

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS DE LA
EMPRESA INDUPLASTICOS**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero de ejecución mecánica en
procesos y mantenimiento industrial

Alumno:

Fabian Ignacio Gasparini Llancavil

Profesor Guía:

Ing. Eduardo Aracena Cuellar

DEDICATORIA

Agradecimientos:

A toda mi familia por el apoyo que me otorgaron durante todos estos años, a mi madre en especial por su amor y paciencia, a mi abuela y hermanos que fueron un pilar fundamental.

A mi novia e hijo por brindarme consuelo en momentos difíciles a mis tíos, tías y primos por todo el cariño y apoyo.

A mi padre por apoyarme cada vez que lo necesite.

A los profesores que se encargaron de mi formación profesional, a todos mis compañeros y amigos que me acompañaron en este camino.

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

RESUMEN

El presente trabajo de título se enfoca en los equipos de la empresa induplasticos, esta empresa se dedica a la fabricación de repuestos en plásticos de ingeniería para las diferentes empresas del área industrial. Dentro de esta empresa existen 2 equipos principales los cuales trabajan en paralelo o en serie dependiendo del tipo de repuesto que se desea fabricar, la administración y organización de los pedidos a fabricar es realizada por el jefe de maestranza que a su vez tiene a cargo 3 operadores que se encargan de mecanizar las diferentes materias primas para llegar al producto final que posteriormente se despachara al cliente.

Los 2 equipos principales son un torno convencional y una fresadora vertical, los cuales trabajan a su vez con herramientas y máquinas de apoyo. Primeramente, debemos 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 listas las calificaciones de los componentes de cada equipo se deben ordenar los resultados obtenidos, para verificar la prioridad de cada uno y así determinar donde enfocar el plan de mantenimiento, para esto se utilizarán histogramas, polígonos de frecuencias y diagramas de paretos que posteriormente deben ser analizados para determinar el comportamiento de los equipos en estudio.

En base a todos los análisis realizados a los equipos procederemos a acotar y definir nuestra propuesta de planificación del mantenimiento, determinando las frecuencias y acciones que se deben realizar para cada uno de los componentes de los equipos, finalmente se debe realizar una evaluación que debe considerar cada costo asociado al plan de mantenimiento.

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1

1.1 OBJETIVOS 3

1.1.1 Objetivo general 3

1.1.2 Objetivos específicos 3

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SUS PROPÓSITOS 6

2.1.1 Productos 7

2.1.2 Materias primas 7

2.2 LAYOUT TALLER EMPRESA INDUPLASTICOS.....8

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA 9

2.3.1 Flujograma de ordenes o pedidos 10

2.3.2 Proceso de fabricación de algunos productos 11

2.4 TORNO 13

2.4.1 Motor eléctrico del torno 15

2.4.2 Transmisión 16

2.4.3 Tren de engranes 18

2.4.4 Bomba de refrigerante 19

2.4.5 Tornillo de avance 20

2.4.6 Lubricación 21

2.5 FRESADORA 25

2.5.1 Motor eléctrico fresadora.....28

2.5.2 Transmisión 29

2.5.3 Tren de engranes 30

2.5.4 Tornillo de avance mesa de trabajo 31

2.5.5 Sistema de refrigeración 32

2.5.6 Lubricación 33

2.5.7 Características de los lubricantes 36

2.6 DIAGNÓSTICO 38

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO 39

3.1 MANTENIMIENTO 40

3.1.1 Tipos de mantenimiento.....40

3.1.2 Plan de mantenimiento 42

3.2 APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....45

3.2.1 Análisis de componentes rotativos 46

3.2.2 Inspecciones 46

3.2.3 Fallas de elementos mecánicos 47

3.2.4	Lubricación.....	47
3.3	ELEMENTOS ROTATIVOS	48
3.3.1	Rodamientos.....	49
3.3.2	Transmisión de potencia	52
3.3.3	Transmisión por correas	52
CAPÍTULO 4:	DISEÑO SOLUCIÓN	55
4.1	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO	56
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	58
4.2.1	Torno paralelo	58
4.2.2	Fresadora vertical	58
4.3	TABLAS PARA CALIFICAR LOS COMPONENTES SEGÚN UN CRITERIO NPR.....	59
4.4	ANÁLISIS DE MODOS DE EFECTOS DE FALLA PARA LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS.....	62
4.4.1	Motor eléctrico	62
4.4.2	Transmision.....	66
4.4.3	Engranes	70
4.4.4	Sistema de refrigeración	74
4.4.5	Sistema eléctrico.....	78
4.4.6	Bancada	82
4.4.7	Total de componentes	86
4.5	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	89
4.5.1	Motor eléctrico	89
4.5.2	Transmisión.....	90
4.5.3	Engranes	91
4.5.4	Sistema de refrigeración	92
4.5.5	Sistema eléctrico.....	93
4.5.6	Bancada	94
4.5.7	Plan de mantenimiento según su frecuencia	95
4.5.8	Objetivos de las actividades.....	96
CAPITULO 5:	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	97
5.1	COSTOS DE LA PROPUESTA	98
5.2	EVALUACIÓN DE LOS COSTOS	100
5.2.1	Análisis de los datos obtenidos	102
CAPÍTULO 6:	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
6.1	CONCLUSIÓN.....	104
6.2	RECOMENDACION.....	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	106
	LINKOGRAFÍA.....	107
	ANEXOS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2- 1 Organigrama empresa	6
Figura 2- 2 Proceso de la empresa Induplasticos.....	6
Figura 2- 3 Layout del taller.....	8
Figura 2- 4 Flujograma empresa	10
Figura 2- 5 Componentes torno paralelo Fervi.....	14
Figura 2- 6 motor eléctrico torno	16
Figura 2- 7 Correas de transmisión	16
Figura 2- 8 Engranés torno.....	18
Figura 2- 9 Torno paralelo Dalian	19
Figura 2- 10 Componentes de la caja de maniobras del torno	20
Figura 2- 11 Carro portaherramientas	20
Figura 2- 12 Fresadora Tos Timemaster.....	25
Figura 2- 13 Componentes fresadora Tos Timemaster	27
Figura 2- 14 Placa de identificación motor eléctrico	28
Figura 2- 15 Correas de transmisión	29
Figura 2- 16 Tren de engranajes.....	30
Figura 2- 17 mesa de trabajo	31
Figura 2- 18 bomba de refrigeración	32
Figura 2- 19 Sección 1, lubricación cabezal de la fresadora.....	33
Figura 2- 20 Sección 2, lubricación cabezal de la fresadora.....	34
Figura 2- 21 Sección 3, Mesa de trabajo	35
Figura 3- 1 Elaboración de un plan de mantenimiento	43
Figura 3- 2 Partes principales de un rodamiento	49
Figura 3- 3 Causas de fallo en un rodamiento	50
Figura 3- 4 Frecuencia de reengrase de rodamientos de bolas y rodillos.....	51
Figura 3- 5 Dimensiones de una transmisión por correas.....	54
Figura 4- 1 Sistema productivo empresa	56
Figura 4- 2 Componentes torno.....	58
Figura 4- 3 Componentes fresadora	58
Figura 4- 4 AMEF motor eléctrico.....	62
Figura 4- 5 Calificación (NPR) de los modos de falla.....	62
Figura 4- 6 Tabla de frecuencias para Diagrama de Paretos	63
Figura 4- 7 Tabla de frecuencias para Polígono de frecuencia	63
Figura 4- 8 Tabla de frecuencias para Curva de frecuencia	63
Figura 4- 9 Diagrama de paretos	64
Figura 4- 10 Polígono de frecuencias.....	64
Figura 4- 11 AMEF transmisión	66
Figura 4- 12 Calificación (NPR) de los modos de falla.....	66
Figura 4- 13 Tabla de frecuencias para Diagrama de Paretos	67
Figura 4- 14 Tabla de frecuencias para Polígono de frecuencia	67
Figura 4- 15 Tabla de frecuencias para Curva de frecuencia	67
Figura 4- 16 Diagrama de paretos	68
Figura 4- 17 Polígono de frecuencias.....	68
Figura 4- 18 AMEF engranes.....	70
Figura 4- 19 Calificación (NPR) de los modos de falla.....	70

Figura 4- 20 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos** 71

Figura 4- 21 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**..... 71

Figura 4- 22 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**..... 71

Figura 4- 23 Diagrama de paretos 72

Figura 4- 24 Polígono de frecuencias 72

Figura 4- 25 AMEF sistema de refrigeración 74

Figura 4- 26 Calificación (NPR) de los modos de falla 74

Figura 4- 27 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos** 75

Figura 4- 28 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**..... 75

Figura 4- 29 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**..... 75

Figura 4- 30 Diagrama de paretos 76

Figura 4- 31 Polígono de frecuencias 76

Figura 4- 32 AMEF sistema eléctrico..... 78

Figura 4- 33 Calificación (NPR) de los modos de falla 78

Figura 4- 34 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos** 79

Figura 4- 35 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**..... 79

Figura 4- 36 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**..... 79

Figura 4- 37 Diagrama de paretos 80

Figura 4- 38 Polígono de frecuencias 80

Figura 4- 39 AMEF Bancada 82

Figura 4- 40 Calificación (NPR) de los modos de falla 82

Figura 4- 41 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos** 83

Figura 4- 42 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**..... 83

Figura 4- 43 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia** 83

Figura 4- 44 Diagrama de paretos 84

Figura 4- 45 Polígono de frecuencias 84

Figura 4- 46 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos** 86

Figura 4- 47 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**..... 86

Figura 4- 48 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**..... 86

Figura 4- 49 Diagrama de paretos 87

Figura 4- 50 Polígono de frecuencias 87

Figura 5- 1 Costos horas hombre..... 98

Figura 5- 2 Costos personal..... 98

Figura 5- 3 Costos fijos fresadora..... 98

Figura 5- 4 Costos fijos torno 99

Figura 5- 5 Gastos generales 99

Figura 5- 6 Total de gastos 99

Figura 5- 7 Costos hora hombre para **Diagrama de paretos** 100

Figura 5- 8 Costos hora hombre por meses 100

Figura 5- 9 Diagrama de paretos 101

Figura 5- 10 Costos por meses 101

Figura 6- 1 Aparato tensor..... 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1	Proceso productivo Induplasticos por etapas.....	9
Tabla 2- 2	Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas	11
Tabla 2- 3	Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas	12
Tabla 2- 4	Especificaciones técnicas torno paralelo convencional DMTG.....	13
Tabla 2- 5	Especificaciones técnicas torno paralelo convencional DMTG.....	14
Tabla 2- 6	Identificación motor del torno.....	15
Tabla 2- 7	Identificación de datos eléctricos del plato.....	15
Tabla 2- 8	Identificación correas PIX x-set A-42.....	17
Tabla 2- 9	Identificación correas Power v belt AX22	17
Tabla 2- 10	Identificación motor del refrigerante de la herramienta	19
Tabla 2- 11	Listado de lubricantes recomendados.....	21
Tabla 2- 12	Característica lubricante MOBIL VACTRA.....	22
Tabla 2- 13	Características lubricante SHELL–TONNA–T68.....	23
Tabla 2- 14	Característica lubricante CHEVRON–VISTAC–68X.....	24
Tabla 2- 15	Especificaciones técnicas Fresadora Tos Timemaster	26
Tabla 2- 16	Componentes Fresadora Tos Timemaster	27
Tabla 2- 17	Identificación motor de la fresadora.....	28
Tabla 2- 18	Identificación correas Bando A-33	29
Tabla 2- 19	Identificación correas Bando Synchronous Belt 225L	29
Tabla 2- 20	Identificación bomba de refrigeración	32
Tabla 2- 21	Lubricación sección 1	33
Tabla 2- 22	Lubricación sección 2	34
Tabla 2- 23	Lubricación sección 3	35
Tabla 2- 24	Características lubricantes sunoco waylube 80	36
Tabla 2- 25	Característica lubricante Febis K68	37
Tabla 4- 1	Equipos de producción.....	56
Tabla 4- 2	Descripción de algunos equipos.....	57
Tabla 4- 3	Parámetros para calificar ocurrencia	59
Tabla 4- 4	Parámetros para calificar detectabilidad.....	60
Tabla 4- 5	Parámetros para calificar severidad.....	61
Tabla 4- 6	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el motor eléctrico	65
Tabla 4- 7	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para la transmisión	69
Tabla 4- 8	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para los engranes	73
Tabla 4- 9	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el sistema de refrigeración	77
Tabla 4- 10	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el sistema eléctrico.....	81
Tabla 4- 11	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para la bancada	85
Tabla 4- 12	Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para los componentes evaluados	88
Tabla 4- 13	Mantenciones motor eléctrico	89
Tabla 4- 14	Mantenciones transmisión.....	90
Tabla 4- 15	Mantenciones engranes torno.....	91
Tabla 4- 16	Mantenciones engranes fresadora	91
Tabla 4- 17	Mantenciones sistema de refrigeración	92
Tabla 4- 18	Mantenciones sistema eléctrico.....	93
Tabla 4- 19	Mantenciones bancada torno.....	94
Tabla 4- 20	Mantenciones bancada fresadora	94

Tabla 4- 21 Mantenciones bancada fresadora..... 95

Tabla 4- 22 Objetivos 96

Tabla 5- 1 Análisis de costos..... 102

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

Ea: Flecha del ramal (mm).

k: Constante para el cálculo de la fuerza centrífuga.

L: Longitud del ramal (mm).

Sa: Fuerza estática mínima sobre el eje (N).

T: Tensión estática mínima por correa (N).

mm: Milímetro.

cm: Centímetro.

m: Metro.

km: Kilómetro.

h: Hora.

t: Tonelada.

m²: Metro cuadrado.

m³: Metro cúbico.

cm³: Centímetro cúbico.

kg: Kilogramo.

mg: Miligramo.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la vida humana las herramientas fabricadas por el hombre se han perfeccionado día con día, debido a que éstas le permiten conseguir sus objetivos. Durante la primera revolución industrial, se consideró que, para fabricar un producto cualquiera era necesario emplear 90% de mano de obra y el resto lo proporcionaban las máquinas. Conforme el tiempo pasó y a través de los esfuerzos por mejorar su función haciendo las máquinas más rápidas y precisas, en la actualidad se consigue obtener un producto o servicio con máquinas que se encargan de elaborar más de 90% de éste, lo cual ha sido posible por la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento [1].

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 estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia [2].

El mantenimiento industrial es uno de los ejes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la cantidad y calidad de la producción [3].

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las maquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce las fallas con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías [3].

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].

1.1 **OBJETIVOS**

1.1.1 Objetivo general

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

1.1.2 Objetivos específicos

- Elaborar levantamiento y diagnóstico del proceso productivo de la empresa.
- Diseñar una propuesta a los equipos principales de la empresa Induplasticos.
- Evaluar económicamente la propuesta.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente trabajo de título se plantea una problemática que es muy probable que la gran mayoría de las empresas hayan tenido que enfrentar en un comienzo, el hecho de no contar con un plan de mantenimiento que respalde sus operaciones muchas veces crea un ambiente de incertidumbre en lo que respecta al estado de las máquinas del área de producción.

Para proponer un correcto funcionamiento en lo que respecta al mantenimiento de la empresa Induplasticos que en la actualidad basa la mantención de sus activos en la corrección de las fallas al momento que estas se presentan, lo que llamamos hoy en día mantenimiento correctivo no programado, es fundamental revisar el estado actual en el que se encuentra dicha empresa para obtener y dejar en claro los puntos críticos de los equipos que afectan la producción, para esto lo primero será realizar un levantamiento técnico del proceso productivo en el que se desenvuelve la organización en estudio, para luego ajustar la solución, a las necesidades específicas que requiere la empresa.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y SUS PROPÓSITOS

La empresa Induplasticos, organización emergente en la fabricación y venta de productos en plásticos de ingeniería, elastoméricos y ruedas industriales. Se encuentran ubicados en la ciudad de Concepción, iniciando sus actividades en mayo del 2012 la organización Induplasticos se plantea como una nueva alternativa regional para dar soluciones a las diferentes necesidades del área industrial.

Esta empresa se compone por dos áreas:

- Administración: Se encargan de recibir, planificar y priorizar las órdenes de compra de parte de los clientes.
- Producción: Esta área está integrada por 3 personas que se encargan de fabricar los repuestos para su posterior entrega al cliente.

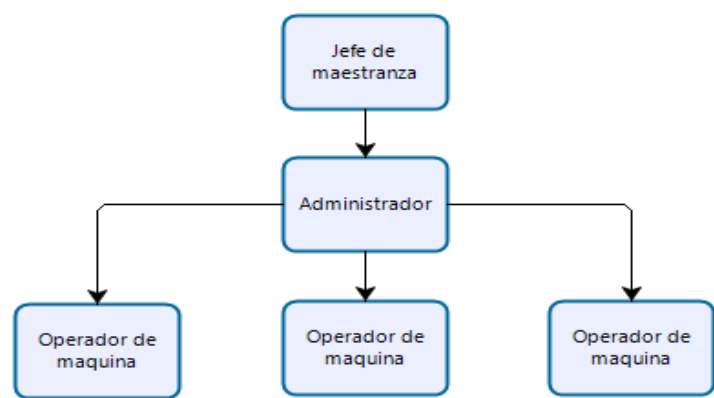


Figura 2- 1 Organigrama empresa

Fuente: Software Bizagi



Figura 2- 2 Proceso de la empresa Induplasticos

Fuente: Software Bizagi

2.1.1 Productos

Induplasticos 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:

- Guías para cadenas, placas sufrideras, regletas, mesas de formación y mesones para alimentos.
- Fabricación de boquillas, piezas aisladoras.
- Fabricación de o'ring, rodones, fuelles, amortiguadores y matricería en general.
- Ruedas y polines de diferentes diámetros y anchos, durezas de 60 hasta 90 shore -A.
- Ruedas aluminio poliuretano, diámetros (80 mm - 250 mm)
- Ruedas de nylon poliuretano, diámetros (80 mm - 250 mm)
- Ruedas de goma - metal, diámetros (100 mm - 300 mm)
- Cañerías revestidas interiormente en PTFE.
- Cañerías, codos y reducciones en acero carbono con bridas flangeadas y revestidas internamente con PTFE, disponibles en diámetros a partir de DN 1" a 12".

2.1.2 Materias primas

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

- Polietileno UHMW y HDPE
- Teflón.
- Durocoton.
- Elastómeros de uso industrial: Caucho natural, neopreno, siliconas, hypalon y viton.
- Recubrimientos en poliuretano.

2.2 LAYOUT TALLER EMPRESA INDUPLASTICOS

La figura que se muestra a continuación muestra la disposición de las maquinas herramientas que conforman la línea de producción de la empresa. La elección de esta disposición se realizó por el jefe de maestranza, siendo una elección estratégica en la que cualquier otra maniobra ajena a la producción no entorpecerá la calidad final del repuesto además de garantizar seguridad para el operario de la máquina.

Se observan las máquinas de la siguiente forma:

1: Fresadora

2: Torno

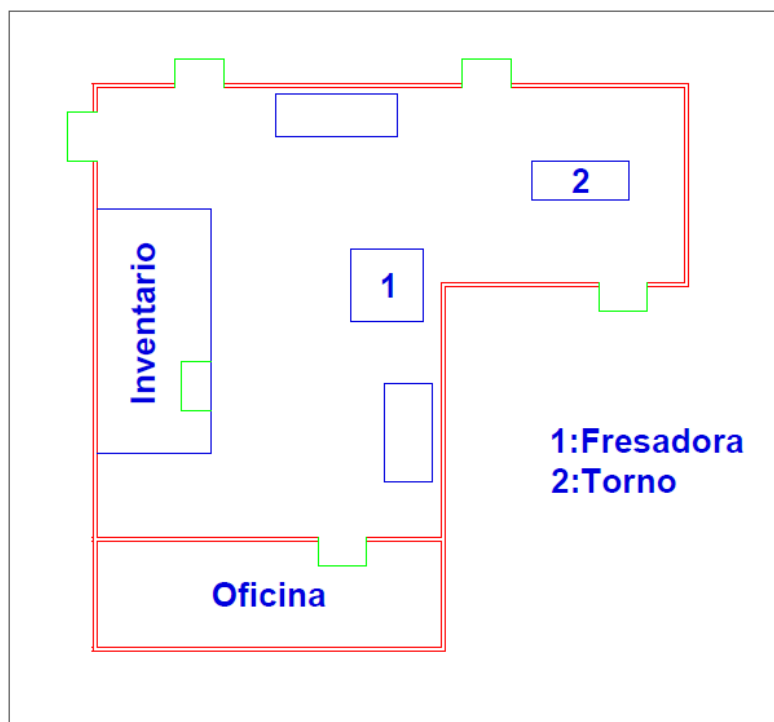


Figura 2- 3 Layout del taller

Fuente: AutoCAD

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA

Tabla 2- 1 Proceso productivo Induplasticos por etapas

Etapas	Procedimiento
1. 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	Luego de que el cliente revise la cotización enviada, este decide si continua con una orden de compra formal.
3. Stock	En base a la orden de compra formal se solicita la materia prima necesarias para la posterior fabricación.
4. Fabricación	a. 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. b. Mediante maquinaria industrial (torno y fresadora) se mecaniza la materia prima a la forma real del repuesto solicitado. c. El repuesto pasa por la etapa de mecánica de banco, donde se libera de cualquier impureza, además controla por ultima ves 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 induplasticos EIRL

2.3.1 Flujograma de ordenes o pedidos

Para la elaboración del flujograma se utilizó una simbología estándar con la cotización del cliente como acción inicial del flujo de pedidos y finalizando con el almacenamiento en bodega de los pedidos hasta el posterior despacho.

