitable para la mayoría de las organizaciones con uso intensivo de activos, por lo que implementar una estrategia de mantenimiento, ya sea de mantenimiento reactivo, predictivo o preventivo, es clave para mantener los activos de misión crítica disponibles en todo momento. Además de ayudar a generar un mayor retorno de la inversión (ROI) para los activos, la implementación de la estrategia de mantenimiento adecuada también reduce la probabilidad de incurrir en costosos tiempos de inactividad no planificados. En 2018, según la compañía Comparesoft (2019) se perdieron \$ 22,000 por minuto debido a tiempos de inactividad no planificados solo en la industria automotriz. Con el 82% de las empresas experimentando un tiempo de inactividad no planificado al menos una vez en los últimos tres años.

Según el autor Marqués (2018) sostiene que el mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza con regularidad en un equipo para reducir la probabilidad de que falle. Es un mantenimiento de rutina que se programa en función de la información obtenida. Se realiza una tarea de mantenimiento preventivo mientras el equipo todavía está funcionando para que no se averíe inesperadamente y cree un tiempo de inactividad no planificado. En términos de la complejidad de esta estrategia de mantenimiento, se encuentra entre el mantenimiento reactivo (o ejecución hasta la falla) y el mantenimiento predictivo.

El autor Ramos (2017) en su tesis titulada “Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.” plantean el objetivo de aumentar la

disponibilidad mediante un plan de mantenimiento preventivo. Para ello inician determinando el nivel de criticidad de los equipos, donde se encontró que el torno paralelo, fresadora, mandrinadora y torno vertical son los más críticos. A partir de ello, se diseñó un programa de mantenimiento para cada equipo e implementando la matriz AMFE. Logrando incrementar la disponibilidad a 93.84% del torno, a 94.79% de fresadora y a 96.96% la mandrinadora.

Durante la investigación de Alba & Chingay (2018), con nombre “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos - unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018” se identificó que el hospital de la provincia de Huaraz, no contaba con un plan de mantenimiento preventivo propio, que garantice la disponibilidad permanente de los equipos; por lo que se realizó un análisis situacional, logrando identificar la disponibilidad inicial de los dispositivos que equivale en promedio a un 86%. Al desarrollar la investigación e implementar el plan de mantenimiento preventivo, se logró incrementar la disponibilidad de los equipos médicos hasta un 94%.

En la tesis de Suarez (2018) denominada “Mantenimiento Preventivo para mejorar la Disponibilidad de Equipos en la Empresa Petramás SAC –Ate 2018”, se identifica una baja disponibilidad de sus equipos, para ello luego del diseño del sistema del plan de mantenimiento, lograron determinar que el mantenimiento preventivo mejoro la disponibilidad por averías en los equipos en la Empresa Petramás dando un mejor control de las fallas y el buen manejo de tiempo en la intervención de los equipos, con un incremento de 6.31%, cuyo valor se encontró en 87.1%, siendo mejorado tras la aplicación de mantenimiento preventivo a un valor de 93.43%.

En la investigación, “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en Nuevo Mundo S.A., Cercado de Lima, 2019” aplicada por Talabera (2019) tuvieron como finalidad optimizar la disponibilidad de las máquinas críticas mediante la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo. El cual consistió en implementar un plan de mantenimiento y un control y seguimiento de los órdenes de trabajo, donde se determinó que luego de implementar el mantenimiento preventivo, se mejoró la disponibilidad de las 2 máquinas críticas de 85.27% a 98.60% teniendo un incremento de 15.63 %. Además de ello, en su análisis financiero obtuvieron un valor actual neto del proyecto es de S/ 51 553 soles y una tasa interna del retorno de 24%, valores que viabilizan la implementación de la presente investigación.

El autor Garrido (2010) define que el mantenimiento preventivo se define como un conjunto de actividades y acciones tomadas por la gerencia de mantenimiento, con el fin de mantener las máquinas y equipos en buenas condiciones de funcionamiento, y evitar averías y desequilibrios repentinos, abordando cualquier deficiencia antes de llegar en caso de interrupción o falla.

De igual forma, respecto a la otra variable, tenemos que la disponibilidad se puede definir como “La proporción de tiempo durante el cual el equipo es capaz de realizar su función”. La disponibilidad es diferente de la confiabilidad en que toma en cuenta el tiempo de reparación. Un elemento del equipo puede no ser muy confiable, pero si se puede reparar rápidamente cuando falla, su disponibilidad podría ser alta (Angulo & Orellana, 2021).

Una de las preocupaciones diarias de la empresa Metal Industria HVA SRL es mejorar su rendimiento y buscar que el negocio sea cada vez más rentable. La empresa

necesita ser cada día más eficiente, aumentando su productividad, maximizando el rendimiento de su equipamiento, reduciendo costos y optimizando su proceso productivo. El tema surge a raíz de que existen inesperados fallos y averías en los equipos que generan una pérdida en el tiempo de producción, las causas van desde error al operar la máquina hasta mantenimiento pobre del equipo.

Asimismo, encontramos también que el planner cuenta con un exceso de trabajo que, en muchas ocasiones, ocupa el puesto de supervisor de relevo, ocasionando que planifique el trabajo de emergencia, no defina los detalles correctos, su trabajo sea ineficiente y que la ejecución de su trabajo impacte negativamente. La segunda falla que se presentó respecto a la disponibilidad del equipo es el tiempo de producción, que se reduce también cuando la máquina está en espera por varios motivos que suelen ser: debido a cambios, por mantenimiento, o por un paro para la merienda o almuerzo de los operadores. En este caso, la máquina tiene que apagarse durante algún tiempo, cambiar herramientas, útiles u otras partes.

Es por ello, que la presente tesis será de gran utilidad para la empresa HVA S.R.L., en establecer un plan de mantenimiento para su maquinaria crítica de tal manera se reducirán los costos de mantenimiento, eliminando tiempos muertos en la línea de producción, así mismo se atenderá de forma eficiente a los clientes tales como: Minera Yanacocha, Minera Shahuindo, a la vez ampliar la línea de mercado. Mediante el desarrollo de este proyecto se busca reducir fallas, tiempos muertos, paradas de maquinarias, es decir aplicar las bases teóricas del mantenimiento industrial y el mantenimiento centrado en la confiabilidad, es decir realizar análisis de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, etc.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida incrementará la disponibilidad de máquinas en el área de componentes mediante el diseño de un sistema de mantenimiento preventivo en la empresa Metal Industria HVA S.R.L - Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el incremento de la disponibilidad de máquinas mediante un sistema de mantenimiento preventivo en el área de componentes en la empresa Metal Industria HVA S.R.L – Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de la disponibilidad de máquinas en el área de componentes de la empresa Metal Industria HVA S.R.L – Cajamarca.
- Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo de los equipos en el área de componentes de la empresa Metal Industria HVA S.R.L – Cajamarca.
- Estimar la mejora de la disponibilidad de máquinas en el área de componentes con el diseño propuesto.
- Evaluar a través de la metodología costo – beneficio la viabilidad de la propuesta.

1.4. Hipótesis

El diseño de un sistema de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de máquinas en el área de componentes en la empresa Metal Industria HVA S.R.L – Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Según el *propósito*, es considerada aplicada puesto que el estudio será destinado a abordar un problema y de acuerdo a ello plantear soluciones de mantenimiento que mejoren la disponibilidad de máquinas, para ese caso se planificará una hipótesis y nuestros objetivos de estudio (Lozada, 2014).

Según el *enfoque*, se trata de datos cuantificables, por ello es un estudio cuantitativo. Motivo que, posterior a la recolección de información, se determinará la influencia entre cada variable de estudio. (Pita & Pértegas, 2002).

Según el *alcance*, se enmarca dentro del tipo correlacional, donde Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que es utilizada para determinar el impacto que tiene una variable sobre la otra (variable dependiente e independiente).

2.2. Población y muestra

En palabras de los autores Icart, Fuentelsaz & Pulpón (2006) la población es un conjunto de individuos con similares características o propiedades que son incluidas en un estudio. Por esa razón, nuestra población está compuesta por todas las áreas de la empresa Metal Industria HVA S.R.L.

De igual manera refieren que la muestra es el grupo que realmente será incluido para el estudio, y este grupo este sujeto a criterios de inclusión y exclusión de nuestra población. Es así, que nuestra muestra es el área de maquinaria de la empresa Metal Industria HVA S.R.L.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas

Dentro de las técnicas que se utilizaron para la presente investigación tenemos:

Tabla 1

Técnicas de recolección de datos

Técnica	Justificación
Encuesta	Mediante el cuestionario se lograron identificar oportunidades de mejora y la problemática, desde el punto de vista de los trabajadores.
Observación directa	Durante esta técnica, visitaremos las instalaciones de la empresa con la finalidad de observar y analizar el área de mantenimiento, identificación de equipos, asimismo recolectar evidencias confiables.

Elaboración propia

2.3.2. Instrumentos

A continuación, se expone la aplicación de cada instrumento a emplear.

Tabla 2

Instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumentos	Aplicación
Encuesta	Cuestionario	A los trabajadores de la empresa Metal Industria Hva S.R.L-Cajamarca.
Observación directa	Guía de observación	Al área de mantenimiento de la empresa Metal Industria Hva S.R.L-Cajamarca.

Elaboración propia

2.4. Procedimiento

a) Encuesta

Objetivo:

Conocer la situación actual de los procesos de mantenimiento. Para tener más conocimiento sobre los tipos con el cual se elaborará el mantenimiento, además de conocer la demanda de la misma en la empresa METAL INDUSTRIA HVA S.R.L – CAJAMARCA.

Procedimiento

Se aplicará un cuestionario a todos los trabajadores de la empresa, la cual será recolectada de la investigación “Mejoramiento del mantenimiento preventivo, correctivo de motores electrónicos diésel Enel área de maquinaria pesada en el distrito de Tarapoto – 2019”. Ver Anexo N° 03.

Preparación de la entrevista

- Se procede a realizar una lluvia de preguntas
- Selección de preguntas
- Plasmar en un formato
- Entrevistar a los 12 trabajadores de la empresa
- La entrevista tendrá una duración de 5 minutos por trabajador.
- El lugar donde se realizará la entrevista será en el área de trabajo

Secuencia de la entrevista

- Coordinación con administración administradora, para programar día y hora de entrevista.
- Informar al jefe del área de mantenimiento para que pueda comunicarse con los trabajadores de su respectiva área.

- Realizar entrevista
- Registro de información

Instrumentos

- Guía de entrevista.
- Lapicero.

b) Observación directa

Objetivo

Identificar la frecuencia y falla de los equipos

Procedimientos

- Realizar un análisis y ver cómo se encuentran los equipos.
- Registros del funcionamiento de los equipos en el área de mantenimiento.
- Evidencia de fotografías en el área de trabajo.

Secuencia de la observación directa

- Coordinación con administradora de la empresa
- Programar día y hora de visita para la observación.
- Informar al jefe de área.
- Elaboración de matriz AMEF.
- Aplicación del AMEF.
- Registro fotográfico del área.
- Elaboración del formato para la toma de tiempos de los equipos.
- Registrar los tiempos de cada maquinaria.
- Registrar la información obtenida.

Instrumentos

- Matriz AMEF.
- Lapiceros y lápiz.

Procedimiento de análisis de datos

En cuanto al procedimiento de análisis de los datos, seguimos los pasos de *“recolectar y analizar y plasmar”*, dónde inicialmente se recolectó el registro de la información histórica de las paradas y disponibilidad de máquinas que fue trasladada a la hoja cálculo del Microsoft Excel para realizar los cálculos pertinentes mediante las formas matemáticas y posterior a ello, plasmarlos en los indicadores.

2.4.1. Aspectos éticos

Es necesario reconocer que el trabajo será desarrollado y a la vez, auditado por el supervisor de la empresa en estudio; de manera que los datos no sean adulterados y que los resultados puedan ser de utilidad para la empresa. De igual forma, se espera que el estudio sea considerado como una guía para otras investigaciones. Asimismo, por lo que nuestra investigación involucra a seres humanos como participantes se los tratará con respeto, fraternidad y dignidad, seguiremos estos principios consignados en la declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948, encargadas de guiar las investigaciones de todas las disciplinas.

2.4.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Sistema de Mantenimiento Preventivo	Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos (Palencia, 2012).	Planificar	N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de equipos
		Verificar	N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de equipos
		Funcionamiento	MTBF (tiempo medio entre fallas) MTTF- Tiempo promedio Para la falla
Variable dependiente: Disponibilidad de máquinas	Probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables (Mora, 2009)	Operatividad	MTTR- (Tiempo medio de reparación) Disponibilidad (A)

Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Información general de la empresa

Metal Industria Hva S.R.L, empresa ubicada en la ciudad de Cajamarca que fija sus esfuerzos en el sector Industrial, Reparación de componentes de maquinaria pesada, Maestranza y mantenimiento para plantas de chancado y concentradoras. Todo ello, lo realiza con el objetivo de ganar mercado y posicionarse como la preferida por la comunidad Cajamarquina.

Es así, que tiene aceptación en diversos proyectos con o sin financiamiento. Detallando un poco de su historia, inicia sus operaciones en octubre del 2012. Surgió con una sola orientación de saciar las necesidades de los consumidores que atendemos día a día, para lo que cuenta actualmente con 2 plantas de servicio a grado nacional y 4 proyectos en unidades mineras, en departamentos como Cajamarca, La Libertad, Piura y Cusco, manteniendo un esfuerzo constante por saciar los requerimientos específicos de cada rubro y asegurando continuamente la mejor calidad de producto con una logística eficiente.

3.1.1. Misión y Visión

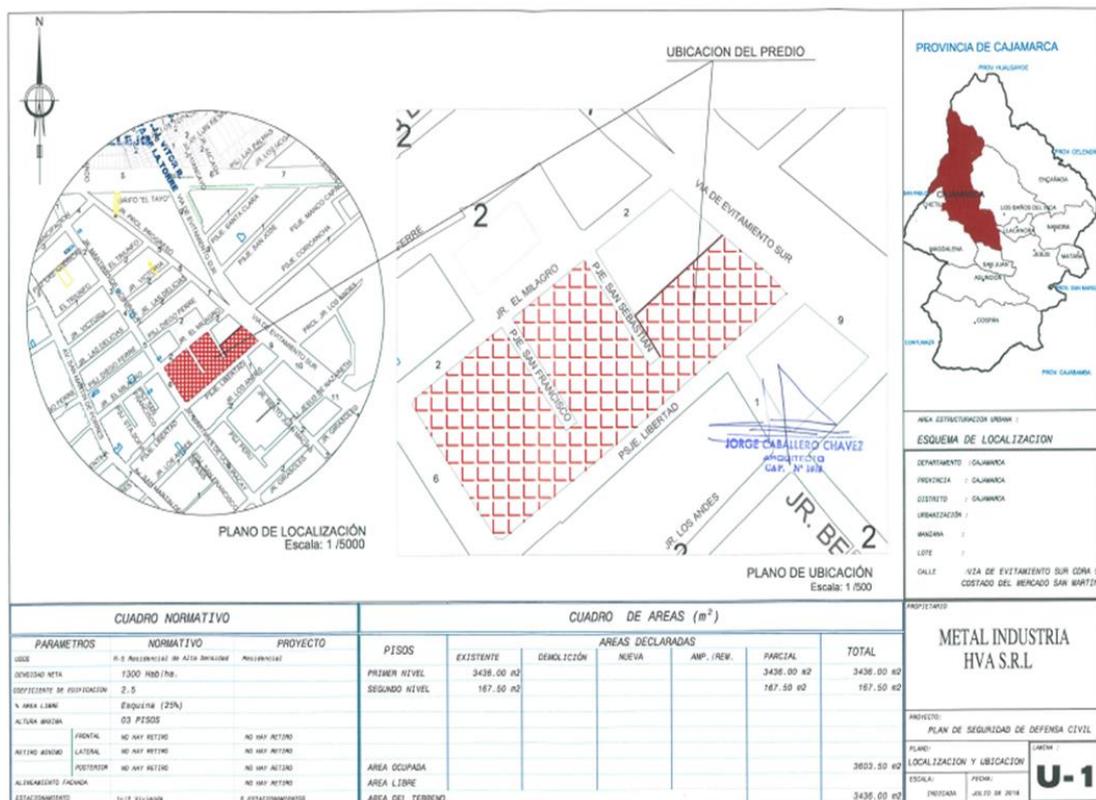
- **Misión:** Fabricar, diseñar, realizar cálculos estructurales y recuperar piezas y accesorios metalmecánicos con altos niveles de calidad y servicio integral donde nuestro principal objetivo es satisfacer las necesidades de nuestros clientes en las diferentes áreas; así como también intercambiar y aportar nuestros conocimientos profesionales y técnicos a fin de garantizar los mejores resultados en el desarrollo de cada actividad.

- Visión:** Ser una organización jefa en el rubro de metalmecánica, enormemente competitiva, brindando una versatilidad de servicios de calidad que pueda saciar las exigencias del mercado y que garantice a nuestros propios consumidores la satisfacción total de nuestro servicio.

La empresa se encuentra ubicada en la provincia de Cajamarca, en el Jr. San Sebastián # 171, barrio San Sebastián. En la siguiente imagen se presenta la localización de la empresa.

Figura 1

Localización de la empresa



Fuente: Empresa en estudio

3.1.2. Servicios

- Recuperación de rodillos y ruedas guía para equipos Maquinaria Pesada.
- Volteo de pines y bocinas libre de cadenas de equipos de maquinaria pesada.

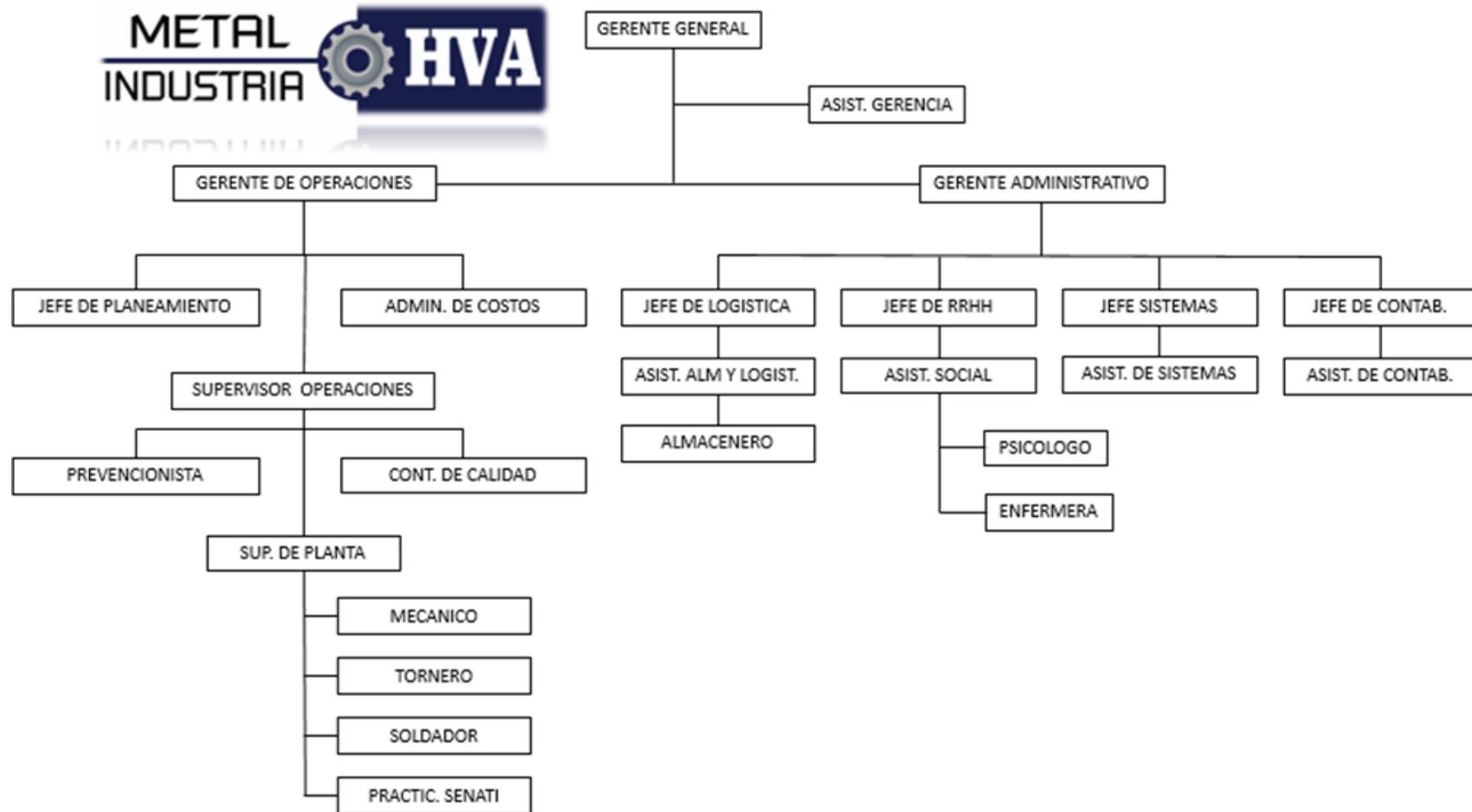
- Recalce de zapatas en Arco Sumergido de equipos de maquinaria pesada.
- Servicio de Barrenado en General (Barrenadora Eléctrica e Hidráulica).
- Fabricación y reconstrucción de piezas y partes para minería y maquinaria pesada en general (Torno. Fresa, Cepillo, Taladro Radial, Mandrinadora)
- Recalzado y revestimiento de Gets, así como reconstrucción de Lampones y cucharones.
- Recuperación de accesorios de perforadoras y fabricación de los mismos.
- Levantamiento de planos en campo y cálculos estructurales.
- Servicio de Metalizado ArcSpray de piezas y partes para minería y maquinaria pesada en general.
- Mantenimiento Mecánico, Eléctrico en Plantas Concentradoras
- Operación y mantenimiento mecánico, eléctrico de plantas de chancado para producción de filtros
- Estructuras metálicas en General.
- Trabajos Soldadura en General
- (Tig/Mig/Arco Sumergido/Tubular)
- Servicio de plegado, rolado, corte de planchas hasta 1/2”.
- Servicio de alquiler de equipos electrógenos.

3.1.3. Organigrama

La estructura organizacional está conformada por las áreas: administrativa (logística, recursos humanos, sistemas y contabilidad), operativa - mantenimiento (planeamiento y administración de costos); cómo se puede observar en la siguiente figura:

Figura 2

Organigrama



Fuente: Empresa en estudio

3.1.4. Proveedores

A continuación, se muestran los principales proveedores a nivel nacional de la empresa Metal Industria HVA S.R.L:

- Aceros Bolher.
- Cipesa.
- Aceros Arequipa.
- Aceros del Perú.
- Fundición central.

