

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS DE
MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE LA
EMPRESA VEPROIND**

Trabajo de Titulación para optar al
Título
de Ingeniero en mantenimiento
industrial

Alumno:
Sebastian David Muñoz Tenorio

Profesor Guía:
Ing. Juan Figueroa Cohn

DEDICATORIA

Agradecimientos:

A toda mi familia por el apoyo otorgado en todo este tiempo.

A la familia de mi pareja por el apoyo brindado en todo

Momento que pasé junto a ellos.

A mi pareja por cada momento junto a ella, por la paciencia, la ayuda, el ánimo que siempre me ha dado sobre todo en los momentos de cansancio y estrés, por eso y mucho más.

A los profesores que se encargaron de enseñar y guiarme para ser un buen profesional a futuro, entregando tanto conocimientos, como enseñanzas.

A mis compañeros y/o amigos que me acompañaron en esta etapa.

A todos y cada uno de ellos muchas gracias por hacer de esta, una etapa mucho más agradable.

RESUMEN

El presente trabajo de título se centra en los equipos de la empresa Veproind, la cual está especializada en la fabricación de piezas de repuestos para diferentes empresas del área industrial. En esta empresa hay cuatro equipos de los cuales 2 son equipos principales (torno y fresadora) que trabajan en paralelo o en serie según el tipo de piezas que se fabrican, los otros dos (fresadoras) se encuentran a la espera de que aumente la demanda de productos o bien que la fresadora principal falle.

Los 2 equipos principales trabajan a su vez con herramientas y máquinas de apoyo. Primeramente, se debe realizar una evaluación de los equipos, para esto se analizará cada componente mediante una herramienta de análisis (AMEF) en base a toda la información compilada. Luego a todos los datos ordenados dentro de la herramienta antes mencionada, se le otorgará una calificación (NPR) que nos permite determinar las prioridades para cada componente del equipo según algunos parámetros definidos.

Una vez culmine la etapa de calificación de los componentes a analizar de cada equipo, se procederá a ordenar los resultados obtenidos con el fin de poder identificar la prioridad de cada uno para así poder crear un plan de mantenimiento enfocado en las calificaciones obtenidas, cabe destacar que aquello además se complementará con herramientas tales como histogramas y diagramas de Pareto.

Luego realizar los pasos anteriores, se procederá a realizar una evaluación económica considerando todos los costos asociados al plan de mantenimiento propuesto.

INDICE

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA..... 19

SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA 19

2021 19

RESUMEN 21

INDICE 22

ÍNDICE DE TABLAS 4

SIGLA Y SIMBOLOGÍA..... 5

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 2

 OBJETIVO GENERAL..... 2

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SUS PROPÓSITOS 4

 1.1.1. Productos 6

 1.1.2. Materias primas..... 6

 1.2. LAYOUT TALLER EMPRESA VEPROIND 7

 1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA 8

 1.3.1. Proceso de fabricación de algunos productos 9

 1.4. TORNO 11

 1.4.1. Motor eléctrico del torno..... 13

 1.4.2. Transmisión 14

 1.4.3. Tren de engranes 15

 1.4.4. Bomba de refrigerante..... 16

 1.4.5. Tornillo de avance..... 18

 1.4.6. Lubricación 19

 1.5. FRESADORA 21

 1.5.1. Motor eléctrico fresadora 24

 1.5.2. Tren de engranes 26

 1.5.3. Tornillo de avance mesa de trabajo..... 26

 1.5.4. Sistema de refrigeración..... 27

 1.5.5. Lubricación 28

 1.6. DIAGNÓSTICO..... 29

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 30

 2.1. MANTENIMIENTO 30

 2.1.1. Tipos de mantenimiento..... 31

 2.1.2. Plan de mantenimiento..... 33

2.2.	APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	36
2.2.1.	Análisis de componentes rotativos.....	36
2.2.2.	Inspecciones.....	37
2.2.3.	Lubricación	37
2.3.	ELEMENTOS ROTATIVOS	40
2.3.1.	Rodamientos	40
2.3.2.	Transmisión de potencia	43
2.3.3.	Transmisión por correas.....	43
2.4.	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF).....	46
CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN		48
3.1.	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INVOCRADOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO 48	
3.2.	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	49
3.2.1.	Torno paralelo.....	49
3.2.2.	Fresadora vertical.....	50
3.3.	TABLAS PARA CALIFICAR LOS COMPONENTES SEGÚN UNCRITERIO NPR 51	
3.4.	ANÁLISIS DE MODOS DE EFECTOS DE FALLA PARA LOSCOMPONENTES DE LOS EQUIPOS	53
3.4.1.	Correas de transmisión.....	55
3.4.2.	Engranajes.....	57
3.4.3.	Sistema eléctrico	59
3.4.4.	Sistema de refrigeración	61
3.4.5.	Tornillo de avance	63
3.4.6.	Bancada.....	65
3.5.	PLAN DE MANTENIMIENTO	69
3.5.1.	Diario	69
3.5.2.	Mensual.....	69
3.5.3.	Semestral.....	70
3.5.4.	Anual.....	70
3.5.5.	Correctivo	71
CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA		72
4.1.	COSTOS DE LA PROPUESTA	72
4.1.1.	Costo mantenimiento mensual.....	74
4.1.2.	Costo mantenimiento semestral	74
4.1.3.	Costo mantenimiento anual	75
4.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA PROPUESTA	76
4.2.1.	Análisis mensual	76
4.1.1.	Análisis semestral	76
4.1.2.	Análisis anual.....	77
CONCLUSIÓN.....		78

RECOMENDACIONES..... 79

BIBLIOGRAFÍA 80

LINKOGRAFÍA 81

ANEXOS 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Organigrama empresa	5
Figura 1-2	Proceso de la empresa Veproind.....	5
Figura 1-3	Layout del taller	7
Figura 1-4	Componentes torno paralelo	12
Figura 1-5	Correas de transmisión.....	14
Figura 1-6	Caja engranajes	15
Figura 1-7	Bomba sistema refrigeración	16
Figura 1-8	Componentes de la caja de maniobras del torno.....	18
Figura 1-9	Carro portaherramientas.....	18
Figura 1-10	Propiedades lubricantes.....	20
Figura 1-11	Fresadora Principal.....	21
Figura 1-12	Fresadora secundaria.....	21
Figura 1-13	Componentes fresadora.....	23
Figura 1-16	Motor fresadora.....	24
Figura 1-17	Placa de identificación motor eléctrico.....	25
Figura 1-18	mesa de trabajo.....	26
Figura 1-19	bomba de refrigeración	27
Figura 2-1	Partes principales de un rodamiento	41
Figura 2-2	Causas de fallo en un rodamiento	42
Figura 2-3	Tensión de correas.....	45
Figura 3-1	Elementos del sistema productivo.....	48
Figura 3-2	Componentes torno	49
Figura 3-3	Componentes fresadora.....	50
Figura 3-4	Parámetros para calificar ocurrencia.....	51
Figura 3-5	Parámetros para calificar detectabilidad	52
Figura 3-6	Parámetros para calificar severidad.....	52

Figura 3-7	AMEF motor eléctrico	53
Figura 3-8	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	53
Figura 3-9	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Motor eléctrico	54
Figura 3-10	Diagrama de Pareto	54
Figura 3-11	AMEF Correas de transmisión.....	55
Figura 3-12	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	55
Figura 3-13	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Correas de transmisión	56
Figura 3-14	Diagrama de Pareto.....	56
Figura 3-15	AMEF Engranajes.....	57
Figura 3-16	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	57
Figura 3-17	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Engranajes	58
Figura 3-18	Diagrama de Pareto.....	58
Figura 3-19	AMEF Sistema eléctrico	59
Figura 3-20	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	59
Figura 3-21	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Sist. eléctrico	60
Figura 3-22	Diagrama de Pareto.....	60
Figura 3-23	AMEF Sistema refrigeración	61
Figura 3-24	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	61
Figura 3-25	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Sist. refrigeración	62
Figura 3-26	Diagrama de Pareto.....	62
Figura 3-27	AMEF Tornillo de avance.....	63
Figura 3-28	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	63
Figura 3-29	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Tornillo de avance	64
Figura 3-30	Diagrama de Pareto.....	64
Figura 3-31	AMEF Bancada.....	65
Figura 3-32	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	65
Figura 3-33	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto Bancada	66
Figura 3-34	Diagrama de Pareto.....	66
Figura 3-35	Calificación (NPR) de los modos de falla.....	67
Figura 3-36	Tabla de frecuencias para Diagrama de Pareto todos los componentes	67

Figura 3-37 Diagrama Pareto de todos los componentes	68
Figura 3-38 Plan de mantenimiento diario	69
Figura 3-39 Plan de mantenimiento mensual.....	69
Figura 3-40 Plan de mantenimiento semestral.....	70
Figura 3-41 Plan de mantenimiento anual	70
Figura 3-42 Plan de mantenimiento correctivo.....	71
Figura 4-1 Costos repuestos.....	72
Figura 4-2 Costos artículos de limpieza	72
Figura 4-3 Costos EPP.....	73
Figura 4-4 Valor HH.....	73
Figura 4-5 Costos mantenimiento mensual.	74
Figura 4-6 Costos mantenimiento semestral.....	74
Figura 4-7 Costos mantenimiento anual.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Proceso productivo Veproind por etapas.....	8
Tabla 1-2	Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas	9
Tabla 1-3	Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas	10
Tabla 1-4	Especificaciones técnicas torno paralelo convencional STERK	11
Tabla 1-5	Identificación motor del torno	13
Tabla 1-6	Identificación correa 17X1775 B-70	14
Tabla 1-7	Identificación motor de la bomba refrigerante	17
Tabla 1-8	Listado de lubricantes recomendados.....	19
Tabla 1-9	Especificaciones técnicas Fresadora Sterk ZX-6350Z	22
Tabla 1-10	Identificación motor de la fresadora.....	25
Tabla 1-11	Identificación bomba de refrigeración.....	27
Tabla 1-12	Frecuencia de lubricación.....	28
Tabla 3-1	Elementos de apoyo.....	48

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

cm³: centímetro cúbico.

m: metro.

DF: Fuerza de deflexión.

TL: Tramo libre en metros.

C: Distancia entre centros en mm.

D: Diámetro de la polea mayor en mm.

d: Diámetro de la polea menor en mm.

μ : viscosidad dinámica o absoluta.

cP: centiPoises.

cSt: centiStoke.

SSU: segundo Symbolt Universal.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad realizar planes de mantenimiento es vital para cualquier tipo de empresa de producción, tanto a pequeña como gran escala. Esto se da, puesto que un buen plan de mantenimiento puede ayudar a predecir, prevenir o corregir fallas ahorrando en tiempo y costos asociados a este

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama se está inmerso y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia [2]

Actualmente el mantenimiento busca aumentar y confiabilizar la producción; aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por computador y el mantenimiento basado en la confiabilidad [3].

El presente trabajo de título tiene el propósito de realizar mejoras en la empresa Veproind, todo esto creando un plan de mantenimiento el cual asegure la mayor disponibilidad y confiabilidad de los equipos, además de asegurar la calidad de los productos terminados y seguridad para los trabajadores de la empresa.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de un plan de mantenimiento a los equipos de la empresa Veproind.

Objetivos específicos

- Realizar levantamiento de los equipos para obtener un diagnóstico del proceso productivo de la empresa.
- Diseñar una propuesta de plan de mantenimiento a los equipos de la empresa Veproind.
- Aplicar técnicas de gestión de mantenimiento.
- Realizar una evaluación económica de la propuesta de mantenimiento.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo de título se realiza basado en la gran problemática que poseen muchas pequeñas empresas emergentes, la falta de un plan de mantenimiento para los equipos que respalde sus operaciones crea un entorno de incertidumbre sobre la condición de sus equipos durante la producción.

Para sugerir un curso de acción adecuado en materia de mantenimiento, Veproind actualmente confía en mantener sus activos para reparar fallas cuando ocurren, lo que ahora se llama mantenimiento para reparaciones no programadas, es necesario revisar el estado actual de dicha empresa con el fin de cobrar y Aclarar los puntos críticos de los equipos que afectan la producción, por lo que será. Lo primero es realizar una investigación técnica sobre el proceso de fabricación que está desarrollando la organización, y luego detallar la solución específica para el negocio.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SUS PROPÓSITOS

La empresa Veproind, se encuentra ubicada en la ciudad de Concepción, iniciando sus actividades en agosto del 2015 Veproind se ha propuesto como una nueva alternativa en la región para brindar soluciones a las diversas necesidades del complejo industrial.

Esta empresa está compuesta principalmente por dos áreas:

- **Administrativa:** Esta parte se encarga de gestionar los trabajos a realizar, recibiendo, planificando y ordenando los trabajos priorizando siempre la urgencia de dichos trabajos y las órdenes de compra para dar cumplimiento a las fechas establecidas de entrega de los productos.
- **Producción:** Esta parte se encarga de recibir las órdenes de trabajos de la parte administrativa para fabricar los productos solicitados y cumplir con los plazos establecidos, esta parte se compone de 2 operarios.

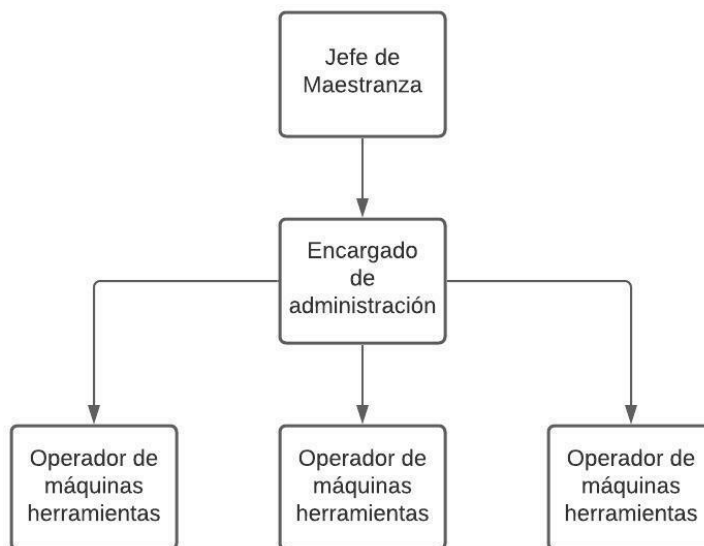


Figura 1-1 Organigrama empresa

Fuente: Elaboración propia



Figura 1-2 Proceso de la empresa Veproind

Fuente: Elaboración propia

1.1.1. Productos

Veproind EIRL, empresa contratista ubicada en la ciudad de Concepción se dedica a la fabricación de los siguientes repuestos obtenidos a partir del mecanizado de materias primas:

- Zapatas de bronce.
- Mordazas de bronce.
- Eslabones para carros de colada (cliente: CAP).
- Transportadores de cenizas (cliente: CMPC).
- Conectores de Polipropileno para caldera (cliente: CMPC)

1.1.2. Materias primas

La empresa citada en el presente trabajo de título fabrica los repuestos de las siguientes materias primas:

- Polímeros (Polipropileno, Ertalon, PVC, Technyl)
- Piezas fundición.
- Aceros SAE-1045, SAE-1020 como los más comunes.
- Bronce
- Acero Inoxidable 304.
- Aluminio.

1.2. LAYOUT TALLER EMPRESA VEPROIND

La siguiente imagen muestra la empresa desde un punto de vista superior, en el que se puede apreciar la disposición de los equipos que se encuentran en la empresa, estos equipos fueron ubicados por el jefe de la maestranza, ubicándolos de tal forma que no se entorpezcan y puedan trabajar incluso de forma simultánea trabajando de forma limpia y además dando seguridad a los operarios de estos.

Se observan las máquinas de la siguiente forma:

1: Fresadora Principal.

2 y 3: Fresadoras secundarias.

4: Torno convencional.

