

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO**

**FRESADORA UNIVERSAL CMESAL FU2**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Ingeniero Ejecución Mecánico de  
Procesos y Mantenimiento Industrial.

Alumno:  
Sebastián Ignacio Araneda Roa.

Profesor Guía:  
Ing. Guillermo Felipe Larson Muñoz

**2018**

**DEDICATORIA:** A mi abuelo José por su sabio consejo, a mis padres, familia y amigos que me apoyaron en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por la oportunidad que me dio de estudiar una carrera que realmente me gusta. Por su gracia, buena onda, porque fue quién supo brindarme el apoyo cuando lo necesité y puso en mi camino a las personas correctas para poder sacar adelante este hermoso desafío. Sin sudor no hay victoria y se la debo a él, las palabras se quedan cortas para poder agradecer su infinito amor. Nunca imaginé que llegaría donde hoy me encuentro, con altos y bajos, siempre adelante, avanzando de su mano.

A mis padres, abuelos, tíos, hermana, amigos, quienes me apoyaron incondicionalmente a terminar este ciclo que duró más años de los que yo hubiese querido, pero fin, gracias por su gran apoyo.

Agradezco en especial a Andrés Cerda, Óscar Contreras, Nicolás Gutiérrez, Daniela Palma y Javier Pino quienes fueron partícipes de todo mi proceso académico, y con quienes aprendí a impulsar a otros, así como ellos lo hicieron conmigo. Sin ellos no podría haber estado en este lugar.

## **RESUMEN**

Este proyecto se enfocó en resolver una problemática para la empresa metal mecánica CEMETEC LTDA. Mediante el desarrollo de una propuesta de plan de mantenimiento para la máquina - herramienta fresadora universal, modelo CMESAL FU 2, analizando distintas fallas, aprendiendo a aplicar técnicas de criticidad y evaluando costos asociados a ésta.

La problemática consistía en que esta empresa no cuenta hasta la fecha, con alguna técnica relacionada con el mantenimiento de sus maquinarias. Particularmente la antes mencionada, sufrió daños debido al exceso de trabajo y nula supervisión de su funcionamiento.

Para desarrollar esta propuesta se realizó un análisis considerando aspectos como inspecciones visuales, acústicas y de funcionamiento las cuáles se ordenaron y tabularon con el fin de generar un registro de antecedentes de fallas.

Debido al poco historial de mantenimiento se debió consultar con profesores de la universidad, operador y basado en la experiencia propia en terreno. Adicional a esto, se recopiló información en línea con el fin de identificar las fallas potenciales más recurrentes. Fundamentado en esta información se establecieron las tareas de mantenimiento en tres fases: diario, mensual y anual. Se incluyó, además, la identificación de los costos de mantenimiento tales como: horas hombre, insumos a utilizar, elementos de protección personal y repuestos varios.

De aplicar este método en la empresa seleccionada se espera obtener resultados positivos al mejorar y/o reducir los gastos operacionales y aumentar la vida útil de la maquinaria. Sumado a lo anterior, se proyecta que este plan de mantenimiento sea replicable en el futuro para las demás máquinas - herramientas dispuestas dentro de la misma empresa.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
Objetivo general: .....	3
Objetivos específicos: .....	3
<b>CAPÍTULO I:</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. ....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. ....	6
1.4 BENEFICIOS DEL PROYECTO. ....	8
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 PROCESOS POR ARRANQUE DE VIRUTA .....	10
2.2 MÁQUINAS – HERRAMIENTAS .....	12
2.2.1 CLASIFICACIÓN .....	14
2.3 FRESADORAS-FRESADO-FRESADORA UNIVERSAL .....	15
2.4 MANTENIMIENTO .....	19
2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	21
2.6 TÉCNICAS DE APOYO PARA EL ANALISIS DE FALLAS .....	23
2.6.1 PRINCIPIO DE PARETO .....	23
2.6.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	25
2.6.3 FMECA – ACMEF .....	26
2.6.4 ANÁLISIS DE RIESGO.....	27
<b>CAPÍTULO III:</b> .....	<b>30</b>
<b>DIAGNÓSTICO DE POSIBLES FALLAS</b> .....	<b>30</b>
3.1 DESGLOSE GENERAL DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA .....	31
3.1.1 ESQUEMA DE COMPONENTES .....	32
3.2 DIAGNÓSTICO .....	33
3.2.1 INSPECCIÓN VISUAL .....	33
3.3 DIAGRAMA ISHIKAWA.....	35
3.4 ANÁLISIS FMECA.....	36