3.1.5. Clientes

Los principales clientes de la empresa METAL INDUSTRIA HVA S.R.L son empresas privadas, como se muestra a continuación:

- Minera Gold Fields La Cima
- Minera Yanacocha
- Minera La Zanja
- Minera Coymolache
- Ferreyros
- Unimaq
- Mitsui

3.1.6. Personal

La empresa METAL INDUSTRIA HVA S.R.L cuenta con un total de 27 colaboradores dentro de sus instalaciones, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 4

Colaboradores

COLABORADORES	CANTIDAD
Gerente	1
Prevencionista	1
Recursos Humanos	1
Operaciones	1
Sistemas	1
Contador	1
Supervisor	1
Trabajadores de operación	18
Almacén y seguridad	2
Total	27

Fuente: Empresa en estudio

3.1.1. Equipos

En el área de componentes de la empresa Metal Industria HVA S.R.L se cuenta con un total de doce equipos físicos como se puede observar a continuación:

Tabla 5

Equipos

N°	SERIE	NOMBRE DE EQUIPOS	# EQUIPOS
1	080-05	Mandriladora	1
2	26878	Fresadora Universal - Grande	1
3	26464	Fresadora Universal - Mediana	1
4	M692	Fresado Vertical	1
5	1607	Taladro Radial	1
6	SN	Roladora	1
7	SN°VM 100/4000	Plegadora	1
8	340372	Torno Horizontal - VDF	1
9	71374281	Torno Horizontal - TOS	1
10	SN	Gillotina	1

11	SN° 34903910110	Compresor de aire	1
12	CP-1	Cepillo de codo mecánico	1
TOTAL			12

Fuente: Empresa en estudio

3.2. Análisis de la situación actual

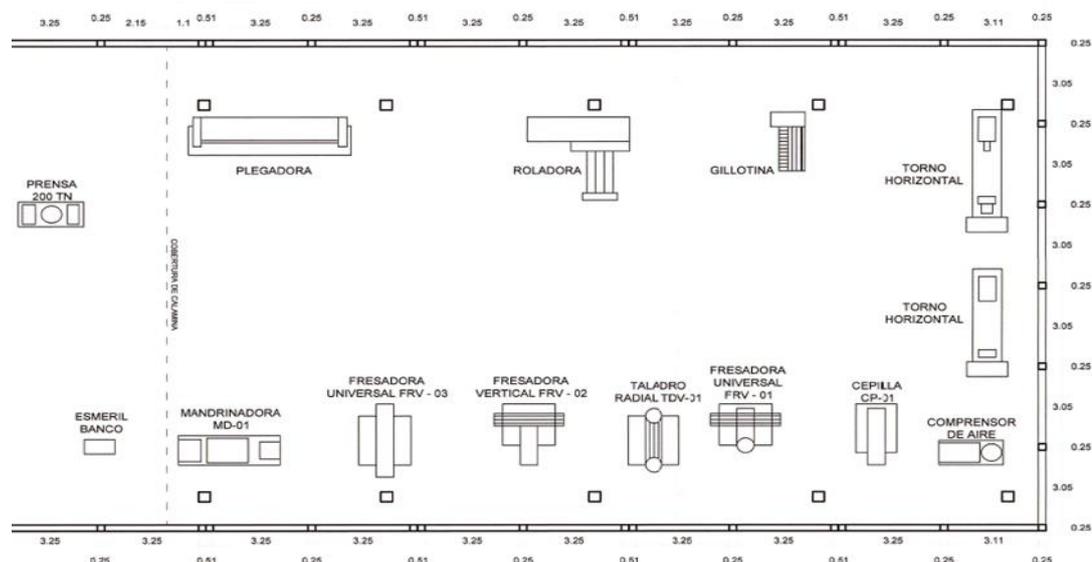
El área de mantenimiento de la empresa Metal Industria HVA S.R.L cuenta con tres áreas: componentes, arco sumergido y maestranza. El estudio se centra en área de componentes debido a que cuenta con más máquinas que las otras áreas, asimismo es de vital importancia para el servicio que brinda la empresa.

3.2.1. Descripción del área de mantenimiento

En el área de mantenimiento de componentes se cuenta con las siguientes máquinas mandrinadora, fresadora universal – grande, fresadora universal – mediana, fresadora vertical, taladro radial, roladora, plegadora, torno horizontal VDF, torno horizontal TOS, guillotina, compresor de aire, cepillo de codo mecánico.

Figura 3

Área de componentes

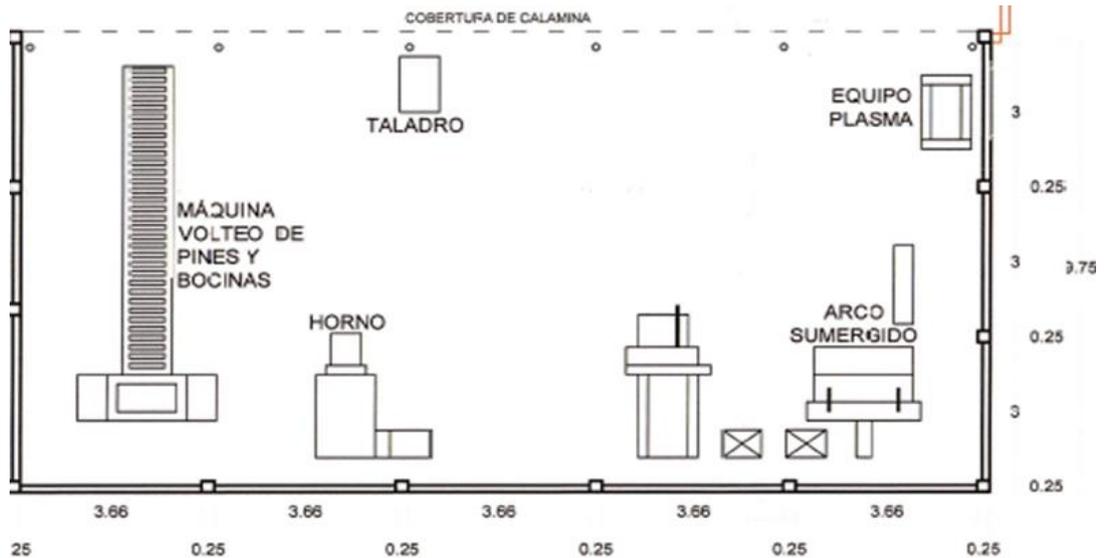


Fuente: Empresa en estudio

Área de soldadura se encuentran equipos de plasma, arco sumergido, máquinas de soldadura, máquinas de volteo de pines y bocinas, y taladro de columna, como se muestra en la siguiente Figura N° 4

Figura 4

Área de Soldadura.



Fuente: Empresa en estudio

- **El Arco Sumergido:** es un proceso de soldadura donde no se ve el trabajo que realiza, ya que tiene una cubierta donde gira la pieza y es vaciado de plomo, con la finalidad de tapar o llenar todas las ranuras que sean necesarias en el proceso, ya que solo trabaja con piezas circulares.

Figura 5

Arco Sumergido



Fuente: Empresa en estudio

Características del arco sumergido

Tabla 6

Características del arco sumergido.

Equipo	ARCO SUMERGIDO
Marca	MILLER
Serie	222-108
TYP	-
Color	Amarillo

Fuente: Empresa en estudio

- **Máquina de soldar:** esta soldadura es un poco más completa que las convencionales ya que se trata de material de acero y se requiere más precisión, con la facilidad que ya no cae chispas cada vez que está siendo utilizada. Ya que la empresa cuenta con 19 máquinas de soldar de la misma índole.

Figura 6

Máquina de soldar



Fuente: Empresa en estudio

- **Taladro de columna:** El taladro de columna funciona fijamente ya que se utiliza de forma vertical con una mesa, con la cual se puede realizar perforaciones de gran precisión ya que va en columna y está fijo.

Figura 7

Taladro de columna



Fuente: Empresa en estudio

Características

Tabla 7

Características del taladro de columna

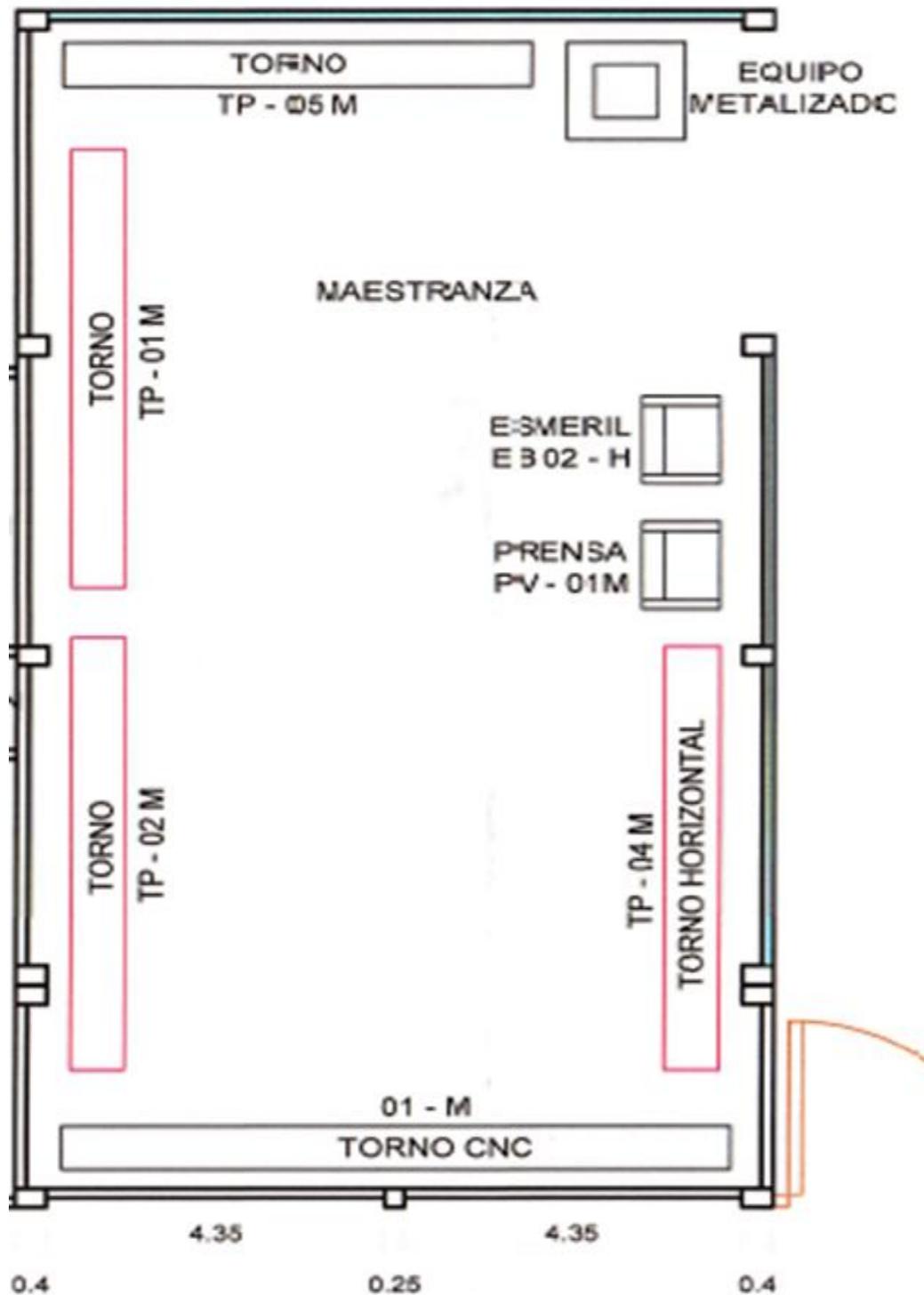
Equipo	TALADRO DE COLUMNA
Marca	KONE
Serie	KM25 - 1934
TYP	SN° 417029613
Color	Plateado

Fuente: Empresa en estudio

En el área de maestranza se encuentra equipada con los siguientes equipos: torno horizontal, torno CNC, torno, pluma y metalizadora, como se puede apreciar en la Figura N° 8.

Figura 8

Área de maestranza



Fuente: Empresa en estudio

- **Torno paralelo:** Este torno se trabaja de forma manual la gran parte y se realizan trabajos de forma cilíndrica ya que es un trabajo de precisión, que trabaja con una mesa que se desliza hacia el cabezal para que sea tornada.

Figura 9

Torno paralelo - TOS



Fuente: Empresa en estudio

Características del Torno Paralelo

Tabla 8

Características del torno paralelo.

Equipo	TORNO PARALELO
Marca	ZMM BULGARIA
Serie	C11M8M
TYP	19977
Color	verde

Fuente: Empresa en estudio

Figura 10

Torno paralelo - ZMM



Fuente: Empresa en estudio

Características del Torno Paralelo – ZMM

Tabla 9

Características del torno paralelo - ZMM

Equipo	TORNO PARALELO
Marca	ZMM
Serie	C11MSM80
TYP	19828
Color	Celeste - plomo

Fuente: Empresa en estudio

- **Torno CNC:** El Torno CNC se trabaja con un software de computadora y con datos alfa numéricos, ya que es de mayor precisión y con un buen trabajo. Ya que

este torno CNC reemplaza a todos los tornos ya que el realiza diferentes funciones y es más completo que sus hermanos de menor índole.

Figura 11

Torno paralelo - CNC



Fuente: Empresa en estudio

Características del Torno – CNC.

Tabla 10

Características del torno – CNC

Equipo	TORNO CNC
Marca	INTERCH WORLD WIDE
Serie	CNC 2480
TYP	
Color	Blanco humo

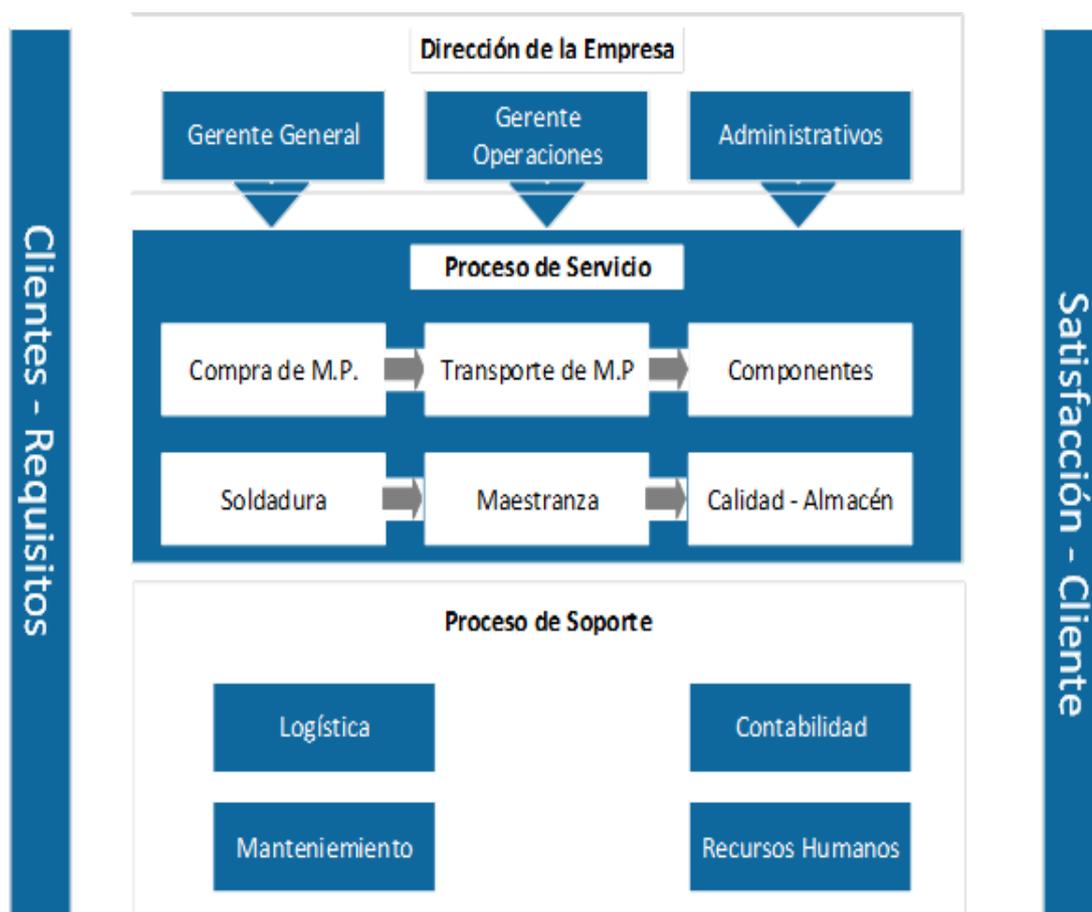
Fuente: Empresa en estudio

3.2.2. Mapa de procesos

El mapa de procesos de la empresa METAL INDUSTRIA HVA S.R.L cuenta con la Dirección de la Empresa la cual está conformada por el gerente general, gerente de operaciones y administrativos, los cuales tienen el rol de la planificación y dirección de la misma. Asimismo, tiene la parte del Proceso de Servicio que brinda para la cual consta de la compra y transporte de materia prima, componentes, soldadura, maestranza y calidad – almacén, finalmente cumpliendo eficientemente el servicio brindado. Para la cual el Proceso de Soporte brinda logística, contabilidad, mantenimiento y recursos humanos para llevar a cabo el proceso de servicio.

Figura 12

Mapa de procesos



Fuente: Empresa en estudio

3.2.3. Distribución del área de estudio

El área de estudio es el área de Componentes – Mantenimiento tiene una medida de ancho 20.05 metros y de largo 52.41 metro, obteniendo un área total de 200.80 metros cuadrados. Dicha área está conformada por 14 máquinas o equipos: Esmeril, mandrinadora, fresadora universal, fresadora vertical, taladro radial, fresadora universal, cepillo, compresor de aire, torno horizontal, torno horizontal, guillotina, roladora, plegadora y prensa, las cuales están distribuidos en forma de “U”, como se puede observar en la Figura N° 12.

3.2.4. Situación actual del área de componentes

Las máquinas de esta área cuentan con un mantenimiento correctivo, es decir que se tiene que esperar que las máquinas tengan fallas o deje de funcionar para que se les brinde mantenimiento. Por lo tanto, este mantenimiento no es eficiente, ya que muchas de las máquinas se encuentran paradas ocasionando problemas para brindar el servicio adecuado. Así mismo se está incurriendo en un costo en la parada de máquina.

Figura 13

Ishikawa mantenimiento preventivo

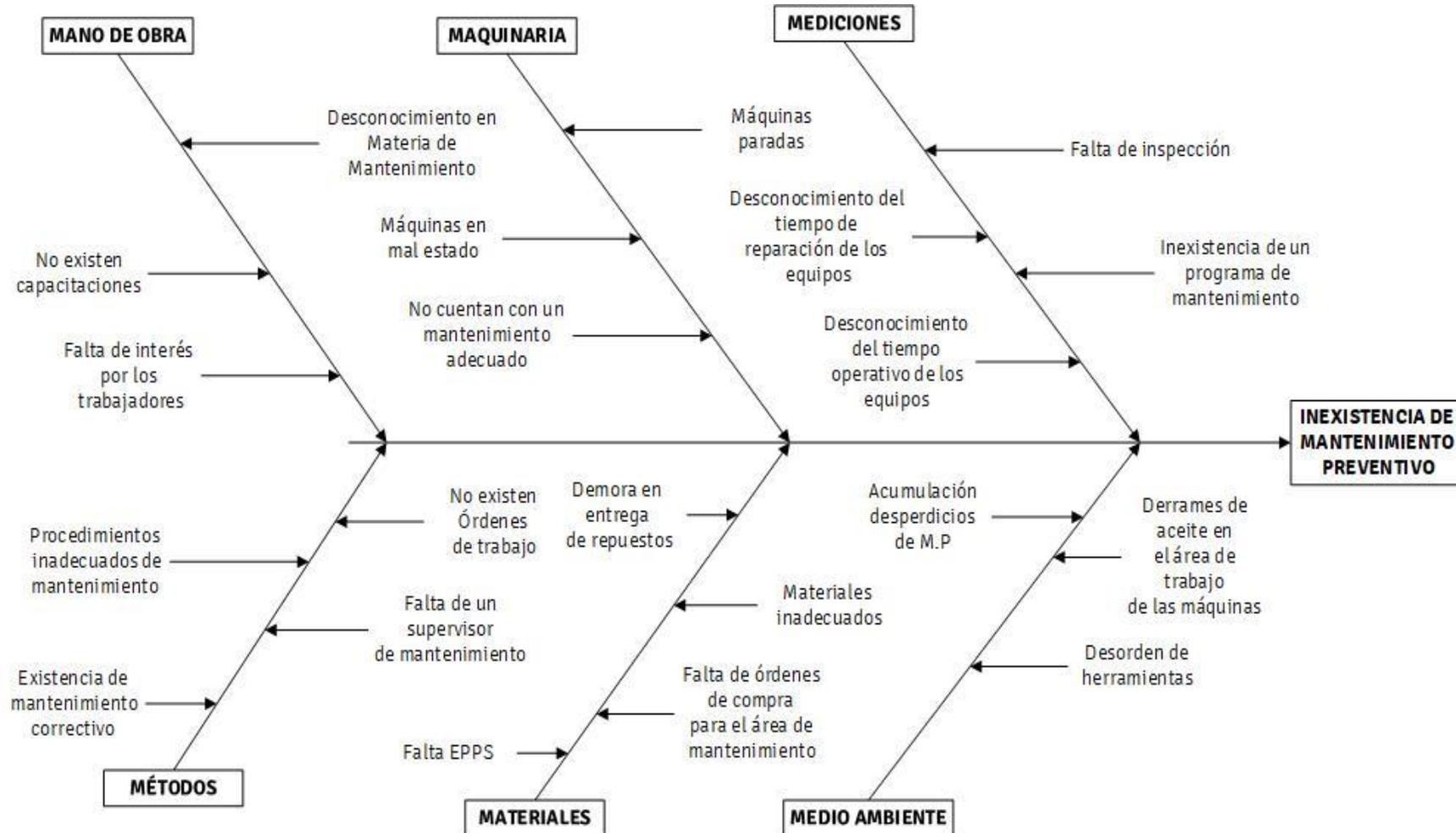
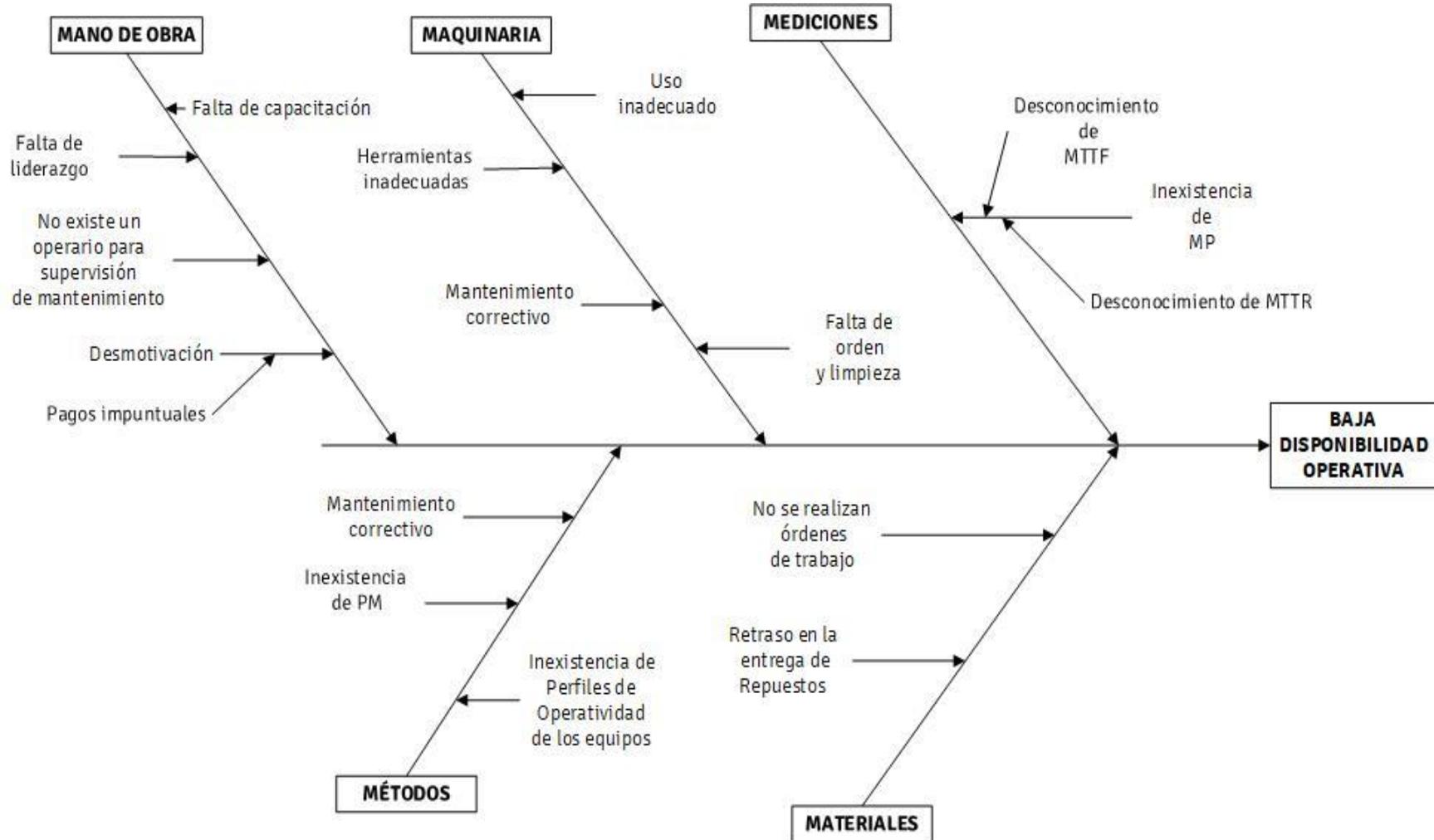