5: Sierra de Huincha

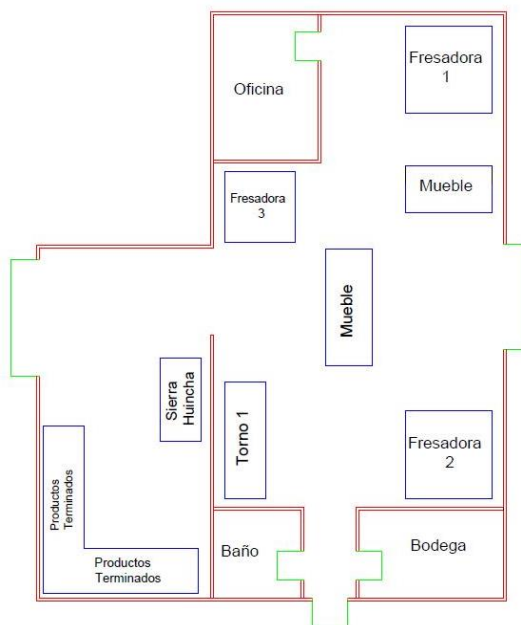


Figura 1-3 Layout del taller

Fuente: AutoCAD

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

Tabla 1-1 Proceso productivo Veproind por etapas

Etapas	Procedimiento
Cotización y factibilidad	El cliente solicita el valor monetario de un servicio en específico. Se debe analizar la disponibilidad en la que se encuentra la organización en ese momento para luego enviar vía e-mail una cotización del servicio solicitado anteriormente por el cliente.
2. Respuesta	Una vez que el cliente revisa la cotización enviada, este decide si procede a realizar una orden formal de compra.
3. Stock	En base a la orden de compra formal se solicita la materia prima necesarias para la posterior fabricación.
4. Fabricación	Se debe hacer llegar el plano e información de la orden de compra a los encargados de producción, generalmente los planos están hechos, en caso de no estarlo se solicita la elaboración de este. Mediante maquinaria industrial (torno y fresadora) se mecaniza la materia prima a la forma real del repuesto solicitado. El repuesto pasa por la etapa de mecánica de banco, donde se libera de cualquier impureza, además controla por última vez las dimensiones del pedido
5. Despacho	Para finalizar la orden de compra el repuesto debe ser almacenado de forma que no sufra ningún contratiempo ni desperfecto en el traslado al cliente. En ocasiones y dependiendo del pedido que haya sido solicitado se selecciona, si este pedido será trasladado por la misma empresa o por otra empresa contratista.

Fuente: Empresa Veproind EIRL

1.3.1. Proceso de fabricación de algunos productos

A continuación, se presenta una hoja de ruta en la que se detalla las operaciones realizadas para fabricar la pieza descrita, cabe destacar que en este caso el equipo principal para fabricar estas piezas es el torno convencional.

Tabla 1-2 Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas

Hoja de ruta				
Pieza		Material		Fecha
Conectores 5/8"		Polipropileno		04 de octubre de 2021
Cantidad		N° plano		N° pieza
60 unidades		PLVEP-82019-0004		
N°	Operación	Equipo	Etapas	Descripción
1	Refrentado y dimensionado Ø 28 X 73 largo	torno	1	Dimensiones en mm.
2	Perforación Ø 6 pasante	torno	2	Dimensiones en mm.
3	Dimensionado Ø 22 x 27 largo	torno	3A	Dimensiones en mm.
4	Dimensionado Ø 22 x 27 largo	torno	3B	Dimensiones en mm.
5	Roscado 1/2" X 14G NPT	torno	4A	Dimensiones en pulgadas
6	Roscado 1/2" X 14G NPT	torno	4B	Dimensiones en pulgadas
7	Dimensionado Ø 11 x 13 largo	torno	5	Dimensiones en mm.
8	Conicidad ángulo 3°	torno	6A	Dimensiones en mm.
9	Conicidad ángulo 3°	torno	6B	Dimensiones en mm.
10	Desbaste 2 caras para llave punta corona de 24	Fresadora	7	Dimensiones en mm.

Fuente: Microsoft Excel

Al igual que la hoja de ruta anterior, se demuestra una hoja de ruta detallando las operaciones realizadas para fabricar la pieza descrita, en este caso el equipo principal en la fabricación de esta pieza es la fresadora.

Tabla 1-3 Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas

Hoja de ruta				
Pieza		Material		Fecha
Caja Acumuladora		Technyl		11 de octubre de 2021
Cantidad		N° plano		N° pieza
250 unidades		PLVEP-82019-0009		
N°	Operación	Equipo	Sección	Descripción
1	Desbaste ancho 82	Fresadora	1	Dimensiones en mm.
2	Desbaste largo 162	Fresadora	2	Dimensiones en mm.
3	Desbaste alto 59	Fresadora	3	Dimensiones en mm.
4	Vaciado 55 ancho x 130 largo x 50 de profundidad con fresa de 25	Fresadora	4	Dimensiones en mm.
5	Medida final vaciado 66 ancho x 149 largo x 50 de profundidad con fresa de 18	Fresadora	5	Dimensiones en mm.

Fuente: Microsoft Excel

1.4. TORNO

La empresa en estudio cuenta con un torno paralelo convencional como uno sus principales activos.

El torno mencionado es:

Torno marca STERK modelo BJ-1840D/B

Tabla 1-4 Especificaciones técnicas torno paralelo convencional STERK

	Las especificaciones	Unidad	BJ1840D/B
La capacidad de	Max swing diámetro sobre la cama	Mm	φ458
	Max swing dia de diapositivas	Mm	φ288
	Max swing diámetro en gap	Mm	φ640
	Longitud en gap	Mm	155
	Max longitud de la pieza	Mm	1000
	Max longitud de mecanizado	Mm	900
Husillo	Husillo de diámetro	Mm	φ77
	Tipo de nariz del husillo	No	ISO 702/II N. ° 8 tipo de bloqueo de leva
	Velocidad del husillo de	Rpm	12 Pasos 24-160
	Motor del husillo de	KW	4
Tailstock	Cola quill dia./viaje	Mm	φ55/120
	Diamétrica paso hilos	MT	4
Torreta	Número de estación de herramientas; sección de herramientas	Mm	4; 25X25
Alimentar	Máx. viaje del puesto de herramientas superior/inferior	Mm	120/230
	Longitudinal rango de avance	Mm/r	40. 0,03-0,90
	Roscas Métricas	Mm	53 tipos 0,4-14
	Pulgadas hilos	T p,	40 tipos 2-56
	Módulo de hilos	Y pi; m	44 tipo 0,4-7
	Diamétrica paso hilos	T p-y pi;	32 tipos 4-56
Otros	Motor de la bomba de enfriamiento de poder	KW	0,09
	Longitud	Mm	2250
	Ancho	Mm	980
	Altura	Mm	1210
	Peso	Kg	1750

Fuente: catálogo sterk

Puesto que en el catálogo no aparecía una imagen referencial clara con sus componentes, se procedió a insertar una imagen de un torno con similares características, extraída de Kent USA, todo esto con el fin de poder identificar el equipo y sus componentes principales.

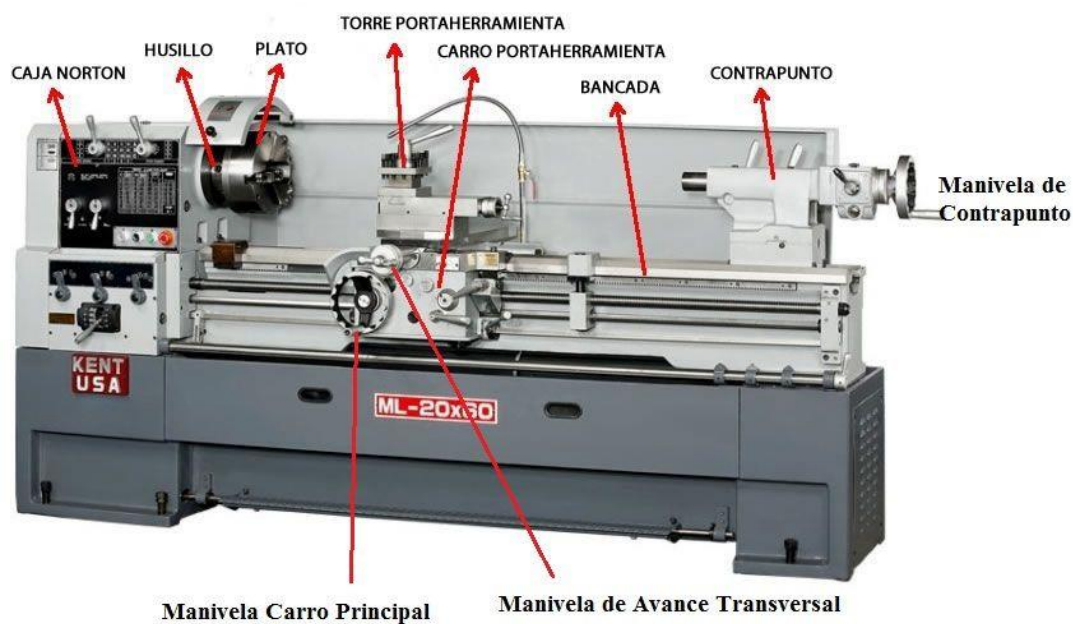


Figura 1-4 Componentes torno paralelo

Fuente: kent.USA

1.4.1. Motor eléctrico del torno

Para obtener los datos e identificar el motor, se procedió a inspeccionar el equipo al momento que este estaba detenido, Además estos datos se compararon con los datos del catálogo encontrado en internet, los cuales coincidieron, por lo tanto, se pudo deducir que el catálogo es el correcto

Tabla 1-5 Identificación motor del torno

TYPE Y112M-4			No
4.0 kW	380 V		50 Hz
CONN triang/YY	8.8 A		INS B3
1440 r/min	BRG No 6206ZZ/CM6206ZZ/CM		COS Φ 0.82
STD Q/XY510.001-2012	IP44	37.9 kg	DATE 2017

Fuente: Maestranza Veproind EIRL

1.4.2. Transmisión

El sistema de transmisión de potencia que posee el torno se basa en 3 correas trapezoidales con revestimiento modelo 17X1775 B-70 de la marca Mitsuboshi, estas conducen la potencia hacia el plato

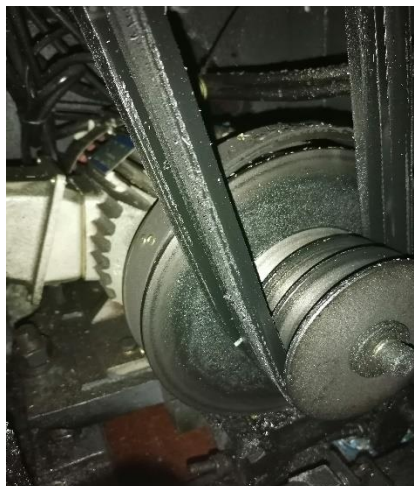


Figura 1-5 Correas de transmisión

Fuente: Taller de la empresa

Tabla 1-6 Identificación correa 17X1775 B-70

Modelo	Ancho (mm)	Alto (mm)	Longitud de paso (mm)	Diámetro mínimo polea (mm)
17X1775	17	11	1815	112

Fuente: Mitsuboshi

1.4.3. Tren de engranes

La caja Norton es un mecanismo compuesto de varios engranajes, que fue inventado y patentado en 1890, que se incorpora a los tornos paralelos y dio solución al cambio manual de engranajes para fijar los pasos de las piezas a rosca.

Esta caja puede constar de varios trenes desplazables de engranajes o bien uno basculante y un cono de engranajes, y conecta el movimiento del cabezal del torno con el carro portaherramientas que lleva incorporado un husillo de rosca cuadrada

El sistema mejor conseguido trata de una caja de cambios con varias cajas reductoras. De esta manera, con la manipulación de varias palancas se alcanzan distintas velocidades de avance de carro portaherramientas, permitiendo roscar una gran variedad de pasos de rosca tanto métricos como Whitworth. Las hay en baño de aceite y en seco, de engranajes tallados de una forma u otra, pero básicamente es una caja de cambios.



Figura 1-6 Caja engranajes

Fuente: Taller de la empresa

1.4.4. Bomba de refrigerante

El sistema de refrigeración se compone principalmente de una bomba modelo YSB-25TH, esta bomba se encarga de trasladar el líquido refrigerante que se encuentra en el estanque a través de un circuito compuesto por tubos y mangueras, esta bomba es accionada por el operador mediante un switch y el flujo es regulado manualmente por el operador mediante una llave.



Figura 1-7 Bomba sistema refrigeración

Fuente: Taller de la empresa

Tabla 1-7 Identificación motor de la bomba refrigerante

Potencia	90W
Frecuencia	50Hz
Voltaje	380V
Amperes	0.32A
Caudal	12 L/min
Revoluciones	2800
	IP44
2016-Y11M	

Fuente: Taller de la empresa

1.4.5. Tornillo de avance

Es el mecanismo que permite hacer varios cambios rápidos, entre la lira y el tornillo patrón o la barra para avances automáticos del carro.

Está constituida de una caja de fundición gris de hierro, con un juego de engranajes selectores que, engranados ordenadamente, permiten una gama de relaciones de transmisión con respecto al husillo, produciendo diferentes velocidades de rotación a la barra y por lo tanto diferentes avances al carro

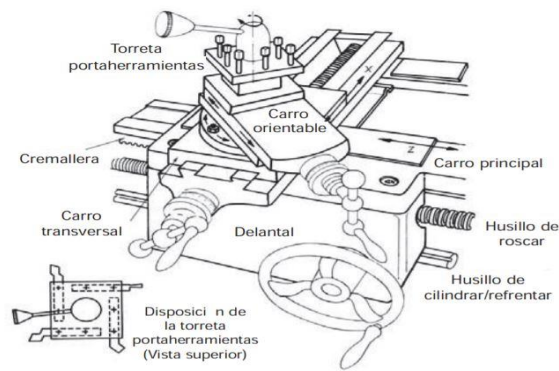


Figura 1-8 Componentes de la caja de maniobras del torno

Fuente: tallerescolanautica



Figura 1-9 Carro portaherramientas

Fuente: Taller Veproind

1.4.6. Lubricación

Los engranajes principales del torno están lubricados por salpicadura. Las otras partes que se deben lubricar manualmente considerando los tipos de lubricante recomendados. El tornillo de avance debe lubricarse con grasa de litio a través de la boquilla de engrase.

Es recomendable que semestralmente se realice una inspección al lubricante para determinar el reemplazo, cambio de lubricante, todo esto según catálogo y plan de mantenimiento realizado.

Tabla 1-8 Listado de lubricantes recomendados

Recomendados	
1	Shell Tellus22
2	Shell Tellus68

Fuente: Catalogo torno

Propiedades Tellus S2 M					
Grado ISO VG (ISO 3448)	22	32	46	68	100
Tipo de aceite ISO	HM	HM	HM	HM	HM
Viscosidad Cinemática (ASTM D445) @ 0°C, cSt @ 40°C, cSt @ 100°C, cSt	180	338	580	1040	1790
	22	32	46	68	100
	4,3	5,4	6,7	8,6	11,1
Índice de Viscosidad (ISO 2909)	100	99	98	97	96
Densidad @ 15°C (ISO 12185), kg/l	0,866	0,875	0,879	0,886	0,891
Punto de Inflamación (ISO 2592) (Cleveland Open Cup), °C	210	218	230	235	250
Punto de Ecurrimiento (ISO 3016), °C	-30	-30	-30	-24	-24

Figura 1-10 Propiedades lubricantes

Fuente: Catálogo Shell Tellus

1.5. FRESADORA

Una fresadora es una máquina-herramienta cuya función es crear piezas de determinadas formas, a través de un proceso de mecanizado de estas, con el uso de una herramienta giratoria llamada fresa. El mecanizado es un modo de manufactura por remoción de material tanto por abrasión como por arranque de viruta.