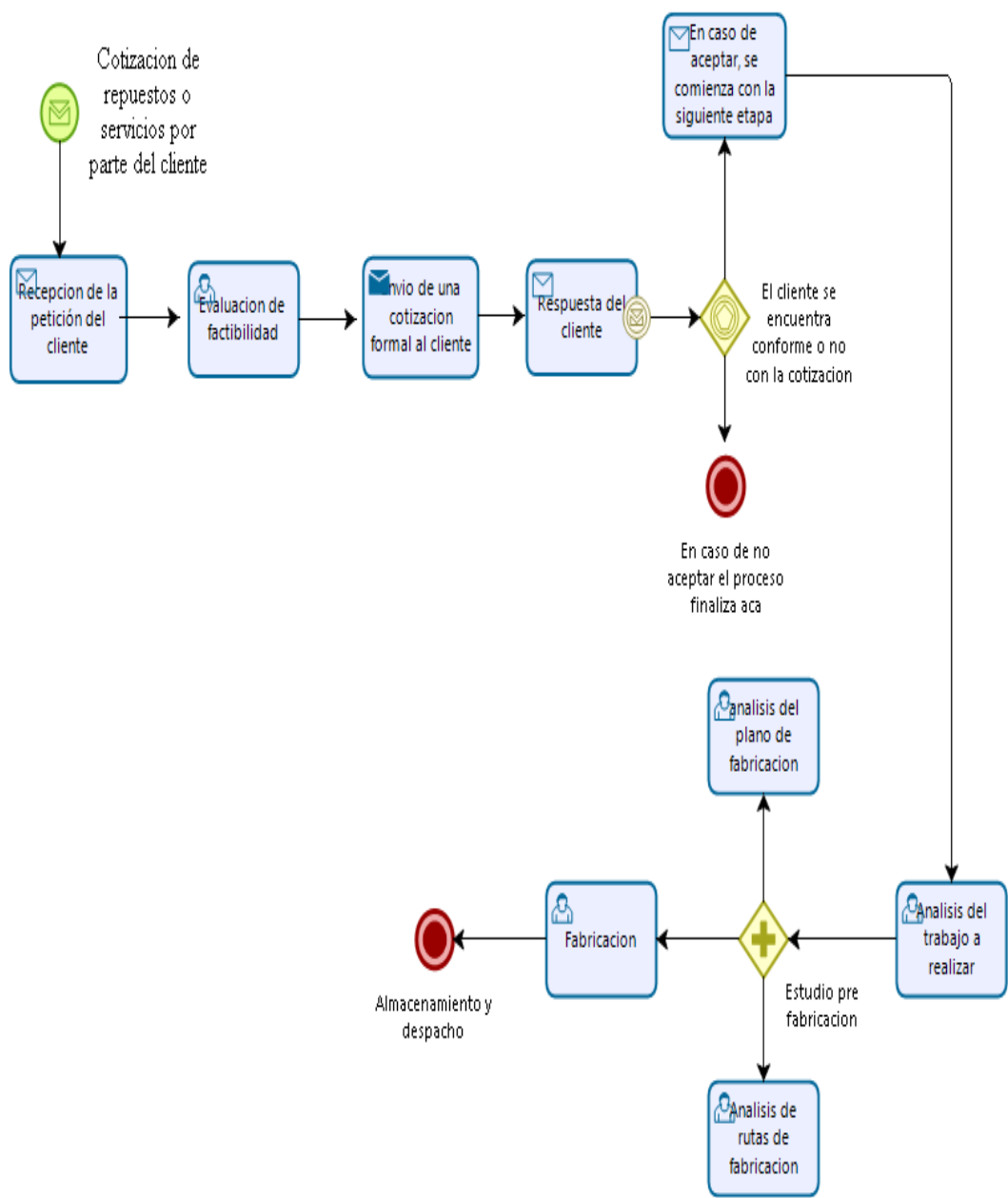


Figura 2- 4 Flujograma empresa

Fuente: dibujo propio

2.3.2 Proceso de fabricación de algunos productos

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

Induplasticos		Hoja de ruta		No pieza:
		Pieza: Paleta Fija Prensa de lodos		Material: UHMW
Fecha: 28 de julio del 2017		Cantidad: 48 unidades		Plano No: A3 07 2017 32
No	Operación	Equipo	Sección	Descripción
1	Desbaste a dimensiones de 151,5x103	Fresadora	1	Dimensiones en mm
2	Desbaste a dimensiones de 17,32 con un Angulo de 120°	Fresadora	2A	Dimensiones en mm Angulo en grados
3	Desbaste a dimensiones de 17,32 con un Angulo de 120°	Fresadora	2B	Dimensiones en mm Angulo en grados
4	Desbaste a dimensiones de 52x26,2	Fresadora	3	Dimensiones en mm
5	Roscado UNC 5/16"x2,5 (distancia de 25x25mm)	Fresadora Terrajas	4	Dimensiones en pulgadas, paso de la rosca 2,5mm
6	(Detalle 01) Desbaste dimensiones 7,8x 43	Fresadora	5A	Dimensiones en mm
7	(Detalle 01) Desbaste dimensiones 7,8x 43	Fresadora	5B	Dimensiones en mm
8	Desbaste Angulo de 60°	Router	6	Angulo en grados
9	Perforación guía diámetro 3,5	Fresadora	7	Dimensiones diámetro en mm

Tabla 2- 3 Ejemplo hoja de ruta para fabricación de piezas

Induplasticos		Hoja de ruta		No pieza:
		Pieza: Raspador inferior		Material: UHMW
Fecha: 24 de agosto del 2016		Cantidad: 8 unidades		Plano No: A3 08 2016 21
No	Operación	Equipo	Sección	Descripción
1	Desbaste ancho 230	Fresadora	1	Dimensiones en mm
2	Desbaste largo 2785	Fresadora	2	Dimensiones en mm
3	Angulo 30°x2785	Fresadora	3A	Dimensiones en mm
4	Angulo 30°x2785	Fresadora	3B	Dimensiones en mm

Fuente: Microsoft Word

2.4 **TORNO**

La empresa en estudio cuenta con un torno paralelo convencional DMTG series CDS 6250 B/C como uno de sus principales activos.

Tabla 2- 4 Especificaciones técnicas torno paralelo convencional DMTG

Modelo	CDS 6232	CDS 6236	CDS 6241	CDS 6250B/C
Distancia entre centros (mm)	500/750/1000			1000/1500/ 2000/3000
Adaptador de husillo (mm)	MT6			90/1:20
base husillo	D6			D8
Numero de velocidades husillo	12			16
Rango de velocidades husillo (min ⁻¹)	59-2100			26-2000/26-1700
Potencia motor (HP)	3-4.5			3-10
Ancho sobre bancada (mm)	280			394
Recorrido carro transversal eje X (mm)	180			355
Dimensión máxima de la herramienta (mm)	20x20			25x25
Rango de diámetro de paso	6-112DP			7/8-160DP
Rango de paso métrico (mm)	0.4-14			0.35-80
Recorrido del contrapunto (mm)	125			150

Fuente: Página oficial DMTG

Como no existe un manual del torno en la empresa se mostrará como referencia el torno Fervi series T999/400V para identificar componentes de la maquina

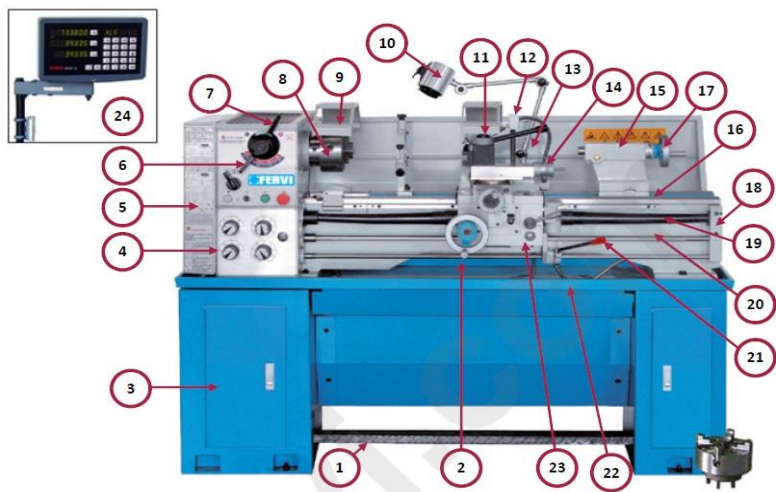


Figura 2- 5 Componentes torno paralelo Fervi

Fuente: Catalogo torno Fervi

Tabla 2- 5 Especificaciones técnicas torno paralelo convencional DMTG

1. Freno	2. Volante del carro	3. Banco de trabajo
4. Interruptores de velocidades	5. Cubierta lateral	6. Panel de control
7. Control eléctrico	8. Plato de sujeción	9. Dispositivo de protección
10. Iluminación	11. Torreta o carro	12. Refrigeración
13. Torreta transversal	14. Micrómetro	15. Contrapunto
16. Guías	17. Manivela contrapunto	18. Barra de soporte
19. Tornillo de avance	20. Barra de torneado	21. Barra de encendido
22. Bandeja	23. Palanca de transmisión	24. Tablero digital

Fuente: Catalogo Fervi

2.4.1 Motor eléctrico del torno

Para identificar el motor eléctrico se realizó una inspección con la ayuda del operador de máquina al momento que el equipo se encontraba detenido. Cabe recalcar que los datos de este equipo fueron obtenidos de esta forma en general ya que no se cuenta con el catálogo de la máquina.

Tabla 2- 6 Identificación motor del torno

TYPE YD132S			No
2.2/3.3 kW	380 V		50 Hz
CONN triang/YY	6.9/7.3 A		INS B
715/1450 r/min	BRG No 6208ZZ/6208ZZ		
STD JB/T7127-2010	IP44	63 kg	DATE

Fuente: Maestranza induplasticos EIRL

Tabla 2- 7 Identificación de datos eléctricos del plato

Modelo de la maquina	6066236
Fases	3
Voltaje	380 V
Frecuencia	50 Hz
Corriente	6.9 A
Grado de protección	IP 54
Potencia aparente	5 kVA
Tapa de interrupción	40 kA

Fuente: Maestranza induplasticos EIRL



Figura 2- 6 motor eléctrico torno

Fuente: Taller de la empresa

2.4.2 Transmisión

El sistema de transmisión de potencia que posee el torno se basa en 4 correas trapecoidales con revestimiento marca “PIX” que conduce la potencia hacia el plato y 1 correa trapecial de flancos abiertos marca “power v belt”



Figura 2- 7 Correas de transmisión

Fuente: Taller de la empresa

En total el torno posee 5 correas que le permiten transmitir potencia desde el motor y se dividen en 2 tipos diferentes:

Tabla 2- 8 Identificación correas PIX x-set A-42

Referencia De la correa	Longitud (mm)	Peso por metro (Kg)	Diámetro mínimo polea (mm)	Ancho superior (mm)	Espesor (mm)	Angulo (grados)
A 42	1065	0,106	71 dp	13	8	40

Fuente: Catalogo PIX

Tabla 2- 9 Identificación correas Power v belt AX22

Referencia De la correa	Longitud (mm)	Peso por metro (Kg)	Diámetro mínimo polea (mm)	Ancho superior (mm)	Espesor (mm)	Angulo (grados)
AX22	635	0,099	63	13	8	40

Fuente: Catalogo Power v belt

2.4.3 Tren de engranes

Es necesario mencionar que en el caso del tren de engranes que está encargado de regular las velocidades del plato no se pudo obtener una imagen directa de esta sección de la máquina debido a que la caja va sellada con silicona y solo se destapa para lubricación u otra acción de mantenimiento al igual que los engranes interiores del sistema de avance del tornillo patrón, por lo que una de las imágenes adjuntas al trabajo de título es referencia obtenida de otro torno.

Este mecanismo es fundamental dentro de la cadena cinemática ya que además de regular velocidades se encarga de transmitir la potencia a todo el largo de la cadena de funcionamiento de la maquina cualquier tipo de problema en uno de los discos dentados podría ser fatal dentro de la fabricación de la maquina ya que produciría una perdida en la calidad del producto final y tiempos muertos de reparación en caso de ser una falla inesperada.



Figura 2- 8 Engranes torno

Fuente: Taller de la empresa

2.4.4 Bomba de refrigerante

El refrigerante almacenado es bombeado por una bomba AOB-12. El flujo del refrigerante se regula con una llave de agua en el tubo de refrigerante y es accionado manualmente por el operador de máquina.



Figura 2- 9 Torno paralelo Dalian

Fuente: Taller de la empresa

Tabla 2- 10 Identificación motor del refrigerante de la herramienta

Potencia	60W
Frecuencia	50Hz
Voltaje	380V
Amperes	0.22A
Caudal	12 L/min
Revoluciones	2800
No	3988
0415-7105468	

Fuente: Taller de la empresa

2.4.5 Tornillo de avance

La caja de maniobras trabaja en regulación directa del tornillo de avance configurando las velocidades del movimiento del carro portaherramientas y la marcha automática. Para el movimiento del carro porta herramientas existe en la caja de maniobras un volante que está unido a una rueda dentada, esta rueda dentada engrana en una cremallera localizada en la bancada del torno.

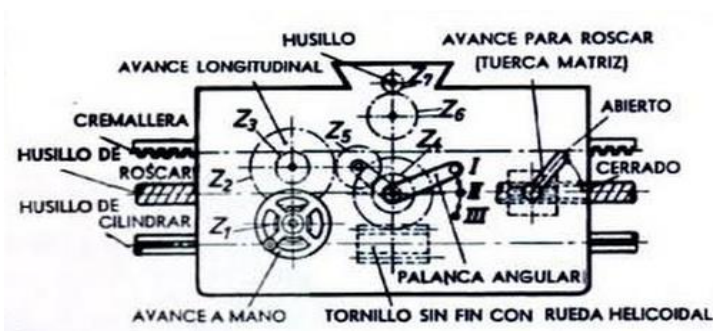


Figura 2- 10 Componentes de la caja de maniobras del torno

Fuente: [8]



Figura 2- 11 Carro portaherramientas

Fuente: Taller induplasticos

2.4.6 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.

Cada 6 meses de vida de la máquina, realice una inspección minuciosa de la operación, el desgaste y nivelación de la mesa son puntos fundamentales. La unidad de engranaje no requiere más mantenimiento que los cambios de aceite.

Cabe mencionar que para la selección de lubricante se utilizó de referencia el catálogo del torno fervi.

Tabla 2- 11 Listado de lubricantes recomendados

Recomendados	
1	Mobil Vectra No. 2
2	Shell-Tonna-T68/TX68
3	Chevron-Vistac-68X
4	Esso-Febis-K68

Fuente: Catalogo torno Fervi

2.4.7 Características de los lubricantes

Cabe recalcar que los lubricantes recomendados por el fabricante poseen un grado de viscosidad ISO en común (68 cSt) por lo tanto se consideran homólogos, pero dependiendo su aplicación se debe seleccionar uno en específico.

2.4.7.1 Mobil vactra

Mobil Vactra No. 2: se recomienda para correderas horizontales en máquinas herramienta de tamaño chico a mediano donde las cargas no excedan de 5 bar para correderas planas y de 2.7 bar para correderas en “V”.

Tabla 2- 12 Característica lubricante MOBIL VACTRA

Aceites mobil vactra	Método de prueba	No. 2	No. 4
Gravedad especifica	ASTM D-1298	0,89	0,89
Viscosidad cSt @ 40°C	ASTM D-445	61,2/68,0	198/220
cSt @ 100°C	ASTM D-445	8,6	19,20
Grado ISO VG	ASTM D-2422	68	220
Índice de viscosidad	ASTM D-2270	100	95
Punto mínimo de fluidez, °C	ASTM D-97	-15	-11
Punto de inflamación, °C	ASTM D-92	230	242

Fuente: Catalogo mobil

2.4.7.2 Shell-tonna-t68

Desarrollado para uso en un amplio rango de materiales usados en la superficie de las guías de máquinas-herramienta, incluyendo hierro fundido y materiales sintéticos. Tonna T puede también ser usado en el sistema hidráulico y caja de engranajes de las máquinas herramientas, aunque para estas aplicaciones el uso de Shell Tonna S es el producto mas adecuado. Para la lubricación de superficies horizontales el Shell Tonna 68 es producto recomendado, asi como el Shell Tonna 220 lo es para la lubricación de superficies verticales. Shell Tonna T son aceites especiales diseñados para la lubricación de guías y mesas de máquinas herramientas. Se basan en aceites minerales altamente refinados y contienen aditivos para mejorar sus características de adhesividad, antidesgaste y contra el deslizamiento intermitente. Están especialmente recomendados para casos donde existe alta exposición a fluidos de corte solubles.

Tabla 2- 13 Características lubricante SHELL-TONNA-T68

Shell Tonna T	68	220
Grado de viscosidad ISO (ISO 3448)	68	220
Viscosidad cinemática cSt @ 40°C cSt @ 100°C (ISO 3104)	68 8.8	220 18.4
Índice de viscosidad (ISO 2909)	104	98
Densidad @ 15°C kg/l (ISO 12185)	0.879	0.894
Punto de Inflamación °C (Cleveland Open Cup) (ISO 2592)	225	250
Punto de Fluidez °C (ISO 3016)	-24	-15

Fuente: Catalogo shell

2.4.7.3 Chevron–vistac–68x

Ayuda a proporcionar una protección anti desgaste tiene fibrosidad y grasitud características. Estos lubricantes tienen un adhesivo inusual el cual ayuda a minimizar fugas y se adhiere al metal superficies en las que proporciona una película de lubricante tenaz. Está formulado para cumplir con las críticas demandas de lubricación para las máquinas herramientas. Su bajo coeficiente de fricción estática inherente minimiza el deslizamiento o el movimiento brusco de las piezas deslizantes en máquinas herramientas, maximiza la eficiencia operativa de las herramientas y promueve una operación general suave. Debido a su adhesividad, estos aceites forman una tenaz película que se resiste a ser borrado lentamente mover superficies paralelas del camino o ser lavado de distancia cortando fluidos. Sus propiedades anti desgaste y de presión extrema ayudan a proteger las superficies deslizantes.

Tabla 2- 14 Característica lubricante CHEVRON–VISTAC–68X

Grado ISO	68	220
No. de producto	232511	232511
Gravedad API	25.4	25.7
Viscosidad cinemática		
cSt a 40°C	64.6	209
cSt a 100°C	7.3	15.0
Índice de viscosidad	61	60
Punto de inflamación °C	200	234
Punto de fluidez °C	-24	-15

Fuente: pagina lubricantes Chevron

2.5 FRESADORA

La fresadora mecánica es una máquina herramienta para realizar trabajos de mecanizado por arranque de viruta por movimiento de la herramienta rotativa de varios filos, la herramienta rotativa genera variados tipos de geometrías en las piezas fabricadas ya que el cabezal permite movimientos en 3 ejes (x-y-z) además de movimientos en diferentes ángulos.

La empresa en estudio cuenta con una fresadora universal Tos Timemaster modelo X-6325 como uno de sus principales activos ya que la gran mayoría de sus piezas fabricadas son realizadas por esta máquina.