Figura 14

Ishikawa baja disponibilidad operativa



La Figura N° 13 se muestra el diagrama causa – efecto de la variable independiente, que es el Mantenimiento Preventivo del área de componentes, la cual se analizará en base a la mano de obra – Mantenimiento, equipos mediciones, métodos, materiales y medio ambiente. Donde los colaboradores no tienen conocimientos en cuanto al mantenimiento de los equipos, no muestran interés por mantener operativas a las máquinas y por desarrollar sus competencias. En equipos se tiene que las máquinas no están en funcionamiento, se encuentran en mal estado, y que no se les brinda un mantenimiento adecuado. Asimismo, no se tienen un programa de PM, por lo tanto, no cuenta con un supervisor encargado para las inspecciones de equipos y seguimiento de los operarios. Esto se debe a que solo realizan mantenimiento correctivo, esto ocasiona que almacén no cuenta con la disponibilidad de materiales o repuestos cuando se les requiere, perjudicando al momento de las reparaciones, ya que sin los repuestos no se inicia con el mantenimiento respectivo.

También se ha observado que existen desperdicios acumulados de materia prima (retazos de metales, viruta de acero, tubos, pines, máquinas de soldar, etc.), ya que no existen órdenes de trabajo, ocasionando una mala utilización de estos, por otra parte, los operarios no reutilizan la materia sobrante (retazos de metal), si no que ellos prefieren utilizar materia prima nueva. Además, no se tiene un área específica para el almacenamiento de las mismas.

De igual forma, la Figura N° 14 anterior se identifica la matriz causa - efecto para la variable dependiente, que es la disponibilidad, identificando cada uno de los factores que influyen en la baja disponibilidad de máquinas del área de componentes. Dentro del estudio se ha identificado equipos que se encuentran inoperativos parcial y total, debido a que los colaboradores no les prestan la atención respetiva para regresarlo a su estado operativo. Ya que, se encuentran desmotivados por el pago impuntual, y por la falta de desarrollo de sus competencias (desconocimiento del MTTF y MTTR, es decir el perfil de operatividad de los equipos). Esto también perjudica al momento de realizar el mantenimiento correctivo, a la vez no se cuenta con las herramientas necesarias y repuestos, llevando a tercerizar el mantenimiento.

En el área de mantenimiento de componentes se cuenta con catorce equipos (ver Figura N° 15), pero dentro del estudio de investigación se trabajará con 12 equipos porque las otras dos máquinas son relevantes:

- Mandrinadora.
- Fresadora universal grande.
- Fresadora universal mediana.
- Fresadora vertical.
- Taladro radial.
- Roladora.
- Plegadora.
- Torno horizontal – VDF.
- Torno horizontal – TOS.
- Guillotina.
- Compresor de aire.

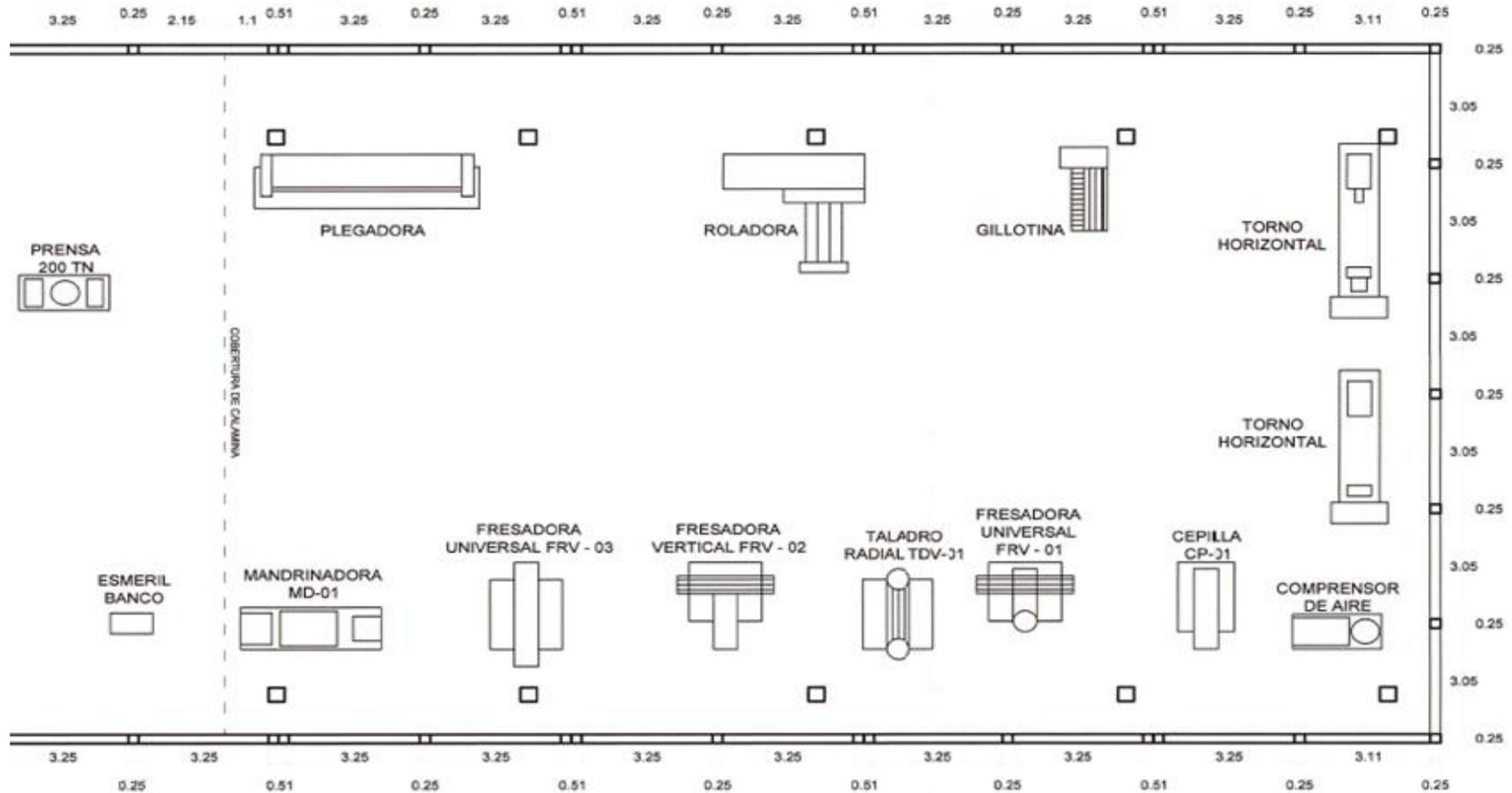
- Cepillo de codo mecánico.

Es de esencial importancia que estos equipos estén en óptimo funcionamiento, es decir, que tengan una disponibilidad para el momento que se las requiere, para la cual se debe realizar un adecuado mantenimiento. De esta forma el estudio de investigación se centra en el área de mantenimiento de componentes ya que si los equipos no se encuentran operativos la empresa no podrá realizar el servicio requerido. Perjudicando en los ingresos de utilidades de la empresa.

En esta área se realiza un mantenimiento correctivo ocasionando parada de equipos, pérdidas de producción (retraso en brindar los servicios y productos, gastos de comprar de repuestos y materiales) y mano de obra deficiente (falta de capacitación y motivación), también se ha observado que los equipos no se les brinda una limpieza antes y después de haber trabajado. El mantenimiento preventivo es de vital importancia ya que tiene como propósito garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos mediante programas preventivos, reparación de daños y mejoramiento continuo de las condiciones operativas.

Figura 15

Área de Componentes – Mantenimiento



Fuente: Empresa en estudio

A continuación, se muestra la descripción de los equipos:

Mandrinadora

La mandrinadora es una máquina herramienta que se utiliza para el mecanizado de agujeros de piezas metálicas, esta máquina está compuesta por una banca donde hay una mesa giratoria para fijar las piezas que se van a mecanizar, y una columna vertical por la que se desplaza el cabezal motorizado que hace girar al husillo porta herramientas donde se sujetan las barras de mandrinar. Cuando se mandrina las piezas se fijan en la mesa de trabajo de la máquina y donde se le imprime la velocidad adecuada con las características del material constituyente de las herramientas y el avance axial adecuado, ver la Figura N° 16 y Tabla N° 11. Las operaciones que realiza esta máquina son: Mandrinado, taladrado, escariado, refrentado, roscado, fresado, torneado.

Esta máquina tiene un nivel alto de criticidad, sin embargo, cuando está se malogra los operarios no se preocupan por regresarlo a su estado de operatividad, ya que ellos no disponen de repuestos, materiales y conocimientos necesarios para la reparación. Además, no existe un mantenimiento preventivo y no cuenta con ningún operario (jefe de mantenimiento – supervisor) para esta labor.

Figura 16

Mandrinadora



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 11

Características de la mandrinadora.

Equipo	Mandrinadora Varnsdorf (MD-01)
Marca	TOS KURIM
Serie	080-05
TYP	WH 63
Color	Verde

Fuente: Empresa en estudio

Fresadora Universal – Grande

La fresadora universal - grande es una máquina herramienta que realiza diferentes mecanizados por arranque de viruta en piezas mecánicas. Este tipo de máquinas se caracteriza por trabajar en el espacio mediante el movimiento adecuado de la mesa, donde se fijan las piezas que deben ser mecanizadas. Esta mesa puede desplazarse a lo largo de tres movimientos deferentes (Longitudinal, Transversal y Vertical). Está compuesta por una base, cuerpo o columna, consola, carro transversal, mesa, puente y eje porta herramienta.

En la Figura N° 17 y Tabla N° 12. Se puede observar una caja de herramientas sobre la mesa de trabajo, los operarios no se encuentran centrados en sus actividades que realizan, por lo que a menudo dejan herramientas sobre los equipos, mesa y área de trabajo. Este equipo ya tiene reparaciones correctivas continuas, debido a que la maquina posee un sonido de vibración fuerte, teniendo efecto en el desgaste de las fajas. De igual forma la demora del tiempo de reparación de este equipo se debe a que no existen órdenes de compra de repuestos en el área de almacén, para la cual se necesita un programa de mantenimiento preventivo.

Figura 17

Fresadora Universal – Grande



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 12

Características de la Fresadora Universal (FRU- 03)

Equipo	Fresadora Universal (FRU- 03)
Marca	TOS KURIM
Serie	26464
TYP	FA5B
Color	VERDE

Fuente: Empresa en estudio

Fresadora Universal – Mediana

La fresadora universal mediana se caracteriza por trabajar en el espacio, mediante el movimiento correcto de la mesa en donde se fijan las piezas de menor dimensión y peso que deben ser trabajadas a diferencia de la fresadora universal grande. La mesa puede ser trabajarse de diferentes formas ya que cuenta con tres cabezales que cumplen diferentes funciones: Longitudinal, Transversal y vertical, ver Tabla N° 13. En la Figura N° 18 se puede observar que existen herramientas inapropiadas en el funcionamiento del equipo.

Figura 18

Fresadora Universal – Mediana.



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 13

Características de la Fresadora Universal mediana (FRU- 01)

Equipo	Fresadora Universal mediana (FRU- 01)
Marca	POWERMIL KONDIA
Serie	M692
TYP	FV-1
Color	plomo

Fuente: Empresa en estudio

En la Figura N° 19. se puede observar la ficha de registro del fabricante que recomienda que se debe lubricar dos veces al día, engrasar el motor dos veces al año y lubricar las ranuras cada semana; sin embargo, los operarios no cumplen con los requerimientos del fabricante ocasionando fallas en el equipo.

Figura 19

Recomendaciones por el fabricante



Fuente: Empresa en estudio

Fresadora Vertical.

Se considera una máquina en donde está verticalmente orientado el eje del husillo, de manera recta colocada en la mesa base de trabajo. Por ello, giran sobre todo el eje, las fresas del corte que son llevadas encima del husillo. Generalmente como puede moverse verticalmente, bien el husillo o bien la mesa, lo cual posibilita profundizar el corte, como se puede mirar las propiedades en la Figura N° 20 y la Tabla N° 14.

En la Figura N° 20. se puede mirar la fresadora vertical donde le permanecen llevando a cabo un mantenimiento correctivo, sin embargo, esta compostura se ha tercerizado ya que los operarios no tienen los conocimientos necesarios para arreglar al equipo y además por la carencia de interés del área de mantenimiento, provocando demoras en la era de compostura de la máquina como la disponibilidad operativa de su desempeño incurriendo en costos para la organización.

Figura 20

Fresadora vertical



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 14

Características de la Fresadora Vertical (FRV- 02)

Equipo	Fresadora Vertical (FRV- 02)
Marca	TOS KURIM
Serie	26464
TYP	FA5B
Color	Verde
Voltios	440 v

Fuente: Empresa en estudio

Figura 21

Mantenimiento correctivo de la fresadora vertical



Fuente: Empresa en estudio

Figura 22

Mantenimiento correctivo de la fresadora vertical



Fuente: Empresa en estudio

Taladro Radial

El taladro radial (ver Figura N° 23 y Tabla N° 15) está formado por una extensa base horizontal sobre la que principalmente se encuentra dispuesta la mesa porta partes estáticas, con sus guías para que en ellas logren posicionarse tornillos para fijación de las partes que se van a taladrar. Sobre la base se eleva una robusta columna cilíndrica, sobre la que se desliza con desplazamiento, ascendente y descendente un brazo horizontal, que es accionado por una cremallera o tornillo sin fin, verticales, que son parte de un mecanismo de altura dispuesto en un cabezal con su motor, ubicado en la parte preeminente de la columna. El brazo permite girar completamente

sobre la columna, sobre las guías horizontales del brazo giratorio se desliza un automóvil que dispone de un cabezal porta herramientas que es accionado por un mecanismo con su motor para realizar los movimientos de translación, así como los de giro y movimiento vertical del husillo por brocas.

Este taladro es fundamental que se encuentre funcionando ya que no existe ningún equipo que logre remplazarlo, para lo que se le tiene que ofrecer un conveniente mantenimiento preventivo más no correctivo, no obstante, este equipo ha sufrido reparaciones ya que no se le ha remplazado regularmente el carbón.

Figura 23

Taladro Radial



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 15

Características de la Taladro Radial (TDR- 01)

Equipo	Taladro Radial (TDR- 01)
Marca	Ateliers GSP
Serie	1607
TYP	405K150
Color	Verde
Voltios	440 v

Fuente: Empresa en estudio

Roladora

Esta máquina de tres rodillos (Figura N° 24 y Tabla N° 16) tiene el desempeño de rolar las planchas de acero a modo de barril, circular, cónica y entre otras. El rodillo preeminente puede desplazarse vertical y horizontalmente y de esta forma que la roladora puede concluir tanto en el trabajo anterior a la flexión como el laboró enrollado.

Figura 24

Roladora



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 16

Características de la Roladora

Equipo	Roladora
Marca	USERGEN
Serie	sin serie
TYP	
Color	plomo

Fuente: Empresa en estudio

En las Figuras N°25 y 26 se puede mirar los engranajes de la roladora de los dos extremos, donde se mostraba que el engrase está en condiciones inadecuadas o en mal estado, en este sentido los equipamientos llegan a laborar en mal manejo hasta tener una fracasa debido a que llegan a laborar rodaje con rodaje al no tener una

buena lubricación. Los operarios no se preocupan por brindarle un mantenimiento adecuado.

Figura 25

Engranajes de Roladora en mal estado



Fuente: Empresa en estudio

Figura 26

Engranajes de Roladora en malas condiciones.



Fuente: Empresa en estudio

Plegadora

Es un dispositivo compuesto de un sólido material para la firmeza del trabajo. Su trabajo es realizar cortes y pliegues a todo material de acero u otros, son fáciles de maniobrar. En la Figura N° 27 y Tabla N° 17 se muestra la plegadora y sus características de la misma. Del mismo modo se puede mirar que hay herramientas innecesarias sobre la mesa de corte, además se observa que en la zona de trabajo

existe una máquina de soldar con los cables sueltos y en desorden en la misma área, esto se debería a que los operarios no cumplen sus funcionalidades eficientemente.

Figura 27

Plegadora



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 17

Características de la PLEGADORA

Equipo	PLEGADORA
Marca	NEWTON
Serie	SN° VM100/4000
TYP	
Color	plomo

Fuente: Empresa en estudio

En la actualidad los equipamientos están inoperativa ya que una de las piezas de la plegadora está dañada para la cual se ha tenido que usar un extractor para de esta forma poder retirar la pieza de máquina, para la cual es importante retirar con mucho cuidado para que no exista la probabilidad de romper la pieza y no incurrir en un gasto bastante más de construcción. Ante dichos inconvenientes se tiene que tener un programa de mantenimiento preventivo para lograr tener el óptimo desempeño del equipo.

Figura 28

Plegadora inoperativa



Fuente: Empresa en estudio

Figura 29

Engranaje de Plegadora en mal estado



Fuente: Empresa en estudio

Torno Horizontal

Es una máquina herramienta para mecanizar partes por revolución arrancando material a modo de viruta por medio de un instrumento de corte, nos posibilita mecanizar, roscar, recortar, trapeciar, agujerear, cilindrar, desbastar y ranurar partes de manera geométrica por revolución, o sea quitar parte de una pieza por medio de una cuchilla u otra herramienta de corte, para darle forma, asíéndole girar a la pieza a medida que los instrumentos de corte son empujadas contra su área, lo cual posibilita recortar la viruta según las condiciones requeridas.

Se observa que en la Figura N° 30 que el torno VDF no funciona porque tiene el cabezal roto, para el correspondiente mantenimiento se debe desmontar el cabezal del dispositivo. Pero cuando los operadores descubrieron que no tenían los conocimientos necesarios para volver a ponerlo en funcionamiento, decidieron subcontratarlo, ya que no tienen un programa de mantenimiento preventivo en el lugar donde la máquina está inactiva.

Figura 30

Torno Horizontal – Marca VDF.



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 18

Características del torno horizontal

Equipo	TORNO HORIZONTAL
Marca	VDF
Serie	925AV
TYP	340372
Color	Verde

Fuente: Empresa en estudio

Torno Horizontal

El torno horizontal (ver la Figura N° 31 y la Tabla N° 19) Es una máquina herramienta para el mecanizado de piezas por torno, materia prima en forma de viruta mediante el uso de una herramienta de corte, nos permite mecanizar, roscar, cortar, trapezoide, taladrar, amasar, desbaste y ranurado de piezas geométricas revolucionarias, lo que implica retirar pieza de una pieza con una cuchilla u otra herramienta de corte, para darle forma, manteniendo la pieza girando mientras los bordes cortantes de la herramienta se empujan hacia su superficie, permitiendo el corte de viruta requerido. Este equipo tiene problemas de carcasa y lubricación, el tiempo de reparación depende de que estas cubiertas no estén disponibles en stock en el momento de la necesidad porque no hay orden de compra de repuestos para el equipo, esto indica que los repuestos se compran cuando la máquina se rompe. Como parte del análisis, se puede determinar que el mantenimiento preventivo programado es de suma importancia, ya que el mantenimiento correctivo afecta la disponibilidad y producción de los equipos.

Figura 31

Torno Horizontal – Marca TOS



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 19

Características del torno horizontal

Equipo	TORNO HORIZONTAL
Marca	TOS
Serie	SN71B
TYP	71374281
Color	Verde

Fuente: Empresa en estudio

Guillotina

Es un dispositivo con operación de corte, es decir, es un proceso de corte de chapa.

Se compone de una mesa de trabajo, un marco, una navaja, una almohadilla o una hoja de corte, una hoja móvil y una hoja fija.

En las Figuras N ° 32, 33 y 34, se puede apreciar que se encontraban en mal estado, descuidadas, mal lubricadas durante el rodaje. Esta máquina no está en buenas condiciones de funcionamiento debido a la caída de material, herramientas, máquina de soldar dañada. Dado que se beneficia del mantenimiento de reparación, no es tan importante mantenerlo en buenas condiciones de funcionamiento óptimas.