La empresa en estudio cuenta con tres fresadoras universal, la fresadora principal es marca Sterk modelo ZX-6350Z como uno de sus principales activos ya que la gran mayoría de sus piezas fabricadas son realizadas por esta máquina, las siguientes fresadoras son ambas iguales marca sterk XZ-6326



Figura 1-11 Fresadora Principal
Fuente: Taller Veproind



Figura 1-12 Fresadora secundaria
Fuente: Taller Veproind

Tabla 1-9 Especificaciones técnicas Fresadora Sterk ZX-6350Z

Artículo	ZX6350Z
Husillo cónica	ISO40 (V) ISO40 (H)
Distancia del husillo a la Mesa	110-410mm
Distancia husillo horizontal a la Mesa	0-300mm
Distancia del eje a la columna	200-700mm
Velocidad del husillo	(8 Pasos) 90-200000r.p.m (V) (12 Pasos) 40-1300r.p.m (H)
Husillo de viaje	120mm
Tamaño de la Mesa	1200 × 280mm
Viaje de mesa (Horizontal/transversal/Vertical)	620/260/300mm
Peso máximo de la pieza de trabajo	200 kg
Número de ranura en T/ancho/distancia	3/14mm/70mm
Potencia de caballo para motor principal	2.2kw (V) 2.2kw (H)
Eje X de conducción motor	370 W
Dimensión general	1660 × 1340 × 2130mm
Tamaño de embalaje	1620 × 1400 × 2220mm
¿N.W/G.W?	1300/1380 kg

Fuente: Catalogo Fresadora STERK

PARTES DE UNA FRESADORA

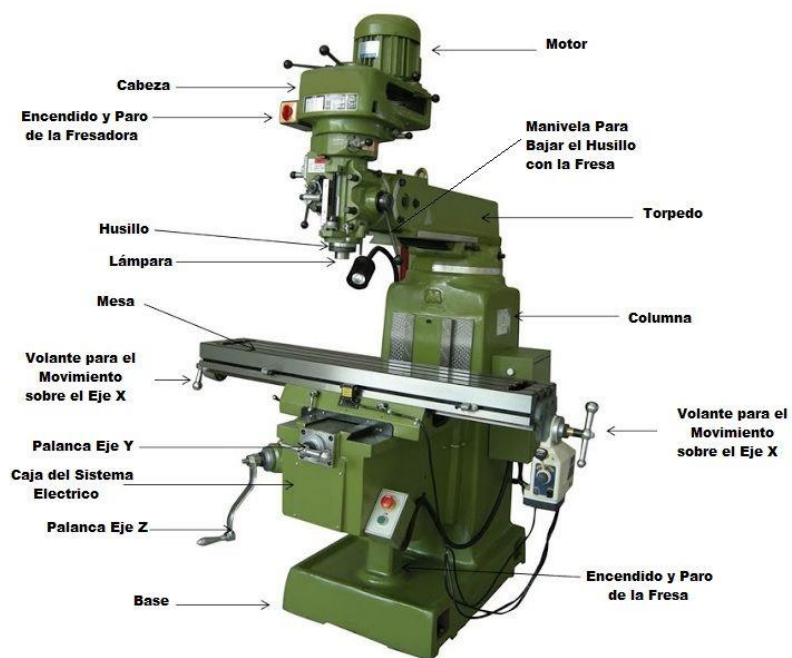


Figura 1-13 Componentes fresadora

Fuente: areatecnología.com

1.5.1. Motor eléctrico fresadora

Para obtener los datos e identificar el motor, se procedió a inspeccionar el equipo al momento que este estaba detenido, Cabe destacar que estos datos fueron obtenidos de forma general puesto que no se encontró catálogo de estos equipos



Figura 1-16 Motor fresadora

Fuente: taller Veproind

Tabla 1-10 Identificación motor de la fresadora

Estructura	100L		3 hp		2.2kW	
Polos	2/4	Out put	Hz	50	Ins	E
Voltaje	380V		2<4>P U ₁ -V ₁ -W ₁ U ₂ -V ₂ -W ₂ 		4<8>P U ₂ -V ₂ -W ₂ U ₁ -V ₁ -W ₁ 	
Amperes	5.09A/4.8A					
RPM	2840-1420					
Fecha	1810	Rodamientos	6205		6205	
Peso	32 kg	No serie				

Fuente: Catalogo Fresadora

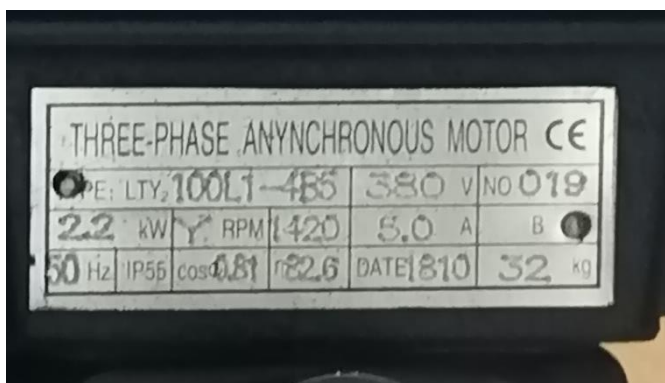


Figura 1-17 Placa de identificación motor eléctrico

Fuente: Taller empresa

1.5.2. Tren de engranes

Este componente se conforma de varios engranajes, encargados de transmitir potencia hacia otro componente y además mediante palancas accionadas por el operador, se puede configurar las velocidades

Cabe recalcar que para este equipo no fue posible destapar para poder obtener información visual de los engranajes puesto que este se encuentra sellado para evitar fugas de aceite que se encarga de lubricar los engranajes, por tanto, se procedió a buscar imágenes de referencia de estos.

1.5.3. Tornillo de avance mesa de trabajo

El banco de trabajo móvil provisto para la fresadora se encarga de mantener y equilibrar las materias primas disponibles para el procesamiento, y también incluye un tornillo de avance accionado por manivelas, que a su vez están conectados a él mediante un piñón y cremallera.



Figura 1-18 mesa de trabajo.

Fuente: Taller empresa

1.5.4. Sistema de refrigeración

En este sistema de refrigeración se procedió a analizar de forma referencial la bomba de refrigeración puesto que por la ubicación que se encuentra en este equipo, no se pudo acceder de la mejor manera a aquella y poder visualizarla de forma detallada.



Figura 1-19 bomba de refrigeración

Fuente: Catalogo bombas

Tabla 1-11 Identificación bomba de refrigeración

AB-12		
40 W	3 m	2780 r/min
380 V	50 Hz	0.15 A
12 L/min	E	20

Fuente: Taller empresa

1.5.5. Lubricación

Para Una correcta lubricación de los componentes de la fresadora, se plantea diferentes secciones de este equipo que van desde el cabezal móvil hasta la base de la mesa, por tanto, a continuación, se detalla la metodología de lubricación realizada hasta el momento por el operario para luego programar una propuesta de lubricación

Tabla 1-12 Frecuencia de lubricación.

Frecuencia	Lubricación	Lubricante	Cantidad
2 veces a la semana	Alojamiento de la polea	SAE 10	5 gotas
2 veces al día	Cojinetes del husillo / alimentación pluma	SAE 10	completar
2 veces al día	Cojinetes de la pluma	SAE 10	completar
2 veces al día	Cojinetes de la pluma	SAE 10	5 a 10 gotas
2 veces al día (cuando este en uso)	Sección móvil inferior del husillo	SAE 10	completar
semanal	Vástago de la barra	SAE 10	5 gotas
Cada 2 meses	Engranera reversa	Grasa	Equivalente a una cucharada

Fuente: Catalogo Fresadora

1.6. DIAGNÓSTICO

La empresa Veproind ubicada en Concepción está dedicada a la fabricación de repuestos para el área industrial. La fabricación se basa en el mecanizado de materias primas para su posterior despacho, esta actividad incluye como principales equipos a un torno y una fresadora que son operados por 3 personas.

El sistema de gestión como negociación, fabricación, despacho de productos funcionan de forma fluida sin interrupciones ni problemas, en cambio, la parte de mantenimiento es el gran problema de esta empresa puesto que, al ser una empresa emergente, además de ser máquinas de origen chino, estas no cuentan con catálogo y en la empresa tampoco cuentan con registro de fallas o información que sirva para planificar, crear y/o formular un plan de mantenimiento.

Hoy en día los equipos se encuentran en constante funcionamiento, esto sin generar problemas y/o detenciones mayores

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. MANTENIMIENTO

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento está basado en los principios como: Respeto para todos los empleados y funcionarios, buen liderazgo, trabajo en equipo compartiendo responsabilidades, compromiso con la seguridad y medio ambiente, propiciar ambiente de responsabilidad donde se desarrolle conocimientos y habilidades.

En consecuencia, la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la organización, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones

2.1.1. Tipos de mantenimiento

Se puede identificar varios tipos de mantenimiento, los cuales poseen características propias que difieren unos de otros en función de: estrategias, objetivos, asertividad, practicidad, resultados y costos, sin embargo, unificar estos parámetros resulta complejo, pero conseguirlo conlleva a desarrollar un plan adecuado de mantenimiento que incluye los diferentes tipos de mantenimiento existentes. Actualmente se reconocen los siguientes tipos de mantenimiento:

2.1.1.1. Mantenimiento correctivo

También llamado “mantenimiento reactivo”, consiste en dejar a los equipos que operen sin ningún servicio o control del estado de estos, hasta que se produzca una falla en su funcionamiento en la mayoría de las ocasiones hasta que llegue a detenerse. El mantenimiento correctivo tiene costo nulo en función del tiempo, hasta que la unidad falla, y hay que repararla sorpresivamente y de urgencia, sin posibilidades de planificación y programación. Se caracteriza por generar lucros cesantes y daños que representan costos de gran magnitud

2.1.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones de máquinas, con el fin de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. También intenta anticipar o prever las fallas para evitar daños y paros imprevistos. Las intervenciones se realizan aun cuando la máquina está operando satisfactoriamente. Programa el mantenimiento basándose en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas

2.1.1.3. Mantenimiento predictivo

También conocido como “Mantenimiento Basado en Condiciones” (CBM), monitorea y detecta parámetros operativos de los sistemas, máquinas y equipos. Realiza un seguimiento del desgaste de estos para determinar o predecir el punto exacto de cambio o reparación. Busca determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, es decir, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle y asuma valores indeseables y programa el mantenimiento basado en el pronóstico de ocurrencia de fallas o vida remanente

2.1.1.4. Mantenimiento proactivo

Es un método enfocado en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales, este método implementa soluciones que atacan la causa de los problemas, no los efectos.

El mantenimiento proactivo se lleva a cabo antes que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Abarca lo que comúnmente se denomina mantenimiento “predictivo” y “preventivo”

Beneficios

Entre los beneficios, podemos encontrar:

- Solución a causas de falla recurrentes
- Incremento del tiempo medio entre fallas
- Educación de Mantenimiento

2.1.2. Plan de mantenimiento

La fiabilidad y disponibilidad de una instalación dependen sin duda alguna del mantenimiento que se realice en ella. Si el mantenimiento es básicamente correctivo, atendiendo sobre todo los problemas cuando se presentan, es muy posible que a corto plazo esta política sea rentable. El mantenimiento de una instalación se asemeja a un gran depósito. Si se realiza un buen mantenimiento preventivo, el depósito siempre estará lleno. Si no se hace nada desde un punto de vista preventivo, el depósito se va vaciando, y puede llegar un momento en el que el depósito, la reserva de mantenimiento, se haya agotado por completo, siendo más rentable adquirir un nuevo equipo o incluso construir una nueva planta que atender todas las reparaciones que van surgiendo [4]

Hay que tener en cuenta que lo que se haga en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que se toman se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy se pagan los errores de ayer, o se disfruta de los aciertos. [4]

Un buen plan de mantenimiento es aquel que ha analizado todos los fallos posibles, y que ha sido diseñado para evitarlos. Eso quiere decir que para elaborar un buen plan de mantenimiento es absolutamente necesario realizar un detallado análisis de fallos de todos los sistemas que componen una planta.[4]

2.1.2.1. Tareas de un plan de mantenimiento preventivo

inspecciones visuales: las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.

Lubricación: Igual que en el caso anterior, las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables

Tareas condicionales: Se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado.

Estas tareas pueden ser:

- Limpiezas condicionales, si el equipo da muestras de encontrarse sucio
- Ajustes condicionales, si el comportamiento del equipo refleja un desajuste en alguno de sus parámetros
- Cambio de piezas, si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento

Tareas sistemáticas: Se realizan cada ciertas horas de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar como se encuentre el equipo. Estas tareas pueden ser:

- Limpiezas
- Ajustes
- Sustitución de piezas

2.1.2.2. Objetivos de un plan de mantenimiento

Ya sea que se trate de un mantenimiento preventivo o correctivo, de un servicio programado o de una reparación de emergencia, una intervención puede convertirse en un verdadero desafío, ya sea gestionada de manera interna o externa.

El plan de mantenimiento ayuda a establecer una base sólida y a:

- mejorar la fiabilidad y el rendimiento de los equipos,
- Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.
- evitar cualquier pérdida de producción, tiempo y dinero,
- mantener una calidad de servicio, contractual o reglamentaria,
- garantizar la seguridad del personal,
- optimizar la gestión de inventario y la compra de repuestos,
- permitir la coordinación de las obras y el buen acuerdo entre el cliente y el proveedor de servicios,
- garantizar la satisfacción del cliente,

2.2. APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Hay muchos métodos, aplicados dentro de la organización, a través de los cuales la organización puede proponer un estándar de preparación operativa dentro de la organización, pero como se mencionó anteriormente, es responsabilidad de la organización elegir un estándar que cumpla con los requisitos de la organización. Solicitud.

Cada metodología se construye sobre la base de diferentes acciones que se pueden realizar a lo largo del tiempo y es deber de toda organización gestionar estas acciones para que no afecten la cadena productiva.

2.2.1. Análisis de componentes rotativos

El movimiento de los elementos mecánicos produce un desgaste constante debido a su uso. El criterio principal para reemplazar componentes de la línea de producción es el costo de reparación, cuando este costo excede el costo de reemplazo, es decir, cuándo debe aplicarse, y también cuando existe una alta probabilidad de que la reparación no sea reparada. Esta garantía de funcionamiento original.

Aprovechar las prácticas de conservación de artículos permitirá reducir los costos de operación del establecimiento, siempre que los costos de reparación cumplan con los criterios de reemplazo y conservación descritos anteriormente. Para aprovechar al máximo estos criterios, es recomendable realizar procedimientos básicos de bienestar, reparación o restauración de la salud.

2.2.2. Inspecciones

Las inspecciones generales de mantenimiento son un componente clave para determinar qué herramientas, materiales y mano de obra se requerirá para la reparación posterior.

Para obtener un examen completo, los equipos suelen inspeccionarse mientras están en funcionamiento y es común que los problemas identificados requieran de mantenimiento correctivo inmediato.

Independientemente de lo bien elaborado e implementado que esté el programa de mantenimiento preventivo, es una obligación de los responsables del área de mantenimiento en este caso del operador vigilar que por ningún motivo se dejen de llevar a cabo las inspecciones pertinentes de los equipos. Deben siempre asegurarse de que todo lo que estén inspeccionando sea seguro.

2.2.3. Lubricación

La propiedad fundamental de un lubricante es su viscosidad, y la función primaria es mantener separadas las superficies en movimiento; vale decir, controlar la fricción disminuyendo el desgaste producido por rodadura, rotación o deslizamiento relativo. Cuando un fluido se opone en movimiento surgen fuerzas de rozamiento entre sus capas que reemplazan el rozamiento entre los cuerpos. La resistencia interna que ofrece el aceite es la viscosidad dinámica o absoluta $[\mu]$ medida en centiPoises [cP]. Por su parte, y por razones de simplificación instrumental, se mide la viscosidad cinemática (v). Las unidades de medida más utilizadas por la viscosidad cinemática son el centiStoke [cSt] y el segundo Symbolt Universal [SSU]. Es factible convertir estas unidades de manera aproximada por medio de la siguiente expresión:

$$SSU = 4,6 \times cSt$$

2.2.3.1. Ruta de lubricación

Las rutinas de lubricación consisten en procesos de reconocimiento de necesidades por cambiar o a mejorar al respecto de procedimientos en el mejoramiento continuo de mantenimiento en los equipos respecto a su lubricación, en donde se tienen aspectos importantes tales como los son:

- Comparar desempeños: En este aspecto se seleccionan criterios a mejorar a partir del análisis o de la experiencia obtenida; se cuantifica el desempeño actual de los procedimientos y por último se establecen metas y prioridades.
- Definir oportunidades: En este ítem se optimiza el plan de mantenimiento guiado hacia la lubricación de nuestros equipos; prevenimos fallas; se minimiza la severidad o concurrencia de fallas y se establece un plan de trabajo.
- Diseñar mejores prácticas: Se analizan aceites para su inspección; se determinan los lubricantes a utilizar; se procede a la realización de procedimientos para mejores prácticas; se lleva un control de contaminación o desgaste en el aceite y por último se presenta un diseño para su sostenimiento y confiabilidad.
- Implementar mejores prácticas: Se lleva a entrenamiento, inducción o capacitación al personal que refleje el trabajo; Se lleva al campo para el reconocimiento de tareas y habilidades a desarrollar y por último se llevan modificaciones a los equipos si es necesario. 30
- Examinar y revisar: Se lleva a cabo la verificación de los ítems para la meta propuesta en la lubricación

La ruta de lubricación es establecida en base al chequeo y el análisis realizado por la organización sobre la máquina, para luego determinar una secuencia de puntos a lubricar o inspección según criterios definidos que llevan por finalidad garantizar la conservación de la máquina y sus componentes.