Figura 2- 12 Fresadora Tos Timemaster

Fuente: Taller Induplasticos EIRL

Tabla 2- 15 Especificaciones técnicas Fresadora Tos Timemaster

Modelo	X6323A	X6325	X6325D	X6333	X6330A
Tamaño de mesa (mm)	230*1246	254*1370	254*1370	330*1500	305*1500
Recorrido longitudinal (mm)	650-840	850-950	850-950	840-1000	870-1000
Recorrido transversal (mm)	305	420	420	368	380
Recorrido Vertical (mm)	350	420	420	450	430
Distancia desde el husillo hasta la mesa (mm)	0-350	0-405	0-405	0-405	0-350
Agujero cónico del husillo	Estándar: R8	Estándar: ISO40			
Velocidad de giro (min ⁻¹)	60-4200				
Alimentación del husillo (mm/rev)	0.04/0.08/0.15				
Potencia del motor (kW)	2.25/3	2.25/3	3.75	3.75	3.75

Fuente: Catalogo Fresadora

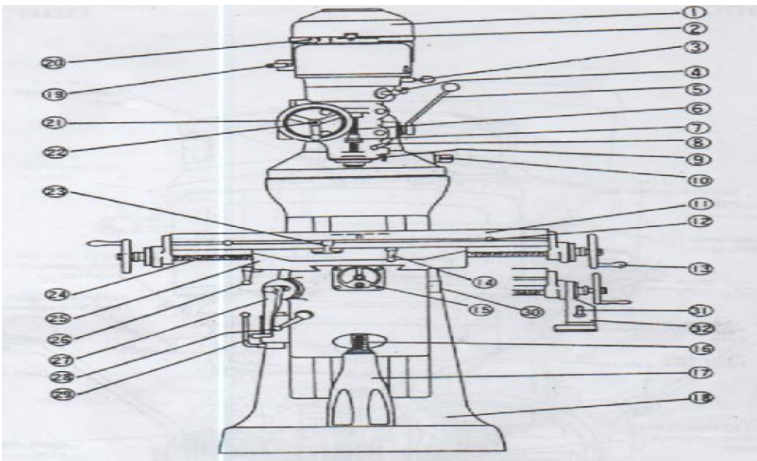


Figura 2- 13 Componentes fresadora Tos Timemaster

Fuente: Catalogo Fresadora

Tabla 2- 16 Componentes Fresadora Tos Timemaster

1	Motor	17	Carcasa del tornillo elevador
2	Palanca de cambio de velocidades	18	Base
3	Selector cambio de marcha	19	Interruptor de control
4	Conexión automática de alimentación	20	Freno de husillo y palanca de bloqueo
5	Mango de alimentación	21	Volante de avance fino
6	Tornillo control de profundidad	22	Perilla de inversión
7	Control de profundidad	23	Control longitudinal
8	Palanca de sujeción	24	Tornillo longitudinal
9	Barra comparadora	25	Asiento
10	Manilla de ajuste del pistón	26	Manilla de bloque del asiento
11	Mesa	27	Manilla de elevación
12	Mesa fija	28	Palanca de lubricante
13	Volante de avance longitudinal	29	Nivel de aceite
14	Palanca de bloqueo de la mesa	30	Palanca de alimentación de la mesa
15	Volante de avance transversal	31	Unidad de alimentación de mesa
16	Tornillo elevador	32	Interruptor de desconexión automático

Fuente: Catalogo Fresadora

2.5.1 Motor eléctrico fresadora

El motor es el componente que encabeza la cadena cinemática, para obtener los datos de este se realizó una breve inspección del equipo.

Los datos del motor eléctrico nos entregan características importantes dentro del funcionamiento del equipo en general debido a que es el componente generador del movimiento rotativo.

Tabla 2- 17 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	201	Rodamientos				
Peso	20 kg	No serie	6205			

Fuente: Catalogo Fresadora



Figura 2- 14 Placa de identificación motor eléctrico

Fuente: Taller empresa

2.5.2 Transmisión

Son 2 las correas las correas que efectúan la transmisión de potencia dentro del equipo las cuales serán detalladas a continuación.



Figura 2- 15 Correas de transmisión

Fuente: Taller empresa

Tabla 2- 18 Identificación correas Bando A-33

Serie	Peso (Lbs)	Long exterior (pulg)	Long de referencia (pulg)	Ancho superior (pulg)	Espesor (pulg)
A-33	0.213	35	34.3	.50	.31

Fuente: Catalogo Bando

Tabla 2- 19 Identificación correas Bando Synchronous Belt 225L

Serie	Numero de dientes	Long (pulg)	Espesor (pulg)	Espesor diente (pulg)	Paso (pulg)
225L	60	22.5	0.065	0.140	0.375

Fuente: Catalogo Bando

2.5.3 Tren de engranes

Al igual que el otro equipo en estudio no fue posible retirar la tapa para obtener información visual por lo tanto se utilizarán imágenes de referencia de una fresadora de similares características.

Este componente del equipo se encarga de transmitir potencia y configurar las velocidades para obtener un trabajo mucho mas preciso, debido a lo importante que es el trabajo de las ruedas dentadas por ser componentes constantemente sometidos a desgaste es que serán unos de los componentes considerados dentro de la propuesta.

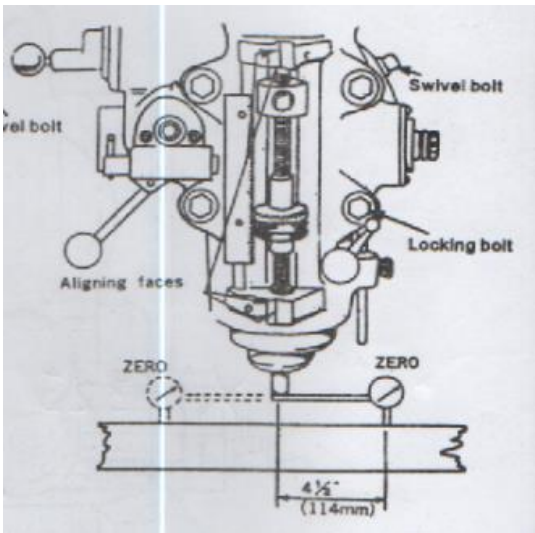


Figura 2- 16 Tren de engranajes

Fuente: Catalogo fresadora

2.5.4 Tornillo de avance mesa de trabajo

La mesa móvil de trabajo que posee la fresadora es la encargada de sostener y nivelar la materia prima a disposición de ser mecanizada, es compuesta además por un tornillo de avance controlado por manivelas que a su vez se acoplan a esta por medio de una cremallera y ruedas dentada.

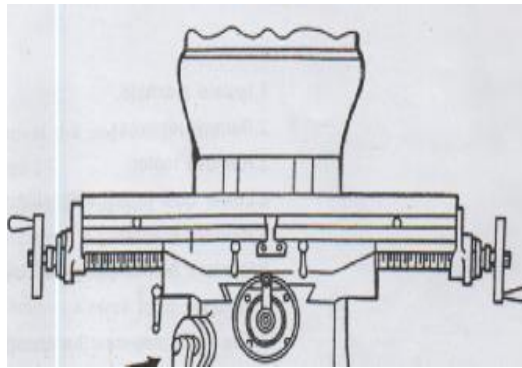


Figura 2- 17 mesa de trabajo

Fuente: Catalogo fresadora

2.5.5 Sistema de refrigeración

Para el sistema de refrigeración que proporciona el fluido al momento de efectuado el mecanizado, no se pudo obtener una referencia visual directa desde la empresa debido a la ubicación en la que se encuentra este componente en el equipo.



Figura 2- 18 bomba de refrigeración

Fuente: Catalogo bombas

Tabla 2- 20 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

2.5.6 Lubricación

Para lubricar los componentes móviles de la máquina el fabricante plantea secciones de la fresadora desde el cabezal móvil hasta la base de la mesa, por lo tanto, describiremos la metodología de lubricación desarrollada por el fabricante para posteriormente programar una propuesta de lubricación.

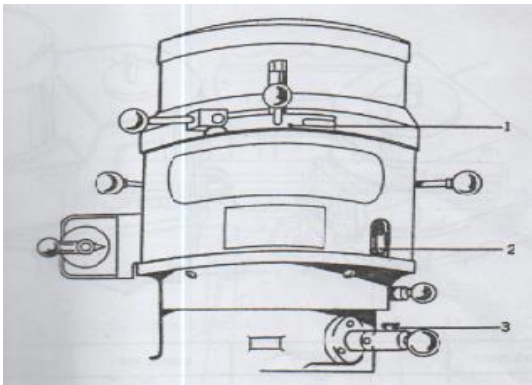


Figura 2- 19 Sección 1, lubricación cabezal de la fresadora

Fuente: Catalogo Fresadora

Tabla 2- 21 Lubricación sección 1

Frecuencia	Lubricación	Lubricante	Cantidad	Localización
2 veces a la semana	Alojamiento de la polea	R53, SAE 10 o 10W light	5 gotas	1
2 veces al día	Cojinetes del husillo / alimentación pluma	R53, SAE 10 o 10W light	completar	2
2 veces al día	Cojinetes de la pluma	R53, SAE 10 o 10W light	completar	3

Fuente: Catalogo Fresadora

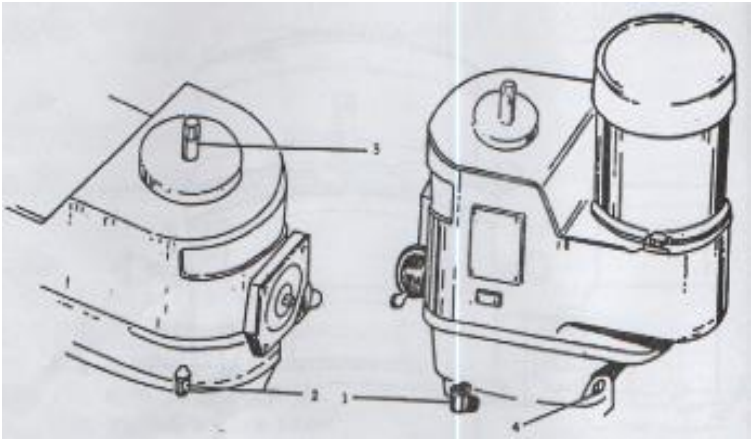


Figura 2- 20 Sección 2, lubricación cabezal de la fresadora

Fuente: Catalogo Fresadora

Tabla 2- 22 Lubricación sección 2

frecuencia	lubricación	lubricante	cantidad	localización
2 veces al día	Cojinetes de la pluma	R53, SAE 10 o 10W light	5 a 10 gotas	1
2 veces al día (cuando este en uso)	Sección móvil inferior del husillo	R53, SAE 10 o 10W light	completar	2
semanal	Vastago de la barra	R53, SAE 10 o 10W light	5 gotas	3
Cada 2 meses	Engrane reversa	grasa	Equivalente a una cucharada	4

Fuente: Catalogo Fresadora

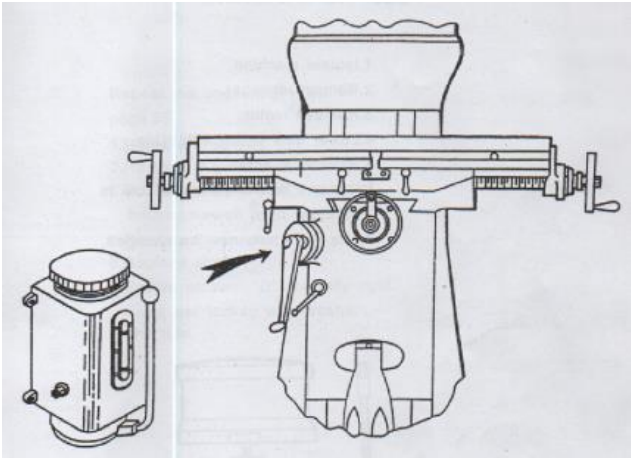


Figura 2- 21 Sección 3, Mesa de trabajo
Fuente: Catalogo Fresadora

Tabla 2- 23 Lubricación sección 3

Frecuencia	lubricación	lubricante	cantidad
Lubricante centralizado Bomba diaria	Tornillo de avance	Shell carnea oil 41 MOBIL X2	1 bomba
	Asiento de la mesa	Sunoco waylube 80 MOBIL X2	1 bomba
Chequear nivel Semanal	Asiento de la rodilla	Sunoco waylube 80 MOBIL X2	1 bomba
	Columna rodilla	Sunoco waylube 80 MOBIL X2	1 bomba
2 veces al día	Tornillo de elevación	Shell carnea oil 41 MOBIL X2	5 disparos (pistola de aceite)

Fuente: Catalogo Fresadora

2.5.7 Características de los lubricantes

Lubricar de correcta forma cada componente rotativo de la máquina es una de las acciones principales cuando se trata de mantenimiento preventivo y la fresadora no es una excepción.

2.5.7.1 Sunoco waylube 80

Son lubricantes efectivos para todas las aplicaciones de máquinas donde existen vías, independientemente de la carga. Esto incluye guías deslizantes, verticales u horizontales, en varias herramientas de maquinado, incluyendo fresadoras y atornilladoras, cepilladoras, perfiladoras, taladros y espumas. También se usa para martillos neumáticos, martillos neumáticos y taladros de roca. Los SUNOCO WAYLUBES son adecuados como lubricantes EP en los que las cajas de engranajes industriales de carga moderada requieren un aceite de engranaje pegajoso con propiedades EP leves y pueden usarse como aceites combinados (lubricante, aceite para engranajes y fluido hidráulico) cuando el sistema de lubricación tiene un depósito común y presión hidráulica permanece por debajo de 1000 psi.

Tabla 2- 24 Características lubricantes sunoco waylube 80

Grado SAE	80
Viscosidad, cSt a 40°C	68
Viscosidad, cSt a 100°C	9.1
Gravedad, API	30
Índice de viscosidad	110
Punto de inflamación °F	425
Punto de vertido, °F	-20
Especificación de Cincinati Milacron No	P-47

Fuente: Catalogo lubricante

2.5.7.2 Esso-febis-k68

Diseñados para satisfacer los requerimientos de las guías de las máquinas herramientas. Su rendimiento multifuncional hace de ellos adecuados para sistemas combinados que requieren la lubricación de engranajes, guías y sistemas hidráulicos. Están formulados a partir de aceites base minerales de alta calidad y un único sistema de aditivos que proporciona características especiales de baja fricción, alta resistencia a la oxidación, excelente protección contra la corrosión, insuperable capacidad de soportar cargas y características adhesivas que resisten al lavado de las superficies de las guías. También muestran una buena prevención contra la corrosión de las aleaciones de acero y de cobre.

Tabla 2- 25 Característica lubricante Febis K68

Febis k series	Febis k 68
Grado de viscosidad ISO	68 cSt
Viscosidad ASTM D 455	
cSt @ 40°C	68.12
Índice de viscosidad, ASTM D 2270, min	90
Corrosión al cobre, ASTM D 130, 3 h at 1000C, rating	1B
Características de herrumbre, ASTM D 665A	Pasa
Punto de congelación, °C, ASTM D 97, max.	-6
Punto de inflamación, °C, ASTM D 9 2	228

Fuente: Catalogo esso

2.6 **DIAGNÓSTICO**

La empresa induplasticos 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.

Los elementos que influyen dentro del proceso son: Personal operario, gestión administrativa, repuesto a fabricar, equipos involucrados, entre otros. Para los elementos como la negociación, fabricación y despacho la empresa funciona de manera fluida, ya que mantiene cubierta constante mente estos 3 aspectos, pero en lo que respecta al mantenimiento de los componentes de los equipos principales no hay registro de información que involucre a este tipo de labores. Cada una de las actividades de mantenimiento se basan en inspecciones que el mismo jefe de maestranza realiza en conjunto con los operadores. La empresa no a realizado un compilado de información que permita entender el comportamiento de los equipos en cuanto al mantenimiento, ya que dedican el total del tiempo a fabricar y despachar repuestos.

Los equipos se mantienen en constante trabajo sin generar problemas mayores ni detenciones prolongadas, además la empresa cuenta con información acerca de los equipos que puede ser recogida para la creación de un plan de mantenimiento, de esta forma cubrir esta área con las acciones de mantenimiento correspondientes a los requisitos de la empresa.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones.

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

3.1.1 Tipos de mantenimiento

Existen 4 métodos de mantenimiento aplicables dentro de una organización, cada uno de ellos posee características diferentes y es deber de la organización optar por el que se acomode de mejor forma a sus requerimientos.

3.1.1.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es un método de mantenimiento que resulta de la reparación de una falla o avería no programada en una máquina, por lo tanto, cualquier tipo de corrección realizada a la máquina después de presentada la falla se puede considerar como practica de mantenimiento correctivo.

Una de las principales desventajas que posee este tipo de mantenimiento es que debido a que las fallas se presentan sin ningún aviso, estas fuerzan la detención de la producción para la reparación y detección del problema, estos tiempos muertos de producción generan gastos extras.

3.1.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es un método que utiliza la información que posee la empresa acerca de los activos a los que este método se aplicara, permitiendo planificar las mantenciones a efectuar; preparar herramientas, repuestos, insumos y designar al personal más capacitado para realizar la acción. La principal ganancia de este tipo de mantenimiento es que permite utilizar de la forma más eficiente posible los tiempos, el mantenimiento preventivo permite adecuar y moldear las acciones dentro de los tiempos más favorables para la empresa para poder intervenir los equipos, ya sea; paradas de planta, cambios de turno, etc. Este método utiliza tiempos regulares bien definidos por el planificador de las mantenciones para evitar detener los procesos productivos.

Este método permite disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno para realizar las intervenciones, además se puede obtener un estimado de costos de mantenibilidad de activos mucho mas precisos, ya que cada parámetro es considerado en la planificación del mantenimiento.

3.1.1.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo permite a la organización detectar posibles fallas, identificando anomalías que presenten los equipos permitiendo de esta forma programar el mantenimiento del mismo, evitando la detención inesperada de la línea de producción.

Los métodos más básicos para detectar anomalías son los sentidos del ser humano; realizar inspecciones visuales, detectar olores, sentir excesivas vibraciones o temperaturas elevadas, ruidos, entre otros. Estas anomalías son detectables e interpretables de forma mucho mas precisa por especialistas en este tipo de mantenimiento gracias a las tecnologías que se han incorporado al área de mantenimiento a lo largo del tiempo

3.1.1.4 Mantenimiento basado en riesgos

El mantenimiento basado en riesgos es un método que se basa en el estado del equipo y su importancia dentro de la organización, además del valor cuantitativo del equipo de esta forma dar prioridad a las inspecciones y mantenimiento. Antes de ejecutar este tipo de mantenimiento el especialista debe realizar inspecciones rutinarias para

identificar evaluar y realizar un mapeo de los riesgos que comprometerán la integridad del equipo, es muy importante formar estrategias mientras se realiza la inspección en conjunto con los operadores de máquina y encargados de ejecutar el mantenimiento en terreno.

A las maquinas con mayor índice de riesgo a su vez se les realizan mediciones y se utiliza toda la información útil del equipo, para posteriormente revisar el equipo en un rango de tiempo determinado y verificar cualquier indicio que nos permita determinar que este se acerca al final de vida útil, de esta forma programar una intervención de la máquina.

3.1.2 Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se genera para establecer una metodología estratégicamente planificada, muchas veces creada con la ayuda de un grupo de especialistas, en la que se busca intervenir las diferentes maquinas disminuyendo al mínimo posible las pérdidas de producción y establecer parámetros de disponibilidad operacional dentro de la organización

Un plan de mantenimiento se enfoca en base a los objetivos y metas que busca la organización, pero en la mayoría de los casos la conservación de sus activos es fundamental para generar ingresos, por lo tanto, conservar funcionando de manera eficiente cada componente de la maquina es sin duda uno de los principales enfoques que presenta un plan de mantenimiento.

El reemplazo o reparación no está condicionado al estado del componente, puesto que se busca evitar que la falla ocurra cuando el equipo esté en funcionamiento. La información o señales entregadas por los componentes son de vital importancia, estas se identifican realizando las inspecciones periódicas y análisis del tipo de falla que está incurriendo en el equipo de esta forma prevenir una intervención de emergencia a futuro.

Evitar el deterioro prematuro de los componentes que conforman la máquina es tarea de todos dentro de la organización, por lo tanto, cada integrante debe colaborar con la mantenibilidad de las maquinas ya sea, limpiando, ordenando o aplicando de la mejor forma las diferentes estrategias planteadas.