Figura 32

Rodajes de Guillotina sin lubricación



Fuente: Empresa en estudio

Figura 33

Máquinas de soldar sobre Guillotina



Fuente: Empresa en estudio

Figura 34

Materiales desechables y herramientas sobre guillotina



Fuente: Empresa en estudio

Cepillo de codo mecánico

Un cepillo angular mecánico es un tipo de máquina que se utiliza para el acabado de piezas que ya se han puesto en marcha en un torno, estas piezas se denominan a menudo "piezas de fantasía", es decir, por lo que no pueden producir más en esta máquina. Realiza una operación de parada mecánica, donde se usa un cepillo y se proporciona movimiento alternativamente, y se usa una herramienta llamada cincel.

Figura 35

Cepillo de codo mecánico



Fuente: Empresa en estudio

Compresor de aire

Esta es una de las máquinas más utilizadas ya que es la que proporciona presión de aire a todas las máquinas de Metal Industria HVA S.R.L antes del trabajo y después del uso.

La figura muestra que hay una fuga de aceite del motor del compresor, esta fuga es continua y no se le ha dado el servicio adecuado.

Figura 36

Compresor de aire.



Fuente: Empresa en estudio

Características:

Tabla 20

Características del compresor de aire

Equipo	COMPRESOR DE AIRE
Marca	COMPAIR
Serie	L22- 10
TYP	SN° 34903910110
Color	Celeste - negro

Fuente: Empresa en estudio

En la figura N ° 37 podemos observar que los trabajadores no cuentan con el EPP necesario (guantes y máscaras), por otro lado, existen máquinas de soldar con los cables cruzados en el suelo que pueden causar lesiones al operador. Asimismo, podemos ver que hay piezas de acero esparcidas por el suelo.

Figura 37

Cables cruzados en el piso



Fuente: Empresa en estudio

Podemos verificar en la figura N ° 38 que hay derrames de residuos de acero por toda el área y en los equipos, que los trabajadores no están siendo inspeccionados durante las actividades que realizan, esto es porque no hay supervisión en el área de mantenimiento.

Figura 38

Viruta en el piso



Fuente: Empresa en estudio

En la Figura N° 39 como se puede observar, existe una botella roja que contiene aceite, por lo que la maquinaria debe estar lubricada continuamente y por esa razón el equipo debe seguir operando, hasta que ocurra la falla, el equipo no funciona, puede moverse.

Figura 39

Aceite para lubricar torno



Fuente: Empresa en estudio

Como se muestra en la Figura N° 40 sobre la mesa del torno hay herramientas que se utilizan para ajustar una parte de la máquina y por negligencia del operador no han sido devueltas a sus respectivas posiciones. También se identificó una fuga de aceite.

Figura 40

Herramientas sobre torno



Fuente: Empresa en estudio

Podemos apreciar en la Figura N° 41 Se identificó un derrame de hidrolina (lubricante) cuando se suspendió el brazo del equipo, que necesitaba servicio, pero debido a la falta de atención de la compañía a su daño local, se espera que el dispositivo ya no funcione. su mantenimiento.

Figura 41

Derrame de hidrolina en brazo de equipo



Fuente: Empresa en estudio

Se puede apreciar en las Figuras N° 42, 43, 44, 45 y 46 que existe material sobrante de los trabajos que se han realizado como: retazos de corte de plancha de metal de diferentes dimensiones, engranajes, pines, mallas, entre otros. Estos se encuentran oxidados, chancados, y deteriorados. Obstruyendo el área de trabajo, y generando un inadecuado ambiente laboral, pidiéndose reutilizar el material que estuvieron en buen estado, o si no desecharlos. Asimismo, en la Figura n. °48 se observa repuestos que fueron utilizados para las guías de fabricación de los mismos, sin embargo, estos que sufrieron daños ya se encuentran obsoletos, y han sido abandonados con los desperdicios. En la última Figura n. °49 también se aprecia los desperdicios de

refacciones de los dientes de las palas de la maquinaria pesada, generados por el área de operaciones.

Figura 42

Material sobrante obstruyendo área de trabajo



Fuente: Empresa en estudio

Figura 43

Desperdicio acumulado



Fuente: Empresa en estudio

Figura 44

Acumulación de planchas inutilizadas



Fuente: Empresa en estudio

Figura 45

Repuestos Obsoletos



Fuente: Empresa en estudio

Figura 46

Pines y cortes inutilizados



Fuente: Empresa en estudio

3.2.5. Diagnóstico de la variable Mantenimiento Preventivo

3.2.5.1. Diagnóstico de la dimensión Planificar

Indicador: N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de equipos

De acuerdo a la empresa Metal Industrias HVA S.R.L, tenemos el siguiente registro tomado en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto. Donde se identifica la serie, el equipo la hora de mantenimiento programados y el mantenimiento realizado en cada uno de ellos:

Tabla 21

Mantenimiento programado

Mes	SERIE	Equipo	MANTTO PROGR (hrs)
Abril	080-05	Mandriladora	8
	26878	Fresadora Universal - Grande	9
	26464	Fresadora Universal - Mediana	5
Mayo	M692	Fresado Vertical	6
	1607	Taladro Radial	6
Junio	SN	Roladora	5
	SN°VM 100/4000	Plegadora	8
Julio	340372	Torno Horizontal - VDF	4
	71374281	Torno Horizontal - TOS	4
	SN	Guillotina	5
Agosto	SN° 34903910110	Compresor de aire	8
	CP-1	Cepillo	7
TOTAL			75

Elaboración propia

Es necesario, para realizar, el cálculo del indicador se tome en cuenta la sumatoria de las horas programadas para todos los equipos:

$$\text{Indicador} = N^{\circ} \text{ horas de mantto programado}$$

$$\text{Indicador} = 132 \text{ horas}$$

La empresa programó en los meses de estudio, 132 horas de mantenimiento para sus equipos mostrados en la anterior tabla.

3.2.5.2. Diagnóstico de la dimensión Verificar

Indicador: N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de equipos

De igual manera, para calcular el siguiente indicador, se tomará en cuenta las horas que realmente fueron ejecutadas de mantenimiento programado para los equipos. Ver tabla 22

Tabla 22

Mantenimiento realizado

Mes	SERIE	Equipo	MANTT O PROGR (hrs)	MANTT REALIZAD O
Abril	080-05	Mandriladora	8	X
	26878	Fresadora Universal - Grande	9	
Mayo	26464	Fresadora Universal - Mediana	5	
	M692	Fresado Vertical	6	X
	1607	Taladro Radial	6	
Junio	SN	Roladora	5	X
	SN°VM 100/4000	Plegadora	8	X
Julio	340372	Torno Horizontal - VDF	4	
	71374281	Torno Horizontal - TOS	4	X
Agosto	SN	Guillotina	5	
	SN° 34903910110	Compresor de aire	8	
	CP-1	Cepillo	7	X
TOTAL			75	38

Elaboración propia

De esa manera, se puede apreciar que, de las 75 horas programadas de mantenimiento de las máquinas, solamente se realizaron 38; por lo cual se presentaron paradas de equipo:

$$\text{Indicador} = N^{\circ} \text{ horas de mantto realizado}$$

$$\text{Indicador} = 38 \text{ horas}$$

Así, las 38 horas que realmente fueron ejecutadas, representa un nivel de cumplimiento del 51% del total de las horas de mantenimiento programado para los equipos.

3.2.5.3. Diagnóstico de la dimensión Funcionamiento

Indicador: MTBF (tiempo medio entre fallas)

Se conoce al tiempo promedio entre fallas, como al indicador que evalúa la confiabilidad o fiabilidad del equipo, tomando en cuenta el número de horas de operación y el número de paradas correctivas.

Por consiguiente, a continuación, se muestra una tabla resumen de los datos obtenidos en el Anexo N° 01.

Ecuación formulada para MTBF

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

Máquina Mandriladora

- N° horas de operación: 457
- N° paradas correctivas: 87

$$\text{Tiempo medio entre fallas} = \frac{457}{87} = 5.25$$

El tiempo medio para la falla de la máquina mandriladora es de 5.25 horas

Máquina Fresadora Universal - Grande

- N° horas de operación: 483
- N° paradas correctivas: 115

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{483}{115} = 4.20$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Fresadora Universal - Grande es de 4.20 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- N° horas de operación: 471
- N° paradas correctivas: 143

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{471}{143} = 3.29$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Fresadora Universal – Mediana es de 3.29 horas.

Máquina Fresado Vertical

- N° horas de operación: 473
- N° paradas correctivas: 102

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{473}{102} = 4.64$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Fresado Vertical es de 4.64 horas

Máquina Taladro Radial

- N° horas de operación: 472
- N° paradas correctivas: 100

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{472}{100} = 4.72$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Taladro Radial es de 4.72 horas

Máquina Roladora

- N° horas de operación: 485
- N° paradas correctivas: 84

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{485}{84} = 5.77$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Roladora es de 5.77 horas

Máquina Plegadora

- N° horas de operación: 448
- N° paradas correctivas: 99

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{448}{99} = 4.53$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Roladora es de 4.53 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- N° horas de operación: 493
- N° paradas correctivas: 90

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{493}{90} = 5.48$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Torno Horizontal - VDF es de
5.48 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- N° horas de operación: 458
- N° paradas correctivas: 73

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{458}{73} = 6.27$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Torno Horizontal - TOS es de
6.27 horas

Máquina Guillotina

- N° horas de operación: 507
- N° paradas correctivas: 87

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{507}{87} = 5.83$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Guillotina es de 5.83 horas

Máquina Compresor de aire

- N° horas de operación: 490
- N° paradas correctivas: 100

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{490}{100} = 4.90$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Compresor de aire es de 4.90
horas

Máquina Cepillo

- N° horas de operación: 493
- N° paradas correctivas: 78

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{493}{78} = 6.32$$

El tiempo medio para la falla de la máquina Cepillo es de 6.32 horas

El tiempo promedio de todas las máquinas entre todas las fallas está
formulado de la siguiente manera:

PROM MTBF

$$= \frac{(5.25 + 4.20 + 3.29 + 4.64 + 4.72 + 5.77 + 4.53 + 5.48 + 6.27 + 5.83 + 4.9 + 6.32)}{12}$$

$$PROM MTBF = 5.10$$

El tiempo promedio entre fallas de todos los equipos es de 5.10 horas.

Indicador: MTTF- Tiempo promedio Para la falla

Se conoce al tiempo promedio entre fallas, como al indicador que evalúa: sistemas no reparables o en equipos donde el tiempo de reparación o sustitución no es significativo en relación a la hora de operación., tomando en cuenta el número de horas de operación y el número de fallas.

Por consiguiente, se muestra una tabla resumen de los datos obtenidos en el Anexo N°02

$$MTTF = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de operación}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

Máquina Mandriladora

- N° horas de operación: 457
- N° fallas: 16

$$Tiempo promedio para la falla = \frac{457}{16} = 28.56$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina mandriladora es de 28.56 horas.

Máquina Fresadora Universal - Grande

- N° horas de operación: 483
- N° fallas: 17

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{457}{17} = 28.41$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Fresadora Universal - Grande es de 28.41 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- N° horas de operación: 471
- N° fallas: 21

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{471}{21} = 22.43$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Fresadora Universal – Mediana es de 22.43 horas

Máquina Fresado Vertical

- N° horas de operación: 473
- N° fallas: 17

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{473}{17} = 27.82$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Fresado Vertical es de 27.82 horas

Máquina Taladro Radial

- N° horas de operación: 472
- N° fallas: 16

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{472}{16} = 29.50$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Taladro Radial es de 29.50 horas

Máquina Roladora

- N° horas de operación: 485
- N° fallas: 11

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{485}{11} = 44.09$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Roladora es de 44.09 horas

Máquina Plegadora

- N° horas de operación: 448
- N° fallas: 16

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{448}{16} = 28.00$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Roladora es de 28.00 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- N° horas de operación: 493
- N° fallas: 22

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{493}{22} = 22.41$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Torno Horizontal - VDF es de 22.41 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- N° horas de operación: 458
- N° fallas: 13

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{458}{13} = 35.23$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Torno Horizontal - TOS es de 35.23 horas

Máquina Guillotina

- N° horas de operación: 507
- N° fallas: 16

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{507}{16} = 31.69$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Guillotina es de 31.69 horas

Máquina Compresor de aire

- N° horas de operación: 501
- N° fallas: 28

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{501}{28} = 17.89$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Compresor de aire es de 17.89 horas

Máquina Cepillo

- N° horas de operación: 500
- N° fallas: 14

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{500}{14} = 35.71$$

El tiempo promedio para la falla de la máquina Cepillo es de 35.71 horas

El tiempo promedio de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM MTF

$$= \frac{(28.56 + 28.41 + 22.43 + 27.82 + 29.50 + 44.09 + 28 + 22.41 + 35.23 + 31.69 + 17.89 + 35.71)}{12}$$

$$\textit{PROM MTF} = 29.31$$

El tiempo promedio entre fallas de todos los equipos es de 29.31 horas.

3.2.6. Diagnóstico de la variable Disponibilidad

3.2.6.1. Diagnóstico de la dimensión Operatividad

Indicador: MTTR- Tiempo promedio de reparación

Mediante el indicador, evaluaremos la probabilidad de un equipo que ha quedado fallado pueda ser reparado en el menor tiempo posible, además de definir la mantenibilidad del equipo.

Por ello, mostramos una tabla resumen de los datos que se obtuvieron en el Anexo N°03.

Máquina Mandriladora

- Tiempo reparaciones: 87
- N° reparaciones correctivas: 21

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{87}{21} = 4.14$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina mandriladora es de 4.14 horas.

Máquina Fresadora Universal - Grande

- Tiempo reparaciones: 115
- N° reparaciones correctivas: 27

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{115}{27} = 4.26$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Fresadora Universal - Grande es de 4.26 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- Tiempo reparaciones: 143
- N° reparaciones correctivas: 38

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{143}{38} = 3.76$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Fresadora Universal –
Mediana es de 3.76 horas

Máquina Fresado Vertical

- Tiempo reparaciones: 102
- N° reparaciones correctivas: 26

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{102}{26} = 3.92$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Fresado Vertical es de 3.92
horas

Máquina Taladro Radial

- Tiempo reparaciones: 100
- N° reparaciones correctivas: 26

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{100}{26} = 3.85$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Taladro Radial es de 3.85
horas

Máquina Roladora

- Tiempo reparaciones: 84
- N° reparaciones correctivas: 20

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{84}{20} = 4.20$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Roladora es de 4.20 horas

Máquina Plegadora

- Tiempo reparaciones: 99

- N° reparaciones correctivas: 23

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{99}{23} = 4.30$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Roladora es de 4.30 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- Tiempo reparaciones: 90
- N° reparaciones correctivas: 22

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{90}{22} = 4.09$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Torno Horizontal - VDF es de 4.09 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- Tiempo reparaciones: 73
- N° reparaciones correctivas: 18

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{73}{18} = 4.06$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Torno Horizontal - TOS es de 4.06 horas

Máquina Guillotina

- Tiempo reparaciones: 87
- N° reparaciones correctivas: 23

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{87}{23} = 3.78$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Guillotina es de 3.78 horas

Máquina Compresor de aire

- Tiempo reparaciones: 94

- N° reparaciones correctivas: 25

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{94}{25} = 3.76$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Compresor de aire es de 3.76 horas

Máquina Cepillo

- Tiempo reparaciones: 75
- N° reparaciones correctivas: 19

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{75}{19} = 3.95$$

El tiempo promedio de reparación de la máquina Cepillo es de 3.95 horas

El tiempo promedio de reparación de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM MTTR

$$= \frac{(4.14 + 4.26 + 3.76 + 3.92 + 3.85 + 4.20 + 4.30 + 4.09 + 4.06 + 3.78 + 3.76 + 3.95)}{12}$$

$$\textit{PROM MTTR} = 4.01$$

El tiempo promedio de reparación de todos los equipos es de 4.01 horas.

Indicador: Disponibilidad (A)

Se obtendrá la probabilidad de que el sistema se encuentre trabajando en forma satisfactoria por ello: la fórmula para realizar el cálculo está dada de la siguiente manera:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Como ya los datos fueron calculados anteriormente, únicamente serán reemplazados en las distintas máquinas:

Máquina Mandriladora

- MTBF: 5.25
- MTTR: 4.14

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{5.25}{4.14} = 56\%$$

La probabilidad que la máquina mandriladora se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 56%

Máquina Fresadora Universal - Grande

- MTBF: 4.20
- MTTR: 4.26

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{4.20}{4.26} = 50\%$$

La probabilidad que la máquina Fresadora Universal - Grande se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 50%

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- MTBF: 3.29
- MTTR: 3.76

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{3.29}{3.76} = 47\%$$

La probabilidad que la máquina Fresadora Universal - Mediana se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 47%

Máquina Fresado Vertical

- MTBF: 4.64

- MTTR: 3.92

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{4.64}{3.92} = 54\%$$

La probabilidad que la máquina Fresado Vertical se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 54%

Máquina Taladro Radial

- MTBF: 4.72
- MTTR: 3.85

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{4.72}{3.85} = 55\%$$

La probabilidad que la máquina Taladro Radial se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 55%

Máquina Roladora

- MTBF: 5.77
- MTTR: 4.20

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{5.77}{4.20} = 58\%$$

La probabilidad que la máquina Roladora se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 58%

Máquina Plegadora

- MTBF: 4.53
- MTTR: 4.30

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{4.53}{4.30} = 51\%$$

La probabilidad que la máquina Plegadora se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 51%

Máquina Torno Horizontal - VDF

- MTBF: 5.48
- MTTR: 4.09

$$Disponibilidad = \frac{5.48}{4.09} = 57\%$$

La probabilidad que la máquina Torno Horizontal - VDF se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 57%

Máquina Torno Horizontal - TOS

- MTBF: 6.27
- MTTR: 4.06

$$Disponibilidad = \frac{6.27}{4.06} = 61\%$$

La probabilidad que la máquina Torno Horizontal - TOS se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 61%

Máquina Guillotina

- MTBF: 5.83
- MTTR: 3.78

$$Disponibilidad = \frac{5.83}{3.78} = 61\%$$

La probabilidad que la máquina guillotina se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 61%

Máquina Compresor de aire

- MTBF: 4.90
- MTTR: 3.76

$$Disponibilidad = \frac{4.90}{3.76} = 57\%$$

La probabilidad que la máquina compresor de aire se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 57%

Máquina Cepillo

- MTBF: 6.32
- MTTR: 3.95

$$\text{Disponibilidad} = \frac{6.32}{3.95} = 62\%$$

La probabilidad que la máquina cepillo se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 62%

En resumen:

PROM A

$$= \frac{(56\% + 50\% + 47\% + 54\% + 55\% + 58\% + 51\% + 57\% + 61\% + 61\% + 57\% + 62\%)}{12}$$

$$\text{PROM A} = 56\%$$

La probabilidad que todas las máquinas se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 56%

Matriz de operacionalización de variables con resultado de diagnóstico

Tabla 23

Matriz de operacionalización de variables con resultado de diagnóstico

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RESULTADOS
Variable independiente: Sistema de Mantenimiento Preventivo	Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos (Palencia, 2012).	Planificar	N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de equipos	75
		Verificar	N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de equipos	38
Variable dependiente: Disponibilidad de máquinas	Probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables (Mora, 2009)	Funcionamiento	MTBF (tiempo medio entre fallas)	5.10
			MTTF- Tiempo promedio Para la falla	29.31
		Confiabilidad	MTTR (Tiempo medio de reparación)	4.01
			Disponibilidad (A)	56%

Elaboración propia

3.3. Diseño de un sistema de mantenimiento

Diseño de mejora de la variable: Mantenimiento preventivo

3.3.1. Diseño de mejora de la dimensión: Planificar

Mantenimiento Programado

Respecto a la programación de actividades de mantenimiento preventivo para las máquinas, se realizarán en función de las acciones de corrección y estas serán ejecutadas por un ingeniero mecánico, la cual, también se propone su contratación.

En primer lugar, se realizó la programación de actividades para el torno VDF debido que el equipo se encuentra inoperativo, mandriladora, plegadora, fresadora vertical, roladora, fresadora universal grande, taladro radial, torno horizontal TOS, fresadora universal mediana, guillotina, cepillo de codo mecánico y finalmente el compresor de aire.

Después de haber realizado la programación para las máquinas, estos serán ejecutados por un ingeniero mecánico este tendrá como funciones:

- Coordinar, supervisar y dirige las tareas que realiza el personal de mantenimiento a su cargo.
- Coordinar con el área de operaciones los mantenimientos preventivos.
- Atiende directamente las órdenes de reparación y coordina la ejecución de las mismas.
- Estima costos, tiempo y materiales necesarios para la realización de los trabajos de mantenimiento.
- Revisa los trabajos realizados, a fin de dar cumplimiento con lo solicitado.
- Participa en la realización de trabajos complejos de mantenimiento.

- Elabora pedidos de material, recomendando la adquisición de herramientas y equipos de alta calidad.
- Adiestra el personal a su cargo sobre el correcto uso de las herramientas, materiales y equipos de mantenimiento.
- Leva el control de los materiales y herramientas que le son suministrados a los obreros supervisados.
- Elabora reportes periódicos de las tareas asignadas.
- Mantiene limpio y en orden los equipos y sitio de trabajo.

La empresa debe garantizar y realizar la entrega a su personal el siguiente equipo: Botas de seguridad, guantes, overol, cinturón ergonómico; como también entregar las herramientas de trabajo que necesita cada uno de los trabajadores de mantenimiento para realizar su labor, con el fin de evitar posibles accidentes de trabajo y la pérdida de tiempo operativo de los equipos.

A continuación, se muestra, la programación de actividades de mantenimiento para los equipos:

Programación de actividades para la máquina – Torno VDF.