Acciones contempladas dentro de una ruta de lubricación:

- Aplicación del lubricante
- Reemplazo del lubricante
- Controlar niveles de lubricante
- Limpieza del lubricante y los componentes lubricados
- Inspecciones del lubricante y registro de información

2.2.3.2. Intervalos de tiempo en una rutina de lubricación

El procedimiento de lubricación se basa en los periodos de tiempo establecidos por la organización durante los cuales se realizará la lubricación e inspección de los componentes de la máquina, estos periodos se obtienen a partir de datos proporcionados por el fabricante, experiencia del empleado o estudio teórico de la máquina.

Establecer un sistema de lubricación de rutina simplifica el trabajo humano y reduce la posibilidad de fallas.

2.3. ELEMENTOS ROTATIVOS

En general, los elementos rotativos de los equipos a analizar se componen de los siguientes elementos:

- Motor
- Rodamientos
- Engranajes
- Poleas de transmisión

A continuación, se detallan sus componentes, acciones de mantenimiento e inspección a realizar y cálculos correspondientes, entre otros.

2.3.1. Rodamientos

Rodamiento es la denominación que se le da a un elemento rotativo, que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este sistema que sirve de apoyo y facilita su funcionamiento. En algunos países, se conoce como rodaje, rolinera, balero, bolillero, balinera, rodamiento o rulemán.

La fabricación de los rodamientos es una tecnología muy especial, dados que los procedimientos necesarios para conseguir la esfericidad de la bola sean perfectos. El material es sometido a un tratamiento térmico, abrasivo en cámaras de vacío absoluto. El producto final es casi perfecto, salvando el efecto adverso de la gravedad en el proceso de fabricación.

En general, los rodamientos están formados por dos anillos, los elementos rodantes, y una jaula, y se clasifican en rodamientos radiales o rodamientos de apoyo dependiendo de la dirección de la carga principal. Además, dependiendo del tipo de elementos rodantes, se clasifican en rodamientos de bolas o de rodillos, y se subclasifican más en función de sus diferencias en diseño o uso específico.

PARTES DE UN RODAMIENTO

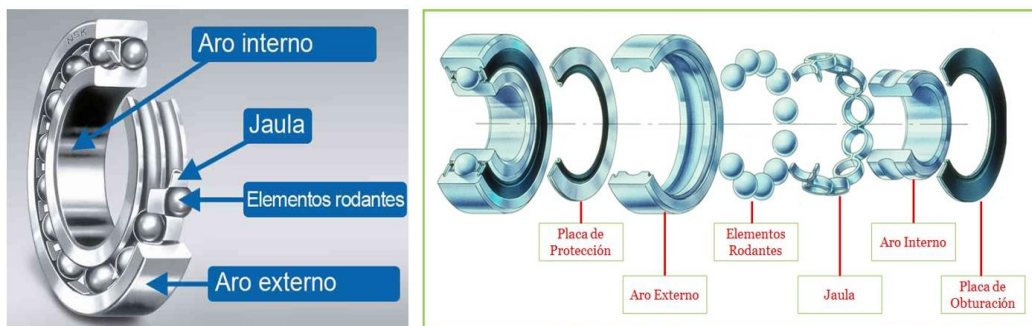


Figura 2-1 Partes principales de un rodamiento

Fuente: portalindustrial.com

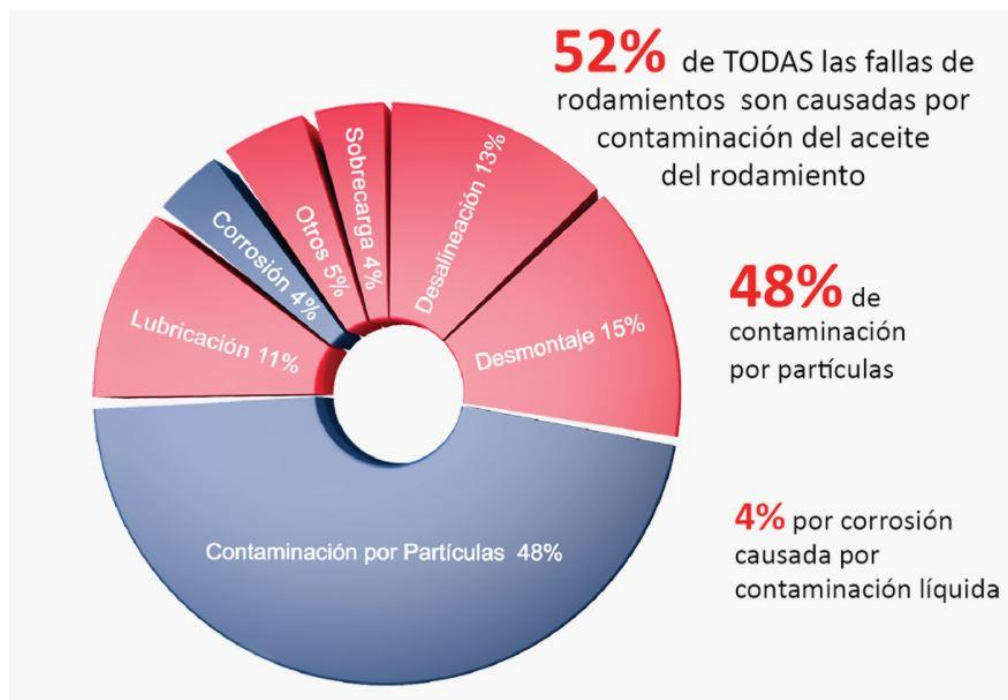


Figura 2-2 Causas de fallo en un rodamiento

Fuente: reliabilityweb

2.3.2. Transmisión de potencia

La transmisión de potencia es un sistema que otorga la conducción de potencia de una fuente a otro tipo de mecanismo. Para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas. Con ello se incrementa, mantiene o decrece la velocidad y la fuerza que se aplica para que algo gire.

Por lo que, la transmisión de potencia es una gama de piezas que permiten conectar las partes móviles de una máquina, y ya sabemos que éstas son indispensables en casi todos los sectores, especialmente en el industrial. Lo componen las correas, cadenas, acoplamientos, poleas, piñones, casquillos, entre otros.

2.3.3. Transmisión por correas

Es un sistema apropiado para transmitir potencias bajas o medias. Las correas están basadas en la unión de dos o más ruedas o poleas, sujetas a un movimiento de rotación y una correa. En este sistema se utiliza fuerza de fricción, dándoles energía desde la rueda motriz. Son un fantástico mecanismo para la transmisión de potencia.

Existen diferentes tipos:

- Planas
- Trapezoidales
- Multipistas
- Redondas

2.3.3.1. Montaje

Uno de los factores más importantes que determina la eficiencia de una transmisión por correas en “V” es la tensión apropiada de las mismas. Una tensión insuficiente producirá deslizamiento o patinajes, reduciendo así la capacidad de transmisión. Una tensión exagerada de las correas disminuirá la vida útil no solo de las correas sino también de los rodamientos y puede conducir a daños en el mismo motor o en el reductor.

Antes de proceder a tensionar la transmisión, es importante que las poleas hayan sido bien instaladas y estén alineadas. El método más comúnmente empleado para ajustar la tensión es el de “deflexión”. Utilizando tensiómetros o herramientas especiales es posible medir la **fuerza de deflexión (DF)** al presionar una correa en “V” sobre su tramo libre. Los siguientes son los pasos para obtener una tensión correcta.

1. Con un flexómetro o cualquier otro instrumento, mida el tramo libre (TL) de las corras en metros o calcúlelo de la siguiente manera:

$$TL \text{ (mts)} = \frac{c^2 - \left(\frac{D - d}{2}\right)^2}{1000}$$

TL: Tramo libre en metros.

C: Distancia entre centros en mm.

D: Diámetro de la polea mayor en mm.

d: Diámetro de la polea menor en mm.

2. Multiplique el valor encontrado (en metros) por 16, para obtener la longitud de deflexión en milímetros (mm)

Deflexión: 16 mm por cada 1 mts de longitud del tramo libre (TL)

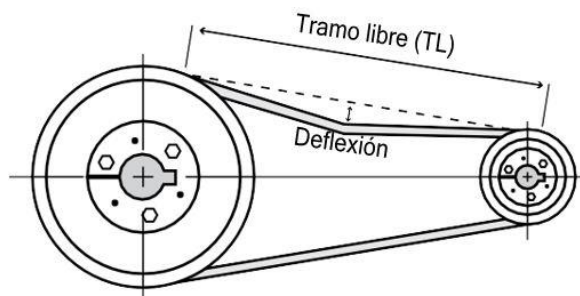


Figura 2-3 Tensión de correas

Fuente: Intermec

2.4. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF) permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizan, y para las fallas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas. A partir de esta técnica se logra:

1. Asegurar que todos los modos de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.
2. Identificar debilidades de diseño.
3. Proveer alternativas en la etapa de diseño.
4. Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
5. Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.
6. Asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías.

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la gravedad o severidad, el nivel de ocurrencia y por la facilidad de detección, como se muestra en la expresión 1.

$$NPR = Gravedad \times Ocurrencia \times Detección$$

Dichos índices de evaluación se van determinando en escalas de 1 hasta 10 en función de las características que se describan para cada uno de ellos, siendo puntaje el menor 1 y 1000 el mayor para la evaluación y por consecuencia el valor más crítico de un AMEF.

- i. Gravedad o severidad: Se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.

- ii. Ocurrencia: Frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades: La probabilidad de que se produzca una falla. La probabilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado.
- iii. Detección o probabilidad de no detección: Este indica la probabilidad de que la causa/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a ser informado. Se está definiendo la “no detección”, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INVOCRADOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO

Existen diferentes tipos de sistemas de producción para distintas empresas del área industrial, los cuales se diferencian según el producto final, los métodos de gestión y otros factores. Por ello, a continuación, se presentan los equipos y herramientas que la empresa busca para llevar a cabo sus actividades, desde las materias primas hasta el producto terminado.

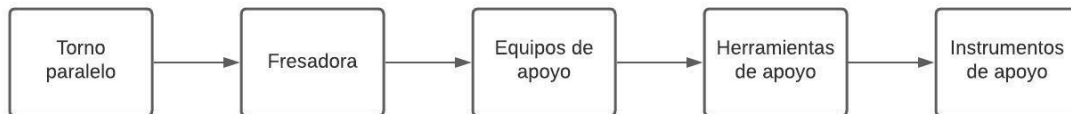


Figura 3-1 Elementos del sistema productivo

Fuente: Taller empresa

A continuación, se detallan los equipos, herramientas e instrumentos de apoyo para la adecuada operación de los equipos principales.

Tabla 3-1 Elementos de apoyo

Equipos de apoyo	Herramientas de apoyo	Instrumentos de apoyo
Fresadora 2	Escuadra	Pie de metro
Fresadora 3	Kit de llaves	Micrómetro
Fresadora móvil	Llaves de plato	Goniómetro
Soldadora al arco	Set de atornilladores	Galgas telescópicas
Esmeril		

Fuente: Taller empresa

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

A continuación, para una mayor comprensión se identificarán visualmente los equipos principales y algunos de los equipos de asistencia del área de producción.

3.2.1. Torno paralelo

Para analizar el torno paralelo se procedió desglosar el equipo con el fin de poder visualizar los componentes principales, como se muestra en la siguiente figura.

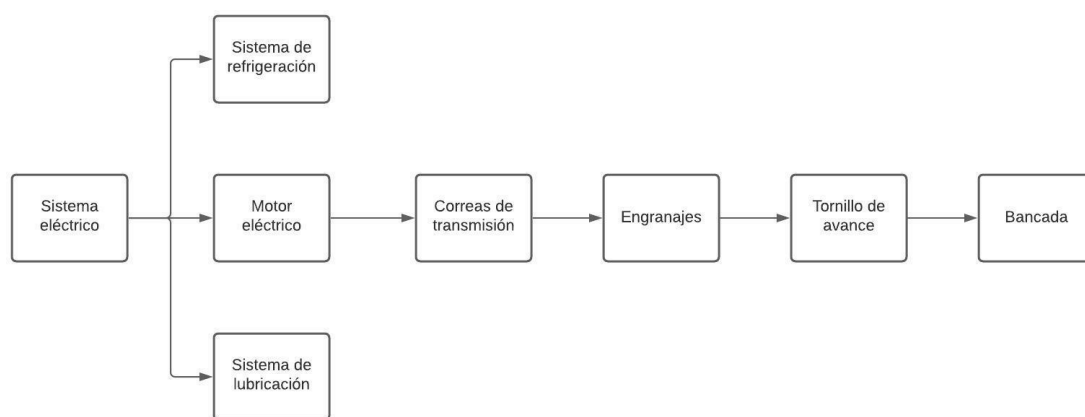


Figura 3-2 Componentes torno

Fuente: Taller empresa

3.2.2. Fresadora vertical

Para analizar la fresadora se procedió desglosar el equipo con el fin de poder visualizar los componentes principales, como se muestra en la siguiente figura.