3.1.2.1 Formulación de un plan de mantenimiento

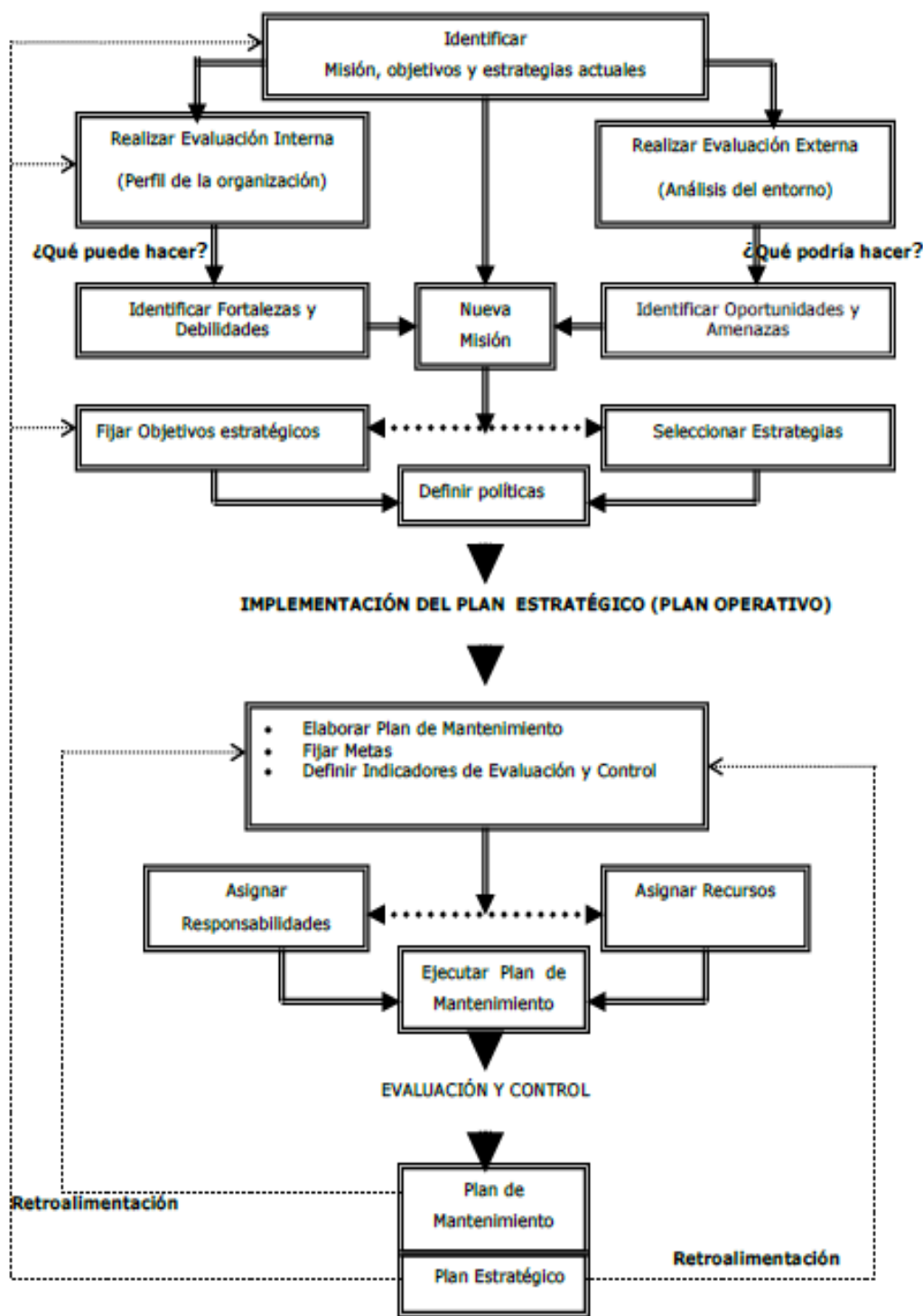


Figura 3- 1 Elaboración de un plan de mantenimiento

Fuente: [5]

3.1.2.2 Tareas de un plan de mantenimiento preventivo

Como mencionamos en el punto anterior un plan de mantenimiento es un conjunto de actividades que deben cumplir la finalidad de proponer un estándar en cuanto a disponibilidad operacional dentro de la organización. Cuando el enfoque de un plan es en la prevención de fallas, es fundamental seguir parámetros en cuanto a las acciones que se comenzaran a desarrollar para proponer o mejorar los estándares establecidos dentro de la organización en cuanto al mantenimiento, para que esto se cumpla las acciones que se realizaran son las siguientes.

- I. Reemplazo de equipos, subconjuntos, componentes o piezas: Con el paso del tiempo y uso que se les dan a las máquinas, estas denotan un desgaste natural o fatiga, lo cual incide en un aumento en la probabilidad de falla. Este desgaste ocurre principalmente en componentes mecánicos sometidos a; constante movimiento, corrosión, erosión o cambios de temperatura.
- II. Conservación, revisión o restauración de ítems: Esta conservación se realiza de forma periódica y se consideran rutinas de mantenimiento preventivo, consisten en controlar o revisar de forma programada los equipos, con el fin de llevarlos a su condición básica original. Requiere desmontaje, desarme e inspección del sistema.
- III. Rutinas de inspección: Representan acciones concretas para la conservación de la condición básica y corregir sus defectos. El costo de realización es bajo frente a los beneficios obtenidos. Consiste en realizar inspecciones a los equipos con el fin de detectar posibles fallas o averías, estas inspecciones pueden ser visuales, termográficas, análisis de vibraciones, etc.
- IV. Limpieza, ajuste y lubricación: La mayoría de los componentes requieren del cuidado mas optimo posible para mantenerlos dentro del funcionamiento básico que debe cumplir. Esto es logrado mediante rutinas periódicas de lubricación, ajuste, regulación o limpieza preventiva. Son de bajo costo, pero entrega beneficios extraordinarios, ya que evita desgaste prematuro de los ítems.

- V. Calibración: Es una acción que contempla medir, controlar y ajustar los parámetros de proceso de acuerdo a patrones certificados. Estas rutinas permiten asegurar que los estándares de calidad solicitados se ajusten a las normativas vigentes.

3.1.2.3 Objetivos de un plan de mantenimiento

El objetivo principal es mantener los equipos en su mejor estado, con la calidad requerida y evitando los tiempos perdidos dentro el proceso. Tanto su organización e información deben tener la finalidad de optimizar la disponibilidad del equipo, evitando y reduciendo la ocurrencia de fallos.

- Aumentar la disponibilidad de los activos industriales a través de la disminución de las detenciones no programadas.
- Minimizar las averías imprevistas de los equipos.
- Mejorar el aprovechamiento de mano de obra por medio de la programación de tareas.
- Mejorar la calidad de productos y servicios.
- Disminuir el riesgo para el personal en las operaciones de producción y mantenimiento.
- Minimizar los gastos debido a reparaciones de emergencia.
- Disminuir el impacto ambiental por medio de una mejor planificación.

3.2 APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Existe un sinnúmero de métodos aplicables en una organización, que ayudan a proponer un estándar de disponibilidad operacional dentro de esta, pero como se mencionó anteriormente es deber de la organización optar por uno que se ajuste a sus requisitos.

Cada metodología se arma en base a diferentes acciones realizables en un periodo de tiempo y es deber de cada organización gestionar estas acciones para no afectar la línea de producción.

3.2.1 Análisis de componentes rotativos

El movimiento de los elementos mecánicos produce constante desgaste como resultado de su uso. El criterio principal para la sustitución de los componentes de una línea productiva radica en el costo de reparación, cuando este coste supera al de reemplazo es cuando debe aplicar, también cuando existe una alta probabilidad de que la reparación no garantice su funcionamiento original.

El aprovechamiento de las acciones de conservación de los elementos nos permitirá disminuir los gastos operacionales de una organización, siempre y cuando el coste de reparación se adecue a los criterios de reemplazo y conservación antes mencionados. Para sacar el mayor provecho posible a estos criterios se deben llevar a cabo rutinas de revisión de estado, reparación o restitución de la condición básica de funcionamiento.

3.2.2 Inspecciones

Es fundamental determinar el estado en el que se encuentran las diferentes máquinas y cómo se comportan a lo largo de su vida útil, para esto es necesario chequearlas en intervalos de tiempo determinados, generalmente estos chequeos se basan en la criticidad que determina la empresa para cada máquina, enfocando las inspecciones en las máquinas con mayor criticidad.

Para analizar la máquina de forma mucho mas precisa es que se hace necesario chequear su estado cuando se encuentra en funcionamiento para identificar anomalías como vibraciones, exceso de temperatura, entre otras variables de proceso. También es necesario chequear la máquina cuando se encuentra fuera de funcionamiento de esta forma tener la libertad de comprobar cualquier componente interno sometido a desgaste desarmando la máquina si es necesario, creando una idea mucho mas completa del estado en que se encuentra la máquina.

Cabe recalcar que realizar inspecciones de la maquina muchas veces resulta ser una tarea peligrosa y metodológica sobre todo si la máquina se encuentra en funcionamiento, por lo tanto, es deber de la organización ordenar que esta acción sea realizada por un especialista que maneje además los métodos de seguridad correspondientes en la inspección. Además, identificar todos los modos en que la maquina

puede fallar solo es posible si la persona que realice la inspección se encuentra calificada para dicha tarea y maneja herramientas de detección temprana de fallas.

3.2.3 Fallas de elementos mecánicos

Una gran parte de las maquinas asociadas al área industrial, están compuestas por elementos rotativos los que a su vez se encuentran sometidos a diversos fenómenos que se encargan de finalizar con la vida útil del componente lo que genera pérdidas de producción que a su vez se ven traducidas en pérdidas de ingresos. Uno de las principales causas de fallo en las máquinas de una línea de producción es el desgaste de los componentes sometidos a fricción, en algunos casos incluso es posible que las fallas por desgaste puedan generar situaciones catastróficas, con un deterioro irreversible de piezas, componentes, equipos o sistemas. Por estas razones es que se hace necesario el entendimiento de los procesos de desgaste, cómo mitigarlos y cómo prevenirlos.

Este fenómeno se produce cuando la superficie de un componente en movimiento al permanecer en fricción con otro que no necesariamente este en movimiento por un periodo de tiempo determinado termina por sufrir desgaste del mismo. Producto del desgaste se desprenden partículas contaminantes para la máquina.

Es posible prevenir la ocurrencia de estos hechos manteniendo apropiadamente selladas las máquinas para restringir el ingreso de partículas, y asegurándose de que los lubricantes que utiliza cumplen o exceden los requerimientos de operación de los componentes, lo que puede extender la vida de la maquinaria y reducir el total de fallas

3.2.4 Lubricación

Esta es una de las tareas mas relevantes en cuanto a mantenimiento preventivo ya que una correcta aplicación del lubricante en la maquina mantiene un desgaste mínimo en los componentes rotativos de la máquina, esta acción de mantenimiento genera gastos dentro de la organización como el volumen de aceite o la mano de obra utilizada para aplicar el lubricante, aun así es una de las acciones mas rentables ya que va dirigida a la conservación de componentes que podrían afectar directamente en la calidad del producto final o el funcionamiento de la máquina, hasta llegar a detener la producción (tiempos muertos de operación), pero como esta acción genera gastos es fundamental realizar una estrategia para su aplicación chequeando la maquina e identificando componentes críticos.

3.2.4.1 Ruta de 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

3.2.4.2 Intervalos de tiempo en una rutina de lubricación

Una rutina de lubricación se basa en intervalos de tiempo que están definidos por la organización en los que se llevara a cabo la lubricación e inspección de los componentes de la máquina, estos intervalos de tiempo son obtenidos por datos entregados del fabricante, experiencia del personal o estudio teórico de las maquinas

Generar una rutina de lubricación simplifica la labor humana por lo que disminuye la posibilidad de fallas.

3.3 **ELEMENTOS ROTATIVOS**

Los elementos rotativos de las maquinas que conforman la línea de producción de la empresa se limitan a los siguientes: Motor, rodamientos, engranes, transmisión, cadenas.

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

3.3.1 Rodamientos

Elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento. Existen diferentes tipos de rodamientos para diferentes aplicaciones o fuerzas a las que se somete el sistema en el área mecánica, cada uno de ellos con una determinada vida útil.

Cada rodamiento posee 4 partes principales, dentro de estas 4 partes la gran diferencia que existe entre un tipo de rodamiento y otro es el elemento rodante, existen rodamientos rígidos de bolas, de una hilera de bolas con contacto angular, de agujas, de rodillos cónicos, rodillos cilíndricos de empuje, entre otros.



Figura 3- 2 Partes principales de un rodamiento

Fuente: [6]

El 60% de las fallas prematuras en los rodamientos se produce debido a montajes deficientes, contaminación por partículas sólidas o líquidas, sobrecarga o vibraciones, pero principalmente debido a una lubricación inadecuada.

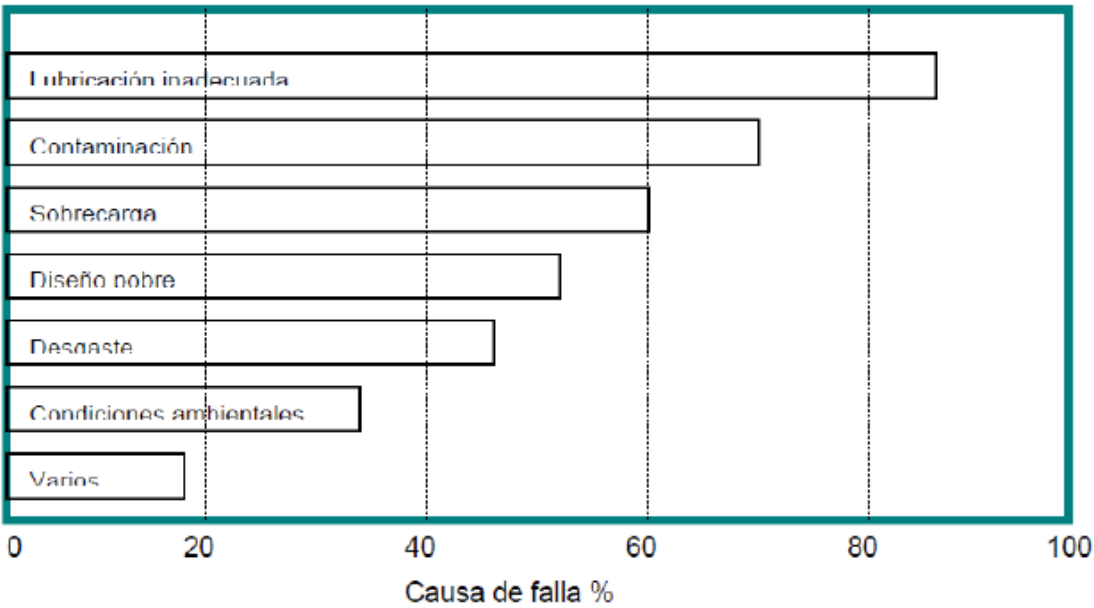


Figura 3- 3 Causas de fallo en un rodamiento

Fuente: Catalogo SKF

Para que los rodamientos funcionen de un modo fiable, deben estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas. El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión. Por tanto, la elección del lubricante y del método de lubricación adecuado para cada aplicación, así como del mantenimiento apropiado, son de gran importancia.

La selección del lubricante depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, es decir, del margen de temperaturas y velocidades, así como de la influencia del entorno.

Las temperaturas de funcionamiento más favorables se obtienen cuando el rodamiento contiene la cantidad mínima de lubricante necesaria para proporcionar una lubricación fiable. Sin embargo, cuando el lubricante tiene funciones adicionales que realizar, como obturar o extraer el calor del rodamiento, entonces se necesitan mayores cantidades.

El lubricante en una disposición de rodamientos, pierde gradualmente sus propiedades de lubricación a causa del trabajo mecánico, el envejecimiento y la acumulación de contaminación. Por tanto, es necesario reponer o renovar la grasa y filtrar y cambiar el aceite a intervalos regulares.

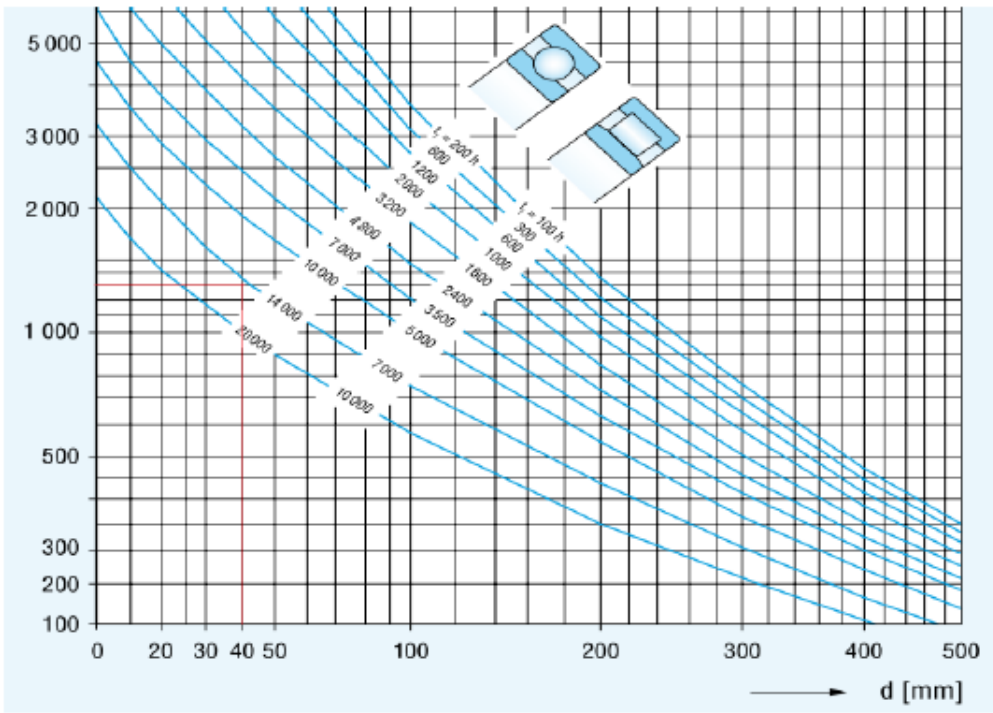


Figura 3- 4 Frecuencia de reengrase de rodamientos de bolas y rodillos

Fuente: Catalogo SKF

Algunos de los parámetros determinantes de la frecuencia del reengrase dependiendo de las condiciones ambientales donde se desempeñe el rodamiento son los siguientes:

- Tamaño del rodamiento.
- Velocidad de giro.
- Carga aplicada.
- Temperatura de operación y nivel de humedad.
- Tipo de lubricante.

Para efectos de cálculo de las cantidades de grasa de relubricación podemos utilizar la siguiente fórmula que depende de los intervalos de reengrase recomendados por fabricante, ya sea, semanal, mensual o anual:

$$Gb = D \times B \times X$$

Donde:

G_b = Cantidad de grasa en [g]

D = Diámetro mayor del rodamiento en [mm].

B = Ancho del rodamiento en [mm].

X = Factor de tiempo de reengrase.

Semanal = 0.002

Mensual = 0.003

Anual = 0.004

3.3.2 Transmisión de potencia

Un sistema de transmisión de potencia tiene como finalidad esencial la transmisión de movimiento a partir de una fuente rotativa de poder hacia algún otro elemento mecánico con los fines que se estimen convenientes. Está compuesta de un conjunto de elementos cuya misión es hacer llegar el giro de un motor mediante ruedas dentadas (piñones o engranajes) hacia otro elemento rotativo.

3.3.3 Transmisión por correas

El correcto tensado de la correa tiene una importancia crucial para conseguir una transmisión de potencia sin problemas y la vida útil de la correa esperada. Las correas poco o demasiado tensadas sufren con frecuencia un deterioro prematuro. Además, una correa sobre tensada puede tener consecuencias negativas sobre los rodamientos de la máquina motriz o de la accionada.

Una vez que se haya montado la correa y se aplique la carga calculada al eje, deberá comprobarse la tensión. Utilizar un medidor de tensión. La correa deberá vigilarse regularmente durante las primeras horas de servicio. La experiencia demuestra que, después de aproximadamente, 30 minutos a 4 horas trabajando a plena carga deberá hacerse un retensado. Con ello se compensará el alargamiento inicial de la correa.

3.3.3.1 Montaje

Un sobre o subtensado de la transmisión podrá evitarse si se calcula la tensión según el método que se indica a continuación:

Control de la tensión de la correa mediante la flecha del ramal:

E = Flecha del ramal por 100 mm de longitud (mm)

Ea = Flecha del ramal (mm)

f = Fuerza de prueba por correa (N)

k = Constante para el cálculo de la fuerza centrífuga

L = Longitud del ramal (mm)

Sa = Fuerza estática mínima sobre el eje (N)

T = Tensión estática mínima por correa (N)

1. Primeramente, se calcula la tensión estática de la correa según la siguiente formula:

$$T = \frac{500 * (2,02 - c_1) P_B}{c_1 * z * v} + k * v^2$$

2. Luego se realiza el cálculo de la flecha para cada 100 mm de ramal E a partir de las curvas características de tensión de los diagramas 8 a 11.
3. Cálculo de la flecha del ramal Ea para la longitud existente del ramal L según las ecuaciones descritas a continuación.

$$E_a = \frac{E * L}{100}$$

$$L = a_{nom} * \text{sen} (\beta/2)$$

Aplique la fuerza de prueba “f”, tomada de los diagramas 8 a 11, de acuerdo con el perfil de la correa en el centro y perpendicularmente al ramal, tal como indica la figura. Mida la flecha y, cuando sea necesario, corregir la tensión.

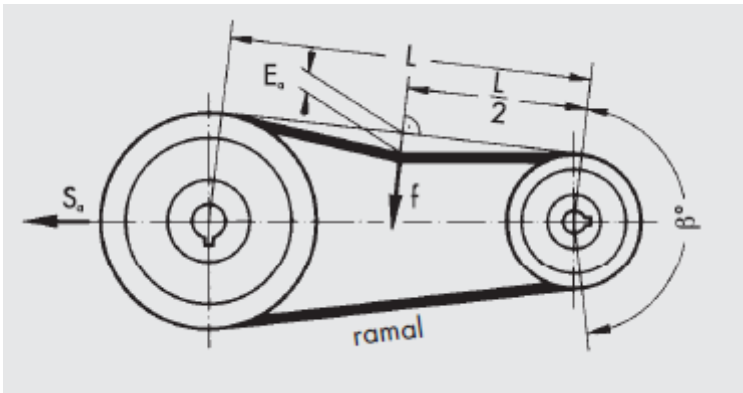


Figura 3- 5 Dimensiones de una transmisión por correas
Fuente: Catalogo optibelt

Para el primer montaje se debe multiplicar la tensión del ramal por el factor 1,3.

CAPÍTULO 4: DISEÑO SOLUCIÓN

4.1 **DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO**

Existen diferentes tipos de sistemas productivos para las diversas empresas del área industrial, estos varían dependiendo del producto final, metodologías de administración, entre otros factores, por lo tanto, a continuación, se mostrarán los equipos y herramientas con los que la empresa busca conducir sus materias primas hacia el producto final.