Tabla 24

Programación de actividades para la máquina – Torno VDF

Responsable:		INSPECCIÓN				MESES																																													
		DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	JUL SEMANA				AGO SEMANA				SET SEMANA				OCT SEMANA				NOV SEMANA				DIC SEMANA				ENE SEMANA				FEB SEMANA				MAR SEMANA				ABR SEMANA				MAY SEMANA				JUN SEMANA	
Actividades						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Inspección de la máquina antes del funcionamiento		X																																																	
Limpieza general de la maquina		X																																																	
Inspección y verificación si hay contaminación de aceite hidráulico, lubricante y refrigerante. Cambiar si fuese necesario.				X					X								X								X												X														
Revisión de la tensión y el estado de las fajas			X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X									
Limpieza del filtro de tanque de refrigeración					X								X																																						
Revisión del estado de los rodamientos del motor				X									X								X								X																						
Revisión a nivel de aislamiento del motor					X																								X																						
Inspección del estado de aceite de la caja de velocidades y cambiarla si fuese necesaria hasta 3/4 del nivel			X			X				X				X				X				X				X				X				X				X													
Revisar funcionamiento y medición de los contactores			X					X				X				X				X				X				X				X				X				X											
Revisar funcionamiento y estado de los pulsadores			X					X				X				X				X				X				X				X				X				X											
Limpieza de equipo después de ser operado		X																																																	

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Mandrinadora

Tabla 25

Programación de actividades para la máquina – Mandrinadora

Responsable:	INSPECCIÓN				PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - MANDRINADORA																																																							
	DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	MESES																																																							
					JUL SEMANA				AGO SEMANA				SET SEMANA				OCT SEMANA				NOV SEMANA				DIC SEMANA				ENE SEMANA				FEB SEMANA				MAR SEMANA				ABR SEMANA				MAY SEMANA				JUN SEMANA											
Actividades					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inspección de la máquina antes del funcionamiento	X																																																											
Limpieza general del equipo	X																																																											
Lubricación de ranuras del equipo	X																																																											
Inspección y ajuste de la porta herramientas		X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X											
Engrase a la zona de giro del cabezal			X																																																									
Revisión general del sistema eléctrico				X																																																								
Inspeccionar los relees, contactores	X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X											
Inspección de las fajas			X																																																									
Engrase del motor del equipo				X																																																								
Revisión del aceite y reemplazarlo si es necesario		X					X									X																X																												
Limpieza del equipo después de funcionamiento	X																																																											

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Fresadora vertical

Tabla 27

Programación de actividades para la máquina – Fresadora vertical

		PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - FRESADORA VERTICAL																																										
Responsable:	INSPECCIÓN				MESES																																							
	DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	JUL		AGO		SET		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN																	
					SEMANA																																							
Actividades					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inspección de la máquina antes del funcionamiento	x																																											
Limpieza y lubricación general del equipo	x																																											
Inspección del estado de rodamiento del motor			x			x						x								x																								
Engrase en las piezas de rodamiento		x				x					x				x				x																									
Calibración del cabezal antes de su actividad	x																			x																								
Revisión del sistema en general			x				x					x																																
Inspección de aceite y cambio si lo necesitara				x											x																													
Inspección después de las horas trabajadas	x																																											

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Roladora

Tabla 28

Programación de actividades para la máquina – Fresadora vertical

Responsable:		INSPECCIÓN				MESES																																											
		DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	JUL		AGO				SET				OCT				NOV				DIC				ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN	
SEMANA						SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA											
SEMANA						SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA											
ACTIVIDADES DE PM						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Inspección de la máquina antes del funcionamiento		X																																															
Limpieza general del equipo		X					X			X																																							
Lubricación y engrase del equipo		X					X			X																																							
Revisión del estado de los dados		X					X			X																																							
Revisión de ajuste de los elementos (engranajes)		X					X			X																																							
Inspección y revisión del sistema mecánico		X					X			X																																							
Limpiar el área de trabajo del equipo		X																																															

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Fresadora universal grande

Tabla 29

Programación de actividades para la máquina –Fresadora universal grande

		PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - FRESADORA UNIVERSAL GRANDE																																																	
Responsable:	INSPECCIÓN				MESES																																														
	DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	JUL SEMANA				AGO SEMANA				SET SEMANA				OCT SEMANA				NOV SEMANA				DIC SEMANA				ENE SEMANA				FEB SEMANA				MAR SEMANA				ABR SEMANA				MAY SEMANA				JUN SEMANA		
Actividades					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
Inspección de la máquina antes del funcionamiento	X																																																		
Limpieza general del equipo	X																																																		
Lubricación de ranuras del equipo	X																																																		
Inspección y ajuste de la porta herramientas		X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X										
Engrase a la zona de giro del cabezal			X																																																
Revisión general del sistema eléctrico				X																																															
Inspeccionar los relees, contactores		X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X										
Inspección de las fajas			X																																																
Engrase del motor del equipo				X																																															
Revisión del aceite y replazarlo si es necesario			X				X									X												X												X											
Limpieza del equipo después de funcionamiento	X																																																		

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina– Fresadora universal mediana

Tabla 32

Programación de actividades para la máquina – Fresadora universal mediana

Responsable:		INSPECCIÓN				PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - FRESADORA UNIVERSAL MEDIANA																																													
		DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	MESES																																													
						JUL SEMANA				AGO SEMANA				SET SEMANA				OCT SEMANA				NOV SEMANA				DIC SEMANA				ENE SEMANA				FEB SEMANA				MAR SEMANA				ABR SEMANA				MAY SEMANA				JUN SEMANA	
ACTIVIDADES						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Inspección de la máquina antes del funcionamiento		X																																																	
Limpieza general del equipo		X																																																	
Lubricación de ranuras del equipo		X																																																	
Inspección y ajuste de la porta herramientas			X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X									
Engrase a la zona de giro del cabezal				X																																															
Revisión general del sistema eléctrico					X																																														
Inspeccionar los relees, contactores		X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				X									
Inspección de las fajas				X																																															
Engrase del motor del equipo					X																																														
Revisión del aceite y remplazarlo si es necesario			X																																																
Limpieza del equipo después de funcionamiento		X																																																	

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Guillotina

Fresadora universal mediana

Tabla 33

Programación de actividades para la máquina – Guillotina

Responsable:	PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - GUILLOTINA																																																			
	INSPECCIÓN				MESES																																															
	DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	JUL				AGO				SET				OCT				NOV				DIC				ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN			
					SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA											
ACTIVIDADES				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
	X																																																			
Inspección de la máquina antes del funcionamiento	X																																																			
Limpieza general del equipo antes de funcionamiento	X																																																			
Lubricación del equipo	X					X				X				X				X				X				X				X				X				X				X										
Engrase de los rodajes del equipo	X					X				X				X				X				X				X				X				X				X				X										
Inspección del nivel el aceite del equipo		X			X						X						X						X						X						X						X											
Revisión del estado de rodamiento de los rodajes		X					X								X						X						X						X						X													
Revisión de la herramienta de corte				X																																																
Limpieza de área de los equipos después de funcionar	X																																																			

Elaboración propia

Programación de actividades para la máquina – Cepillo de codo mecánico

Tabla 34

Programación de actividades para la máquina – Cepillo de codo mecánico

Responsable:		INSPECCIÓN				PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA EL EQUIPO - CEPILLO DE CODO MECÁNICO																																									
		DIARIA	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL	MESES																																									
JUL SEMANA						AGO SEMANA				SET SEMANA				OCT SEMANA				NOV SEMANA				DIC SEMANA				ENE SEMANA				FEB SEMANA				MAR SEMANA				ABR SEMANA				MAY SEMANA				JUN SEMANA	
Actividades					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Inspección de la máquina antes del funcionamiento	X																																														
Limpieza general del equipo	X																																														
Lubricación general del equipo	X																																														
Verificación de los estados de accesorios de corte	X																																														
Ajuste de la mesa antes trabajar		X			X				X				X				X				X				X				X				X				X				X						
Verificación de funcionamiento de los avances	X																																														
Revisión general del equipo				X																																											
Revisión del nivel de aceite de bombas			X																																												
Lubricación de la caja de velocidades	X					X				X				X				X				X				X				X				X				X				X					
Revisar funcionamiento y medición de los contactores	X						X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				
Revisar funcionamiento y estado de los pulsadores	X						X				X				X				X				X				X				X				X				X				X				
Limpieza del motor	X							X																																							

Elaboración propia

el motor del compresor			
Cambiar del filtro de aire	X		X
Revisión del estado del aceite y cambio si es necesario	X	X	
Revisión del filtro y cambio si es necesario	X	X	

Elaboración propia

Figura 47
Cronograma de actividades del programa

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROGRAMA																	
ITEM	ACTIVIDAD	FRECUENCIAS	RECURSOS	RESPONSABLE	SEGUIMIENTO	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
MANTENIMIENTO LOCATIVO (incluye equipos de oficina y equipos de emergencias)																	
1	Mantenimiento de luminarias (Cambio de bombillas fluorescentes y revisión de balastro incluyendo limpieza)	TRIMESTRAL	Presupuesto Mantenimiento/Material es/Mano de obra	Administrador/Coordinador HSEQ	Programado				1			1					1
					Ejecutado			1					1				
2	Mantenimiento de redes electricas y de comunicacion (Revisión de aislamientos o cortos, Estado del cableado, señalización y cubrimiento)	CUATRIMESTRAL	Presupuesto Mantenimiento/Material es/Mano de obra	Administrador	Programado					1				1			
					Ejecutado				1								
3	Mantenimiento de Señalización (Revisión de estado y cambio de señales deterioradas)	CUATRIMESTRAL	Presupuesto HSEQ/Señalización	Coordinador HSEQ/Administrador	Programado					1				1			
					Ejecutado				1								
4	Mantenimiento de equipos de oficina (Revisión del estado físico y condiciones del sistema)	CUATRIMESTRAL	Presupuesto Mantenimiento/Material es/Mano de obra	Administrador	Programado					1							
					Ejecutado				1								
5	Mantenimiento de equipos de emergencia (Estado en general - revision de inventarios de los botiquines y demas equipos de emergencia)	TRIMESTRAL	Presupuesto Mantenimiento/Material es/Mano de obra	Coordinador HSE/Administrador	Programado		1					1					1
					Ejecutado		1					1					
6	Limpieza y aseo de locaciones	DIARIO	Presupuesto Mantenimiento/Material es/Mano de obra	Coordinador HSE/Administrador	Programado												
					Ejecutado				1	1	1	1	1	1	1	1	1

Elaboración propia

Según el autor Velarde (2013) considera que independientemente de si se posee o se alquila un equipo; adoptar una postura proactiva en el mantenimiento garantiza que se obtenga el máximo rendimiento de la inversión (ROI) y se logre minimizar el tiempo de inactividad obteniendo una mayor disponibilidad de las máquinas.

Es así que al desarrollar un cronograma sólido de mantenimiento preventivo (PM) basado en el uso de activos, brindará visibilidad de cualquier problema potencial relacionado con el equipo, lo que permite tomar medidas de inmediato para evitar futuras averías.

Por ello, tras aplicar la programación de actividades de mantenimiento para cada equipo, se tiene lo siguiente:

Estimación de mejora del indicador N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de máquinas.

De acuerdo con la programación de mantenimiento de máquinas, se tiene el siguiente número de horas programadas será la siguiente:

Tabla 36

Mantenimiento programado

Mes	SERIE	Equipo	MANTTO PROGR (hrs)
Abril	080-05	Mandriladora	14
	26878	Fresadora Universal - Grande	9
Mayo	26464	Fresadora Universal - Mediana	10
	M692	Fresado Vertical	11

	1607	Taladro Radial	12
Junio	SN	Roladora	9
	SN°VM 100/4000	Plegadora	15
Julio	340372	Torno Horizontal - VDF	6
	71374281	Torno Horizontal - TOS	8
Agosto	SN	Guillotina	10
	SN° 34903910110	Compresor de aire	15
	CP-1	Cepillo	13
TOTAL			132

Elaboración propia

Por ello, surge el siguiente indicador:

$$\text{Indicador} = N^{\circ} \text{ horas de mantto programado}$$

$$\text{Indicador} = 132 \text{ horas}$$

Esperamos obtener una programación de 132 horas de mantenimiento preventivo para que las máquinas no sufran paradas intempestivas.

3.3.1.1. Diseño de mejora de la dimensión Verificar

Estimación de mejora del indicador N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de máquinas.

Al ejecutar cada uno de los programas de actividades de las máquinas, se prevé desarrollar cada uno de ellos, teniendo una efectividad del 100% de cumplimiento.

Tabla 37

Mantenimiento realizada

Mes	SERIE	Equipo	MANTT O PROGR (hrs)	MANTT REALIZAD O
Abril	080-05	Mandriladora	14	X
	26878	Fresadora Universal - Grande	9	X
Mayo	26464	Fresadora Universal - Mediana	10	X
	M692	Fresado Vertical	11	X
	1607	Taladro Radial	12	X
Junio	SN	Roladora	9	X
	SN°VM 100/4000	Plegadora	15	X
Julio	340372	Torno Horizontal - VDF	6	X
	71374281	Torno Horizontal - TOS	8	X
Agosto	SN	Guillotina	10	X
	SN° 34903910110	Compresor de aire	15	X
	CP-1	Cepillo	13	X
TOTAL			132	132

Elaboración propia

De esa manera, se espera que, de las 132 horas programadas de mantenimiento de las máquinas, se ejecuten el 100% de ellas.

3.3.1.2. Diseño de mejora de la dimensión Funcionamiento

El análisis de modo y efecto de falla (AMFE) es una técnica de gestión de riesgos que se aplica con frecuencia para mejorar el rendimiento y la seguridad del sistema. También se considera como una técnica que proporciona una base para una evaluación de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos (Gonzales, 2005)

Matriz AMEF

Se realizará el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) de cada uno de los equipos, debido a que es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

A continuación, se muestra las matrices de los equipos:

Matriz AMEF – Torno Horizontal VDF

Tabla 38

Matriz AMEF – Torno Horizontal VDF

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	1
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Torno Horizontal VDF		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	MF. Potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	Acciones de mejora		Responsable	P2	G2	D2	IPR 2	
Cabezal fijo	Contiene el husillo del cabezal el cual gira mediante engrandes o por una combinación de estos	El equipo no está operativo	Los engranajes están deteriorados o desgastados.	5	Torno VDF inoperativo	4	Correctivo	4	80	Cambiar los engranajes y realizar un seguimiento periódico	Supervisor de mantenimiento	4	3	1	12	

Elaboración propia

Se determina que en la matriz AMFE del Torno Horizontal VDF, tiene como modo de falla potencial que el equipo no está operativo donde el índice de probabilidad de riesgo (IPR) tiene una puntuación de 80, debido a que se ha considerado la probabilidad (causa posible) 5 porque la probabilidad de ocurrencia es muy alta debido a que el equipo se encuentra inoperativo y sin reparación, gravedad (efecto potencial) 4 porque la gravedad de efecto es muy crítico y en control 4 porque la detección es escasa.

Al realizar la propuesta del programa de mantenimiento preventivo se corregirá la falla y la contratación de un ingeniero mecánico para esta área, así se obtendrá un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 12.

Matriz AMEF – Mandrinadora

Tabla 39

Matriz AMEF – Mandrinadora

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	2
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Mandrinadora		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD	CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D		Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2	IPR 2
Herramientas de corte	Elemento utilizado para extraer o arranque de material (viruta) de una pieza	Herramientas desgastadas debido al mal manejo del operario y al exceso de funcionamiento, sin filo de corte.	Velocidad de corte demasiado alta.	3	Pérdida de las tolerancias de la pieza	3	Correctivo	5	45	Seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste.	Supervisor de mantenimiento	3	3	1	9
			Material muy pastoso (duro).	3	Rotura del filo de corte	2	Correctivo	5	30	Utilizar una herramienta de corte de acuerdo al material.	Supervisor de mantenimiento	3	3	1	9
			Las virutas son desviadas a los filos de corte.	4	La parte del filo de corte que no está en contacto con la pieza está martillada por las virutas.	4	Correctivo	5	80	Seleccionar una plaquita con un filo más robusto	Supervisor de mantenimiento	3	3	1	9
Líquido refrigerante	Líquido que debe poseer una baja viscosidad, la capacidad de bañar bien el metal para obtener el máximo contacto térmico.	Deficiente uso del refrigerante	Lubricación inadecuada	4	Pérdida del filo de las herramientas de corte	4	Correctivo	5	80	Uso eficiente de la mandrinadora	Supervisor de mantenimiento	3	3	1	9

Elaboración propia

En cuanto a la matriz AMFE de la Mandrinadora se tiene dos modos de falla potencial una de ellas es que las herramientas desgastadas debido al mal manejo del operario y al exceso funcionamiento (sin filo de corte) y el deficiente uso del refrigerante (líquido refrigerante). El primero modo de falla potencial tiene tres causas posibles la primera es la velocidad de corte demasiado alta con una puntuación de 3, como efecto potencial tiene pérdida de las tolerancias de la pieza con una puntuación de 3, y como control correctivo una puntuación de 5, haciendo un total de IPR de 45. La segunda causa posible es el material muy pastoso (duro) con una puntuación de 3, en el efecto potencial la rotura del filo de corte con una puntuación de 2, y el control es correctivo con una puntuación de 5, haciendo un total de IPR de 30. En la tercera causa posible se tiene que las virutas son desviadas a los filos e corte con una puntuación de 4, teniendo como efecto potencial que es la parte del filo de corte que no está en contacto con la pieza está martillado por las virutas con una puntuación de 4, y con un control correctivo de puntuación 5, teniendo como IPR 80.

Al realizar la propuesta del programa de mantenimiento preventivo se corregirá las fallas y los nuevos IPR serán de 9, 9 y 9 respectivamente. Para el segundo modo de falla se tiene como causa posible la lubricación inadecuada con una valoración de 4, como efecto potencial se tiene la pérdida del filo de las herramientas de corte con una puntuación de 4, y con un control correctivo de 5, teniendo como IPR de 80, pero al realizar nuestro mantenimiento preventivo nuestro nuevo IPR es de 9.

Matriz AMEF – Plegadora

Tabla 40

Matriz AMEF – Plegadora

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	3
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Plegadora		

Item	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD	CONTROL			CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN				
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	IPR	Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2	IPR 2
	Son actuadores														
Cilindro hidráulico de doble efecto.	mecánicos que son usados para dar una fuerza a través de un recorrido lineal.	La máquina esta inoperativa	No existe lubricación	4	El vástago con el pistón no funcione paralelamente.	4	Correctivo	5	80	Realizar una buena lubricación al cilindro de hidráulico de doble efecto.	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16

Elaboración propia

Según el análisis de la matriz AMFE de la Plegadora tiene como modo de falla potencial que la máquina esta inoperativa porque tiene como causa posible que no existe lubricación con una puntuación de 4, como efecto potencial que el vástago con el pistón no funcione paralelamente con una puntuación de 4, y con un control correctivo de puntuación de 5, teniendo como resultado de IPR 80. Al realizar la propuesta del programa de mantenimiento preventivo se corregirá la falla y la contratación de un ingeniero mecánico para esta área, así se obtendrá un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 16.

Matriz AMEF – Fresadora Vertical

Tabla 41

Matriz AMEF – Fresadora Vertical

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	4
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Fresadora Vertical		

Ítem	Función	ANÁLISIS Modo de falla potencial	PROBABILIDAD Causa posible	GRAVEDAD Efecto potencial	CONTROL Controles	CORRECCIÓN Acciones de mejora	NUEVA EVALUACIÓN								
								P	G	D	IPR	P2	G2	D2	IPR 2
Líquido refrigerante	Líquido que debe poseer una baja viscosidad, la capacidad de bañar bien el metal para obtener el máximo contacto térmico.	Deficiente uso del refrigerante	Lubricación inadecuada	Perdida del filo de la herramienta de corte.	Correctivo	Eficiente refrigeración a las herramientas de corte.	Supervisor de mantenimiento.	4	4	1	16				
Vibraciones de la máquina	Vibración es el movimiento que realiza el equipo (Fresadora vertical) cuando está en funcionamiento.	Excesiva vibración de la máquina.	Falta de calibración a la fresadora vertical	No se realiza el acabado adecuado a las piezas	Correctivo	Fijar adecuadamente la pieza y realizar una eficiente calibración.	Supervisor de mantenimiento.	3	3	1	9				

Elaboración propia

Se tiene la matriz AMFE de la Fresadora Vertical se tiene dos modos de falla potencial una de ellas es el deficiente uso del refrigerante y la otra es la excesiva vibración de la máquina. El primero modo de falla potencial tiene como causa posible lubricación inadecuada con una puntuación de 4, en el efecto potencial se tiene que la pérdida del filo de la herramienta de corte con 4 de puntuación y con un control correctivo de 5, teniendo como resultado de índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 80; después de realizar la propuesta del programa de mantenimiento preventivo se obtendrá un índice de IPR de 16. En el segundo modo de falla potencial se tiene como causa posible la falta de calibración a la fresadora vertical teniendo una puntuación de 3, en el efecto potencial no se realiza el acabado adecuado a las piezas con una puntuación de 3, y en el control correctivo de 5 de puntuación obteniendo un total de 45 de IPR, reduciéndose al realizar la propuesta de un programa de mantenimiento preventivo a 9.

Matriz AMEF – Roladora

Tabla 42

Matriz AMEF – Roladora

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	5
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Roladora		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL		IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M. F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D		Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2	IPR 2
Engranajes	Mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina	Engranajes desgastados	No realizan lubricación constantemente	4	No tiene la fuerza necesaria para el funcionamiento de los dobles	4	Correctivo	5	80	Realizar el cambio de engranajes, capacitar a los trabajadores y realizar inspecciones constantes	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16

Elaboración propia

El análisis de la matriz AMFE de la Roladora, tiene como modo de falla potencial que los engranajes del equipo están desgastados, esto se debe a que se tiene como causa posible a que no se realiza lubricación constante teniendo una puntuación de 4, como efecto potencial no tiene la fuerza necesaria para el funcionamiento del doble con una valoración de 4, y finalmente con un control correctivo con una valoración de 5; teniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 5. Por lo que, al realizar la propuesta de un programa de mantenimiento preventivo se tomará como acciones realizar el cambio de engranajes, capacitar a los trabajadores y realizar inspecciones constantes al equipo. Al ejecutar la propuesta se tendrá como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 16.

Matriz AMEF – Fresadora Universal Grande

Tabla 43

Matriz AMEF – Fresadora Universal Grande

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	6
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Fresadora Universal Grande.		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	Acciones de mejora		Responsable	P2	G2	D2	IPR 2	
Fajas de poleas de la fresadora universal	Brinda la fuerza necesaria para el funcionamiento del motor.	Baja potencia del funcionamiento del motor	Fajas desgastadas	4	Máquina inoperativa	3	Correctivo	4	48	Cambio de fajas	Supervisor de Mantenimiento	4	3	1	12	
Contactores y relés	Sistema de funcionamiento del equipo	Contactores y relés se queman	Exceso de funcionamiento o recalentamiento.	4	Parada de equipo.	4	Correctivo	3	48	Cambio de contactores y relés por una de mayor capacidad	Supervisor de Mantenimiento	4	4	1	16	

Elaboración propia

Se tiene la matriz AMFE de la Fresadora Universal Grande cuenta con dos modos de falla potencial la primera es la baja potencia del funcionamiento del motor y la segunda es que los contactores y relés se queman. En cuanto, al primer modo de falla tiene como causa posible que las fajas se encuentran desgastadas con una valoración de 4, efecto potencial máquina inoperativa con valoración de 3, y con un control correctivo de 4, obteniendo un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 48. En el segundo modo de falla potencial se tiene que la causa posible es el exceso de funcionamiento o recalentamiento con una valoración de 4, efecto potencial la parada de equipo teniendo una valoración de 4, y con un control correctivo. Por lo tanto, al ejecutar el programa de mantenimiento propuesto las acciones a corregir serán el cambio de contactores y relés por una de mayor capacidad, y nuestro nuevo índice de probabilidad de riesgo (IPR) será 12 para el primer modo de falla potencial y 16 para el segundo modo de falla potencial.