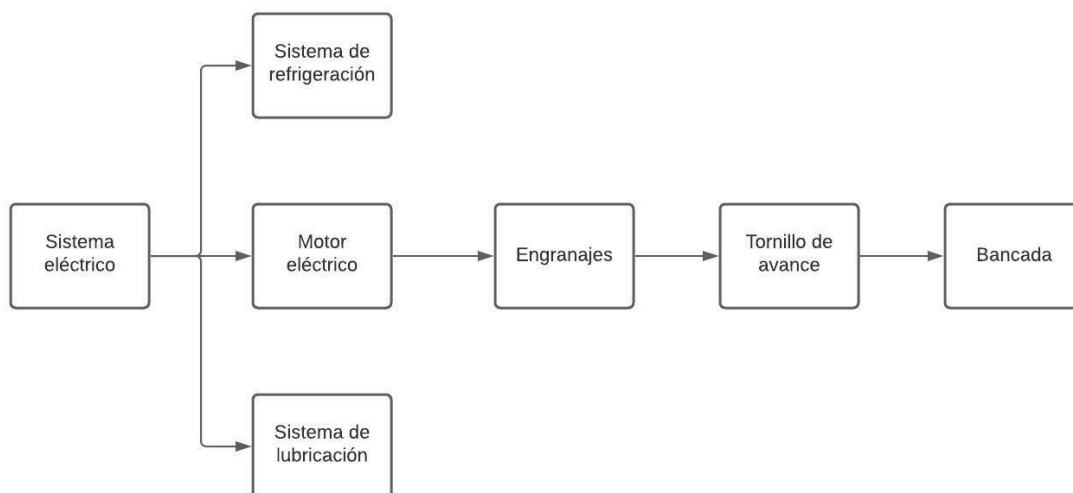


Figura 3-3 Componentes fresadora

Fuente: Taller empresa

3.3. TABLAS PARA CALIFICAR LOS COMPONENTES SEGÚN UN CRITERIO NPR

A continuación, se muestran las tablas de severidad, ocurrencia, y detectabilidad, estas tablas contienen criterios para calificar mediante el sistema NPR (Número de prioridad de riesgo) en la tabla AMEF los equipos de la empresa, todo esto para mediante esta numerología poder determinar la estrategia de mantenimiento a utilizar de cada sistema a analizar

Ranking	Ratas Posibles de Fallas	Probabilidad de Falla
10	1 en 2	Muy Alta:
9	1 en 3	Falla es casi inevitable
8	1 en 8	Alta: Generalmente asociada con procesos similares a procesos previos que han
7	1 en 20	fallado frecuentemente.
6	1 en 80	Moderada: Generalmente asociados con procesos similares a procesos previos
5	1 en 400	que han experimentado fallas
4	1 en 2,000	ocasionales, pero no en proporciones significativas
3	1 en 15,000	Baja: Fallas aisladas asociadas con procesos similares
2	1 en 150,000	Muy Baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos
1	1 en 1,500,000	Remota: Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos

Figura 3-4 Parámetros para calificar ocurrencia

Fuente: Leansolution

Ranking	Detección	Criterio: Probabilidad que la existencia de un defecto será detectada por la prueba conducida antes de que el producto avance al siguiente paso o proceso subsecuente.
10	Casi Imposible	Prueba detecta < 80 % de fallas
9	Muy Remota	Prueba debe detectar 80 % de fallas
8	Remota	Prueba debe detectar 82.5 % de fallas
7	Muy Baja	Prueba debe detectar 85 % de fallas
6	Baja	Prueba debe detectar 87.5 % de fallas
5	Moderada	Prueba debe detectar 90 % de fallas
4	Altamente Moderada	Prueba debe detectar 92.5 % de fallas
3	Moderada	Prueba debe detectar 95 % de fallas
2	Muy Alta	Prueba debe detectar 97.5 % de fallas
1	Casi Seguro	Prueba debe detectar 99.5 % de fallas

Figura 3-5 Parámetros para calificar detectabilidad

Fuente: Leansolution

Ranking	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido
10	Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea reabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) reabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser reabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser reabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Figura 3-6 Parámetros para calificar severidad

Fuente: Leansolution

3.4. ANÁLISIS DE MODOS DE EFECTOS DE FALLA PARA LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

El análisis AMEF de cada subsistema de los equipos permitirá determinar las fallas que tengan mayor frecuencia y por tanto puedan causar un mayor número de detenciones.

3.1.1 Motor eléctrico

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Motor eléctrico	Generar potencia	Motor eléctrico no gira	Detención equipo	Motor bloqueado	Inspección Visual	8	1	6	48
			Pérdida de producción	Rodamientos dañados					
		Excesivas vibraciones	Vibraciones fuera de norma	Falla eléctrica	Inspección Visual	7	3	4	84
				Rodamientos desgastados					
				Eje doblado					
		Ruido excesivo	Deterioro componentes	Soltura elementos de fijación	Inspección Visual	2	3	3	18
				Rozamiento entre rotor y estator					
				Rozamiento ventilador					
		Alta temperatura	Daño componentes	Mala lubricación rodamientos	Inspección Visual	6	3	4	72
				Suciedad excesiva carcasa					
				Rodamientos en mal estado					
		Reducción velocidad motor	Disminución producción	Falta lubricación rodamientos	Inspección Visual	5	2	4	40
				Caída de tensión					
				Fase estator cortada					
				Devanado a masa					

Figura 3-7 AMEF motor eléctrico

Fuente: Elaboración propia

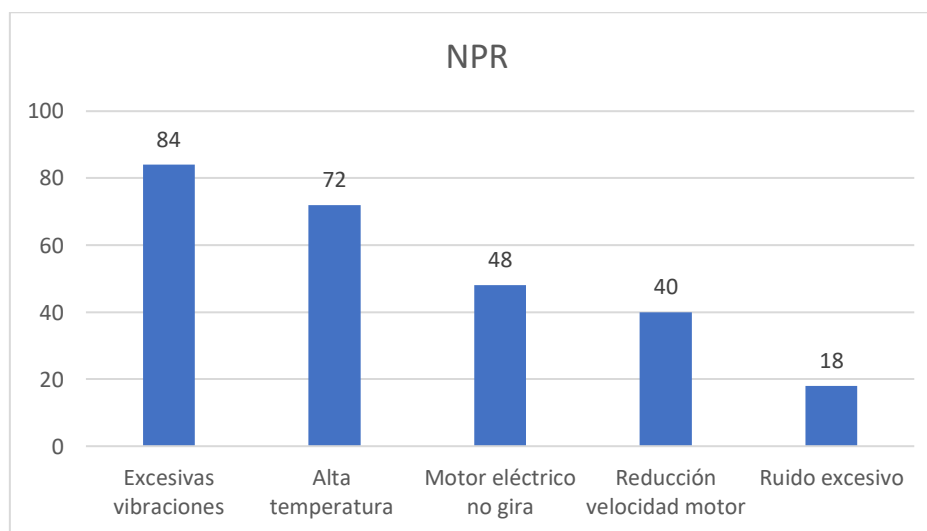


Figura 3-8 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Excesivas vibraciones	84	32%	32%
2	Alta temperatura	72	27%	59%
3	Motor eléctrico no gira	48	18%	78%
4	Reducción velocidad motor	40	15%	93%
5	Ruido excesivo	18	7%	100%
	Total	262	100%	

Figura 3-9 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Motor eléctrico

Fuente: Elaboración propia

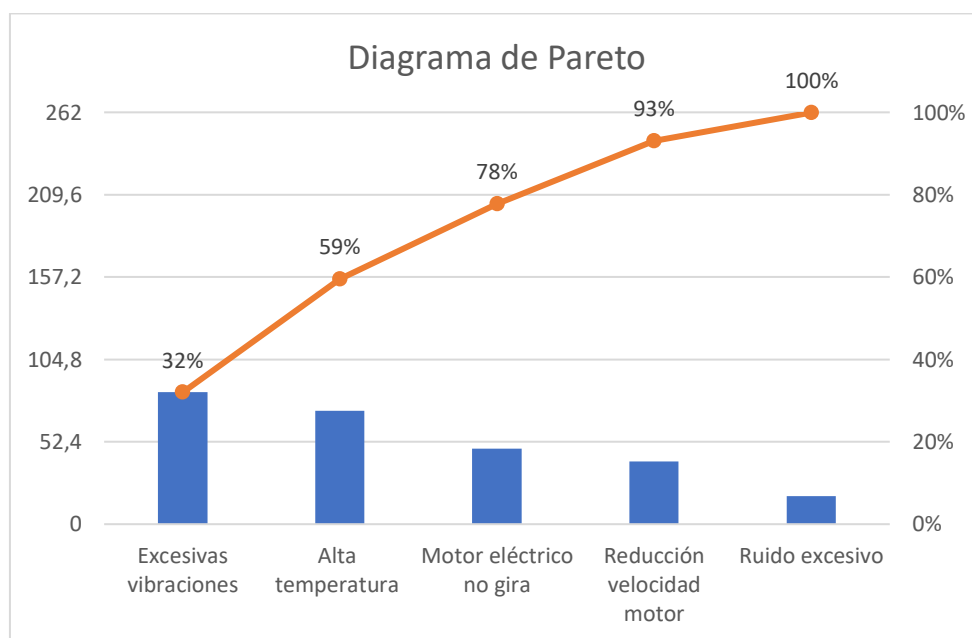


Figura 3-10 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 78% del NPR acumulado se concentra en excesivas vibraciones, alta temperatura y motor eléctrico no gira, por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 22% restante que se encuentra en reducción de velocidad motor y ruido excesivo serán analizados a largo plazo.

3.4.1. Correas de transmisión

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Correas de transmisión	Transmitir potencia	Rotura de dientes	Disminución de rendimiento	Tensión incorrecta	Inspección Visual	5	1	6	30
			Disminución calidad del producto	Sistema con impurezas					
				Bloqueo de componentes					
		Desgaste correa	Disminución de rendimiento	Desalineamiento	Inspección Visual	2	2	5	20
			Baja calidad productos	Deslizamiento excesivo					
				Correa incorrecta					
		Ruido excesivo	Ambiente laboral deficiente	Correas sueltas	Inspección Visual	2	3	3	18
				Polea dañada					
				Desalineamiento					
		Correa con grietas	Disminución de rendimiento	Temperaturas elevadas	Inspección Visual	3	3	7	63
				Tensión incorrecta					
				Vida útil etapa final					
		Rotura correa	Pérdida de producción	Falta de capacidad	Inspección Visual	8	1	5	40
			Detención del equipo	Sobreesfuerzo					
				Daño provocado por cuerpos extraños					

Figura 3-11 AMEF Correas de transmisión

Fuente: Elaboración propia

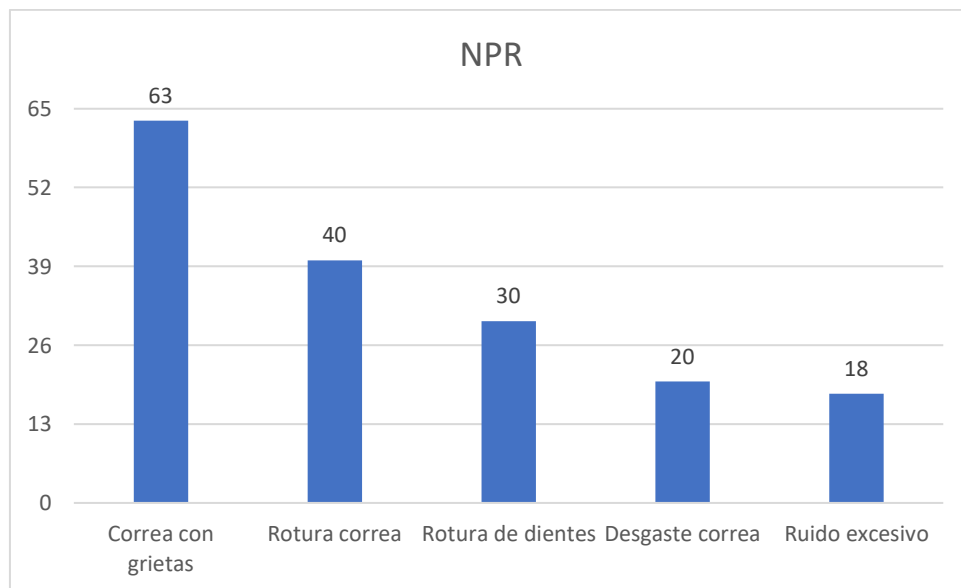


Figura 3-12 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Correa con grietas	63	37%	37%
2	Rotura correa	40	23%	60%
3	Rotura de dientes	30	18%	78%
4	Desgaste correa	20	12%	90%
5	Ruido excesivo	18	11%	100%
	Total	171	100%	

Figura 3-13 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Correas de transmisión

Fuente: Elaboración propia

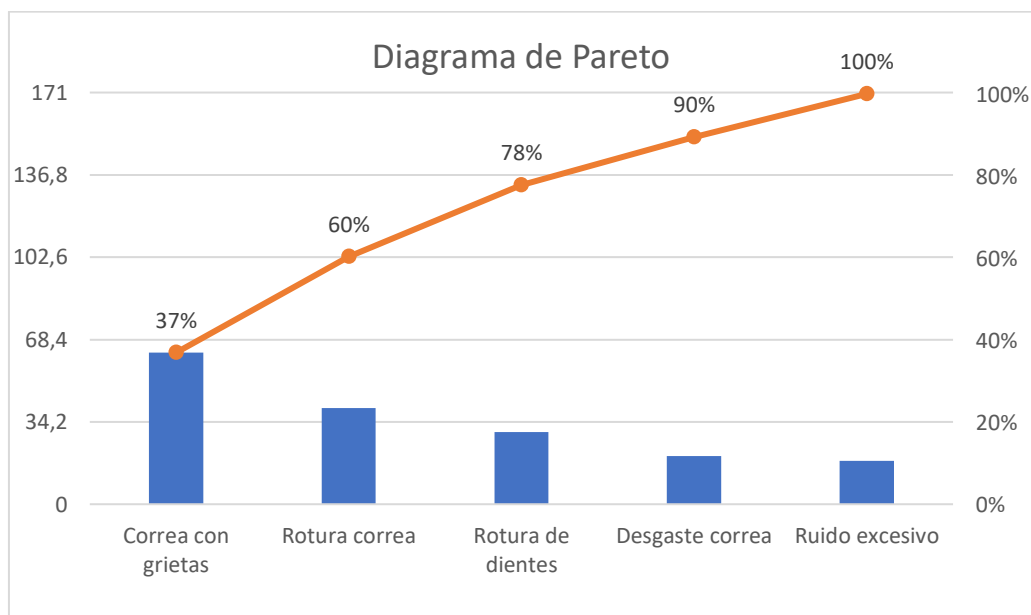


Figura 3-14 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 78% del NPR acumulado se concentra en correa con grietas, rotura correa, rotura de dientes, por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 22% restante que se encuentra en desgaste correa y ruido excesivo serán analizados a largo plazo

3.4.2. Engranajes

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Engranajes	Transmitir movimiento	Desgaste	Problemas de operación	Lubricante con partículas	Inspección Visual	3	3	8	72
			Disminución de rendimiento	Viscosidad baja o alto torque					
				Falta de lubricante					
		Fisuras y grietas	Futura parada imprevista	Inadecuado acabado superficial	Inspección Visual	5	2	9	90
			Desgaste componente	Diseño deficiente o inadecuado					
				Ausencia capa endurecida					
		Rotura de dientes	Pérdida de rendimiento	Sobrecargas	Inspección Visual	8	2	8	128
			Pérdida de producción	Golpe de impacto entre dientes					
				Atascamiento entre dientes					
		Fatiga superficial	Desgaste de componente	Baja dureza en capa endurecida	Inspección Visual	3	3	9	81
				Baja viscosidad del lubricante					
				Torque continuado superior al permitido					
		Corrosión	Desgaste componente	Lubricante inadecuado	Inspección Visual	3	2	9	54
				Lubricante contaminado					
				Mezclar marcas de aceites					

Figura 3-15 AMEF Engranajes

Fuente: Elaboración propia

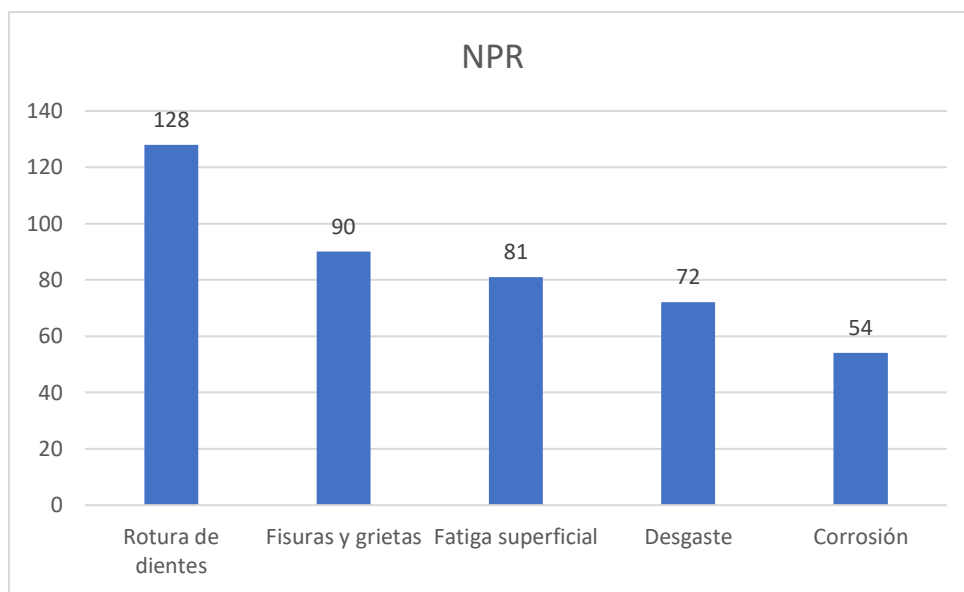


Figura 3-16 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Rotura de dientes	128	30%	30%
2	Fisuras y grietas	90	21%	51%
3	Fatiga superficial	81	19%	70%
4	Desgaste	72	17%	87%
5	Corrosión	54	13%	100%
	Total	425	100%	

Figura 3-17 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Engranajes

Fuente: Elaboración propia

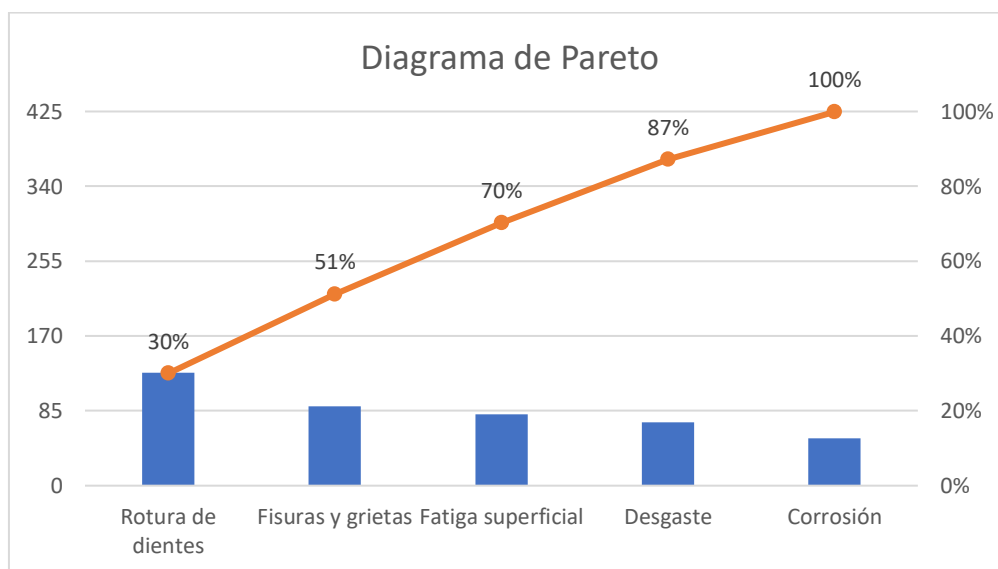


Figura 3-18 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 70% del NPR acumulado se concentra en rotura de dientes, fisuras y grietas, fatiga superficial por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 30% restante que se encuentra en desgaste y corrosión serán analizados a largo plazo.