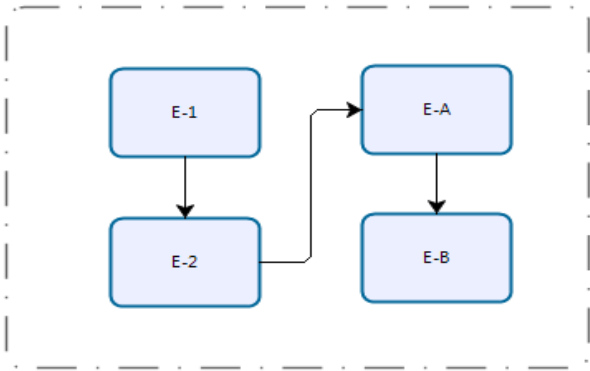


Figura 4- 1 Sistema productivo empresa

Fuente: Taller empresa

Tabla 4- 1 Equipos de producción

Clasificación de equipos	Identificación
E-1	Torno paralelo convencional
E-2	Fresadora universal
E-A	Equipos de “apoyo”
E-B	Herramientas de “asistencia”

Fuente: Taller empresa

Cabe mencionar que los equipos: E-1 y E-2 son activos principales dentro del sistema productivo de la empresa y los equipos E-A y E-B se consideran equipos de asistencia o apoyo.

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

Tabla 4- 2 Descripción de algunos equipos

Clasificación	Descripción
E-1	Torno paralelo
E-2	Fresadora universal
E-A1	Fresadora móvil
E-A2	Esmeril
E-A3	Soldadora al arco
E-B1	Micrómetro
E-B2	Kit de llaves
E-B3	Llave de plato
E-B4	Pie de metro
E-B5	Gafas de seguridad
E-B6	Guantes
E-B7	Auriculares
E-B8	Escuadra universal

Fuente: Taller empresa

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

4.2.1 Torno paralelo

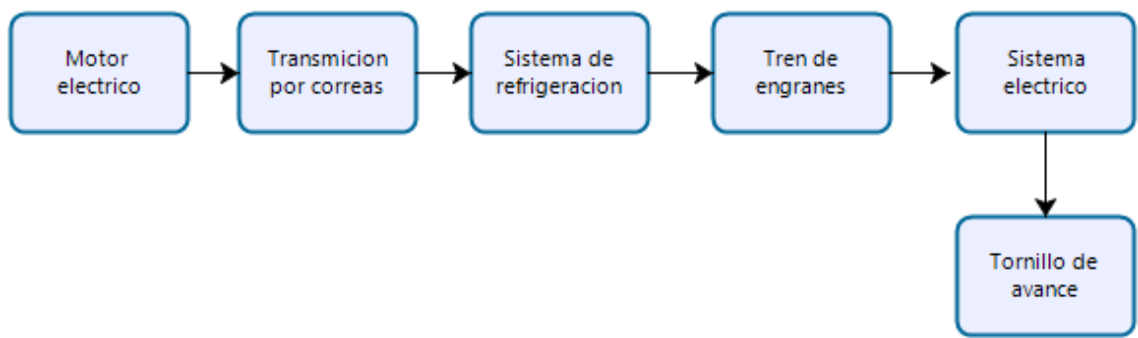


Figura 4- 2 Componentes torno
Fuente: Taller empresa

4.2.2 Fresadora vertical

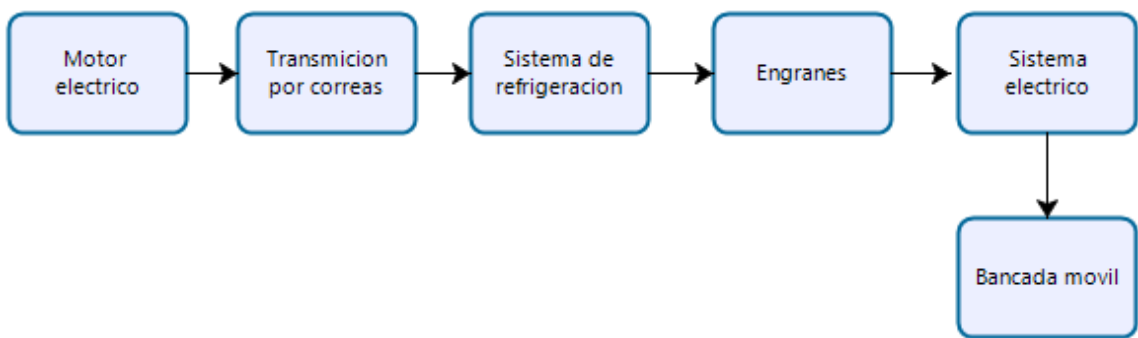


Figura 4- 3 Componentes fresadora
Fuente: Taller empresa

4.3 TABLAS PARA CALIFICAR LOS COMPONENTES SEGÚN UN CRITERIO NPR

A continuación, se presentan las tablas SOD con los parámetros utilizados para calificar mediante una metodología de NPR los equipos de la empresa.

Cabe recalcar que estas tablas son de vital importancia ya que son el principio para analizar cada uno de los componentes de los equipos según la herramienta AMEF

Tabla 4- 3 Parámetros para calificar ocurrencia

No	Ocurrencia
1	Remota: La falla es improbable
2	Baja: Relativamente pocas fallas
3	Baja: Relativamente pocas fallas
4	Moderada: Fallas ocasionales
5	Moderada: Fallas ocasionales
6	Moderada: Fallas ocasionales.
7	Alta: Fallas repetidas
8	Alta: Fallas repetidas
9	Muy alta: La falla es casi inevitable.
10	Muy alta: La falla es casi inevitable

Fuente: Técnicas de análisis para la confiabilidad de sistemas. Procedimiento para análisis de modo de falla y efectos (AMFE) (ICONTEC Internacional, 2007)

Tabla 4- 4 Parámetros para calificar detectabilidad

No	Detectabilidad
1	Casi segura: El control del diseño casi sin falta detectará una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
2	Muy alta: Una oportunidad muy alta de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
3	Alta: Una oportunidad alta de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
4	Moderadamente alta: Una oportunidad moderadamente alta de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
5	Moderada: Una oportunidad moderada de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial el modo de falla subsiguiente.
6	Baja: Una oportunidad baja de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
7	Muy baja: Una oportunidad muy baja de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
8	Remota: Una oportunidad remotamente alta de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
9	Muy remota: Una oportunidad muy remota de que el control del diseño detecte una causa/mecanismo potencial del modo de falla subsiguiente.
10	Peligrosa sin advertencia: Clasificación de severidad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura del Ítem y/o implica no conformidad con las reglamentaciones gubernamentales con advertencia.

Fuente: Técnicas de análisis para la confiabilidad de sistemas. Procedimiento para análisis de modo de falla y efectos (AMFE) (ICONTEC Internacional, 2007)

Tabla 4- 5 Parámetros para calificar severidad

No	Severidad
1	Ninguna: No hay efecto discernible.
2	Muy menor: Ajuste y terminado/Chirrido y traqueteo. Ítem no cumple. Defecto observado por los clientes perceptivos (menos del 25 %).
3	Menor: Ajuste y terminado/Chirrido y traqueteo. Ítem no cumple. Defecto observado por el 50 % de los clientes.
4	Muy baja: El ajuste y terminado/Chirrido y traqueteo. Ítem no cumple. Defecto observado por la mayoría de los clientes (más del 75 %).
5	Baja: Ítem operable, pero a un nivel de desempeño reducido. Cliente un poco insatisfecho.
6	Moderada: Ítem operable, pero a un nivel de desempeño reducido. Cliente insatisfecho.
7	Alta: Ítem operable, pero a un nivel de desempeño reducido. Cliente muy insatisfecho.
8	Muy alta: Ítem inoperable (pérdida de la función primaria).
9	Peligrosa con advertencia: Clasificación de severidad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura y/o implica no conformidad con las reglamentaciones gubernamentales con advertencia.
10	Peligrosa sin advertencia: Clasificación de severidad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la operación segura y/o implica no conformidad con las reglamentaciones gubernamentales con advertencia.

Fuente: Técnicas de análisis para la confiabilidad de sistemas. Procedimiento para análisis de modo de falla y efectos (AMFE) (ICONTEC Internacional, 2007)

4.4 ANÁLISIS DE MODOS DE EFECTOS DE FALLA PARA LOS COMPONENTES DE LOS EQUIPOS

4.4.1 Motor eléctrico

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Motor electrico	Generar potencia	Motor electrico no gira	Perdidas de produccion	Falla electrica	Inspeccion visual	8	1	6
			Detencion del equipo	Eje bloqueado				
				Desgaste de rodamientos				
Motor electrico	Generar potencia	Ruido excesivo	Deficiente ambiente laboral	Eje desalineado	Inspeccion visual	2	3	3
				Desgaste de rodamientos				
				Rozamiento de elementos				
Motor electrico	Generar potencia	Fisura en carcasa	Daño de componentes	Instalacion incorrecta	Inspeccion visual	3	2	4
			Acumulacion de impuresas	Daño fisico				
				Corrosion				
Motor electrico	Generar potencia	Altas vibraciones	Deterioro de componentes	Acoplamiento dañado	Inspeccion visual	4	2	7
			Baja calidad de productos	Desequilibrio en apoyos				
				Desalineamiento				
Motor electrico	Generar potencia	Corto circuito devanados	Detencion del equipo	Sobrecalentamiento	Inspeccion visual	8	2	7
			Perdidas de produccion	Exceso de humedad				
				Ruptura de aislamiento				

Figura 4- 4 AMEF motor eléctrico

Fuente: Elaboración propia

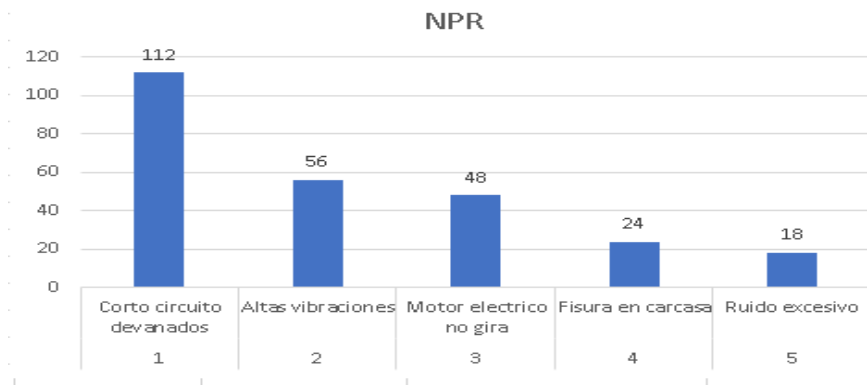


Figura 4- 5 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

No	Modo de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	Corto circuito devanados	112	43%	43%
2	Altas vibraciones	56	22%	65%
3	Motor electrico no gira	48	19%	84%
4	Fisura en carcasa	24	9%	93%
5	Ruido excesivo	18	7%	100%
	Total	258	100%	

Figura 4- 6 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**
Fuente: Elaboración propia

No	Modo de falla	NPR	Frec %
1	Motor electrico no gira	48	19%
2	Ruido excesivo	18	7%
3	Fisura en carcasa	24	9%
4	Altas vibraciones	56	22%
5	Corto circuito devanados	112	43%
	Total	258	100%

Figura 4- 7 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

No	Modo de falla	NPR	Frec %
1	Fisura en carcasa	24	9%
2	Motor electrico no gira	48	19%
3	Corto circuito devanados	112	43%
4	Altas vibraciones	56	22%
5	Ruido excesivo	18	7%
	Total	258	100%

Figura 4- 8 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

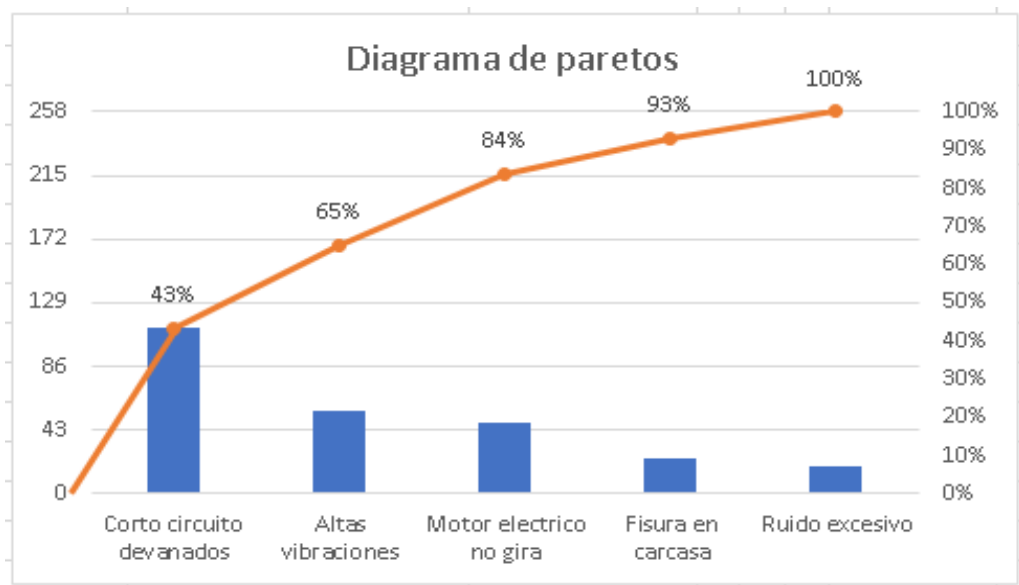


Figura 4- 9 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

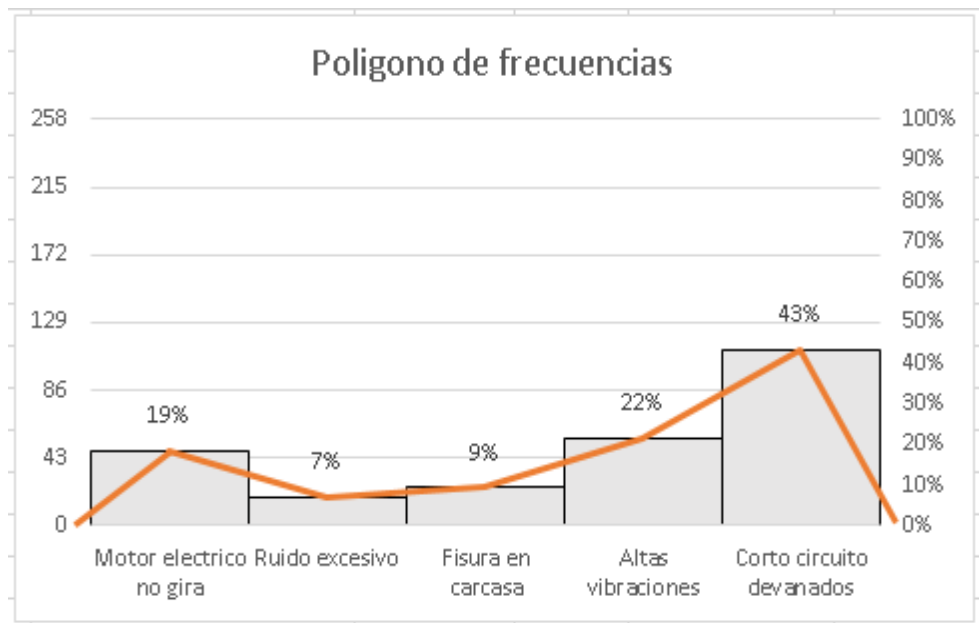


Figura 4- 10 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 6 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el motor eléctrico

3)Pareto	2)Polígono de frecuencia	1)Curva de frecuencia
El 84% del NPR acumulado se concentra en: Motor eléctrico no gira, altas vibraciones, corto circuito de los devanados. Dejando el 16% a: Fisura de carcasa y ruido excesivo. Considerando además que la curva de frecuencias es medianamente empinada es que se priorizaran los modos de falla que componen el 84% del NPR.	El 43% mayoritario del NPR se concentra en el corto circuito de los devanados, mientras que con un 7% el menor NPR de los modos de falla se encuentra en el ruido excesivo de los componentes. Se considera una distribución medianamente regular entre los Modos de falla, lo que nos permite enfocarnos en los modos de falla prioritarios.	La cresta se acentúa en el corto circuito de los devanados, alcanzando una curva medianamente empinada, por lo tanto, al salir de una distribución achatada o regular podemos excluir el porcentaje con menor NPR y considerar el prioritario.

Fuente: Análisis propio

En el caso del motor eléctrico y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 84% acumulado de los modos de falla:

- Motor eléctrico no gira
- altas vibraciones
- corto circuito de los devanados

4.4.2 Transmision

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Correas	Transmitir potencia	Correa desgastada	Baja en el rendimiento	Desalineamiento	Inspeccion visual	2	3	6
			Baja calidad del producto	excesivo juego axial				
				Rozamiento				
Correas	Transmitir potencia	Rotura de dientes	Baja en el rendimiento	Tension deficiente	Inspeccion visual	5	1	6
			Baja calidad del producto	Impurezas en el sistema				
			Daño de componentes	Bloqueo de componentes				
Correas	Transmitir potencia	Correa rota	Caida en la produccion	Capacidad insuficiente	Inspeccion visual	8	1	5
			Detencion del equipo	Severas cargas de choque				
				sobre esfuerzo en polea				
Correas	Transmitir potencia	Ruido excesivo	Deficiente ambiente laboral	Correas sueltas	Inspeccion visual	2	3	3
				Interferencia				
				Rodamientos dañados				
Correas	Transmitir potencia	Grietas	Baja en el rendimiento	Final de su vida util	Inspeccion visual	3	2	8
				Altas temperaturas				
				Tension deficiente				

Figura 4- 11 AMEF transmisión
Fuente: Elaboración propia

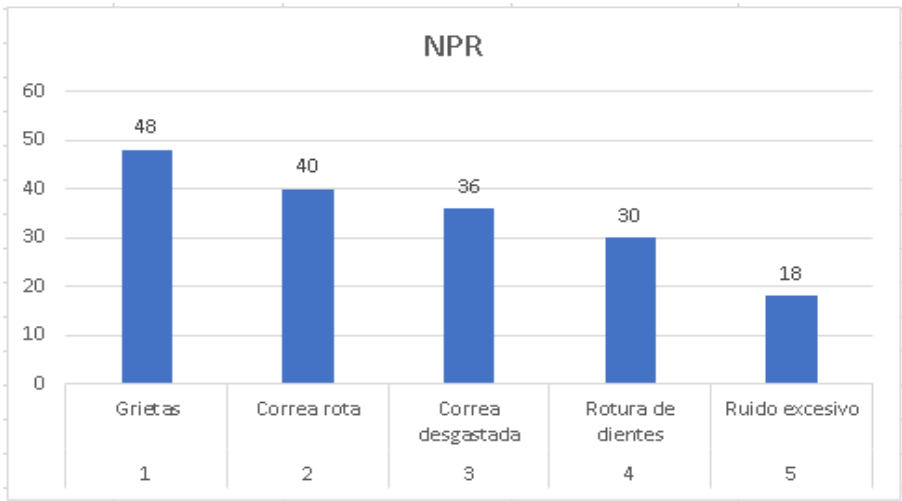


Figura 4- 12 Calificación (NPR) de los modos de falla
Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	Grietas	48	28%	28%
2	Correa rota	40	23%	51%
3	Correa desgastada	36	21%	72%
4	Rotura de dientes	30	17%	90%
5	Ruido excesivo	18	10%	100%
	Total	172	100%	

Figura 4- 13 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Correa desgastada	36	21%
2	Rotura de dientes	30	17%
3	Correa rota	40	23%
4	Ruido excesivo	18	10%
5	Grietas	48	28%
	Total	172	100%

Figura 4- 14 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Ruido excesivo	18	10%
2	Rotura de dientes	30	17%
3	Grietas	48	28%
4	Correa rota	40	23%
5	Correa desgastada	36	21%
	Total	172	100%