Matriz AMEF – Taladro radial

Tabla 44

Matriz AMEF – Taladro radial

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	7
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Taladro radial		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL		IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.P potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D		Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2	IPR 2
Cabezal	Contiene todos los engranajes para poder realizar el avance y desarrollar la velocidad.	No funciona el vástago del equipo	No llega la presión necesaria	4	No se puede desplazar del cabezal	3	Correctivo	5	60	Reparar el cabezal e inspecciones constantes	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16

Elaboración propia

En el análisis del Taladro Radial según la matriz AMFE se obtuvo un modo de falla potencial, no funciona el vástago del equipo, teniendo como causa posible que no llega la presión necesaria con una puntuación de 4, como efecto potencial que no se puede desplazar del cabezal con una valoración de 3, y con un control correctivo teniendo una valoración de 5; obteniendo una puntuación total de índice de probabilidad de riesgo (IPR) 60. De esta forma, al ejecutar el programa de mantenimiento preventivo se tomará como correcciones reparar el cabezal y realizar inspecciones contantes, y al realizar el nuevo análisis de la matriz AMFE se obtendrá como valoración en probabilidad 4, gravedad 4 y como control 1 obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 16.

Matriz AMEF –Torno Horizontal TOS

Tabla 45

Matriz AMEF – Torno Horizontal TOS

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	8
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Torno Horizontal TOS		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL		IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D		Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2	IPR 2
Líquido refrigerante	Capacidad de bañar el metal para obtener el contacto térmico.	La bomba del refrigerante funciona.	No se realiza la lubricación adecuada.	4	La máquina se recalienta	4	Correctivo	5	80	Realizar eficientemente la lubricación del equipo.	Supervisor de mantenimiento.	4	4	1	16
Contactores y relés	Sistema de funcionamiento del equipo.	Los contactores se queman.	Mala distribución de los contactores y relés.	5	Máquina inoperativa.	4	Correctivo	3	60	Buena distribución y relés de voltaje adecuado	Supervisor de mantenimiento.	4	4	1	16

Elaboración propia

Se muestra la matriz AMFE del Torno Horizontal TOS, este cuenta con dos modos de falla potencial la en la primera se tiene que la bomba del refrigerante no funciona y en la segunda los contactores se queman. En cuanto, al primer modo de falla tiene como causa posible que no se realiza la lubricación adecuada con una valoración de 4, efecto potencial la máquina o equipo se recalienta con valoración de 4, y con un control correctivo de 5, obteniendo un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 80. En el segundo modo de falla potencial se tiene que la causa posible la mala distribución de los contactores y relés con una valoración de 5, efecto potencial que la máquina o equipo esta inoperativo teniendo una valoración de 4, y con un control correctivo con valoración de 3; obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 60. Por lo tanto, al ejecutar el programa de mantenimiento propuesto las acciones a corregir serán realizar eficientemente la lubricación del equipo, buena distribución y relés de voltaje adecuado a la capacidad de funcionamiento del torno horizontal TOS, y nuestro nuevo índice de probabilidad de riesgo (IPR) será 16 para el primer modo de falla potencial y 16 para el segundo modo de falla potencial.

Matriz AMEF – Fresadora Universal Mediana

Tabla 46

Matriz AMEF – Fresadora Universal Mediana

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	9
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Fresadora Universal Mediana		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	Acciones de mejora		Responsable	P2	G2	D2	IPR 2	
Husillo	Porta herramientas de trabajo	Herramientas flojas	Las herramientas no son ajustadas adecuadamente al husillo.	4	Desgaste del husillo	3	Correctivo	5	60	Ajuste de herramientas adecuadamente.	Supervisor de mantenimiento.	4	3	1	12	
Fajas de las poleas	Brinda la fuerza necesaria para el funcionamiento del motor.	Baja potencia de funcionamiento del motor.	Fajas desgastadas	4	Inoperatividad del equipo.	3	Correctivo	4	48	Cambio de fajas.	Supervisor de mantenimiento.	4	3	1	12	

Elaboración propia

Se muestra la matriz AMFE de la Fresadora Universal Mediana, esta cuenta con dos modos de falla potencial la en la primera se tiene las herramientas flojas y en la segunda la baja potencia de funcionamiento. En cuanto, al primer modo de falla tiene como causa posible que las herramientas no son ajustadas adecuadamente al husillo con una valoración de 4, efecto potencial el desgaste del husillo con valoración de 3, y con un control correctivo de 5, obteniendo un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 60. En el segundo modo de falla potencial se tiene que la causa posible que las fajas están desgastadas con una valoración de 4, efecto potencial la inoperatividad del equipo teniendo una valoración de 3, y con un control correctivo con valoración de 4; obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 48. Por lo tanto, al ejecutar el programa de mantenimiento propuesto las acciones a corregir serán ajustar las herramientas de trabajo adecuadamente y el cambio de fajas, y nuestro nuevo índice de probabilidad de riesgo (IPR) será 12 para el primer modo de falla potencial y para el segundo modo de falla potencial.

Matriz AMEF – Guillotina

Tabla 47

Matriz AMEF – Guillotina

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	10
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Guillotina		

Item	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			CORRECCIÓN	NUEVA EVALUACIÓN				
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	IPR		Acciones de mejora	Responsable	P2	G2	D2
Rodajes	Permite la rotación relativa del equipo.	Rodajes sin lubricación	No se realiza la lubricación por falta de interés del trabajador	4	Desgaste dientes de los rodajes	4	Correctivo	5	80	Lubricar a los rodajes	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16
Cuchilla de corte	Realiza el corte mediante un corte sesgado (tijera)	Filo desgastado	Uso inadecuado del corte (Trabajadores sin experiencia)	4	No corta el material (cuchilla sin filo)	3	Correctivo	5	60	Capacitar a los trabajadores	Supervisor de mantenimiento	4	3	1	12

Elaboración propia

Según el análisis de la matriz AMFE para la guillotina, esta cuenta con dos modos de falla potencial la en la primera se tiene que los rodajes están sin lubricación y en la segunda el filo de la cuchilla está desgastado. En cuanto, al primer modo de falla tiene como causa posible que no se realiza la lubricación por falta de interés del trabajador con una valoración de 4, efecto potencial el desgaste de dientes de los rodajes con valoración de 4, y con un control correctivo de 5, obteniendo un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 80. En el segundo modo de falla potencial se tiene que la causa posible es el uso inadecuado del corte (trabajador sin experiencia) con una valoración de 4, efecto potencial es que la cuchilla no corta el material (cuchilla sin filo) teniendo una valoración de 3, y con un control correctivo con valoración de 5; obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 60. Por lo tanto, al ejecutar el programa de mantenimiento propuesto las acciones a corregir serán lubricar a los rodajes y capacita a los trabajadores, y nuestro nuevo índice de probabilidad de riesgo (IPR) será 16 para el primer modo de falla potencial y 12 para el segundo modo de falla potencial.

Matriz AMEF –Cepillo de codo mecánico
Tabla 48
Matriz AMEF – Cepillo de codo mecánico

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	11
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Cepillo de codo mecánico		

Item	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	Acciones de mejora		Responsable	P2	G2	D2	IPR 2	
Contactores y relés	Sistema de funcionamiento del equipo.	Contactores y relés se queman	Exceso de funcionamiento y mala distribución	4	Para de equipo (el equipo no funciona)	4	Correctivo	5	80	Cambio de contactores y relés por una mayor capacidad y redistribuirlos.	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16	
Lubricación	Líquido que tiene la capacidad de bañar al metal para obtener el contacto térmico.	El equipo no está lubricado.	Lubricación inadecuada o no se realiza	4	Fisuras en las herramientas de corte y piezas	3	Correctivo	4	48	Capacitación a los trabajadores del área de mantenimiento.	Supervisor de mantenimiento	4	3	1	12	

Elaboración propia

Para el equipo del Cepillo de codo mecánico, esta cuenta con dos modos de falla potencial la en la primera los contactores y relés se queman y en la segunda el equipo no está lubricado. En cuanto, al primer modo de falla tiene como causa posible el exceso de funcionamiento y mala distribución con una valoración de 4, efecto potencial la para el equipo (el equipo no funciona) con valoración de 4, y con un control correctivo de 5, obteniendo un índice de probabilidad de riesgo (IPR) de 80. En el segundo modo de falla potencial se tiene que la causa posible lubricación inadecuada o no se realiza con una valoración de 4, efecto potencial es las fisuras en las herramientas de corte y piezas teniendo una valoración de 3, y con un control correctivo con valoración de 4; obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 48. Por lo tanto, al ejecutar el programa de mantenimiento propuesto las acciones a corregir serán el cambio de contactores y relés por una mayor capacidad y redistribuirlos; y para el segundo modo de falla se capacitará a los trabajadores del área de mantenimiento, y nuestro nuevo índice de probabilidad de riesgo (IPR) será 16 para el primer modo de falla potencial y 12 para el segundo modo de falla potencial.

Matriz AMEF – Compresor

Tabla 49

Matriz AMEF – Compresor

Planta:	Metal Industria HVA S.R.L	AMFE N°:	12
Línea:	Componentes	Responsables:	Emerson Leiva / Yuri Zegarra
Equipo:	Compresor		

Ítem	ANÁLISIS		PROBABILIDAD		GRAVEDAD		CONTROL			IPR	CORRECCIÓN		NUEVA EVALUACIÓN			
	Función	M.F potencial	Causa posible	P	Efecto potencial	G	Controles	D	Acciones de mejora		Responsable	P2	G2	D2	IPR 2	
Compresor de aire	Intercambio de energía entre la máquina y el fluido	Fuga de aceite del motor (Humedad en las instalaciones)	Los cojinetes de empuje están flojos	4	Pistones malogrados	4	Correctivo	5	80	Revisión del aceite y cambio de este, y del filtro si es necesario	Supervisor de mantenimiento	4	4	1	16	

Elaboración propia

En el análisis del Compresor según la matriz AMFE realizada se obtuvo un modo de falla potencial la fuga de aceite del motor (humedad en las instalaciones), teniendo como causa posible que los cojinetes de empuje están flojos con una puntuación de 4, como efecto potencial los pistones están malogrados con una valoración de 4, y con un control correctivo teniendo una valoración de 5; obteniendo una puntuación total de índice de probabilidad de riesgo (IPR) 80. De esta forma, al ejecutar el programa de mantenimiento preventivo se tomará como correcciones la revisión del aceite y cambio de este y del filtro si es necesario, y al realizar el nuevo análisis de la matriz AMFE se obtendrá como valoración en probabilidad 4, gravedad 4 y como control 1 obteniendo como índice de probabilidad de riesgo (IPR) 16.

Estimación de mejora del indicador MTBF (tiempo medio entre fallas)

Se pronostica que el tiempo medio entre fallas, será de 2 paradas por mes, tomando como referencia el cumplimiento total de los mantenimientos programados en el cronograma establecido. A partir de ello, tendremos los siguientes MTBF.

Máquina Mandriladora

- N° horas de operación: 457
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{457}{8} = 57.13$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina mandriladora sea de 57.13 horas

Máquina Fresadora Universal - Grande

- N° horas de operación: 483
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{483}{8} = 60.38$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Fresadora Universal - Grande sea de 60.38 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- N° horas de operación: 471
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{471}{8} = 58.88$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Fresadora Universal – Mediana sea de 58.88 horas

Máquina Fresado Vertical

- N° horas de operación: 473
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{473}{8} = 59.13$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Fresado Vertical sea de 59.13 horas

Máquina Taladro Radial

- N° horas de operación: 472
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{472}{8} = 59$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Taladro Radial sea de 59 horas

Máquina Roladora

- N° horas de operación: 485
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{485}{8} = 60.63$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Roladora sea de 60.63 horas

Máquina Plegadora

- N° horas de operación: 448

- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{448}{8} = 56$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Roladora sea de 56 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- N° horas de operación: 493
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{493}{8} = 61.63$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Torno Horizontal - VDF sea de 61.63 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- N° horas de operación: 458
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{458}{8} = 57.25$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Torno Horizontal - TOS sea de 57.25 horas

Máquina Guillotina

- N° horas de operación: 507
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{507}{8} = 63.38$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Guillotina sea de 63.38 horas

Máquina Compresor de aire

- N° horas de operación: 490
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{490}{8} = 61.25$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Compresor de aire sea de 61.25 horas

Máquina Cepillo

- N° horas de operación: 493
- N° paradas correctivas: 8

$$\textit{T tiempo medio entre fallas} = \frac{493}{8} = 61.63$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de la máquina Cepillo sea de 61.63 horas

De esa manera, el tiempo promedio de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM MTBF

$$= \frac{(57.13 + 60.38 + 58.88 + 59.13 + 59 + 60.63 + 56 + 61.63 + 57.25 + 63.38 + 61.25 + 61.63)}{12}$$

$$\textit{PROM MTBF} = 59.69$$

Se espera obtener que el tiempo medio entre fallas de todos los equipos sea de 59.59 horas.

Estimación de mejora del indicador MTTF-Tiempo promedio Para la falla

De acuerdo al plan de mantenimiento preventivo establecido, el tiempo promedio para la falla estará determinado por lo siguiente:

Máquina Mandriladora

- N° horas de operación: 457
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{457}{4} = 114.25$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina mandriladora sea de 114.25 horas

Máquina Fresadora Universal - Grande

- N° horas de operación: 483
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{483}{4} = 120.75$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Fresadora Universal - Grande sea de 120.75 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- N° horas de operación: 471
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{471}{4} = 117.75$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Fresadora Universal – Mediana sea de 117.75 horas

Máquina Fresado Vertical

- N° horas de operación: 473

- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{473}{4} = 118.25$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Fresado Vertical sea de 118.25 horas

Máquina Taladro Radial

- N° horas de operación: 472
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{472}{4} = 118$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Taladro Radial sea de 118 horas

Máquina Roladora

- N° horas de operación: 485
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{485}{4} = 121.25$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Roladora sea de 121.25 horas

Máquina Plegadora

- N° horas de operación: 448
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{448}{4} = 112$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Roladora sea de 112 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- N° horas de operación: 493
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{493}{4} = 123.25$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Torno Horizontal - VDF sea de 123.25 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- N° horas de operación: 458
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{458}{4} = 114.50$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Torno Horizontal - TOS sea de 114.50 horas

Máquina Guillotina

- N° horas de operación: 507
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{507}{4} = 126.75$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Guillotina sea de 126.75 horas

Máquina Compresor de aire

- N° horas de operación: 501
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{501}{4} = 125.25$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Compresor de aire sea de 125.25 horas

Máquina Cepillo

- N° horas de operación: 500
- N° fallas: 4

$$\textit{T tiempo promedio para la falla} = \frac{500}{4} = 125$$

Se espera que el tiempo promedio para la falla de la máquina Cepillo sea de 125 horas

El tiempo promedio de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM MTF

$$= \frac{(114.25 + 120.75 + 117.75 + 118.25 + 118 + 121.25 + 112 + +123.25 + 114.50 + 126.75 + 125.25 + 125)}{12}$$

$$\textit{PROM MTF} = 119.75$$

Se espera que el tiempo promedio entre fallas de todos los equipos sea de 119.75 horas.

3.3.2. Diseño de mejora de la variable Disponibilidad

3.3.2.1. Estimación de mejora de la dimensión Operatividad

Estimación de mejora del indicador MTTR - Tiempo promedio de reparación

En el cronograma anteriormente mostrado, se creó un plan de acción sólido para la gestión de incidentes. A todas las máquinas se les implementará una

política clara que explique qué hacer en caso sufra alguna falla y como resolver el problema. Por ello, se tendrán los siguientes datos.

Máquina Mandriladora

- Tiempo reparaciones: 46
- N° reparaciones correctivas: 21

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{46}{21} = 2.19$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina mandriladora sea de 2.19 horas

Máquina Fresadora Universal - Grande

- Tiempo reparaciones: 61
- N° reparaciones correctivas: 27

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{61}{27} = 2.26$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Fresadora Universal - Grande sea de 2.26 horas

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- Tiempo reparaciones: 76
- N° reparaciones correctivas: 38

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{76}{38} = 2$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Fresadora Universal – Mediana sea de 2 horas

Máquina Fresado Vertical

- Tiempo reparaciones: 53

- N° reparaciones correctivas: 26

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{53}{26} = 2.04$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Fresado Vertical sea de 2.04 horas

Máquina Taladro Radial

- Tiempo reparaciones: 52
- N° reparaciones correctivas: 26

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{52}{26} = 2$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Taladro Radial sea de 2 horas

Máquina Roladora

- Tiempo reparaciones: 43
- N° reparaciones correctivas: 20

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{43}{20} = 2.15$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Roladora sea de 2.15 horas

Máquina Plegadora

- Tiempo reparaciones: 51
- N° reparaciones correctivas: 23

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{51}{23} = 2.22$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Roladora sea de 2.22 horas

Máquina Torno Horizontal - VDF

- Tiempo reparaciones: 47
- N° reparaciones correctivas: 22

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{47}{22} = 2.14$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Torno Horizontal - VDF sea de 2.14 horas

Máquina Torno Horizontal - TOS

- Tiempo reparaciones: 39
- N° reparaciones correctivas: 18

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{39}{18} = 2.17$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Torno Horizontal - TOS sea de 2.17 horas

Máquina Guillotina

- Tiempo reparaciones: 46
- N° reparaciones correctivas: 23

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{46}{23} = 2$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Guillotina sea de 2 horas

Máquina Compresor de aire

- Tiempo reparaciones: 50
- N° reparaciones correctivas: 25

$$\textit{Tiempo promedio de reparación} = \frac{50}{25} = 2$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Compresor de aire sea de 2 horas

Máquina Cepillo

- Tiempo reparaciones: 39
- N° reparaciones correctivas: 19

$$\textit{T tiempo promedio de reparación} = \frac{39}{19} = 2.05$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de la máquina Cepillo sea de 2.05 horas

El tiempo promedio de reparación de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM MTTR

$$= \frac{(2.19 + 2.26 + 2 + 2.04 + 2 + 2.15 + 2.22 + 2.14 + 2.17 + 2 + 2 + 2.05)}{12}$$

$$\textit{PROM MTTR} = 2.10$$

Se espera que el tiempo promedio de reparación de todos los equipos sea de 2.10 horas.

Estimación de mejora del indicador Disponibilidad (A)

Teniendo los indicadores, anteriormente mejorados, calculamos la disponibilidad de cada equipo:

Máquina Mandriladora

- MTBF: 57.13
- MTTR: 2.19

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{57.13}{2.19} = 96\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Mandriladora se encuentre trabajando en forma satisfactoria sea de 96 %

Máquina Fresadora Universal - Grande

- MTBF: 60.38
- MTTR: 2.26

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{60.38}{2.28} = 96\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Fresadora Universal - Grande se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 96%

Máquina Fresadora Universal - Mediana

- MTBF: 58.88
- MTTR: 2

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{58.88}{2} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Fresadora Universal - Mediana se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Fresado Vertical

- MTBF: 59.13
- MTTR: 2.04

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{59.13}{2.04} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Fresado Vertical se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%.

Máquina Taladro Radial

- MTBF: 59.00
- MTTR: 2.00

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{59}{2} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Taladro Radial se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Roladora

- MTBF: 60.63
- MTTR: 2.15

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{60.63}{2.15} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Roladora se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Plegadora

- MTBF: 56.00
- MTTR: 2.22

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{56}{2.22} = 96\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Plegadora se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 96%

Máquina Torno Horizontal - VDF

- MTBF: 61.63
- MTTR: 2.15

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{61.63}{2.15} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Torno Horizontal - VDF se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Torno Horizontal - TOS

- MTBF: 57.25
- MTTR: 2.17

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{57.25}{2.17} = 96\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Torno Horizontal - TOS se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 96%

Máquina Guillotina

- MTBF: 63.38
- MTTR: 2

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{63.38}{2} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Guillotina se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Compresor de aire

- MTBF: 61.25
- MTTR: 2

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{61.25}{2} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Compresor de aire se encuentre trabajando en forma satisfactoria es de 97%

Máquina Cepillo

- MTBF: 61.63

- MTTR: 2.05

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{61.63}{2.05} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de la máquina Cepillo se encuentre trabajando en forma satisfactoria es 97%

El tiempo promedio de reparación de todas las máquinas entre todas las fallas está formulado de la siguiente manera:

PROM A

$$= \frac{(96\% + 96\% + 97\% + 97\% + 97\% + 97\% + 96\% + 97\% + 96\% + 97\% + 97\% + 97\%)}{12}$$

$$\textit{PROM A} = 97\%$$

Se espera que la probabilidad de todas las máquinas que se encuentren trabajando de manera satisfactoria sea de 97%.

Matriz de operacionalización de variables con resultado de mejora

Tabla 50

Matriz de operacionalización de variables con resultado de mejora

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
Variable independiente: Mantenimiento Preventivo	Conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica, continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos (Palencia, 2012).	Planificar	N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de equipos	75 h	132 h	57 h
		Verificar	N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de equipos	38 h	70 h	32 h
		Funcionamiento	MTBF (tiempo medio entre fallas)	5.10 h	59.69 h	54.59 h
			MTTF (Tiempo promedio Para la falla)	29.31 h	119.75 h	90.44 h
Variable dependiente: Disponibilidad	Probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables (Mora, 2009)	Confiabilidad	MTTR (Tiempo medio de reparación)	4.01 h	2.10 h	1.91 h
			Disponibilidad (A)	56%	97%	41%

Elaboración propia

3.4. Análisis económico/financiero

3.4.1. Costos por procedimientos (maquinaria, equipos y herramientas)

Se detalla el costo por equipos, herramientas y maquinaria necesarias para el plan de mejora.

Tabla 51

Costos por procedimientos

Descripción	Cantidad	Costo	Total, Anual
Aceite	2	S/30.00	S/60.00
Galón de pintura	2	S/22.00	S/44.00
Llaves mixtas	3	S/10.00	S/30.00
Desarmadores	2	S/15.00	S/30.00
Llaves hexagonales	4	S/4.00	S/16.00
Pintado de máquina (gloss)	5	S/3.00	S/15.00
Total			S/195.00

Elaboración propia

3.4.2. Costos por capacitaciones

El costo de capacitaciones necesarias para el personal de la empresa Metal Industria HVA S.R.L

Tabla 52

Costos por capacitaciones

Temas	N° de capacitadores	Tiempo horas	Costo /sesión	Total trimestral	Total anual
Capacitación en lubricación de aceite	1	5	S/150.00	S/750.00	S/3,000.00
Capacitación en engrasado	1	5	S/150.00	S/750.00	S/3,000.00

Capacitación en detección de fallas	1	5	S/150.00	S/750.00	S/3,000.00
Capacitación en análisis eléctrico	1	5	S/150.00	S/750.00	S/3,000.00
Total				S/3,000.00	S/12,000.00

Elaboración propia

3.4.3. Implementos

Respecto a los implementos, son los costos que serán utilizados en las separatas, diapositivas y videos.