3.4.3. Sistema eléctrico

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Sist. Eléctrico	Transporte y distribución de energía	Fusibles dañados	Detención de equipo	Sobrecarga de energía	Inspección Visual	3	2	8	48
				Alta intensidad de voltaje					
		Terminales malos	Operación deficiente	Corrosión	Inspección Visual	5	2	7	70
				Terminales dañados o golpeados					
		Circuitos cableado en mal estado	Operación intermitente	Aislamiento deficiente	Inspección Visual	4	2	8	64
				Exceso de voltaje					
		Ausencia de energía	Pérdida de producción	Exceso de temperatura	Inspección Visual	8	2	9	144
				Corto circuito					
		Componentes en mal estado	Pérdida de producción	Exceso de temperatura	Inspección Visual	5	2	8	80
				Exceso de voltaje					
			Detención del equipo	Protección de componentes deficiente					

Figura 3-19 AMEF Sistema eléctrico

Fuente: Elaboración propia

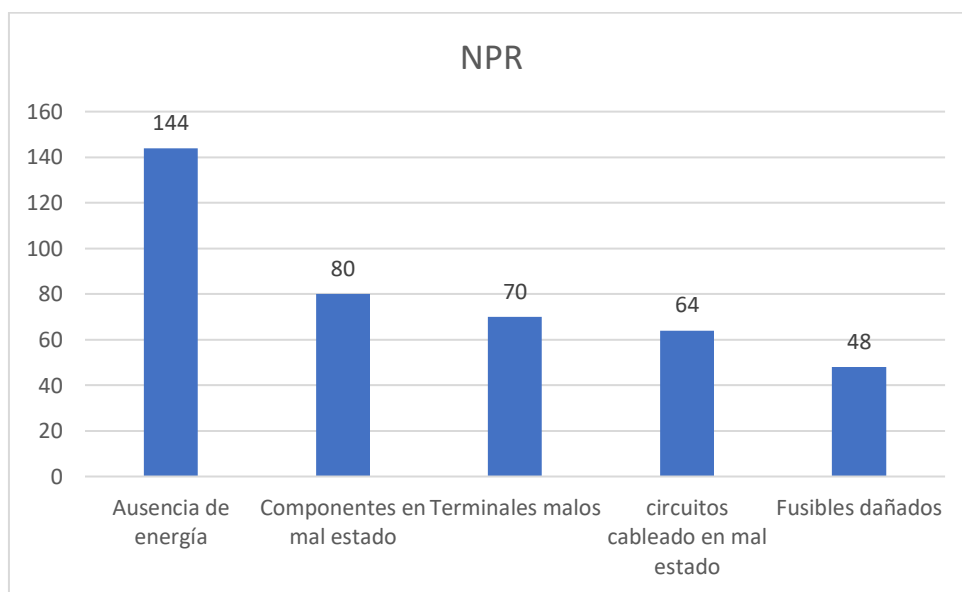


Figura 3-20 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Ausencia de energía	144	35%	35%
2	Componentes en mal estado	80	20%	55%
3	Terminales malos	70	17%	72%
4	circuitos cableado en mal estado	64	16%	88%
5	Fusibles dañados	48	12%	100%
	Total	406	100%	

Figura 3-21 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Sist. eléctrico

Fuente: Elaboración propia

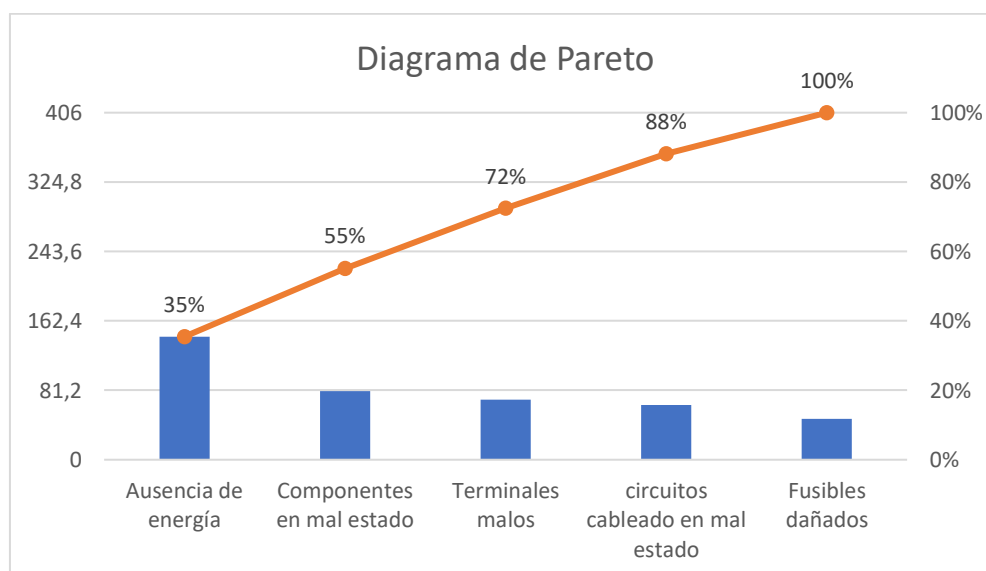


Figura 3-22 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 72% del NPR acumulado se concentra en ausencia de energía, componentes en mal estado, terminales malos por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 28% restante que se encuentra en circuito cableado en mal estado y fusibles dañados serán analizados a largo plazo.

3.4.4. Sistema de refrigeración

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Sist. Refrigeración	Enfriar y/o mantener temperatura	Falla bomba	Daño herramienta	Bomba en mal estado	Inspección Visual	5	3	3	45
				Bomba trabaja en seco					
		Obstrucción en manguera	Rotura mangueras	Obstrucción con elementos no deseados	Inspección Visual	4	2	5	40
				Contaminación					
		Rotura depósito refrigerante	Derrame líquido refrigerante	Corrosión	Inspección Visual	6	2	2	24
		Circuito refrigeración dañado	Daño herramienta	Estanque golpeado	Inspección Visual				
				Rotura		4	3	3	
			Falta de fluido refrigerante	Manguera doblada o aplastada					36

Figura 3-23 AMEF Sistema refrigeración

Fuente: Elaboración propia

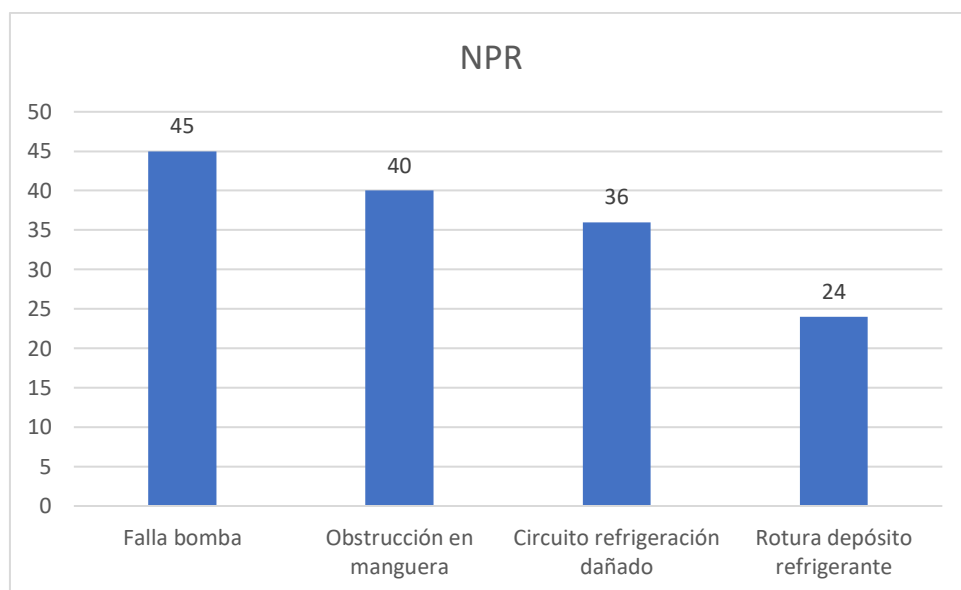


Figura 3-24 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Falla bomba	45	31%	31%
2	Obstrucción en manguera	40	28%	59%
3	Circuito refrigeración dañado	36	25%	83%
4	Rotura depósito refrigerante	24	17%	100%
	Total	145	100%	

Figura 3-25 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Sist. refrigeración

Fuente: Elaboración propia

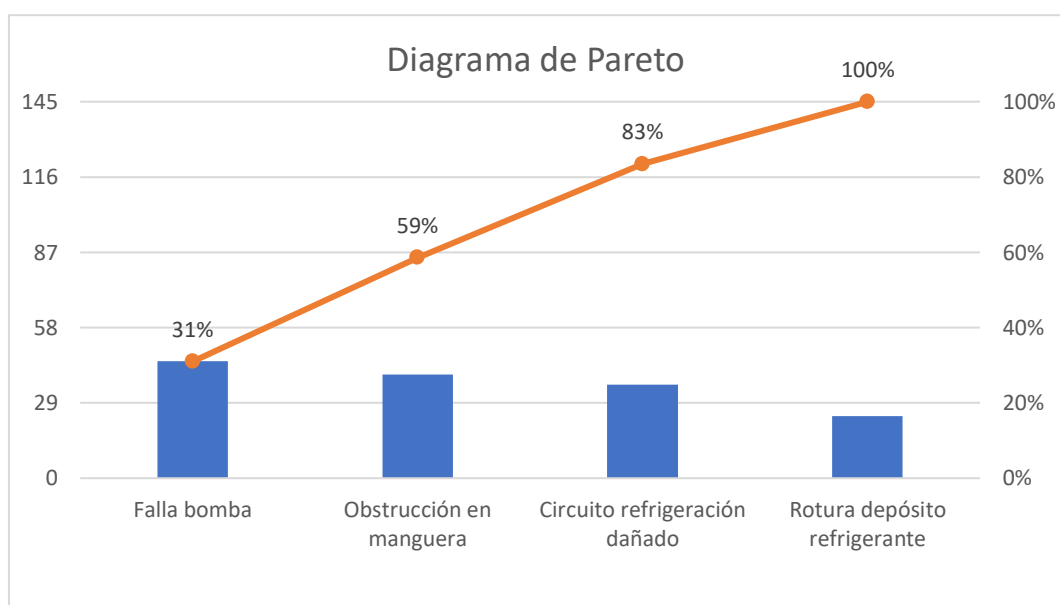


Figura 3-26 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 83% del NPR acumulado se concentra en falla bomba, obstrucción en manguera y circuito de refrigeración dañado por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, 17% restante que se encuentra en rotura depósito refrigerante será analizado a largo plazo

3.4.5. Tornillo de avance

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Tornillo de avance	Transmitir movimiento	Desgaste de la cremallera	Movimiento deficiente	Lubricación deficiente	Inspección Visual	6	2	8	96
			Disminución de rendimiento	Exceso de rozamiento					
				Lubricante no adecuado					
		Fractura de dientes	Disminución de rendimiento	Sobreesfuerzo	Inspección Visual	7	2	9	126
			Disminución de producción	Sobrecarga					
				Fatiga por contacto					
		Corrosión en tornillo y/o cremallera	Desgaste	Lubricación deficiente	Inspección Visual	2	3	8	48
			Futura pérdida de producción	Humedad en el ambiente					
				Lubricante no adecuado					
		Tornillo trabado o bloqueado	Pérdida de producción	Dientes rotos	Inspección Visual	7	2	6	84
			Daño de otros componentes	Lubricación deficiente					
				Rodamiento dañado					

Figura 3-27 AMEF Tornillo de avance

Fuente: Elaboración propia

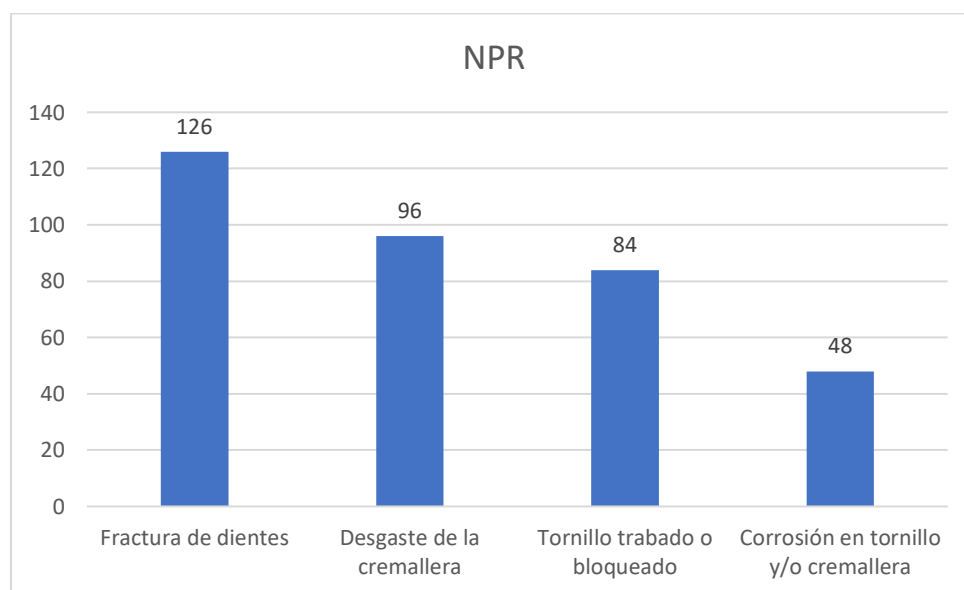


Figura 3-28 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
Fractura de dientes	126	36%	36%
Desgaste de la cremallera	96	27%	63%
Tornillo trabado o bloqueado	84	24%	86%
Corrosión en tornillo y/o cremallera	48	14%	100%
Total	354	100%	

Figura 3-29 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto**
Tornillo de avance

Fuente: Elaboración propia

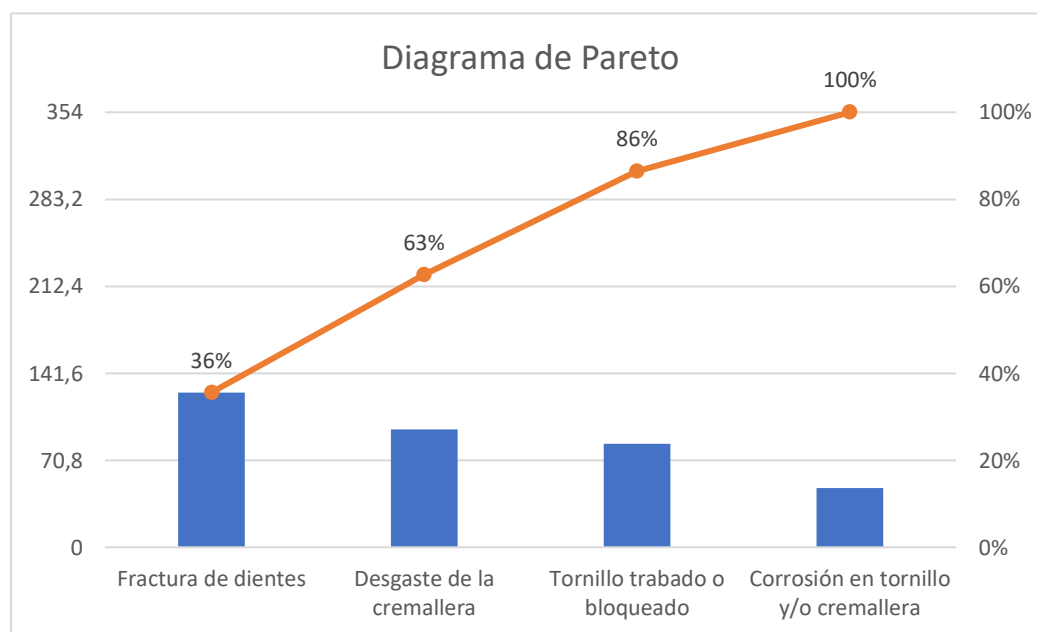


Figura 3-30 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 86% del NPR acumulado se concentra en fractura de dientes, desgaste de la correa y tornillo trabado o bloqueado por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 14% restante a corrosión en tornillo y/o cremallera será analizado a largo plazo.