Figura 4- 15 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

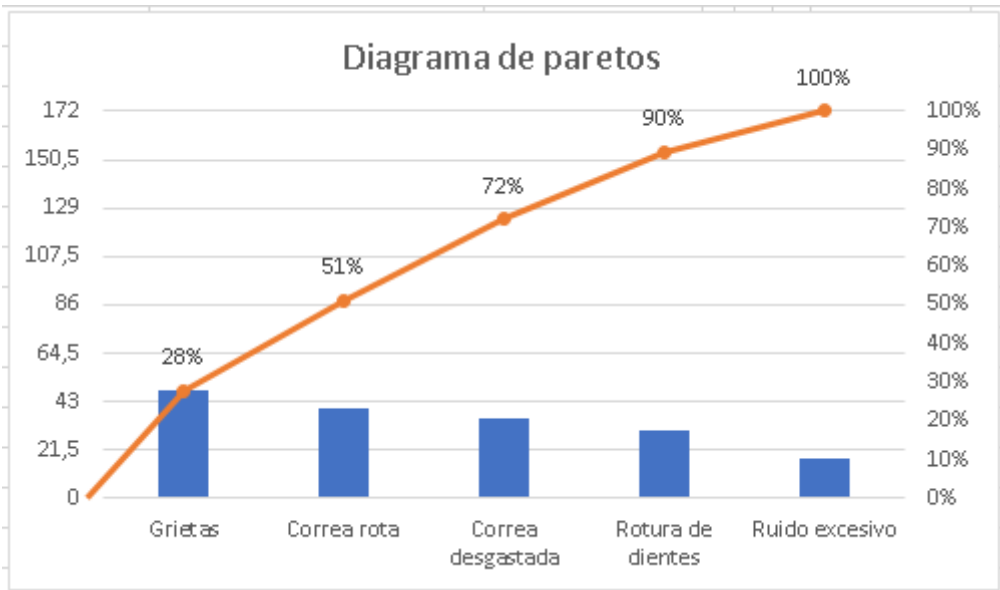


Figura 4- 16 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

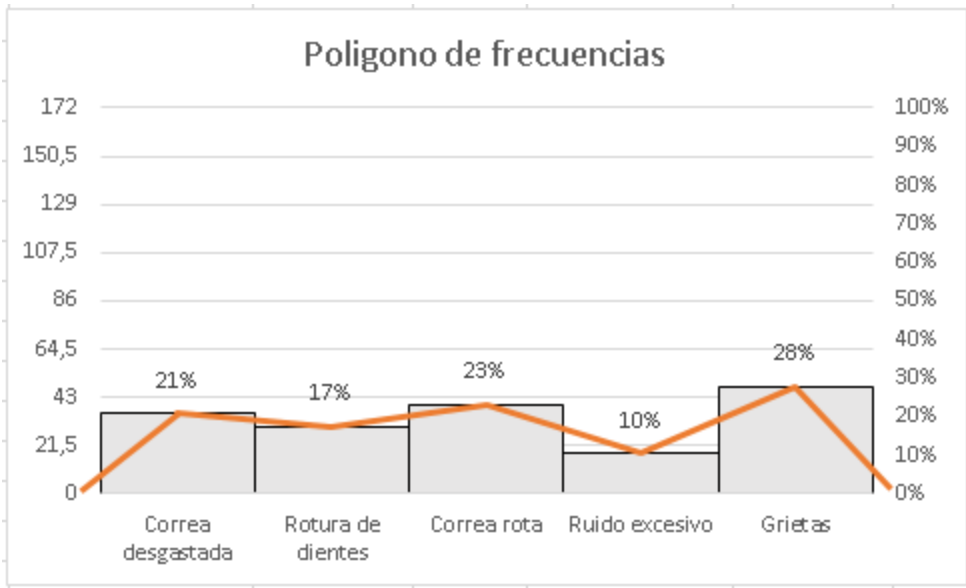


Figura 4- 17 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 7 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para la transmisión

3)Pareto EL 72% del NPR acumulado se concentra en: grietas, correa rota, correa desgastada. Dejando el 28% a: rotura de dientes y ruido excesivo. Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los modos de falla	2)Polígono de frecuencia El 28% mayoritario del NPR se concentra en las grietas mientras que con un 10% el menor NPR de los modos de falla se encuentra en ruido excesivo de los componentes. Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	1)Curva de frecuencia La cresta no se acentúa en ningún modo de falla de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un modo de falla por sobre otro
--	--	---

Fuente: Análisis propio

En el caso de la transmisión y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 100% de los modos de falla:

- grietas
- correa rota
- correa desgastada
- rotura de dientes
- ruido excesivo

4.4.3 Engranés

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Engranés	Transmitir potencia	Fractura ductil	Caida de rendimiento	Elevado torque	Inspeccion visual	7	2	9
			Deterioro de elementos	Espesor bajo de la capa endurecida				
				Ausencia de capa endurecida				
Engranés	Transmitir potencia	Desgaste abrasivo	Caida de rendimiento	Baja velocidad	Inspeccion visual	5	3	9
			Deterioro prematuro del componente	Lubricante con particulas				
				Viscosidad baja o alto torque				
Engranés	Transmitir potencia	Picado	Deterioro prematuro del componente	Viscodidad baja	Inspeccion visual	2	2	9
				Dureza baja en capa endurecisa				
				Baja velocidad				
Engranés	Transmitir potencia	Grietas	Deterioro prematuro del componente	Inadecuado acabado superficial	Inspeccion visual	4	2	9
				Elevado torque				
				Diseño inadecuado				
Engranés	Transmitir potencia	Corrosion	Deterioro prematuro del componente	Contaminacion lubricante	Inspeccion visual	3	2	8
				Mezclar aceites				
				Lubricante no adecauado para el material				

Figura 4- 18 AMEF engranes

Fuente: Elaboración propia

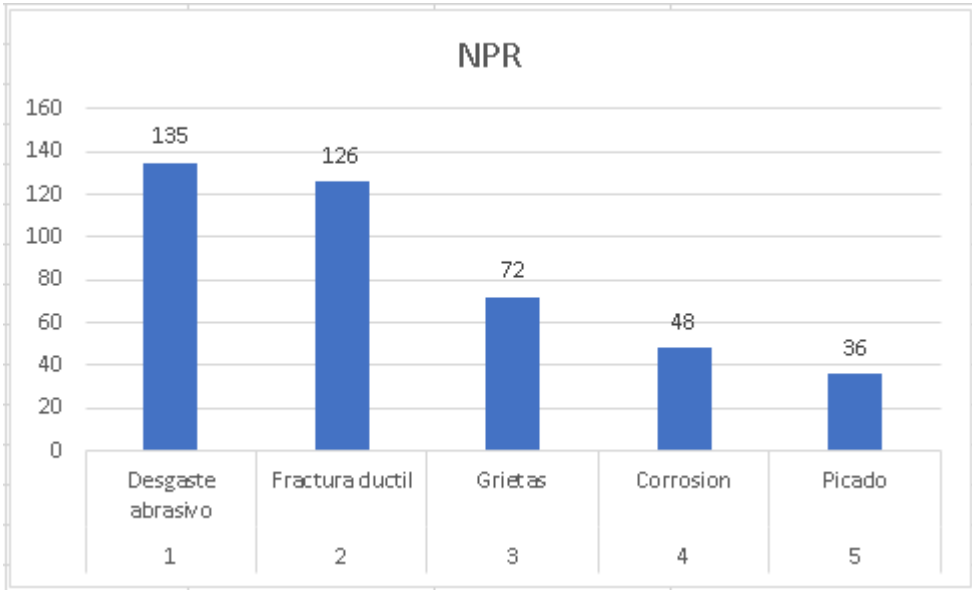


Figura 4- 19 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	Desgaste abrasivo	135	32%	32%
2	Fractura dúctil	126	30%	63%
3	Grietas	72	17%	80%
4	Corrosion	48	12%	91%
5	Picado	36	9%	100%
	Total	417	100%	

Figura 4- 20 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Fractura dúctil	126	30%
2	Desgaste abrasivo	135	32%
3	Picado	36	9%
4	Grietas	72	17%
5	Corrosion	48	12%
	Total	417	100%

Figura 4- 21 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Picado	36	9%
2	Grietas	72	17%
3	Desgaste abrasivo	135	32%
4	Fractura dúctil	126	30%
5	Corrosion	48	12%
	Total	417	100%

Figura 4- 22 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

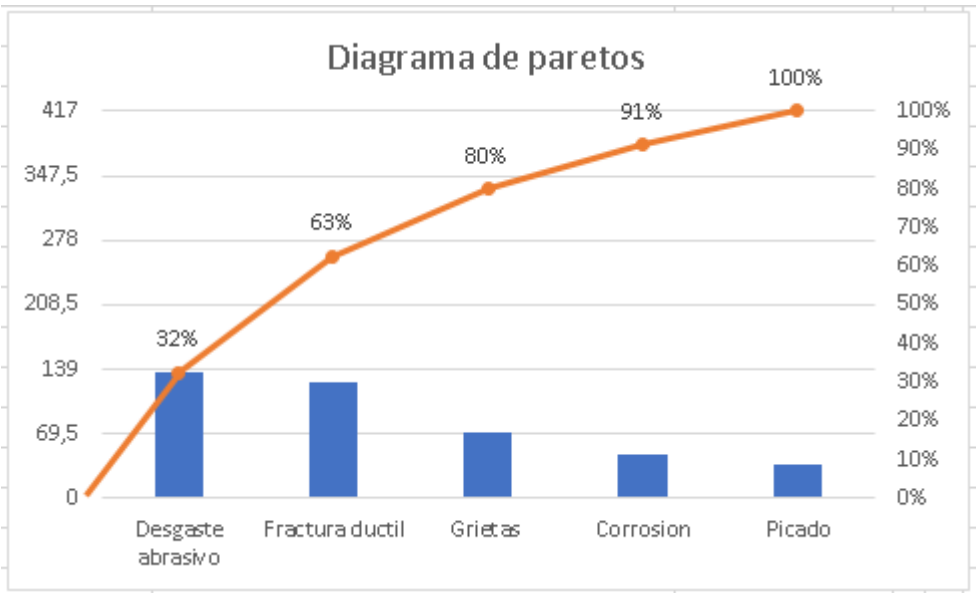


Figura 4- 23 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

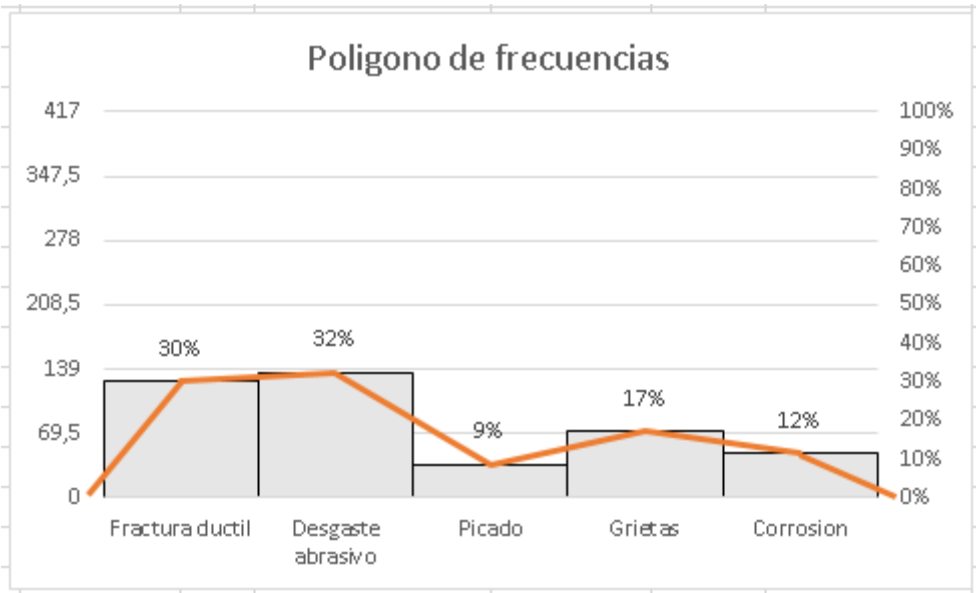


Figura 4- 24 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 8 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para los engranes

3)Pareto	2)Polígono de frecuencia	1)Curva de frecuencia
El 80% del NPR acumulado se concentra en: desgaste abrasivo, fractura dúctil, grietas. Dejando el 20% a: corrosión y picado. Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los modos de falla	El 32% mayoritario del NPR se concentra en desgaste abrasivo seguido por un 30% de fractura dúctil, mientras que con 9% el menor NPR de los modos de falla se encuentra picado del componente. Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	La cresta no se acentúa en ningún modo de falla de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un modo de falla por sobre otro

Fuente: Análisis propio

En el caso de los engranes y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 100% de los modos de falla:

- desgaste abrasivo
- fractura dúctil
- grietas
- corrosión
- picado

4.4.4 Sistema de refrigeración

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Sist.refrigeracion	Disminuir temperatura	Perdida de presion	Daños en la herramienta	Fugas	Inspeccion visual	2	2	5
				Bomba en mal estado				
Sist.refrigeracion	Disminuir temperatura	Estanque dañado	Derrames	Golpes	Inspeccion visual	5	3	2
				Corrosion en paredes				
				Contaminacion				
Sist.refrigeracion	Disminuir temperatura	Obstruccion	Rotura de la manguera	Manguera bloqueada	Inspeccion visual	3	2	4
				Contaminacion				
Sist.refrigeracion	Disminuir temperatura	Falla en bomba	No hay fluido	Contaminacion	Inspeccion visual	5	2	4
			Dilatacion de materiales	Daño por cavitacion				
			Daño en la herramienta					
Sist.refrigeracion	Disminuir temperatura	Daño en manguera	No hay fluido	Rotura	Inspeccion visual	4	2	2
			Daño en la herramienta	Aplastamiento				
				Quiebre por angulo				

Figura 4- 25 AMEF sistema de refrigeración

Fuente: Elaboración propia

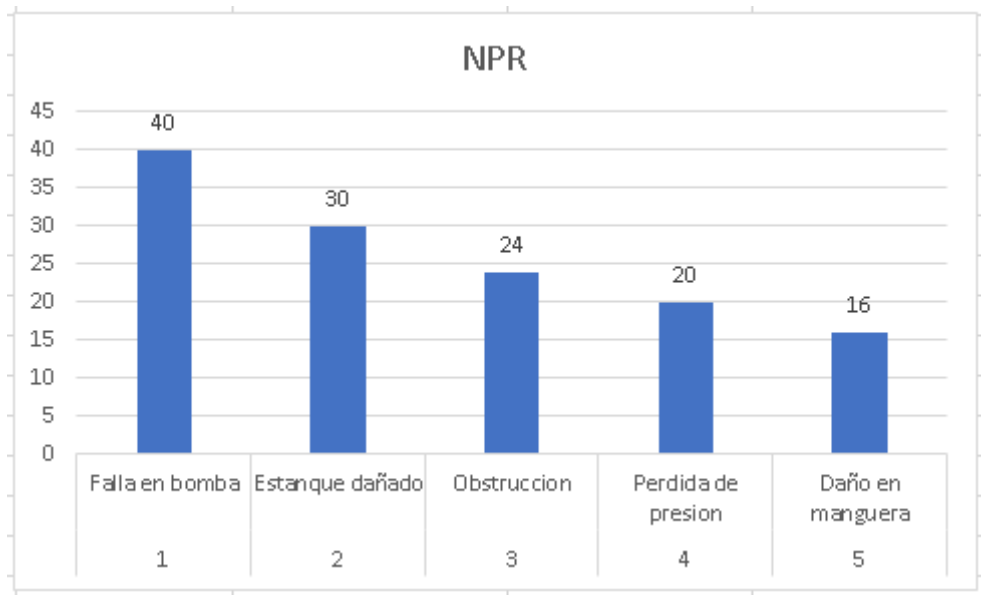


Figura 4- 26 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	Falla en bomba	40	31%	31%
2	Estanque dañado	30	23%	54%
3	Obstruccion	24	18%	72%
4	Perdida de presion	20	15%	88%
5	Daño en manguera	16	12%	100%
	Total	130	100%	

Figura 4- 27 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**
Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Perdida de presion	20	15%
2	Estanque dañado	30	23%
3	Obstruccion	24	18%
4	Falla en bomba	40	31%
5	Daño en manguera	16	12%
	Total	130	100%

Figura 4- 28 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Daño en manguera	16	12%
2	Perdida de presion	20	15%
3	Falla en bomba	40	31%
4	Estanque dañado	30	23%
5	Obstruccion	24	18%
	Total	130	100%

Figura 4- 29 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

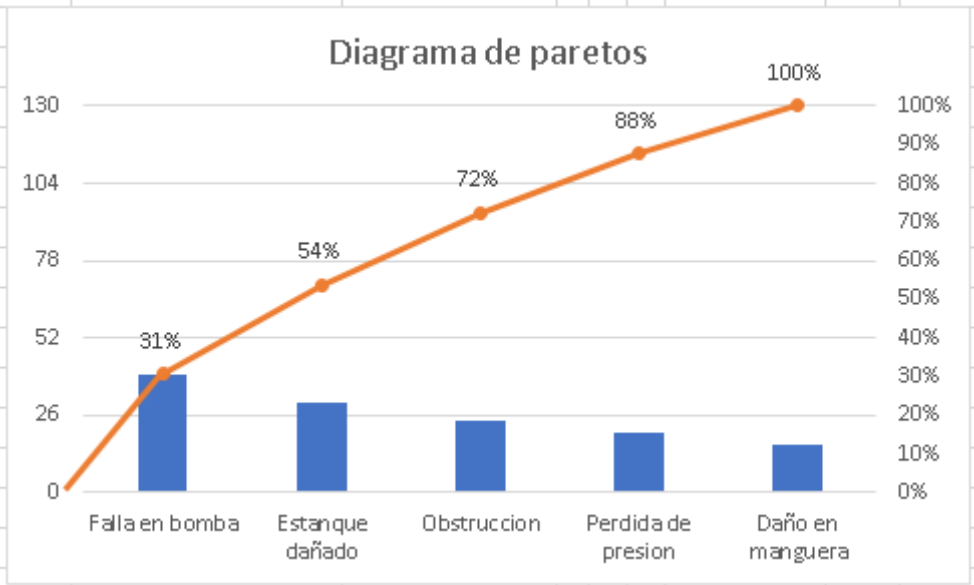


Figura 4- 30 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

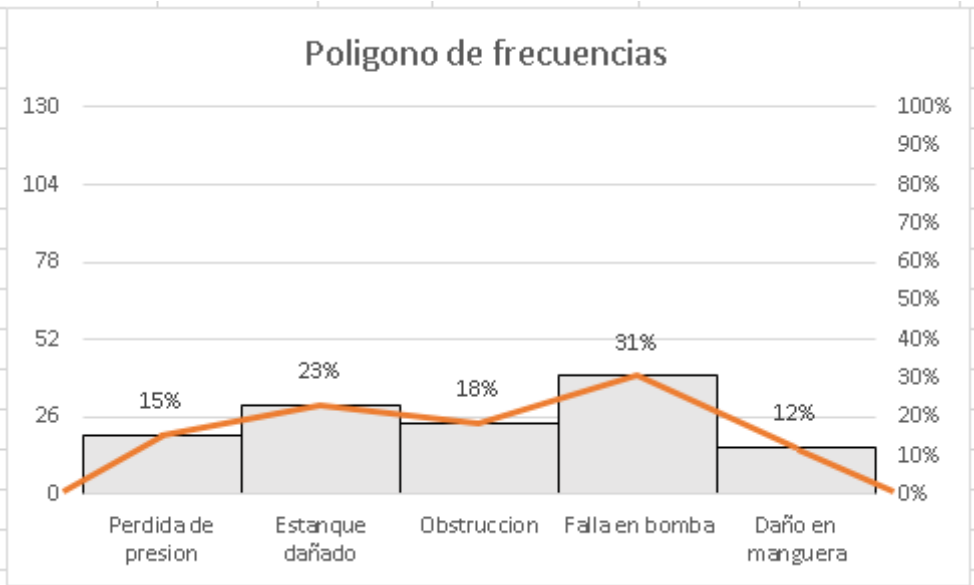


Figura 4- 31 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 9 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el sistema de refrigeración

3)Pareto	2)Polígono de frecuencia	1)Curva de frecuencia
El 72% del NPR acumulado se concentra en: falla de bomba, estanque dañado, obstrucción. Dejando el 28% a: perdida de presión y daño en la manguera. Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los modos de falla	El 31% mayoritario del NPR se concentra en falla en bomba, mientras que con un 12% el menor NPR de los modos de falla se encuentra en daño de manguera. Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	La cresta no se acentúa en ningún modo de falla de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un modo de falla por sobre otro

Fuente: Análisis propio

En el caso del sistema de refrigeración y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 100% de los modos de falla:

- falla de bomba
- estanque dañado
- obstrucción
- perdida de presión
- daño en la manguera

4.4.5 Sistema eléctrico

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Sistema electrico	Transportar energia	No se entrega energia	Perdidas de produccion	Corto circuito	Inspeccion visual	8	2	8
				Calentamiento excesivo				
Sistema electrico	Transportar energia	Circuitos en mal estado	Baja de rendimiento	Calentamiento excesivo	Inspeccion visual	5	2	8
			Irregularidad de operación	Aislamiento deficiente				
Sistema electrico	Transportar energia	Lampara no funciona	Baja visibilidad	Aislamiento deficiente	Inspeccion visual	2	2	8
				corto circuito				
Sistema electrico	Transportar energia	Terminal no funciona	Irregularidad de operación	Exceso de corrosion	Inspeccion visual	3	2	8
				Terminal con daño fisico				
Sistema electrico	Transportar energia	Fusion de un fusible	Desenergizar circuito	Alta intensidad de corriente	Inspeccion visual	3	3	9
			Detencion de equipo	Alta intensidad de voltaje				