Tabla 53

Implementos

Implementos	Costo de material	N° de trabajadores	Total, trimestral	Total, anual
Separatas, videos y diapositivas	S/25.00	12	S/300.00	S/1,200.00
Total			S/300.00	S/1,200.00

Elaboración propia

3.4.4. Costo en material de registro

De igual manera, el costo de cuadernillos de registro necesarias para el personal.

Tabla 54

Costo en material de registro

Descripción	Cantidad	Costo	Total, mensual	Total, anual
Cuadernillos de registro	3	S/15.00	S/45.00	S/540.00
Total			45	S/540.00

Elaboración propia

3.4.5. Costos en cuidado a la salud

Incluye a los costos de mascarillas quirúrgicas y bloqueador necesaria para cuidar la salud del personal frente al COVID-19.

Tabla 55

Costos en cuidado a la salud

Descripción	Cantidad	Costo	Total, semestral	Total, anual
Mascarillas quirúrgicas	10	S/50.00	S/500.00	S/6,000.00
Caretas	5	S/7.00	S/35.00	S/420.00
Total			S/535.00	S/6,420.00

Elaboración propia

3.4.6. Costos en higiene

El costo de higiene, incluye al papel higiénico, jabón líquido, botes de basura y desinfectante para cada área de trabajo.

Tabla 56

Costos en higiene

Descripción	Cantidad	Costo	Total, mensual	Total, anual
Papel Higiénico	4 paquete	S/21.00	S/84.00	S/1,008.00
Jabón líquido	4	S/15.00	S/60.00	S/720.00
Botes de basura	2	S/12.00	S/24.00	S/288.00
Desinfectante	2	S/12.00	S/24.00	S/288.00
Total			S/192.00	S/2,304.00

Elaboración propia

3.4.7. Costos en botiquín

El costo del botiquín necesario para hacer frente a cualquier incidente que se suscite.

Tabla 57

Costos en botiquín

Descripción	Cantidad	Costo	Total, anual
Botiquín	3	S/30.00	S/90.00
Total			S/90.00

Elaboración propia

3.4.8. Costos de mano de obra

Tabla 58

Costos de mano de obra

Incluyen al costo necesario para ejecutar y monitorear el plan a implementar, entre ello tenemos:

Descripción	Cantidad	Costo	Total, anual
Ingeniero mecánico	1	S/3,000.00	S/36,000.00
Planner	2	S/1,200.00	S/28,800.00
Total			S/64,800.00

Elaboración propia

3.4.9. Costos de mantenimiento

Tabla 59

Costos de mantenimiento

Incluyen al costo necesario para ejecutar y monitorear el plan a implementar, entre ello tenemos:

Descripción	Cantidad	Costo	Total anual
Mantto preventivo de Mandriladora	1	S/1,274.00	S/1,274.00
Mantto preventivo de Fresadora Universal - Grande	1	S/1,183.00	S/1,183.00
Mantto preventivo de Fresadora Universal - Mediana	1	S/1,015.00	S/1,015.00
Mantto preventivo de Fresado Vertical	1	S/1,195.00	S/1,195.00
Mantto preventivo de Taladro Radial	1	S/1,046.00	S/1,046.00
Mantto preventivo de Roladora	1	S/1,041.00	S/1,041.00
Mantto preventivo de Plegadora	1	S/1,105.00	S/1,105.00
Mantto preventivo de Torno Horizontal - VDF	1	S/1,053.00	S/1,053.00
Mantto preventivo de Torno Horizontal - TOS	1	S/1,195.00	S/1,195.00
Mantto preventivo de Guillotina	1	S/1,169.00	S/1,169.00
Mantto preventivo de Compresor de aire	1	S/1,036.00	S/1,036.00
Mantto preventivo de Cepillo	1	S/1,125.00	S/1,125.00
Total			S/1,041.00

Elaboración propia

3.4.10. Costos por incurrir en la propuesta de mejora

En suma, se muestran los costos anteriormente vistos en una sola matriz

Tabla 60

Costos por incurrir en la propuesta de mejora

COSTOS POR INCURRIR EN EL PROCESO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Aceite	S/60.00	S/60.00	S/60.00	S/60.00	S/60.00	S/60.00
Galón de pintura	S/44.00	S/44.00	S/44.00	S/44.00	S/44.00	S/44.00
Llaves mixtas	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00
Desarmadores	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00	S/30.00
Llaves hexagonales	S/16.00	S/16.00	S/16.00	S/16.00	S/16.00	S/16.00
Pintado de máquina (gloss)	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00	S/15.00
Capacitación en lubricación de aceite	S/3,000.00			S/3,000.00		
Capacitación en engrasado	S/3,000.00			S/3,000.00		
Capacitación en detección de fallas	S/3,000.00			S/3,000.00		
Capacitación en análisis eléctrico	S/3,000.00			S/3,000.00		
Separatas, videos y diapositivas	S/1,200.00			S/1,200.00		
Cuadernillos de registro	S/540.00	S/540.00	S/540.00	S/540.00	S/540.00	S/540.00
Mascarillas quirúrgicas	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00
Bloqueadores	S/420.00	S/420.00	S/420.00	S/420.00	S/420.00	S/420.00

Papel Higiénico	S/1,008.00	S/1,008.00	S/1,008.00	S/1,008.00	S/1,008.00	S/1,008.00
Jabón líquido	S/720.00	S/720.00	S/720.00	S/720.00	S/720.00	S/720.00
Botes de basura	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00
Desinfectante	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00	S/288.00
Botiquín	S/90.00	S/90.00	S/90.00	S/90.00	S/90.00	S/90.00
Ingeniero mecánico	S/36,000.0	S/36,000.0	S/36,000.0	S/36,000.00	S/36,000.0	S/36,000.0
	0	0	0		0	0
Planner	S/14,400.0	S/28,800.0	S/28,800.0	S/28,800.00	S/28,800.0	S/28,800.0
	0	0	0		0	0
Mantto preventivo de Mandriladora	S/1,274.00	S/1,274.00	S/1,274.00	S/1,274.00	S/1,274.00	S/1,274.00
Mantto preventivo de Fresadora Universal - Grande	S/1,183.00	S/1,183.00	S/1,183.00	S/1,183.00	S/1,183.00	S/1,183.00
Mantto preventivo de Fresadora Universal - Mediana	S/1,015.00	S/1,015.00	S/1,015.00	S/1,015.00	S/1,015.00	S/1,015.00
Mantto preventivo de Fresado Vertical	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00
Mantto preventivo de Taladro Radial	S/1,046.00	S/1,046.00	S/1,046.00	S/1,046.00	S/1,046.00	S/1,046.00
Mantto preventivo de Roladora	S/1,041.00	S/1,041.00	S/1,041.00	S/1,041.00	S/1,041.00	S/1,041.00
Mantto preventivo de Plegadora	S/1,105.00	S/1,105.00	S/1,105.00	S/1,105.00	S/1,105.00	S/1,105.00
Mantto preventivo de Torno Horizontal - VDF	S/1,053.00	S/1,053.00	S/1,053.00	S/1,053.00	S/1,053.00	S/1,053.00
Mantto preventivo de Torno Horizontal - TOS	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00	S/1,195.00
Mantto preventivo de Guillotina	S/1,169.00	S/1,169.00	S/1,169.00	S/1,169.00	S/1,169.00	S/1,169.00

Mantto preventivo de Compresor de aire	S/1,036.00	S/1,036.00	S/1,036.00	S/1,036.00	S/1,036.00	S/1,036.00
Mantto preventivo de Cepillo	S/1,125.00	S/1,125.00	S/1,125.00	S/1,125.00	S/1,125.00	S/1,125.00
TOTAL DE COSTOS	S/86,586.0	S/87,786.0	S/87,786.0	S/100,986.0	S/87,786.0	S/87,786.0
	0	0	0	0	0	0

Elaboración propia

3.4.11. Costos por no incurrir en la propuesta de mejora

Los ingresos que se generan por aumentar la disponibilidad de máquinas de la empresa Metal Industria HVA S.R.L

Tabla 61

Costos por no incurrir en la propuesta de mejora

AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
S/128,740.00	S/128,740.00	S/128,740.00	S/128,740.00	S/128,740.00

Elaboración propia

3.4.12. Flujo de caja neto

El flujo de caja neta, descontando el año de inversión y sumando los ingresos para los cinco años restantes.

Tabla 62

Flujo de caja neto

AÑO 0	- S/86,586.00
AÑO 1	S/40,954.00
AÑO 2	S/40,954.00
AÑO 3	S/40,954.00
AÑO 4	S/40,954.00
AÑO 5	S/40,954.00

Elaboración propia

3.4.13. Indicadores financieros

- **TASA:** 9%
- **VAN:** S/. 149,103.96
- **TIR:** 34%
- **IR:** S/. 1.72

Según Ross (2016) en su libro Finanzas Corporativas, nos menciona que al tener un VAN mayor a 0 se aprueba el proyecto, y más aún por tener un TIR de 34% y un IR de S/ 1.72, lo cual indica que por cada sol invertido se obtiene S/ 0.72 soles de rentabilidad en el proyecto.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la investigación del autor Ramos (2017) se encontró que el torno paralelo, fresadora, mandrinadora y torno vertical son los equipos más críticos para la empresa. A partir de ello, diseñaron un programa de mantenimiento para cada equipo e implementando la matriz AMFE. Logrando incrementar la disponibilidad a 93.84% del torno, 94.79% de fresadora y a 96.96% la mandrinadora. De manera similar, nuestros resultados guardan similitud con el estudio ya que a todas las máquinas de la empresa Metal Industria HVA S.R.L, se les planteó un programa de mantenimiento, además, de aplicar la matriz AMFE; y así, se espera que incremente la disponibilidad de máquinas en promedio de 56% a 97%.

Por otra parte, Alba & Chingay (2018), luego de identificar una baja disponibilidad en los equipos del hospital de la provincia de Huaraz, aplicaron un plan de mantenimiento preventivo que consiste en aplicar la matriz de modo y fallas AMFE, y a partir de ello diseñar estrategias para disminuir los tiempos de inactividad de los equipos. Encontrando que los equipos aumentarían su disponibilidad de 86% a 94%. Tal es nuestro caso, que partiendo del análisis AMFE para las 12 máquinas de la empresa Metal Industria HVA, se espera que reduzca el impacto, riesgo y aumente la disponibilidad en 7% al programar un cronograma de mantenimiento para todos los equipos.

En la tesis de Suarez (2018) lograron determinar que el mantenimiento preventivo mejoro la disponibilidad por averías en los equipos en la Empresa Petramás dando un mejor control de las fallas y el buen manejo de tiempo en la intervención de los equipos, con un incremento de 6.31%, cuyo valor se encontró en 87.1%, siendo

mejorado tras la aplicación de mantenimiento preventivo a un valor de 93.43%. Del mismo modo tras desarrollar nuestro plan de mejora, se espera una reducción del MTTR en aproximadamente el 50% y un aumento en la disponibilidad del 56% al 97%.

Dentro de ese orden de ideas, en la investigación aplicada por Talabera (2019) determinaron que luego de implementar el mantenimiento preventivo, se mejoró la disponibilidad de las 2 máquinas críticas de 85.27% a 98.60% teniendo un incremento de 15.63 %. Además de ello, en su análisis financiero obtuvieron un valor actual neto del proyecto siendo S/. 51,553.00 soles y una tasa interna del retorno del 24%, valores que viabilizan la implementación del estudio. En nuestro caso, los resultados guardan similitud ya que, para las 12 máquinas en promedio se espera un aumento alrededor del 41% por cuanto a la funcionalidad de la máquina.

Como implicancia tenemos que la presente investigación, parte de un proceso dinámico, porque el tiempo para la realización del siguiente examen se determina completamente a partir de la condición real del sistema al efectuar cada examen para los equipos. El control dinámico de las tareas de mantenimiento según el modelo planteado permite que cada sistema individual realice la función requerida con la probabilidad de fallo exigida, como en el caso de mantenimiento preventivo basado en la vida del sistema, pero con una utilización más completa de la vida operativa, reduciendo así el coste total de operación y producción.

Finalmente, la principal limitación presentada en el estudio, fue recabar la información del estudio, puesto que durante varios turnos de trabajo el personal tenía distintas actividades urgentes por realizar; entonces tuvimos que postergar en varias ocasiones las visitas a la empresa, lo cual demandó un extra en dinero y tiempo.

4.2. Conclusiones

- Se logró analizar la situación actual de la disponibilidad de máquinas en el área de componentes de la empresa Metal Industria HVA S.R.L, donde se encontró que las 12 máquinas de la empresa mantienen paradas intempestivas que originan que el servicio se prolongue, por lo que al mostrar nuestros resultados se evidencia que el N° de horas de Mantenimiento programado de operatividad de equipos es 75; el N° de horas de Mantenimiento ejecutado de operatividad de equipos es 38; el MTBF (tiempo medio entre fallas) es 5.1; el MTTF (Tiempo promedio Para la falla) es 29.31; MTTR (Tiempo medio de reparación) es 4.01. Lo que repercute que la empresa tenga un 56% de disponibilidad de máquinas actualmente.
- Se logró diseñar el sistema de mantenimiento preventivo de los equipos para la empresa Metal Industria HVA S.R.L, el cual abarca un programa de mantenimiento preventivo para eliminar el mantenimiento correctivo, así mismo se propuso la contratación de un ingeniero mecánico para ser el encargado del área, para lo cual, se realizó el programa de actividades para cada uno de los equipos, formatos de inspección, órdenes de trabajo e inspecciones de las mismas; al realizar la propuesta se incrementará en la disponibilidad de máquinas.
- Se logró estimar la mejora de disponibilidad de máquinas en el área de componentes, el cual tenemos proyectado en mejorar el tiempo medio entre fallas (MTBF) en un 54.59; el tiempo promedio para la falla (MTTF) en un 90.44 y el tiempo medio de reparación (MTTR) en 1.91 que genere un aumento en la disponibilidad (A) de 97% en promedio de todos los equipos.
- Se logró evaluar el diseño del sistema mediante la metodología costo – beneficio, obteniendo que el sistema es viable debido a que se obtuvo un VAN de S/ 149,103.96

mayor a 0, por lo que genera ganancia y por ende se aprueba el proyecto, y más aún por tener un TIR de 34% y un IR de S/ 1.72, lo cual indica que por cada sol invertido se obtiene S/0.72 soles de rentabilidad en el proyecto.

REFERENCIAS

- Alba Rosales, F. Y., & Chinchay Guerrero, W. E. (2018). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018.
- Àlvares, G. A. (2004). Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM SA. Bucaramanga: UIS, 116-117.
- Angulo Vigo, E. R., & Orellana Yañez, G. R. (2021). Mantenimiento para aumentar la disponibilidad de máquinas.
- Buelvas Díaz, C. E. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L.
- Chávez, M., Jiménez, J., & Pushug, M. I. C. (2020). Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(9), 249-267.
- Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Diaz de santos.
- Icart Isern, M. T., Fuentelsaz Gallego, C., & Pulpón Segura, A. M. (2006). Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina (No. 001.42/I15e).
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
- Mosquera Peña, P. M. (2018). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad del cargador frontal 962H en la Empresa Ecosermy-Yauli.

Ramos, J. (2017). Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill SAC. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Sacristán, F. R. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Tecnica Industrial*, 1.

Suarez Arenas, E. (2018). Mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos en la empresa Petramás SAC–Ate 2018.

Talabera Orezano, T. N. (2019). Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las máquinas críticas en Nuevo Mundo SA, Cercado de Lima, 2019.

Valdivieso Torres, J. C. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas SA (Bachelor's thesis).

ANEXOS

Anexo N° 01. Horas de operación de las máquinas

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA MANDRILADORA				PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Grande			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct	Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	30	14	Abril	Sem 1	23	9
	Sem 2	25			Sem 2	39	11
	Sem 3	33			Sem 3	33	
	Sem 4	21	11		Sem 4	36	12
Mayo	Sem 1	26		Mayo	Sem 1	21	
	Sem 2	22	9		Sem 2	35	15
	Sem 3	36			Sem 3	24	
	Sem 4	40	10		Sem 4	32	15
Junio	Sem 1	20		Junio	Sem 1	24	8
	Sem 2	40	13		Sem 2	32	13
	Sem 3	30			Sem 3	26	11
	Sem 4	29	9		Sem 4	27	
Julio	Sem 1	32		Julio	Sem 1	31	12
	Sem 2	20	10		Sem 2	40	
	Sem 3	21			Sem 3	30	
	Sem 4	32	11		Sem 4	30	9

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Plegadora				PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - VDF			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct	Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	31		Abril	Sem 1	37	10
	Sem 2	26	12		Sem 2	30	13
	Sem 3	32			Sem 3	37	
	Sem 4	34	10		Sem 4	31	15
Mayo	Sem 1	28		Mayo	Sem 1	20	
	Sem 2	40			Sem 2	31	
	Sem 3	21	14		Sem 3	32	14
	Sem 4	28			Sem 4	25	
Junio	Sem 1	23	12	Junio	Sem 1	31	

	Sem 2	20	8		Sem 2	37	8
	Sem 3	21	11		Sem 3	28	
	Sem 4	26			Sem 4	39	13
Julio	Sem 1	28	14	Julio	Sem 1	38	
	Sem 2	25			Sem 2	23	9
	Sem 3	26	9		Sem 3	27	
	Sem 4	39	9		Sem 4	27	8

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Mediana			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	26	13
	Sem 2	26	15
	Sem 3	21	
	Sem 4	23	14
Mayo	Sem 1	36	13
	Sem 2	34	
	Sem 3	39	10
	Sem 4	28	13
Junio	Sem 1	38	
	Sem 2	26	13
	Sem 3	31	15
	Sem 4	34	13
Julio	Sem 1	32	
	Sem 2	28	11
	Sem 3	24	
	Sem 4	25	13

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresado Vertical			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	28	
	Sem 2	36	
	Sem 3	20	9
	Sem 4	20	14
Mayo	Sem 1	28	
	Sem 2	28	12
	Sem 3	30	
	Sem 4	34	10
Junio	Sem 1	25	
	Sem 2	37	15
	Sem 3	37	8
	Sem 4	20	
Julio	Sem 1	33	13
	Sem 2	23	12
	Sem 3	37	9
	Sem 4	37	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - TOS			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	39	11
	Sem 2	20	
	Sem 3	27	10
	Sem 4	23	
Mayo	Sem 1	34	15

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Guillotina			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	40	13
	Sem 2	39	
	Sem 3	28	11
	Sem 4	33	
Mayo	Sem 1	40	

	Sem 2	39	
	Sem 3	23	
	Sem 4	34	
Junio	Sem 1	22	
	Sem 2	27	15
	Sem 3	26	
	Sem 4	22	13
Julio	Sem 1	29	9
	Sem 2	25	
	Sem 3	36	
	Sem 4	32	

	Sem 2	25	15
	Sem 3	25	
	Sem 4	29	12
Junio	Sem 1	36	
	Sem 2	40	14
	Sem 3	22	
	Sem 4	36	11
Julio	Sem 1	26	11
	Sem 2	35	
	Sem 3	25	
	Sem 4	28	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Taladro Radial			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	27	
	Sem 2	21	12
	Sem 3	24	
	Sem 4	35	12
Mayo	Sem 1	33	
	Sem 2	34	15
	Sem 3	29	12
	Sem 4	33	
Junio	Sem 1	36	
	Sem 2	20	11
	Sem 3	38	11
	Sem 4	27	
Julio	Sem 1	21	14
	Sem 2	37	
	Sem 3	35	13
	Sem 4	22	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Roladora			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	38	
	Sem 2	29	14
	Sem 3	21	
	Sem 4	21	8
Mayo	Sem 1	34	
	Sem 2	27	13
	Sem 3	24	
	Sem 4	39	12
Junio	Sem 1	21	
	Sem 2	40	
	Sem 3	27	13
	Sem 4	38	
Julio	Sem 1	32	12
	Sem 2	21	
	Sem 3	40	12
	Sem 4	33	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Compresor de aire			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	38	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Cepillo			
Mes	Semana	Horas operación	N° paradas correct
Abril	Sem 1	38	

	Sem 2	40			Sem 2	28	9
	Sem 3	38	13		Sem 3	34	
	Sem 4	29			Sem 4	21	8
Mayo	Sem 1	26		Mayo	Sem 1	38	15
	Sem 2	21	15		Sem 2	36	
	Sem 3	29	9		Sem 3	21	12
	Sem 4	38			Sem 4	28	9
Junio	Sem 1	39		Junio	Sem 1	24	
	Sem 2	23	15		Sem 2	33	
	Sem 3	31	12		Sem 3	29	15
	Sem 4	32			Sem 4	22	
Julio	Sem 1	23	12	Julio	Sem 1	36	
	Sem 2	30	10		Sem 2	35	10
	Sem 3	27			Sem 3	39	
	Sem 4	26	14		Sem 4	31	

Anexo N° 02. Número de fallas de las máquinas

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA MANDRILADORA			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	30	1
	Sem 2	25	
	Sem 3	33	
	Sem 4	21	2
Mayo	Sem 1	26	
	Sem 2	22	1
	Sem 3	36	
	Sem 4	40	3
Junio	Sem 1	20	
	Sem 2	40	3
	Sem 3	30	
	Sem 4	29	3
Julio	Sem 1	32	
	Sem 2	20	1
	Sem 3	21	
	Sem 4	32	2

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Grande			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	23	2
	Sem 2	39	1
	Sem 3	33	
	Sem 4	36	2
Mayo	Sem 1	21	
	Sem 2	35	1
	Sem 3	24	
	Sem 4	32	3
Junio	Sem 1	24	3
	Sem 2	32	1
	Sem 3	26	1
	Sem 4	27	
Julio	Sem 1	31	1
	Sem 2	40	
	Sem 3	30	
	Sem 4	30	2

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Plegadora			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	31	
	Sem 2	26	2
	Sem 3	32	
	Sem 4	34	1
Mayo	Sem 1	28	
	Sem 2	40	
	Sem 3	21	2
	Sem 4	28	
Junio	Sem 1	23	1
	Sem 2	20	2
	Sem 3	21	3
	Sem 4	26	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - VDF			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	37	1
	Sem 2	30	1
	Sem 3	37	
	Sem 4	31	2
Mayo	Sem 1	20	
	Sem 2	31	
	Sem 3	32	3
	Sem 4	25	
Junio	Sem 1	31	
	Sem 2	37	3
	Sem 3	28	
	Sem 4	39	1

Julio	Sem 1	28	1	Julio	Sem 1	38	
	Sem 2	25			Sem 2	23	3
	Sem 3	26	2		Sem 3	27	
	Sem 4	39	2		Sem 4	27	8