3.4.6. Bancada

Componente	Función	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D	sumatoria
Bancada	Guía y soporte de carros	Atascamiento	Desplazamiento frenado	Presencia de cuerpos extraños	Inspección Visual	5	3	6	90
			Dimensiones incorrectas	Suciedad excesiva					
		Desgaste de guías	Baja calidad productos	Oxidación de guías	Inspección Visual	6	4	7	168
				Falta de lubricante					
		Deformación guías	Dimensiones incorrectas	Guías golpeadas	Inspección Visual	6	3	7	126
				Guías picadas					
		Desalienamiento bancada- escote	Conicidad diámetro piezas	Rerito y puesta deficiente de escote	Inspección Visual	5	2	6	60
			Dimensiones incorrectas						

Figura 3-31 AMEF Bancada

Fuente: Elaboración propia

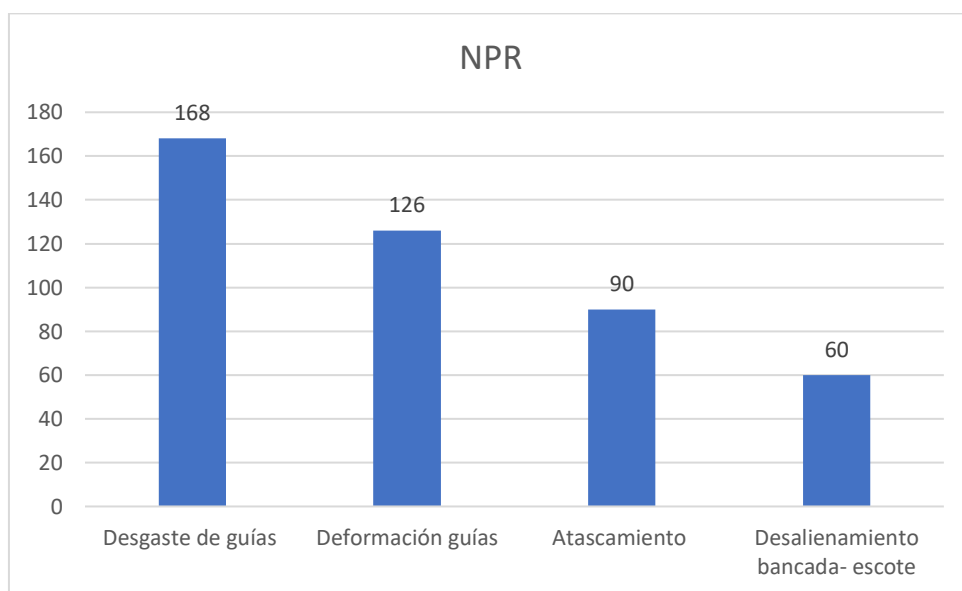


Figura 3-32 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Desgaste de guías	168	38%	38%
2	Deformación guías	126	28%	66%
3	Atascamiento	90	20%	87%
4	Desaliamiento bancada- escote	60	14%	100%
	Total	444	100%	

Figura 3-33 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto Bancada**

Fuente: Elaboración propia

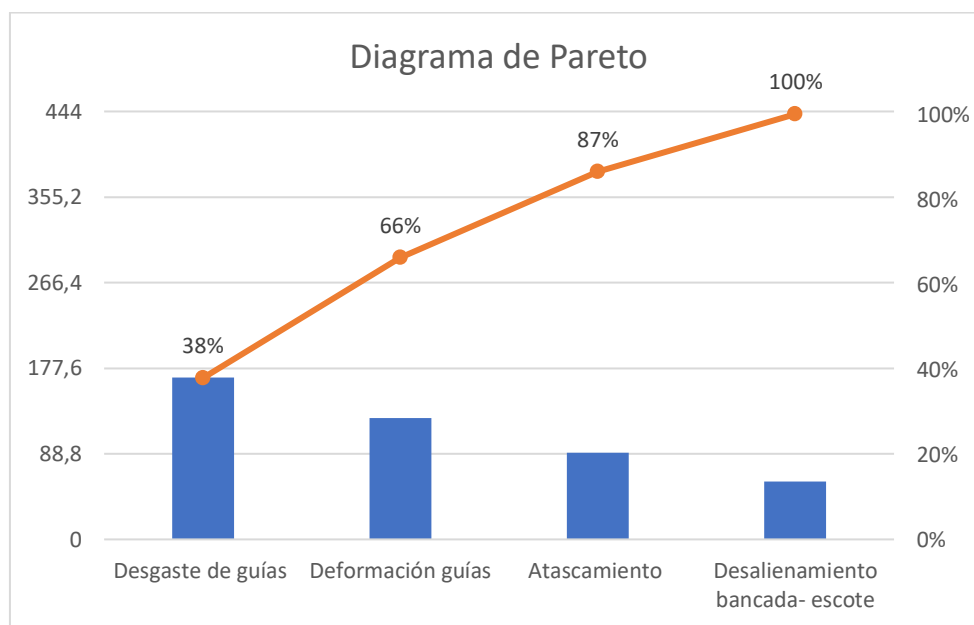


Figura 3-34 Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 87% del NPR acumulado se concentra en desgaste de guías, deformación guías y atascamiento por lo que serán los componentes que se les dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante, el 13% restante que se encuentra en desalineamiento bancada-escote será analizado a largo plazo.

Una vez realizados los análisis de cada equipo, se procede a realizar un análisis general, incluyendo todos los subsistemas en el cual se podrá analizar cual o cuales son los subsistemas al que se debe dar prioridad a la hora de elaborar el plan de mantenimiento.

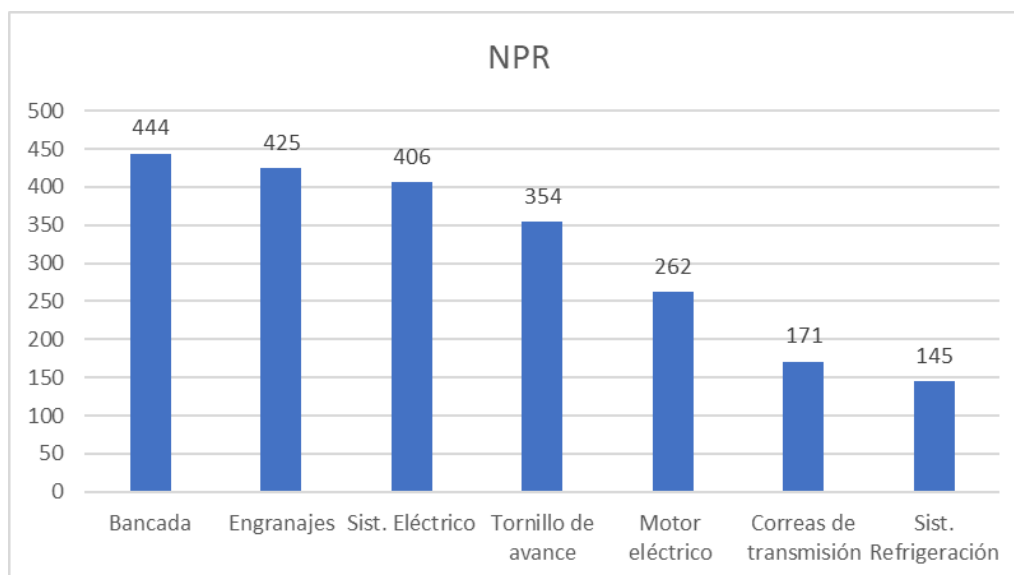


Figura 3-35 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

N°	Modo de falla	NPR	Frec. %	Frec. Acum. %
1	Bancada	444	20%	20%
2	Engranajes	425	19%	39%
3	Sist. Eléctrico	406	18%	58%
	Tornillo de avance	354	16%	74%
3	Motor eléctrico	262	12%	86%
4	Correas de transmisión	171	8%	93%
5	Sist. Refrigeración	145	7%	100%
	Total	2207	100%	

Figura 3-36 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Pareto todos los componentes**

Fuente: Elaboración propia

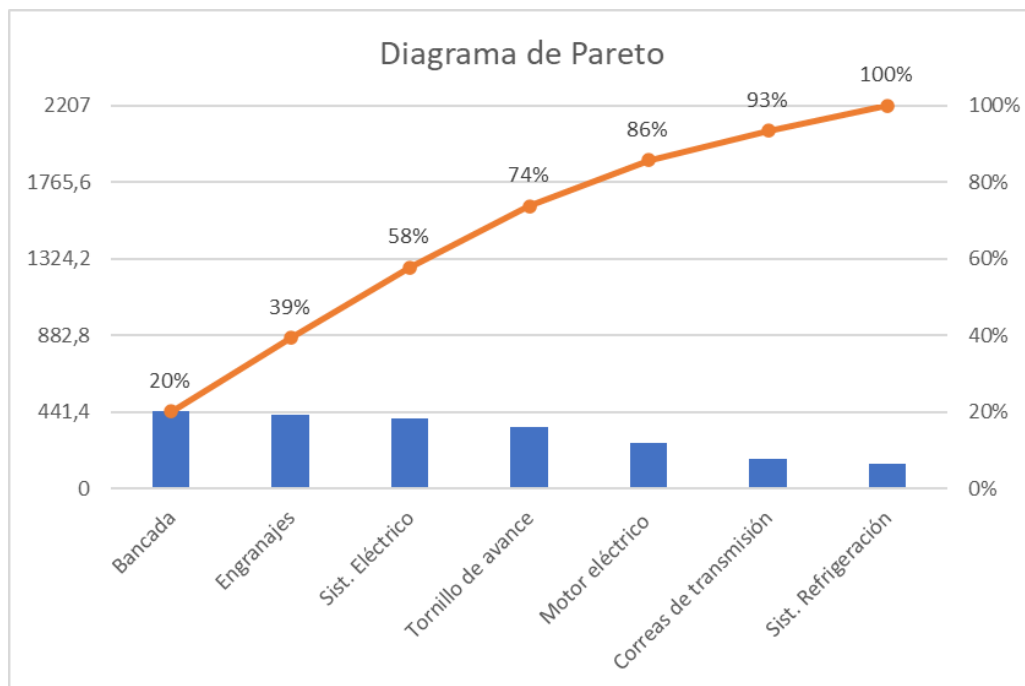


Figura 3-37 Diagrama Pareto de todos los componentes

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Observando el diagrama de Pareto se puede deducir que el 86% del NPR acumulado se concentra en bancada, engranajes, sistema eléctrico, tornillo de avance y motor eléctrico, dejando el 14% restante a correas de transmisión y sistema de refrigeración, Por tanto, los primeros 5 componentes son los principales y donde se debe dar prioridad al momento de crear el plan de mantenimiento.

3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO

3.5.1. Diario

Equipo	Componente	Acción	Tipo mantenimiento	Frecuencia
Torno	General	Limpieza general del equipo	Preventivo	Diaria
	Bancada	Limpieza y lubricación		
	Sist.Refrigeración	Revisar nivel de líquido refrigerante		
	Lubricante	Revisar nivel de lurbicante		
Fresadoras	General	Limpieza general de la máquina	Preventivo	Diaria
	Bancada	Limpieza y lubricación		
	Sist.Refrigeración	Revisar nivel de líquido refrigerante		
	Lubricante	Revisar nivel		

Figura 3-38 Plan de mantenimiento diario

Fuente: Planificación propia

3.5.2. Mensual

El plan de mantenimiento mensual se llevó a cabo de acuerdo con las especificaciones recomendadas por varios fabricantes, operadores y trabajadores, considerando también las condiciones de trabajo y funcionamiento actual de los equipos. El operador realiza un mantenimiento mensual, sujeto a capacitación previa.

Equipo	Componente	Acción	Tipo mantenimiento	Frecuencia
Torno	Sist. Eléctrico	Revisar conexiones, fusibles,botoneras	Preventivo	Mensual
		Medición consumo de corriente		
	Sist.Refrigeración	Inspección bomba y circuito refrigerante		
	Motor eléctrico	Inspección vibraciones, anclaje, conexiones		
	Transmisión	Inspección visual poleas, correas		
Fresadoras	Sist. Eléctrico	Revisar conexiones, fusibles,botoneras	Preventivo	Mensual
		medición consumo de corriente		
	Sist.Refrigeración	Inspección bomba y circuito refrigerante		
	Motor eléctrico	Inspección vibraciones, anclaje, conexiones		

Figura 3-39 Plan de mantenimiento mensual

Fuente: Planificación propia.

3.5.3. Semestral

El plan de mantenimiento semestral se llevó a cabo de acuerdo con las especificaciones recomendadas por varios fabricantes, operadores y trabajadores, considerando también las condiciones de trabajo y funcionamiento actual de los equipos. El operador realiza un mantenimiento mensual, sujeto a capacitación previa.

Equipo	Componente	Acción	Tipo mantenimiento	Frecuencia
Torno	Engranajes	Revisión de lubricantes en engranajes	Preventivo	Semestral
		Revisión estado de engranajes		
		Cambio lubricantes		
	Tornillo de avance	Lubricación tornillo y cremallera		
Fresadoras	Engranajes	Revisión estado engranajes	Preventivo	Semestral
		Lubricación de engranajes		

Figura 3-40 Plan de mantenimiento semestral

Fuente: Planificación propia

3.5.4. Anual

El plan de mantenimiento anual se llevó a cabo de acuerdo con las especificaciones recomendadas por varios fabricantes, operadores y trabajadores, considerando también las condiciones de trabajo y funcionamiento actual de los equipos. El operador realiza un mantenimiento mensual, sujeto a capacitación previa.