Figura 4- 32 AMEF sistema eléctrico

Fuente: Elaboración propia

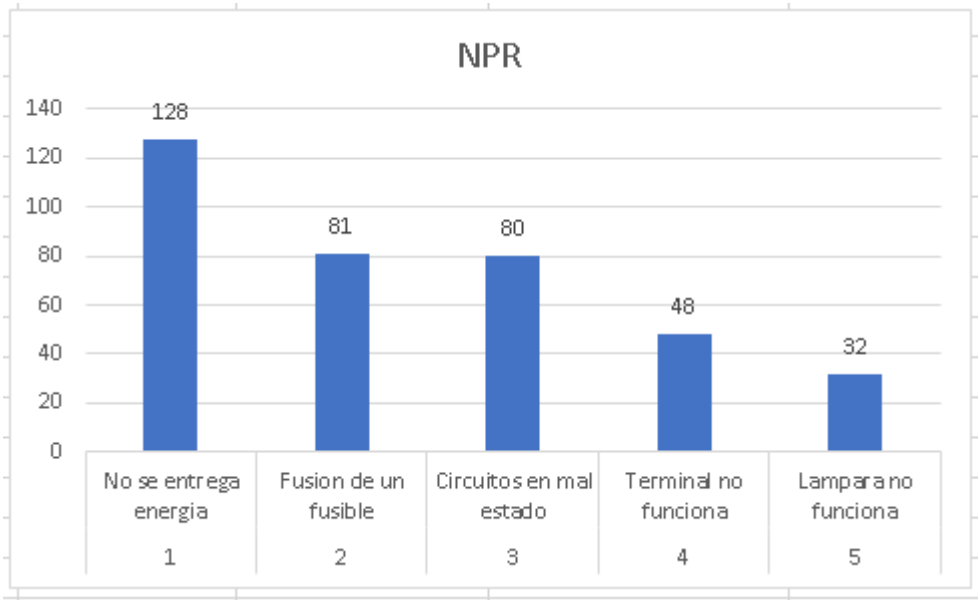


Figura 4- 33 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	No se entrega energia	128	35%	35%
2	Fusion de un fusible	81	22%	57%
3	Circuitos en mal estado	80	22%	78%
4	Terminal no funciona	48	13%	91%
5	Lampara no funciona	32	9%	100%
	Total	369	100%	

Figura 4- 34 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	No se entrega energia	128	35%
2	Circuitos en mal estado	80	22%
3	Lampara no funciona	32	9%
4	Terminal no funciona	48	13%
5	Fusion de un fusible	81	22%
	Total	369	100%

Figura 4- 35 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Lampara no funciona	32	9%
2	Fusion de un fusible	81	22%
3	No se entrega energia	128	35%
4	Circuitos en mal estado	80	22%
5	Terminal no funciona	48	13%
	Total	369	100%

Figura 4- 36 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

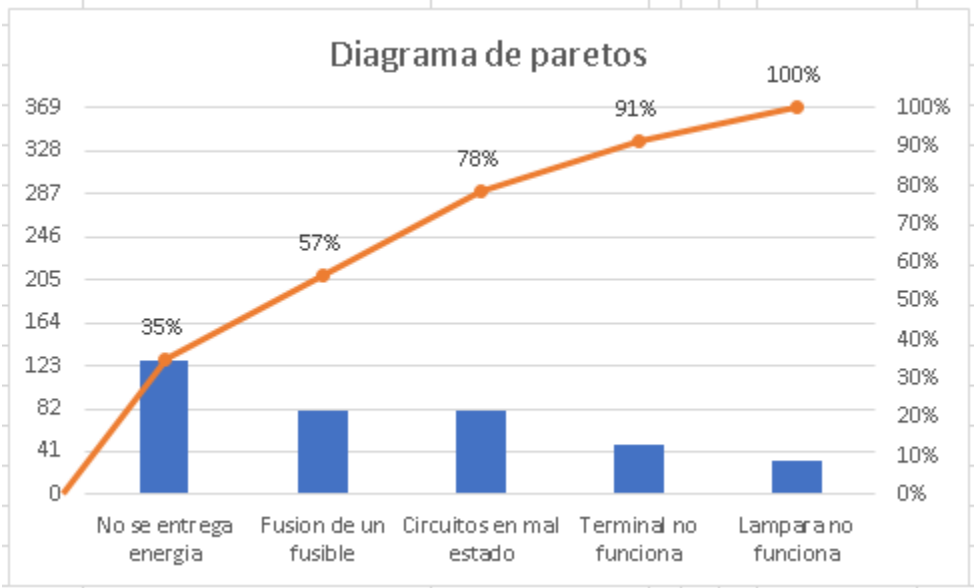


Figura 4- 37 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

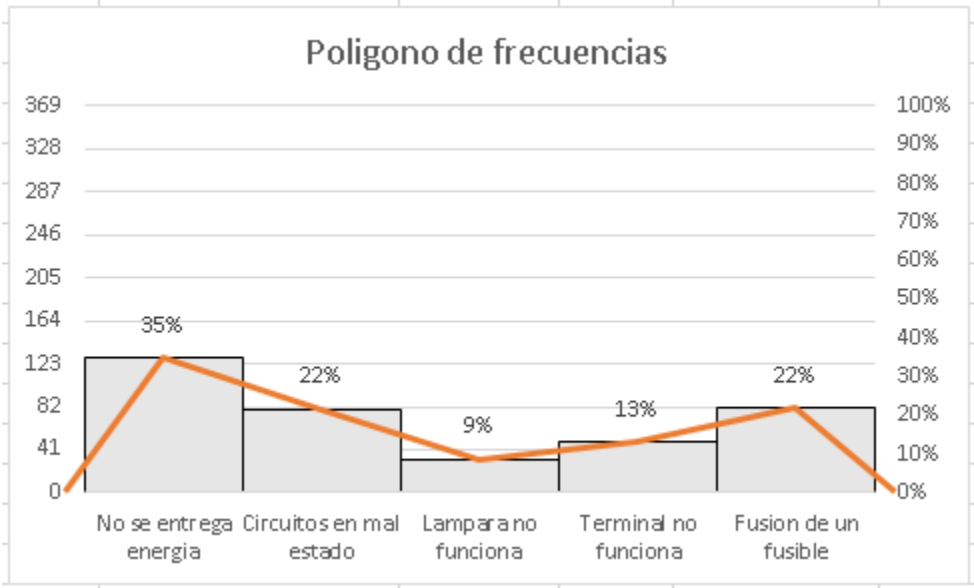


Figura 4- 38 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 10 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para el sistema eléctrico

3)Pareto El 78% del NPR acumulado se concentra en: no se entrega energía, fusión de un fusible, circuito en mal estado. Dejando el 22% a: terminal no funciona y lampara no funciona Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los modos de falla	2)Polígono de frecuencia El 35% mayoritario del NPR se concentra en no se entrega energía, mientras que con un 9% en lampara no funciona. Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	1)Curva de frecuencia La cresta no se acentúa en ningún modo de falla de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un modo de falla por sobre otro
---	--	---

Fuente: Análisis propio

En el caso del sistema eléctrico y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 100% de los modos de falla:

- no se entrega energía
- fusión de un fusible
- circuito en mal estado
- terminal no funciona
- lampara no funciona

4.4.6 Bancada

Componente	Funcion	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	Control	S	O	D
Tornillo de avance	Transmitir movimiento	Bloqueo del tornillo	Perdidas de produccion	Rodamientos en mal estado	Inspeccion visual	8	2	5
				Incorrecta lubricacion				
				Dientes rotos engrane				
Tornillo de avance	Transmitir movimiento	Desgaste cremallera	Caidas de rendimiento	Lubricacion deficiente	Inspeccion visual	6	2	8
				Sobrecarga				
				Rodamientos mal seleccionados				
Tornillo de avance	Transmitir movimiento	Corrosion	Desgaste prematuro	Exceso de humedad	Inspeccion visual	3	3	8
				Impurezas en el sistema				
				Lubricacion deficiente				
Bancada	Soporte de carros	Desgaste guias	Deficiente calidad del producto	Lubricacion deficiente	Inspeccion visual	6	2	8
				exceso de impuresas				
Tornillo de avance	Transmitir movimiento	Fractura de dientes	Baja el rendimiento	Exceso de carga	Inspeccion visual	7	2	9
				Desgaste de componentes				
				Elevadas cargas de choque				

Figura 4- 39 AMEF Bancada

Fuente: Elaboración propia

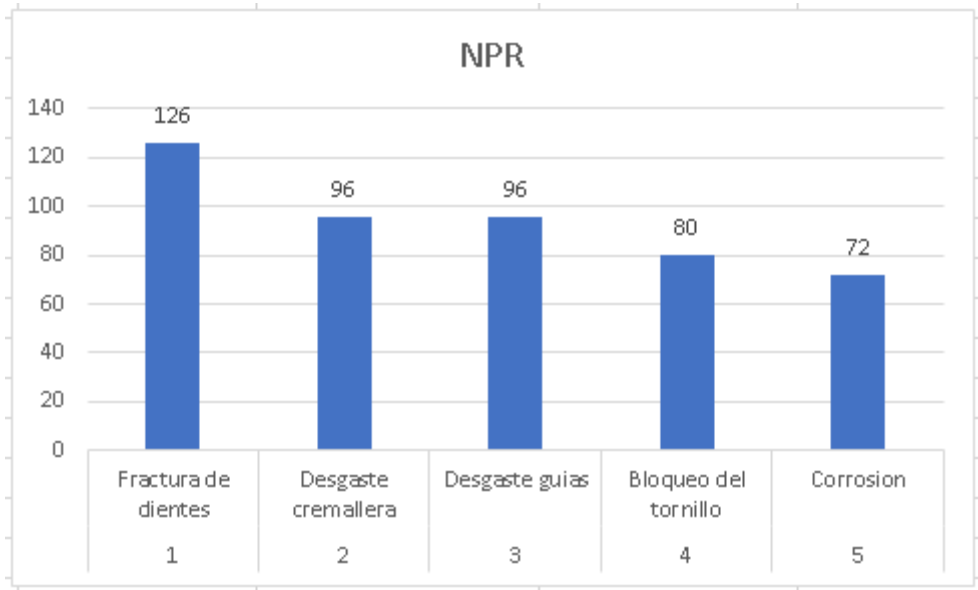


Figura 4- 40 Calificación (NPR) de los modos de falla

Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %	Frec. Acum%
1	Fractura de dientes	126	27%	27%
2	Desgaste cremallera	96	20%	47%
3	Desgaste guias	96	20%	68%
4	Bloqueo del tornillo	80	17%	85%
5	Corrosion	72	15%	100%
	Total	470	100%	

Figura 4- 41 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**
Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Bloqueo del tornillo	80	17%
2	Desgaste cremallera	96	20%
3	Corrosion	72	15%
4	Desgaste guias	96	20%
5	Fractura de dientes	126	27%
	Total	470	100%

Figura 4- 42 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

No	Modos de falla	NPR	Frec %
1	Corrosion	72	15%
2	Desgaste cremallera	96	20%
3	Fractura de dientes	126	27%
4	Desgaste guias	96	20%
5	Bloqueo del tornillo	80	17%
	Total	470	100%

Figura 4- 43 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**
Fuente: Elaboración propia

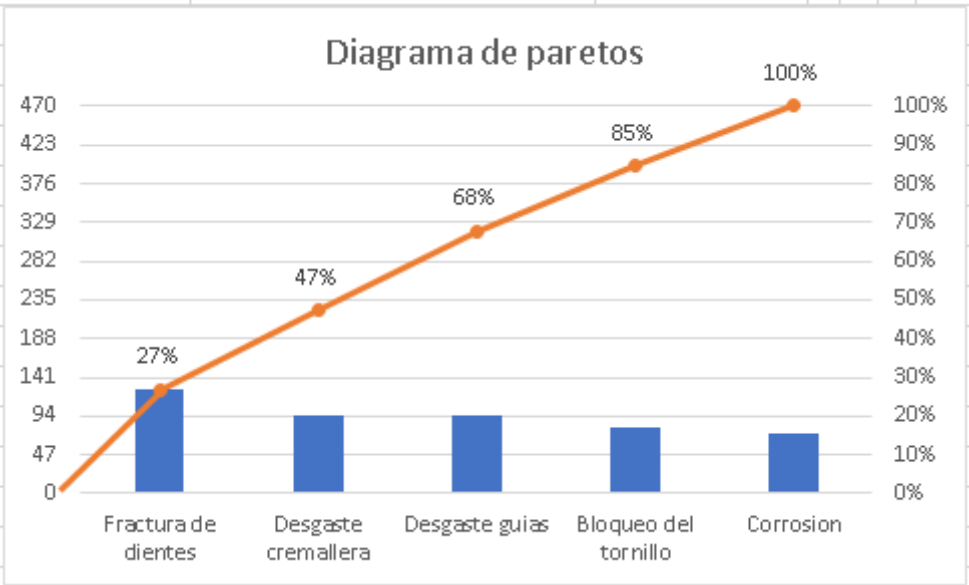


Figura 4- 44 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

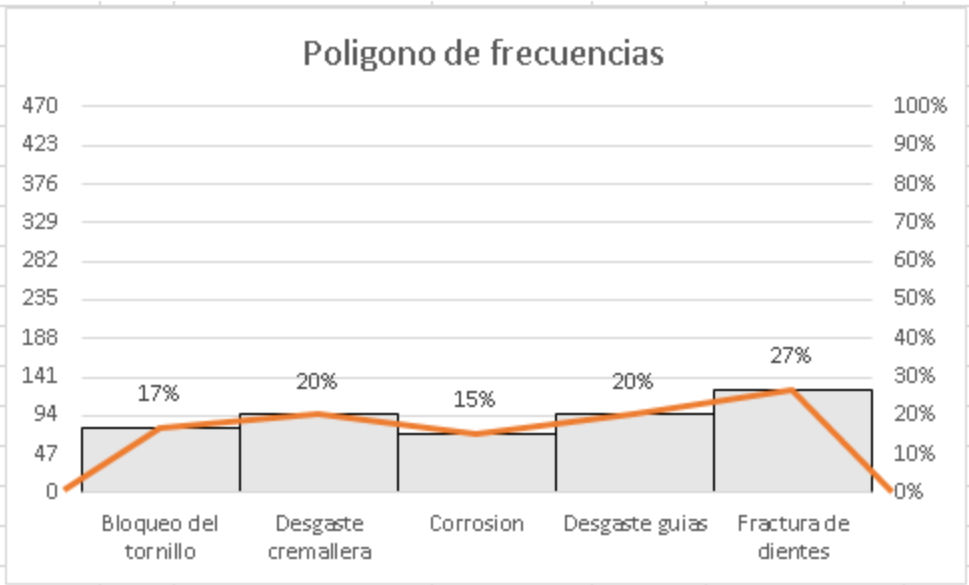


Figura 4- 45 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 11 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para la bancada

3)Pareto	2)Polígono de frecuencia	1)Curva de frecuencia
El 85% del NPR acumulado se concentra en: fractura de diente, desgaste cremallera, desgaste guías, bloqueo tornillo. Dejando el 15% a: corrosión. Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los modos de falla	EL 27% mayoritario del NPR se concentra en fractura de dientes, mientras que con un 15% en corrosión. Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	La cresta no se acentúa en ningún modo de falla de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un modo de falla por sobre otro

Fuente: Análisis propio

En el caso de la bancada y de acuerdo al análisis realizado las acciones de mantenimiento se enfocan en el 100% de los modos de falla:

- fractura de diente
- desgaste cremallera
- desgaste guías
- bloqueo tornillo
- corrosión

4.4.7 Total de componentes

No	Componente	NPR	Frec %	Frec. Acum %
1	Bancada	470	26%	26%
2	Engranes	417	23%	49%
3	Sistema electrico	369	20%	69%
4	Motor electrico	258	14%	83%
5	Transmicion	172	9%	93%
6	Sistema de refrigeracion	130	7%	100%
	Total	1816	100%	

Figura 4- 46 Tabla de frecuencias para **Diagrama de Paretos**

Fuente: Elaboración propia

No	Componente	NPR	Frec %
1	Motor Electrico	258	14%
2	Transmicion	172	9%
3	Engranes	417	23%
4	Sistema de refrigeracion	130	7%
5	Sistema electrico	369	20%
6	Bancada	470	26%
	Total	1816	100%

Figura 4- 47 Tabla de frecuencias para **Polígono de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

No	Componente	NPR	Frec %
1	Sistema de refrigeracion	130	7%
2	Motor Electrico	258	14%
3	Bancada	470	26%
4	Engranes	417	23%
5	Sistema electrico	369	20%
6	Transmicion	172	9%
	Total	1816	100%

Figura 4- 48 Tabla de frecuencias para **Curva de frecuencia**

Fuente: Elaboración propia

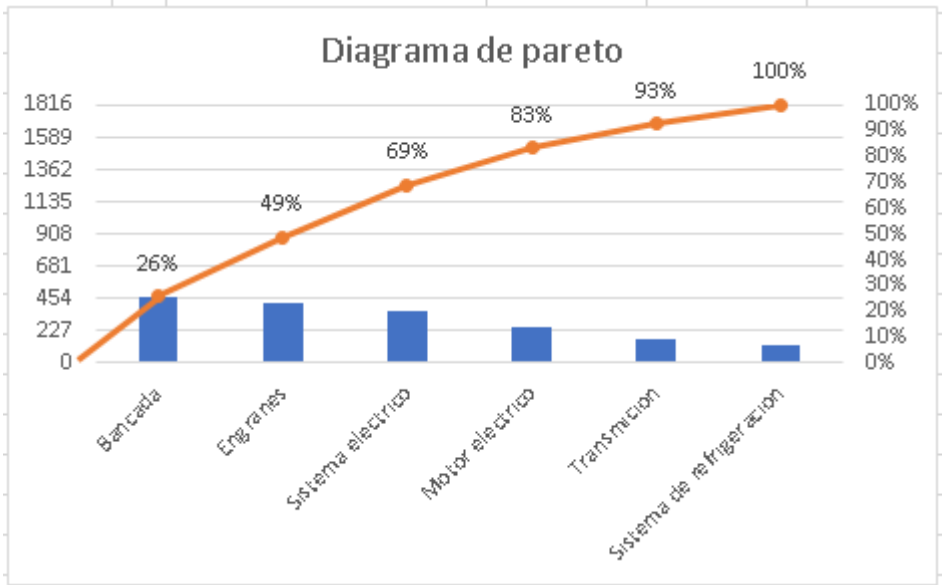


Figura 4- 49 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

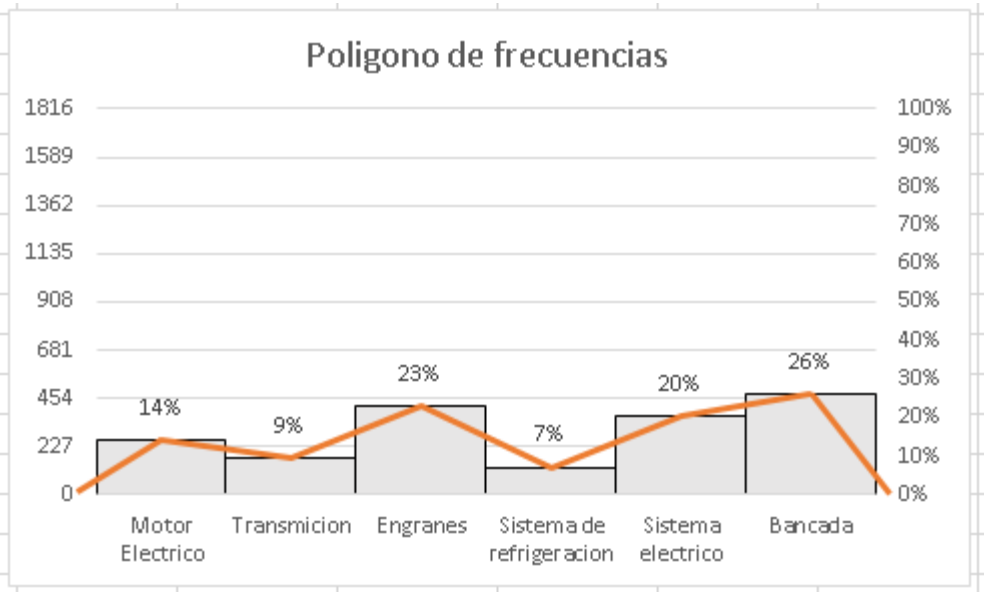


Figura 4- 50 Polígono de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4- 12 Análisis obtenido a partir de los gráficos realizados para los componentes evaluados

3)Pareto	2)Polígono de frecuencia	1)Curva de frecuencia
EL 83% de los NPR acumulado se concentra en: bancada, engranes, sistema eléctrico, motor eléctrico. Dejando el 17% a: transmisión y sistema de refrigeración.	El 26% mayoritario del NPR se concentra en fracturas de dientes, mientras que con un 7% el sistema de refrigeración es el componente con menor NPR.	La cresta no se acentúa en ninguno de los componentes de manera notoria, llegando a formar una curva achatada, por lo tanto, no es posible priorizar un componente por sobre otro
Considerando además que la curva de frecuencias es achatada, podemos decir que la prioridad se mantiene pareja para el 100% de los componentes.	Se considera una distribución regular entre los modos de falla, por lo tanto, la prioridad se considera igual.	