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Mediana			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	26	1
	Sem 2	26	2
	Sem 3	21	
	Sem 4	23	2
Mayo	Sem 1	36	3
	Sem 2	34	
	Sem 3	39	3
	Sem 4	28	1
Junio	Sem 1	38	
	Sem 2	26	1
	Sem 3	31	3
	Sem 4	34	2
Julio	Sem 1	32	
	Sem 2	28	2
	Sem 3	24	
	Sem 4	25	1

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresado Vertical			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	28	
	Sem 2	36	
	Sem 3	20	2
	Sem 4	20	1
Mayo	Sem 1	28	
	Sem 2	28	2
	Sem 3	30	
	Sem 4	34	3
Junio	Sem 1	25	
	Sem 2	37	2
	Sem 3	37	1
	Sem 4	20	
Julio	Sem 1	33	2
	Sem 2	23	2
	Sem 3	37	2
	Sem 4	37	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - TOS			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	39	3
	Sem 2	20	
	Sem 3	27	1
	Sem 4	23	
Mayo	Sem 1	34	2
	Sem 2	39	
	Sem 3	23	
	Sem 4	34	
Junio	Sem 1	22	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Guillotina			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	40	2
	Sem 2	39	
	Sem 3	28	3
	Sem 4	33	
Mayo	Sem 1	40	
	Sem 2	25	2
	Sem 3	25	
	Sem 4	29	1
Junio	Sem 1	36	

	Sem 2	27	3
	Sem 3	26	
	Sem 4	22	2
Julio	Sem 1	29	2
	Sem 2	25	
	Sem 3	36	
	Sem 4	32	

	Sem 2	40	3
	Sem 3	22	
	Sem 4	36	2
Julio	Sem 1	26	3
	Sem 2	35	
	Sem 3	25	
	Sem 4	28	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Taladro Radial			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	27	
	Sem 2	21	2
	Sem 3	24	
	Sem 4	35	2
Mayo	Sem 1	33	
	Sem 2	34	3
	Sem 3	29	1
	Sem 4	33	
Junio	Sem 1	36	
	Sem 2	20	3
	Sem 3	38	1
	Sem 4	27	
Julio	Sem 1	21	3
	Sem 2	37	
	Sem 3	35	1
	Sem 4	22	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Roladora			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	38	
	Sem 2	29	3
	Sem 3	21	
	Sem 4	21	1
Mayo	Sem 1	34	
	Sem 2	27	2
	Sem 3	24	
	Sem 4	39	1
Junio	Sem 1	21	
	Sem 2	40	
	Sem 3	27	2
	Sem 4	38	
Julio	Sem 1	32	1
	Sem 2	21	
	Sem 3	40	1
	Sem 4	33	

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Compresor de aire			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	34	
	Sem 2	30	
	Sem 3	20	1
	Sem 4	30	
Mayo	Sem 1	25	
	Sem 2	28	3

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Cepillo			
Mes	Semana	Horas operación	N° Fallas
Abril	Sem 1	31	
	Sem 2	31	1
	Sem 3	35	
	Sem 4	37	3
Mayo	Sem 1	35	1
	Sem 2	38	

	Sem 3	39	3		Sem 3	38	1
	Sem 4	28			Sem 4	24	2
Junio	Sem 1	40		Junio	Sem 1	38	
	Sem 2	33	1		Sem 2	36	
	Sem 3	39	3		Sem 3	28	3
	Sem 4	25			Sem 4	34	
	Sem 1	35	3		Julio	Sem 1	22
Sem 2	20	3	Sem 2	21		3	
Sem 3	35		Sem 3	30			
Sem 4	40	11	Sem 4	22			

Anexo N° 03. Tiempo de reparaciones de las máquinas

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA MANDRILADORA				PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Grande			
Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct	Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1	14	3	Abril	Sem 1	9	2
	Sem 2				Sem 2	11	3
	Sem 3				Sem 3		
	Sem 4	11	2		Sem 4	12	3
Mayo	Sem 1			Mayo	Sem 1		
	Sem 2	9	2		Sem 2	15	3
	Sem 3				Sem 3		
	Sem 4	10	4		Sem 4	15	3
Junio	Sem 1			Junio	Sem 1	8	2
	Sem 2	13	3		Sem 2	13	4
	Sem 3				Sem 3	11	2
	Sem 4	9	2		Sem 4		
Julio	Sem 1			Julio	Sem 1	12	3
	Sem 2	10	2		Sem 2		
	Sem 3				Sem 3		
	Sem 4	11	3		Sem 4	9	2

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Plegadora				PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - VDF			
Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct	Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct

Abril	Sem 1			Abril	Sem 1	10	2
	Sem 2	12	2		Sem 2	13	3
	Sem 3				Sem 3		
	Sem 4	10	2		Sem 4	15	3
Mayo	Sem 1			Mayo	Sem 1		
	Sem 2				Sem 2		
	Sem 3	14	4		Sem 3	14	3
	Sem 4				Sem 4		
Junio	Sem 1	12	2	Junio	Sem 1		
	Sem 2	8	2		Sem 2	8	3
	Sem 3	11	2		Sem 3		
	Sem 4				Sem 4	13	4
Julio	Sem 1	14	4	Julio	Sem 1		
	Sem 2				Sem 2	9	2
	Sem 3	9	2		Sem 3		
	Sem 4	9	3		Sem 4	8	2

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresadora Universal - Mediana			
Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1	13	3
	Sem 2	15	3
	Sem 3		
	Sem 4	14	4
Mayo	Sem 1	13	3
	Sem 2		
	Sem 3	10	2
	Sem 4	13	3
Junio	Sem 1		
	Sem 2	13	5
	Sem 3	15	4
	Sem 4	13	4
Julio	Sem 1		
	Sem 2	11	2
	Sem 3		
	Sem 4	13	5

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Fresado Vertical			
Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1		
	Sem 2		
	Sem 3	9	3
	Sem 4	14	3
Mayo	Sem 1		
	Sem 2	12	3
	Sem 3		
	Sem 4	10	2
Junio	Sem 1		
	Sem 2	15	3
	Sem 3	8	2
	Sem 4		
Julio	Sem 1	13	3
	Sem 2	12	4
	Sem 3	9	3
	Sem 4		

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Torno Horizontal - TOS

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1	11	3
	Sem 2		
	Sem 3	10	2
	Sem 4		
Mayo	Sem 1	15	4
	Sem 2		
	Sem 3		
	Sem 4		
Junio	Sem 1		
	Sem 2	15	4
	Sem 3		
	Sem 4	13	3
Julio	Sem 1	9	2
	Sem 2		
	Sem 3		
	Sem 4		

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Guillotina

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1	13	4
	Sem 2		
	Sem 3	11	3
	Sem 4		
Mayo	Sem 1		
	Sem 2	15	4
	Sem 3		
	Sem 4	12	3
Junio	Sem 1		
	Sem 2	14	3
	Sem 3		
	Sem 4	11	3
Julio	Sem 1	11	3
	Sem 2		
	Sem 3		
	Sem 4		

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Taladro Radial

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1		
	Sem 2	12	4
	Sem 3		
	Sem 4	12	3
Mayo	Sem 1		
	Sem 2	15	4
	Sem 3	12	3
	Sem 4		
Junio	Sem 1		
	Sem 2	11	3
	Sem 3	11	2
	Sem 4		
Julio	Sem 1	14	3
	Sem 2		
	Sem 3	13	4
	Sem 4		

PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA MÁQUINA Roladora

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1		
	Sem 2	14	3
	Sem 3		
	Sem 4	8	3
Mayo	Sem 1		
	Sem 2	13	3
	Sem 3		
	Sem 4	12	3
Junio	Sem 1		
	Sem 2		
	Sem 3	13	3
	Sem 4		
Julio	Sem 1	12	3
	Sem 2		
	Sem 3	12	2
	Sem 4		

**PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA
MÁQUINA Compresor de aire**

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1		
	Sem 2		
	Sem 3	11	3
	Sem 4		
Mayo	Sem 1		
	Sem 2	10	4
	Sem 3	15	3
	Sem 4		
Junio	Sem 1		
	Sem 2	11	3
	Sem 3	13	4
	Sem 4		
Julio	Sem 1	8	2
	Sem 2	13	3
	Sem 3		
	Sem 4	13	3

**PERFIL DE OPERATIVIDAD EN HORAS DE LA
MÁQUINA Cepillo**

Mes	Semana	Tiempo reparac	N° reparac correct
Abril	Sem 1		
	Sem 2	10	2
	Sem 3		
	Sem 4	11	3
Mayo	Sem 1	13	3
	Sem 2		
	Sem 3	14	3
	Sem 4	8	2
Junio	Sem 1		
	Sem 2		
	Sem 3	11	4
	Sem 4		
Julio	Sem 1		
	Sem 2	8	2
	Sem 3		
	Sem 4		

Anexo N° 04. Validación de cuestionario

PRE EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Con la finalidad de efectuar un diagnóstico de las condiciones actuales de mantenimiento de motores electrónicos diésel en el área de maquinaria de la empresa Industrias HVA S.R.L. se aplica el siguiente cuestionario, por lo que se le pide total sinceridad en su respuesta, ya que es de suma importancia.

Planificación del mantenimiento		Si	A veces	No
1	La estructura organizacional del proceso de mantenimiento actual permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz			
2	Cree Usted que sea necesario un cambio en la estructura del plan de mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo			
3	El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa recibe una preparación constante			
4	Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento			
Organización del mantenimiento		Si	A veces	No
5	El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento			
6	Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria			
7	Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria			
8	Se brinda una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección			
Registro y control de las actividades		Si	A veces	No
9	Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento			
10	La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas			
11	Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento			
12	El manejo de los desechos (sólidos, líquidos) de la maquinaria es el correcto para el cuidado del medio ambiente			

Planificación del mantenimiento		Sí	A veces	No
1	La estructura Organizacional del plan de mantenimiento permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz			
2	Cree el cambio en la estructura del plan de mantenimiento permitió una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo			
3	El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa recibe una preparación constante			
4	Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento			
Organización del mantenimiento		Sí	A veces	No
5	El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento			
6	Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y correctivo para la maquinaria			
7	Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria			
8	Se brindó una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección			
Registro y control de las actividades		Sí	A veces	No
9	Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento			
10	La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas			
11	Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento			
12	El manejo de los desechos (sólidos, líquidos) de la maquinaria es el correcto para el cuidado del medio ambiente			



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Ing. Rodrigo Vásquez Vásquez
 Institución donde labora : Corporación técnica de inspección vehicular S.A.C
 Especialidad : Ingeniero mecánico
 Instrumento de evaluación : Cuestionario
 Autor (s) del instrumento (s) : Cruzado Vásquez Genderson, Heredia Ruiz Jhony, Vargas
 Cordova Adonias, Ojeda Alberca, Elki.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los items están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los items del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
ORGANIZACIÓN	Los items del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a las variables de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los items del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los items del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los items del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los items del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los items concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente", sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

IV. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Elia Anacely Córdova Calle
 Institución donde labora : Docente en Universidad Nacional de San Martín y Universidad Cesar Vallejo
 Especialidad : Magister en Economía
 Instrumento de evaluación : Cuestionario
 Autor (s) del instrumento (s) : Cruzado Vásquez Genderson, Heredia Ruiz Jhony, Vargas Córdova Adonias, Ojeda Alberca, Elki.

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a las variables de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL					48	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

el instrumento es aplicable para la investigación.

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : ing. Edson Vargas Macedo
 Institución donde labora : municipalidad provincial de lamas
 Especialidad : Ingeniero mecánico
 Instrumento de evaluación : Cuestionario
 Autor (s) del instrumento (s) : Cruzado Vásquez Genderson, Heredia Ruiz Jhony, Vargas
 Córdova Adonias, Ojeda Alberca, Elki.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los items están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los items del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores , en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
ORGANIZACIÓN	Los items del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a las variables de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación					X
SUFICIENCIA	Los items del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los items del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los items del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los items del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: Mantenimiento preventivo, correctivo de motores .					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los items concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL.						49

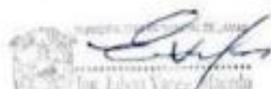
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

el instrumento es aplicable para la investigación.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49



Ing. Edson Vargas Macedo

Tarapoto, 18 de mayo de 2015

Anexo N° 05: Visita a las áreas de la empresa





Anexo N° 06: Registros de máquinas de la empresa Metal Industris HVA

METAL INDUSTRIA HVA		HOJA DE VIDA DE MÁQUINAS											
Tipo de máquina: Fresadora Universal – Mediana						Fecha: 12/10/21		Presión de trabajo: 3000 Psi				Capacidad de trabajo: 30 Toneladas	
Fecha	Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO			
	A	B	C	D		1	2	3					
8/04/2021	X				1129			X	6	\$58.00			
15/04/2021					1132			X	4	\$50.00			
26/04/2021		X			1138			X	3	\$66.00			
5/05/2021					1145			X	5	\$49.00			
16/05/2021		X			1152			X	10	\$41.00			
24/05/2021					1154			X	10	\$57.00			
1/06/2021				X	1157			X	6	\$49.00			
8/06/2021					1162		X		5	\$49.00			
20/06/2021	X				1167		X		7	\$47.00			
28/06/2021			X		1172		X		8	\$49.00			
10/07/2021					1174		X		4	\$49.00			
17/07/2021					1179		X		4	\$53.00			
28/07/2021		X			1184		X		8	\$61.00			
4/08/2021					1191		X		9	\$45.00			
11/08/2021	X				1193		X		4	\$45.00			
23/08/2021			X		1196		X		5	\$48.00			
1/09/2021				X	1201		X		9	\$69.00			
11/09/2021	X				1205		X		5	\$58.00			

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA



METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
CALLE 100 N° 1000
CAJAMARCA - PERÚ

METAL INDUSTRIA HVA		HOJA DE VIDA DE MÁQUINAS											
Tipo de máquina: Fresadora Universal – Grande						Fecha: 12/10/21		Presión de trabajo: 3000 Psi				Capacidad de trabajo: 30 Toneladas	
Fecha	Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO			
	A	B	C	D		1	2	3					
6/04/2021	X				1127			X	9	\$61.00			
14/04/2021					1132			X	4	\$60.00			
26/04/2021		X			1138			X	9	\$48.00			
8/05/2021					1141			X	5	\$63.00			
15/05/2021		X			1146			X	6	\$53.00			
23/05/2021					1152			X	6	\$58.00			
2/06/2021				X	1155			X	8	\$51.00			
9/06/2021					1160		X		6	\$55.00			
18/06/2021	X				1162		X		4	\$67.00			
26/06/2021			X		1167		X		4	\$41.00			
8/07/2021					1173		X		6	\$43.00			
18/07/2021					1176		X		10	\$65.00			
27/07/2021		X			1178		X		3	\$57.00			
5/08/2021					1184		X		5	\$36.00			
15/08/2021	X				1191	X			4	\$65.00			
24/08/2021			X		1197	X			8	\$43.00			
3/09/2021				X	1204	X			8	\$53.00			
13/09/2021	X				1206	X			4	\$53.00			

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA



METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
CALLE 100 N° 1000
CAJAMARCA - PERÚ

Fecha		Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO
		A	B	C	D		1	2	3		
Tipo de máquina: Guillotina											
						Fecha: 12/10/21	Presión de trabajo: 3000 Psi				
						Capacidad de trabajo: 30 Toneladas					
7/04/2021	X					1131	X			10	\$57.00
19/04/2021						1137	X			8	\$52.00
28/04/2021		X				1144	X			5	\$56.00
10/05/2021						1148	X			8	\$38.00
18/05/2021		X				1152		X		10	\$47.00
28/05/2021						1156		X		3	\$70.00
9/06/2021				X		1159		X		8	\$50.00
17/06/2021						1162		X		5	\$62.00
25/06/2021	X					1164	X			10	\$50.00
2/07/2021			X			1170	X			9	\$45.00
12/07/2021						1173		X		10	\$43.00
21/07/2021						1180		X		5	\$61.00
2/08/2021		X				1184		X		4	\$61.00
9/08/2021						1189	X			9	\$64.00
16/08/2021	X					1195	X			5	\$57.00
25/08/2021			X			1200			X	3	\$38.00
4/09/2021				X		1204			X	5	\$48.00
15/09/2021	X					1207			X	9	\$35.00

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
Jorge Alejandro
GERENTE GENERAL

Fecha		Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO
		A	B	C	D		1	2	3		
Tipo de máquina: Mandriladora											
						Fecha: 12/10/21	Presión de trabajo: 3000 Psi				
						Capacidad de trabajo: 30 Toneladas					
4/04/2021	X					1125			X	4	\$60.00
11/04/2021						1132			X	10	\$60.00
21/04/2021		X				1137			X	9	\$56.00
29/04/2021						1139			X	8	\$53.00
6/05/2021		X				1144			X	8	\$35.00
18/05/2021						1146			X	5	\$44.00
27/05/2021				X		1152			X	4	\$60.00
7/06/2021						1154		X		7	\$65.00
19/06/2021	X					1159		X		3	\$39.00
1/07/2021			X			1161		X		3	\$44.00
8/07/2021						1168		X		10	\$67.00
19/07/2021						1170		X		4	\$65.00
31/07/2021		X				1173		X		10	\$54.00
10/08/2021						1176		X		6	\$57.00
21/08/2021	X					1178		X		8	\$62.00
1/09/2021			X			1181		X		4	\$47.00
12/09/2021				X		1185		X		7	\$35.00
19/09/2021	X					1192		X		4	\$49.00

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
Jorge Alejandro
GERENTE GENERAL

Fecha		Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO
		A	B	C	D		1	2	3		
9/04/2021	X					1131	X			9	\$36.00
16/04/2021						1134	X			4	\$49.00
26/04/2021		X				1137	X			5	\$49.00
5/05/2021						1139	X			4	\$48.00
14/05/2021		X				1141	X			8	\$46.00
23/05/2021						1145	X			10	\$39.00
3/06/2021					X	1147	X			9	\$55.00
15/06/2021						1150	X			10	\$61.00
25/06/2021	X					1153		X		4	\$37.00
2/07/2021				X		1157		X		10	\$58.00
9/07/2021						1159		X		9	\$38.00
20/07/2021						1165		X		9	\$42.00
30/07/2021		X				1170		X		6	\$57.00
9/08/2021						1174		X		6	\$70.00
17/08/2021	X					1178		X		8	\$41.00
24/08/2021				X		1182			X	9	\$49.00
3/09/2021					X	1186			X	4	\$54.00
13/09/2021	X					1191			X	3	\$48.00

CONVENCIONES TECNICAS

A: Electrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
John J. Alcázar
GERENTE GENERAL

METAL INDUSTRIA HVA										HOJA DE VIDA DE MÁQUINAS	
Tipo de máquina: Roladora					Fecha: 12/10/21		Presión de trabajo: 3000 Psi			Capacidad de trabajo: 30 Toneladas	
Fecha	Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTO	
	A	B	C	D		1	2	3			
9/04/2021	X				1131	X			8	\$63.00	
19/04/2021					1136	X			3	\$43.00	
1/05/2021		X			1140	X			8	\$61.00	
13/05/2021					1147	X			3	\$55.00	
25/05/2021		X			1153	X			10	\$61.00	
6/06/2021					1155	X			9	\$56.00	
18/06/2021				X	1160		X		6	\$39.00	
29/06/2021					1162		X		10	\$68.00	
6/07/2021	X				1166		X		6	\$49.00	
14/07/2021			X		1170			X	10	\$41.00	
22/07/2021					1174			X	10	\$35.00	
29/07/2021					1177			X	5	\$37.00	
9/08/2021		X			1179			X	10	\$53.00	
17/08/2021					1184			X	3	\$53.00	
26/08/2021	X				1189		X		7	\$40.00	
6/09/2021			X		1193		X		5	\$59.00	
17/09/2021				X	1198		X		7	\$42.00	
26/09/2021	X				1202		X		7	\$60.00	

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León

Departamento de mantenimiento

METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
Carlos Pretel León
Jefe del Área Alcega
GERENTE GENERAL

METAL INDUSTRIA HVA										HOJA DE VIDA DE MÁQUINAS	
Tipo de máquina: Torno Horizontal - VDF					Fecha: 12/10/21		Presión de trabajo: 3000 Psi			Capacidad de trabajo: 30 Toneladas	
Fecha	Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTO	
	A	B	C	D		1	2	3			
7/04/2021	X				1131	X			5	\$42.00	
19/04/2021					1138	X			5	\$53.00	
30/04/2021		X			1143	X			8	\$67.00	
12/05/2021					1150	X			9	\$52.00	
22/05/2021		X			1157		X		6	\$43.00	
3/06/2021					1162		X		10	\$58.00	
10/06/2021				X	1169		X		8	\$39.00	
17/06/2021					1176		X		5	\$56.00	
26/06/2021	X				1180		X		4	\$68.00	
8/07/2021			X		1185		X		9	\$56.00	
19/07/2021					1188		X		4	\$63.00	
31/07/2021					1192		X		3	\$36.00	
12/08/2021		X			1195		X		10	\$40.00	
21/08/2021					1200	X			4	\$63.00	
28/08/2021	X				1204	X			6	\$48.00	
9/09/2021			X		1208	X			6	\$35.00	
19/09/2021				X	1211	X			4	\$69.00	
30/09/2021	X				1215	X			10	\$53.00	

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León

Departamento de mantenimiento

METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
Carlos Pretel León
Jefe del Área Alcega
GERENTE GENERAL

Fecha		Localización de la falla				ORDEN N°	TIPO DE MTO			Hrs de máquina parada	Valor Repuestos MTTO
		A	B	C	D		1	2	3		
9/04/2021	X					1131	X			10	\$47.00
16/04/2021						1133	X			3	\$35.00
26/04/2021			X			1140	X			5	\$38.00
7/05/2021						1144	X			6	\$58.00
17/05/2021			X			1150	X			3	\$52.00
27/05/2021						1153	X			9	\$61.00
3/06/2021					X	1155	X			5	\$54.00
11/06/2021						1162			X	9	\$66.00
21/06/2021	X					1167			X	8	\$58.00
3/07/2021				X		1169			X	7	\$43.00
11/07/2021						1171			X	6	\$61.00
23/07/2021						1174		X		6	\$60.00
2/08/2021			X			1178		X		7	\$53.00
11/08/2021						1181		X		7	\$66.00
23/08/2021	X					1186		X		9	\$54.00
3/09/2021				X		1190		X		7	\$69.00
15/09/2021					X	1196		X		4	\$42.00
23/09/2021	X					1203		X		8	\$62.00

CONVENCIONES TECNICAS

A: Eléctrico

B: Mecánico

Elaboró: Carlos Pretel León
Departamento de mantenimiento
METAL INDUSTRIA HVA

METAL INDUSTRIA HVA S.R.L.
From the Machine
GERENTE GENERAL