Equipo	Componente	Acción	Tipo mantenimiento	Frecuencia
Torno	Sist.lubricación	Limpieza estanque depósito aceite	Preventivo	Anual
	Sist. Refrigeración	Revisión circuito completo		
		Limpieza estanque depósito de refrigerante		
	Sist. Mecánico	Revisión partes mecánicas (rodamientos, acoplamientos, etc.)		
		Verificación apriete de tornillos y pernos		
Fresadora	Sist.lubricación	Limpieza estanque depósito aceite	Preventivo	Anual
	Sist.Refrigeración	Revisión circuito completo		
		Limpieza y revisión bomba refrigerante		
		Limpieza estanque depósito de refrigerante		
	Sist. mecánico	Revisión partes mecánicas (rodamientos, acoplamientos, etc.)		
		Verificación apriete de tornillos y pernos		

Figura 3-41 Plan de mantenimiento anual

Fuente: Planificación propia

3.5.5. Correctivo

Equipo	Componente	Acción	Tipo mantenimiento	Frecuencia
Torno	Engranajes	Cambio de engranajes	Correctivo	ocurriendo la falla
	Transmisión	Cambio correas		
	Sist. Refrigeración	Cambio de bomba, circuito y/o manguera		
	Sistema eléctrico	Cambio lámpara Cambio componentes (fusibles, botoneras, etc.)		
Fresadoras	Engranajes	Cambio de engranajes	Correctivo	ocurriendo la falla
	Sist. Refrigeración	Cambio de bomba, circuito y/o manguera		
	Sistema eléctrico	Cambio lámpara		
		Cambio componentes (fusibles, botoneras, etc.)		

Figura 3-42 Plan de mantenimiento correctivo

Fuente: Planificación propia

CAPITULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1. COSTOS DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se evalúa el costo de implementación de las acciones de mitigación para los modos de fallas detallados anteriormente, estas acciones permitirán definir los intervalos de periodicidad de las tareas a realizar.

Repuestos			
Equipo	Componentes a utilizar	Cantidad	Valor
Torno	Aceite Lubrax Hydra 46 (ISO 46)	19 L.	\$ 37.990
	Aceite Lubrax Hydra 68 (ISO 68)	19 L.	\$ 36.990
	Correas 17X1775 B-70	3 un.	\$ 27.000
	Rod 6206ZZ	1 un.	\$ 6.000
	Aceite soluble mineral 580 cresol crescent	19 L.	\$ 75.990
Fresadora	Rod 6205-2RS (Fresadora principal)	1 un.	\$ 5.000
	Rod 6206-2RS (Fresadoras secundarias)	1 un.	\$ 6.500
	Aceite Lubrax turbo SAE 10	5 L.	\$ 15.990
	Grasa de litio	500 gr.	\$ 16.990
Total			\$ 228.450

Figura 4-1 Costos repuestos

Fuente: Elaboración propia

Artículos de limpieza		
Equipo	Componentes a utilizar	Valor
Torno y fresadora	paños de aseo	\$ 1.849
	Set 3 brochas	\$ 2.490
	Aceitera 500 ml (truper)	\$ 5.490
Total		\$ 9.829

Figura 4-2 Costos artículos de limpieza

Fuente: Elaboración propia

	Elementos de protección personal	
Equipo	Componentes a utilizar	Valor
Torno y fresadora	Zapatos de seguridad	\$ 26.990
	Lentes de seguridad	\$ 1.500
	Guantes de seguridad	\$ 1.470
	Overol multiuso	\$ 9.990
	Casco de seguridad	\$ 3.690
Total		\$ 43.640

Figura 4-3 Costos EPP

Fuente: Elaboración propia

Personal	Valor HH
Ingeniero	12000
Técnico	8000
Operario	4500

Figura 4-4 Valor HH

Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Costo mantenimiento mensual

Equipo	Componente	Actividades mantenimiento	Frecuencia	Horas por pagar	Costo HH	Herramientas/materiales	Costo total Anual
Torno	Sist. Eléctrico	Revisar conexiones, fusibles,botoneras	Mensual	0,083	\$ 315	\$ 5	\$ 3.845
		Medición consumo de corriente		0,083	\$ 664	\$ 10	\$ 8.088
	Sist.Refrigeración	Inspección bomba y circuito refrigerante		0,116	\$ 441	\$ 5	\$ 5.350
	Motor eléctrico	Inspección vibraciones, anclaje, conexiones		0,1	\$ 800	\$ 5	\$ 9.660
	Transmisión	Inspección visual poleas, correas		0,083	\$ 315	\$ 5	\$ 3.845
Fresadoras	Sist. Eléctrico	Revisar conexiones, fusibles,botoneras	Mensual	0,083	\$ 315	\$ 5	\$ 3.845
		medición consumo de corriente		0,083	\$ 664	\$ 10	\$ 8.088
	Sist.Refrigeración	Inspección bomba y circuito refrigerante		0,116	\$ 441	\$ 5	\$ 5.350
	Motor eléctrico	Inspección vibraciones, anclaje, conexiones		0,1	\$ 800	\$ 5	\$ 9.660
							Total anual

Figura 4-5 Costos mantenimiento mensual.

Fuente: Planificación propia

4.1.2. Costo mantenimiento semestral

Costo mantenimiento frecuencia semestral

Equipo	Componente	Acción	Frecuencia	Horas por pagar	Costo HH	Herramientas/materiales	Costo total Anual
Torno	Engranajes	Revisión de lubricantes en engranajes	Semestral	0,25	\$ 2.000	\$ 5	\$ 4.010
		Revisión estado de engranajes		0,2	\$ 1.600	\$ 5	\$ 3.210
		Cambio lubricantes		0,416	\$ 3.328	\$	\$ 6.656
	Tornillo de avance	Lubricación tornillo y cremallera		0,083	\$ 664	\$ 5	\$ 1.338
	Fresadoras	Engranajes	Revisión estado engranajes	Semestral	0,266	\$ 2.128	\$ 5
Lubricación de engranajes			0,333		\$ 2.664	\$ 5	\$ 5.338
						Total anual	\$ 24.818

Figura 4-6 Costos mantenimiento semestral.

Fuente: Planificación propia

4.1.3. Costo mantenimiento anual

Costo mantenimiento frecuencia anual

Equipo	Componente	Acción	Frecuencia	Horas por pagar	Costo HH	Herramientas/materiales	Costo total Anual
Torno	Sist.lubricación	Limpieza estanque depósito aceite	Anual	1	\$ 3.800	\$ 2.500	\$ 6.300
	Sist. Refrigeración	Revisión circuito completo		1	\$ 3.800	-	\$ 3.800
		Limpieza estanque depósito de refrigerante		0,75	\$ 2.850	\$ 2.200	\$ 5.050
	Sist. Mecánico	Revisión partes mecánicas (rodamientos, acoplamientos, etc.)		0,75	\$ 2.850	200	\$ 3.050
		Verificación apriete de tornillos y pernos		0,333	\$ 1.265	\$ 150	\$ 1.415
Fresadora	Sist.lubricación	Limpieza estanque depósito aceite	Anual	0,75	\$ 2.850	\$ 2.500	\$ 5.350
	Sist.Refrigeración	Revisión circuito completo		0,666	\$ 2.531	-	\$ 2.531
		Limpieza y revisión bomba refrigerante		0,75	\$ 2.850	-	\$ 2.850
		Limpieza estanque depósito de refrigerante		0,75	\$ 2.850	\$ 2.200	\$ 5.050
	Sist. mecánico	Revisión partes mecánicas (rodamientos, acoplamientos, etc.)		0,75	\$ 2.850	200	\$ 3.050
		Verificación apriete de tornillos y pernos		0,333	\$ 1.265	\$ 150	\$ 1.415

Figura 4-7 Costos mantenimiento anual.

Fuente: Planificación propia

4.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA PROPUESTA

4.2.1. Análisis mensual

El presente plan de mantenimiento contempla su ejecución de forma mensual, sumando la aplicación del mantenimiento diario, tiene como principal objetivo las verificaciones de funcionamiento e inspecciones visuales de las partes o componentes de los equipos por lo que su valor de ejecución es relativamente bajo costando \$4810 sin embargo es posible reducir los costos a largo plazo mediante el uso eficiente y eficaz de las herramientas utilizadas para llevar a cabo estas labores.

4.1.1. Análisis semestral

El presente plan de mantenimiento contempla su ejecución de forma semestral, sumando la aplicación del mantenimiento diario, tiene como principal objetivo las verificaciones de funcionamiento e inspecciones visuales de las partes o componentes de los equipos, además de realizar cambios de algunos componentes o elementos por lo que su valor de ejecución es relativamente bajo, costando \$12.409, sin embargo, es posible reducir los costos a largo plazo mediante el uso eficiente y eficaz de las herramientas utilizadas para llevar a cabo estas labores.

4.1.2. Análisis anual

El presente plan de mantenimiento anual se realizan acciones en su mayoría de tipo cíclica e inspecciones y/o revisiones.

En el caso de las mantenciones cíclicas, debido a la falta de información en las operaciones de los equipos, historial y horas de trabajo se ha optado por realizar en los primeros años realizar cambios de algunos componentes, sin embargo, este costo podría verse reducido en su próxima evaluación cuando se realice de acuerdo a las horas de operación de la máquina-herramienta.

CONCLUSIÓN

El proceso productivo se enfoca en 2 activos principales (torno y fresadora) que son operados por trabajadores de la empresa, más 2 equipos secundarios (fresadoras) que también son operados por trabajadores de la empresa pero que generalmente se mantienen en stand-by esperando que se produzcan trabajos de acero o bien que falle el activo principal, estos integran la etapa de fabricación que es una de las actividades más importantes dentro del proceso, que a su vez depende de la tecnología que se encuentra en el taller de la empresa.

Al momento de elaborar la propuesta de plan de mantenimiento se tomaron consideraciones basadas en técnicas de apoyo, como los análisis FMEA y NPR, los cuales arrojaron información necesaria para tener en consideración al momento de realizar las actividades dictadas en esta propuesta.

Dentro de lo observado, cabe destacar que los análisis de criticidad (FMEA y NPR) son aplicables y pertinentes para desarrollar un plan de mantenimiento, ya sea correctivo, preventivo o cualquiera sea el conveniente de acuerdo con el caso.

Para lograr evaluar y analizar ya sea con el uso o no de herramientas se debe conocer técnicamente los componentes esto lo podemos lograr con la ayuda de los operadores o técnicos que manejan bastante información relativa a la máquina, debemos recalcar además que la fuente de la información es el pilar fundamental, ya que dependiendo que tan fidedigna sea esta, también será la evaluación y análisis.

RECOMENDACIONES

Luego de analizar los equipos de la empresa Veproind, se realizan las siguientes recomendaciones:

Como recomendación principal, siempre se aconsejará capacitar, retroalimentar a los operarios de la empresa, puesto que el correcto funcionamiento de estos equipos no depende solo de los mantenimientos adecuados, sino que del correcto uso que den los operarios, el cuidado de los equipos.

También se recomienda comprar un medidor de tensión de correas, esto permite que cuando se realice el cambio de correas a realizar en los equipos, se pueda ocupar la tensión designada en el catálogo o bien se pueda realizar el cálculo correspondiente de tensado y pueda medir la correcta tensión con este aparato, esto permite que las correas funcionen de manera correcta y no disminuyan su tiempo de vida por un mal tensado de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

1. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20\(para%20Inform%C3%A1tica\)/2011/rivera_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtualData/Tesis%20para%20marcaci%C3%B3n%20(para%20Inform%C3%A1tica)/2011/rivera_re/borrador/convertidas%20pdf/Capitulo%201.pdf)
2. JIMÉNEZ, Karli y MILANO, Teddy. Planificación y gestión del mantenimiento industrial. Caracas, editorial Panapo, 2006.
3. http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf
4. <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/8-la-elaboracion-del-plan-de-mantenimiento>
5. sig=a6aOKlSTBK8K2x7y9fTfmNtK3vA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewj2wLHnqbbeAhWBkpAKHYAlCCYQ6AEwFnoECAIQAQ#v=onepage&q&f=false
6. http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/906/1/Jara_Cardenas_Alexander.pdf
7. <https://es.scribd.com/doc/227602854/Texto-Guia-de-Mantenimiento-Industrial>
8. <https://es.scribd.com/document/266719936/El-Analisis-de-modos-y-efectos-de-fallas-potenciales>
9. https://www.intermec.com.co/pdf/Tension_de_correas.pdf

LINKOGRAFÍA

1. <https://www.mobil.com.mx/es-mx/industrial/lubricant-expertise/resources/determining-relubrication-intervals>
2. <https://www.partesdel.com/rodamiento.html>
3. [google.com/+plan+de+mantenimiento+industrial&hl=es&as_sdt=0,](https://www.google.com/+plan+de+mantenimiento+industrial&hl=es&as_sdt=0,5)
4. http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:FgSMJsKfaAUJ:scholar.google.com/+plan+de+mantenimiento+industrial&hl=es&as_sdt=0,5
5. <https://renovetec.com/irim/317-protocolo-de-mantenimiento-preventivo-para-tornos-convencionales>
6. <https://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>
7. <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/field-service-software/plan-de-mantenimiento>

ANEXOS

ANEXO A: PUNTOS DE LUBRICACIÓN TORNO

Lubrication location	Method	Frequency	Qty.	Oil recommended	Remarks
Headstock	Fill: Remove end cover and take off the oil inlet plug, fill to oil sight glass in the middle level. Drain: Take off the drain plug (on the right side bottom of headstock).	First change: after approx 200 hours. Thereafter, every six months.	6 liters (1 1/2Gal.)	Shell Tellus22#	
Feed gear box	Add/Fill: Remove the upper cover and the covering plate, fill to the center level of the oil sight glass. Drain: take off the drain plug on the front side bottom of the feed gear box.	Add: as needed to always keep oil sight glass "central level". Drain/change: every six months.	Approx. 5liters. (1 1/4Gal.)	Tellus68#	
Apron	Add/Fill: Take off the inlet cap (either at the left end side of R.H. apron handwheel or at the right end side of L.H. apron handwheel), fill to the center level of the oil sight glass.	Add: as needed to always keep oil sight glass "central level". Drain/change: every six months.	Approx. 2 liters. (1/2Gal.)	Tellus68#	
Guideways, saddle and cross slide	1.Before operation, push"one-shot "pump (left side of left-hand apron handwheel, right side of right-hand apron handwheel) 2.Automatic lubrication while the carriage is moving.	3 times a day. (Normal operation)	1-3 shots in normal	Provided from apron reservoir	Flow controlled by means of "lube flow adjustor"
Compound rest, cross slide, feed screw and nut	Oil inlets: top surfaces on cross slide, compound rest and tool post clamp handle. Lubricate with pressure oil gun.	Once a day/ as needed	2-3 drops (one squirt of pressure oil gun)	Shell Tellus22#	
Tailstock	Oil inlets: top surfaces on tailstock. Lubricate with pressure oil gun.	Once a day/ as needed when in use	2-3 drops (one squirt of pressure oil gun)	Shell Tellus22#	
Outboard end gears	Apply grease to gear teeth	Check weekly and apply grease as required.	Thin coating (gears must not be run dry)	Use good clinging type gear grease	
Leadscrew, feed rod and half nut	Lubricate surface with brush or soft cloth dipped in oil. Oil cap on leadscrew bracket.	Once a day/ as needed	Leadscrew must be cleaned and threads lightly oiled.	Shell Tellus22#	
Other portions	Oil inlets: a.Handwheel shaft of apron b.Feed screw shaft of cross slide c.Feed screw shaft of compound rest d.Thread dial indicator.Lubricate with pressure oil gun.	Once a day/ as needed		Shell Tellus22#	

ANEXO B: POSIBLES PROBLEMAS DE UNA FRESADORA.

TROUBLE	POSSIBLE CAUSES	REMAIDY
Spindle feed un-normal	Quill clamp lever unrelease.	Release clamp lever.
Spindle brake brake-down.	Brake shoe worn out	Replace
Spindle unrotate.	1.Poor contact on the switch. 2. Drive belt too slack. 3.Poor motor.	1.Check the switch. 2.Adjust or replace. 3.Repair or renew.
Incorrect rotation.	The switch knob indicated at wrong position.	Change to correct position.
Table vertical, cross, Longitudinal feed unsmooth.	1.Gib strip too tight. 2.Unproper backlash between nut and screws. 3.The lubricaten not to lubrication point.	Release Adjust Check lubrication.
Vibrative when machi-ning.	1.Machine unstable. 2.unsuitable cutting condition.	Reclamp Select proper cutting speed according to materials and cutteer.

ANEXO C: LAYOUT EMPRESA.