Fuente: Análisis propio

A partir del análisis realizado, las acciones de mantenimiento serán realizadas al 100% de los componentes considerados en el análisis:

- bancada
- engranes
- sistema eléctrico
- motor eléctrico
- transmisión
- sistema de refrigeración

4.5 PLAN DE MANTENIMIENTO

4.5.1 Motor eléctrico

Tabla 4- 13 Mantenciones motor eléctrico

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Motor eléctrico	Motor eléctrico no gira	48	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Mediciones	Mensuales	
Motor eléctrico	Altas vibraciones	56	Mantenimiento preventivo	Mediciones	Mensuales	
Motor eléctrico	Corto circuito de los devanados	112	Mantenimiento preventivo	Mediciones	Mensuales	

Fuente: Planificación propia

4.5.2 Transmisión

Tabla 4- 14 Mantenciones transmisión

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Transmisión	Grietas	48	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Transmisión	Correa rota	40	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Transmisión	Correa desgastada	36	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Transmisión	Rotura de dientes	30	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Transmisión	Ruido excesivo	18	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	

Fuente: Planificación propia

4.5.3 Engranés

Tabla 4- 15 Mantenciones engranes torno

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia
Engranés torno	Desgaste abrasivo	135	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses
Engranés torno	Fractura dúctil	126	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses
Engranés torno	Grietas	72	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses
Engranés torno	Corrosión	48	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses
Engranés torno	Picado	36	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses

Fuente: Planificación propia

Tabla 4- 16 Mantenciones engranes fresadora

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia
Engranés fresadora	Desgaste abrasivo	135	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses
Engranés fresadora	Fractura dúctil	126	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses
Engranés fresadora	Grietas	72	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses
Engranés fresadora	Corrosión	48	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses
Engranés fresadora	Picado	36	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses

Fuente: Planificación propia

4.5.4 Sistema de refrigeración

Tabla 4- 17 Mantenciones sistema de refrigeración

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Sistema de refrigeración	Falla de bomba	40	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Sistema de refrigeración	Estanque dañado	30	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	
Sistema de refrigeración	Obstrucción	24	Mantenimiento preventivo	Inspecciones	Mensuales	
Sistema de refrigeración	Perdida de presión	20	Mantenimiento preventivo	Inspecciones	Mensuales	
Sistema de refrigeración	Daño en la manguera	16	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	

Fuente: Planificación propia

4.5.5 Sistema eléctrico

Tabla 4- 18 Mantenciones sistema eléctrico

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Sistema eléctrico	No se entrega energía	128	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Mediciones	Mensuales	
Sistema eléctrico	Fusión de un fusible	81	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Mediciones	Mensuales	
Sistema eléctrico	Circuito en mal estado	80	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Mediciones	Mensuales	
Sistema eléctrico	Terminal no funciona	48	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Mediciones	Mensuales	
Sistema eléctrico	Lampara no funciona	52	Mantenimiento correctivo	Cambio del componente	Presentándose la falla	

Fuente: Planificación propia

4.5.6 Bancada

Tabla 4- 19 Mantenciones bancada torno

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Bancada torno	Fractura de diente	126	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses	
Bancada torno	Desgaste cremallera	96	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses	
Bancada torno	Desgaste guías	96	Mantenimiento preventivo	Lubricación	Diaria	
Bancada torno	Bloqueo tornillo	80	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Lubricación	Diaria 6 meses	
Bancada torno	Corrosión	72	Mantenimiento preventivo	Lubricación	6 meses	

Fuente: Planificación propia

Tabla 4- 20 Mantenciones bancada fresadora

Componente	Modo de falla	NPR	Estrategia de Mant.	Actividades	Frecuencia	
Bancada fresadora	Fractura de diente	126	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses	
Bancada fresadora	Desgaste cremallera	96	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses	
Bancada fresadora	Desgaste guías	96	Mantenimiento preventivo	Lubricación	Diaria	
Bancada fresadora	Bloqueo tornillo	80	Mantenimiento preventivo	Inspecciones Lubricación	Diaria 2 meses	
Bancada fresadora	Corrosión	72	Mantenimiento preventivo	Lubricación	2 meses	

Fuente: Planificación propia

4.5.7 Plan de mantenimiento según su frecuencia

A modo de ordenar en base a los tiempos en los cuales se realizarán las acciones de mantenimiento es que se propuso el siguiente criterio.

Tabla 4- 21 Mantenciones bancada fresadora

Frecuencia	Identificación
Presentándose la falla	
Diaria	
Mensual	
6 meses	
2 meses	

Fuente: Planificación propia

4.5.8 Objetivos de las actividades

Tabla 4- 22 Objetivos

Componente	Actividad	Objetivo
Motor eléctrico	Mediciones	Verificar que esté funcionando bajo parámetros “normales”
Motor eléctrico	Inspecciones	Verificar estado físico de sus partes
Transmisión	Cambio del componente	Evitar detenciones inesperadas del equipo
Engranes	Lubricación	Evitar daños prematuros al componente
Sistema de refrigeración	Cambio del componente	Evitar detenciones inesperadas del equipo
Sistema de refrigeración	Inspecciones	Verificar estado físico de sus partes
Sistema eléctrico	Cambio del componente	Evitar detenciones inesperadas del equipo
Sistema eléctrico	Inspecciones	Verificar estado físico de sus partes
Sistema eléctrico	Mediciones	Verificar que esté funcionando bajo parámetros “normales”
Bancada	Lubricación	Evitar daños prematuros al componente

Fuente: Creación propia

CAPITULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 COSTOS DE LA PROPUESTA

Componente	Actividades de mantenimiento	Frecuencia	Horas por pagar	Costos horas hombre	Costos total anual
Motor electrico	Mediciones	Mensuales	3	\$ 5.000	\$ 180.000
Motor electrico	Inspecciones	Mensuales	3	\$ 7.000	\$ 252.000
Transmisión	Cambio del componente	Presentadose la falla	3	\$ 4.000	\$ 24.000
Engranés fresadora	Lubricación	2 meses	3	\$ 5.000	\$ 60.000
Engranés torno	Lubricación	6 meses	3	\$ 5.000	\$ 30.000
Sistema de refrigeracion	Cambio del componente	Presentadose la falla	3	\$ 4.000	\$ 24.000
Sistema de refrigeracion	Inspecciones	Mensuales	3	\$ 7.000	\$ 252.000
Sistema electrico	Cambio del componente	Presentadose la falla	3	\$ 4.000	\$ 24.000
Sistema electrico	Inspecciones	Mensuales	3	\$ 7.000	\$ 252.000
Sistema electrico	Mediciones	Mensuales	3	\$ 5.000	\$ 180.000
Bancada fresadora	Lubricación	2 meses	3	\$ 5.000	\$ 60.000
Bancada torno	Lubricación	6 meses	3	\$ 5.000	\$ 30.000
				Total anual	\$ 1.368.000

Figura 5- 1 Costos horas hombre

Fuente: Elaboración propia

Personal	Salario por hora
Ingeniero	\$ 7.000
Tecnico	\$ 5.000
Operario	\$ 4.000

Figura 5- 2 Costos personal

Fuente: Elaboración propia

Costos fijos fresadora	Cantidad unitaria	Cantidad total anual	Precio unitario	Precio total anual
Lubricante 68 cSt (litro)	1	6	\$ 4.473	\$ 26.838
Lubricante 80 cSt (litro)	1	6	\$ 12.354	\$ 74.124
Lubricante 10w (litro)	0,005	1,8	\$ 2.500	\$ 4.500
Multimetro	1	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Grasera manual	1	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Correas	2	4	\$ 21.000	\$ 84.000
			Total anual	\$ 204.462

Figura 5- 3 Costos fijos fresadora

Fuente: Elaboración propia

Costos fijos torno	Cantidad unitaria	Cantidad total anual	Precio unitario	Precio total anual
Lubricante 68 cSt (litro)	1	2	\$ 4.473	\$ 8.946
Lubricante 10w (litro)	0,005	1,8	\$ 2.500	\$ 4.500
Correas	5	10	\$ 25.000	\$ 250.000
Multimetro	1	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Grasera manual	1	1	\$ 5.000	\$ 5.000
			Total anual	\$ 278.446

Figura 5- 4 Costos fijos torno

Fuente: Elaboración propia

Gastos generales	Valor mensual	Valor anual
Transporte personal	\$ 49.500	\$ 594.000
Transporte de insumos	\$ 20.000	\$ 240.000
Alimentacion trabajadores	\$ 90.000	\$ 1.080.000
Telefonia planes (4)	\$ 100.000	\$ 1.200.000
	Total anual	\$ 3.114.000

Figura 5- 5 Gastos generales

Fuente: Elaboración propia

Tipo de gasto	Valor total
Horas hombre	\$ 1.368.000
Costos fijos	\$ 482.908
Gastos generales	\$ 3.114.000
	\$ 4.964.908

Figura 5- 6 Total de gastos

Fuente: Elaboración propia

5.2 EVALUACIÓN DE LOS COSTOS

Actividades de mantenimiento	Costos total anual	Porcentaje del costo	Porcentaje acumulado
Inspecciones	\$ 252.000	18%	18%
Inspecciones	\$ 252.000	18%	37%
Inspecciones	\$ 252.000	18%	55%
Mediciones	\$ 180.000	13%	68%
Mediciones	\$ 180.000	13%	81%
Lubricación	\$ 60.000	4%	86%
Lubricación	\$ 60.000	4%	90%
Lubricación	\$ 30.000	2%	92%
Lubricación	\$ 30.000	2%	95%
Cambio del componente	\$ 24.000	2%	96%
Cambio del componente	\$ 24.000	2%	98%
Cambio del componente	\$ 24.000	2%	100%
Total	\$ 1.368.000	100%	

Figura 5- 7 Costos hora hombre para **Diagrama de paretos**

Fuente: Elaboración propia

Meses	Costos	Porcentaje del costo
Enero	\$ 153.000	12%
Febrero	\$ 93.000	7%
Marzo	\$ 93.000	7%
Abril	\$ 123.000	9%
Mayo	\$ 93.000	7%
Junio	\$ 93.000	7%
Julio	\$ 153.000	12%
Agosto	\$ 93.000	7%
Septiembre	\$ 93.000	7%
Octubre	\$ 123.000	9%
Noviembre	\$ 93.000	7%
Diciembre	\$ 93.000	7%
Total	\$ 1.296.000	100%

Figura 5- 8 Costos hora hombre por meses

Fuente: Elaboración propia

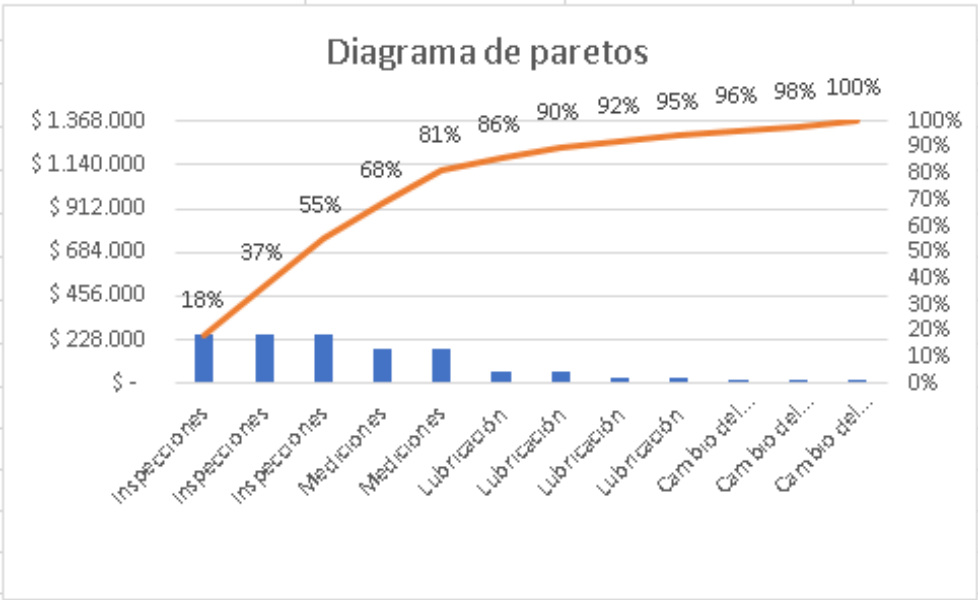


Figura 5- 9 Diagrama de paretos

Fuente: Elaboración propia

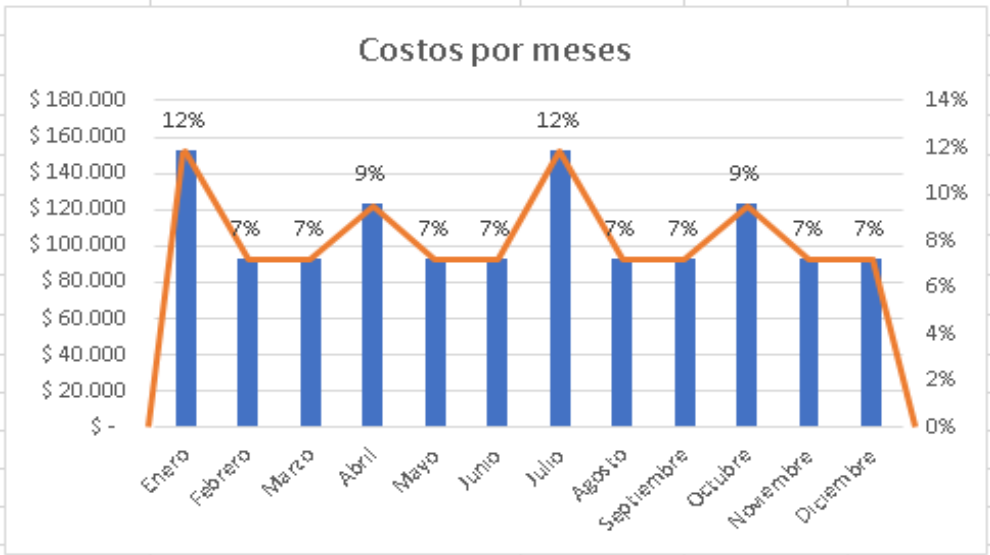


Figura 5- 10 Costos por meses

Fuente: Elaboración propia

5.2.1 Análisis de los datos obtenidos

Tabla 5- 1 Análisis de costos

2)Costos por mes En el mes de enero y julio se concentra el 12% para cada mes lo que corresponde a \$153.000 para dichos meses. Considerando la variación de la línea generada en el grafico realizado es que se propone generar un mayor ahorro para estos meses en cuanto al mantenimiento, además tener en cuenta que la variación no fue significativa por lo tanto ninguna de las actividades puede ser excluida.	1)Diagrama de paretos El 81% de las actividades que generan un mayor costo son inspecciones y mediciones dejando el porcentaje restante a las actividades de lubricación y cambio de componentes. Según los datos obtenidos del diagrama, podemos observar que las actividades de lubricación y cambio de componentes poseen un porcentaje de costos dentro del 19% mas bajo, pero no existe un costo que resalte notoriamente, por lo tanto, ninguna actividad será excluyente.
--	--

Fuente: Creación propia

Luego de observar los resultados que se generaron a partir de evaluar los costos económicos de la propuesta, se puede decir que ninguna de las actividades podrá ser excluida, además agregar que las actividades de mantenimiento que deben ser realizadas por especialistas generan un mayor porcentaje de costos.

los porcentajes de costos son relativamente similares, por lo tanto, las actividades que se considerarán dentro de la propuesta serán las siguientes:

- Mediciones
- Inspecciones
- Lubricación
- Cambio de componentes

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIÓN

Los equipos de la empresa fueron estudiados en base a 3 objetivos específicos, de esta manera lograr un objetivo principal.

Para comenzar con el estudio de los equipos primeramente se procedió a levantar o compilar la información técnica del proceso, para luego dar un diagnóstico del estado del proceso de la empresa y equipos que la conforman. Se debe recalcar que para un preciso levantamiento técnico que englobe de manera correcta los elementos que deseamos evaluar posteriormente, es necesario utilizar técnicas de evaluación que permitan visualizar el proceso de la empresa de manera que se facilite la tarea de analizar su estado actual y así poder crear un plan lo mas cercano a la realidad posible.

El proceso productivo se enfoca en 2 activos principales que son operados por trabajadores de la empresa, estos integran la etapa de fabricación que es una de las actividades mas importantes dentro del proceso, que a su vez depende de la tecnología que se encuentra en el taller de la empresa. Para lograr el objetivo de fabricar sin detenciones inesperadas se realizó un levantamiento especifico verificando integrar en este levantamiento los componentes sometidos a desgaste, ya que estos son los que están más propensos a sufrir algún tipo de falla.

La propuesta de un plan de mantenimiento se logró desarrollar luego de evaluar los componentes mediante la utilización de una herramienta de análisis a la cual se integraron criterios que nos ayudaron a calificar algunas de las muchas posibles fallas que puede tener un componente de los equipos, este tipo de herramientas está orientada a garantizar un análisis preciso acerca de los componentes. Además, pudimos organizar los resultados de cada calificación (NPR) mediante diagramas de paretos y polígonos de frecuencias, lo que nos permite emitir un juicio mucho mas preciso.

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.

6.2 RECOMENDACION

Luego de haber realizado una evaluación y posterior análisis a los componentes de la empresa induplasticos es que realizamos la siguiente recomendación:

Adquirir Aparato medidor de pretensión Optibelt. El aparato sirve para un método simplificado de pretensado de correas. Le facilita, por ejemplo, al montador el mantenimiento de las transmisiones por correas, cuando no se conocen los datos técnicos y, por lo tanto, no se puede calcular la pretensión óptima. Sólo se tiene que determinar el diámetro de la menor polea motriz, así como el perfil. Con el aparato medidor de pretensión Optibelt se lee la pretensión de las correas. Reduciendo o incrementando la pretensión de las correas, se puede alcanzar el valor deseado. Para los diferentes valores de pretensión se dispone de Optikrik 0, I, II, III, con los correspondientes intervalos de medición.

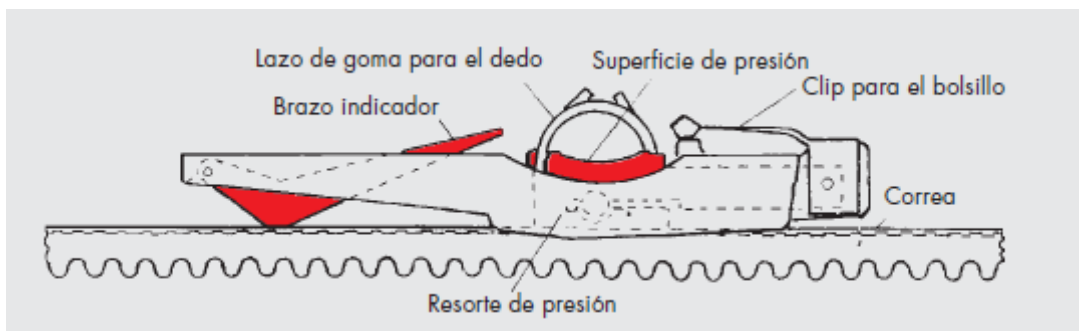


Figura 6- 1 Aparato tensor

Fuente: Catalogo Optibelt

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. <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/4995/1/TME01378.pdf>
3. JIMÉNEZ, Karli y MILANO, Teddy. Planificación y gestión del mantenimiento industrial. Caracas, editorial Panapo, 2006.
4. http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/SAP/archivos/1eva/introduccion_motores_ca.pdf
5. <https://books.google.cl/books?id=RBpbPrcvkLoC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=donde+y+cuantos+rodamientos+tiene+un+torno&source=bl&ots=FbdDggmJSc&sig=a6aOKlSTBK8K2x7y9fTfmNtK3vA&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj2wLHnqbbeAhWBkpAKHYAlCCYQ6AEwFnoECAIQAQ#v=onepage&q&f=false>

LINKOGRAFÍA

1. <https://www.mobil.com.mx/es-mx/industrial/lubricant-expertise/resources/determining-relubrication-intervals>
2. <https://www.partesdel.com/rodamiento.html>
3. http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:SGO3tB6xHvUJ:scholar.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

ANEXOS

ANEXO A: POSIBLES PROBLEMAS TORNO

PROBLEM	PROBABLE CAUSE	SOLUTION
Noisy operation	A) Damaged bearings. B) Bearings not lubricated. C) Blunt tool. D) Loose tool.	B) Contact Customer Service. C) Lubricate D) Remove/sharpen the tool. E) Tighten the fastening lever.
The motor will not start.	A) Electrical power supply. B) Wiring connections C) Burnt motor windings. D) Blown fuses. E) Broken switch.	A) Check the mains power supply. B) Check the wiring connections. C) Contact Technical Support. D) Replace the fuses. E) Contact technical support.
The tool "softens" or overheats too much.	A) Excessive pressure on the workpiece. B) Shavings will not discharge. C) Tool is worn or does not cut the material well. D) Needs lubrication.	A) Apply less pressure. B) Clean the machine. C) Check the tool sharpness and wear. D) Lubricate as you work.
The panel does not display correctly	A) Data cables not connected properly. B) Compensation factor is incorrect. F) C) Setting unit is not correct.	A) Check the correct connection of data cables X, Y, Z at the rear of the panel. B) Proceed with the deciding the compensation factor and setting of the panel. C) Check to see if the display unit is Metric or Imperial.

ANEXO B: POSIBLES PROBLEMAS FRESADORA

TROUBLE	POSSIBLE CAUSES	REMADY
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.