3.5 ANÁLISIS DE RIESGO .....	41
<b>CAPÍTULO IV: .....</b>	<b>44</b>
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>44</b>
4.1 PAUTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO .....	45
4.2 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	46
4.2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO DIARIO .....	47
4.2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO MENSUAL .....	47
4.2.3 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL .....	48
<b>V CAPÍTULO: .....</b>	<b>49</b>
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>49</b>
5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO DIARIO .....	50
5.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO MENSUAL .....	51
5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL .....	53
5.4 COTIZACIONES GENERALES .....	54
5.5 CONCLUSIÓN .....	55
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>62</b>
<b>LINKOGRAFIA .....</b>	<b>62</b>

## **ÍNDICE DE GRAFICOS**

Gráfico 1: comparación tiempo de mecanizado .....	6
Gráfico 2: diagrama de pareto.....	37
Gráfico 3: diagrama de pareto.....	38
Gráfico 4: diagrama de pareta.....	39
Gráfico 5: diagrama de pareto.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: clasificación general de máquinas - herramientas .....	14
Tabla 2: detalle de componentes generales.....	31
Tabla 3: listado de componentes de fresadora horizontal .....	32
Tabla 4: detalle de inspección visual .....	34
Tabla 5: análisis de criticidad .....	36
Tabla 6: valores de criticidad.....	36
Tabla 7: probabilidades de ocurrencia .....	36
Tabla 8: análisis de criticidad .....	37
Tabla 9: valores de criticidad.....	37
Tabla 10: probabilidad de ocurrencia .....	38
Tabla 11: análisis de criticidad.....	38
Tabla 12: valores de criticidad.....	39
Tabla 13: probabilidad de ocurrencia.....	39
Tabla 14: análisis de criticidad.....	40
Tabla 15: valores de criticidad.....	40
Tabla 16: probabilidad de ocurrencia .....	40
Tabla 17: análisis de criticidad.....	42
Tabla 18: plan de trabajo diario.....	47
Tabla 19: plan de trabajo mensual.....	47
Tabla 20: plan de trabajo anual .....	48
Tabla 21: cotización insumos .....	50
Tabla 22: costos de plan de trabajo diario.....	50
Tabla 23: valor operario .....	51
Tabla 24: costos de materiales por actividad .....	51
Tabla 25: costo plan de trabajo mensual .....	52
Tabla 26: total plan de trabajo mensual .....	52
Tabla 27: valor de repuestos.....	53
Tabla 28: costo plan de trabajo anual.....	53
Tabla 29: costo plan de trabajo anual.....	54
Tabla 30: cotización insumos de seguridad .....	54
Tabla 31: repuestos varios.....	54

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: clasificación de máquinas - herramientas .....	15
Figura 2: clasificación por movimiento de corte de las máquinas - herramientas ...	15
Figura 3: diferencia entre fresadora universal y horizontal .....	17
Figura 4: accionamiento de acuerdo a posición en sus ejes de trabajo .....	18
Figura 5: fresadora universal .....	18
Figura 6: fresadora universal de torreta.....	19
Figura 7: lista de equipos, cantidades de falla y tiempo .....	24
Figura 8: diagrama de pareto .....	25
Figura 9: diagrama causa - efecto.....	26
Figura 10: numeración de componentes generales.....	31
Figura 11: sección de fresadora horizontal .....	32
Figura 12: diagrama de Ishikawa .....	35
Figura 13: valores análisis de criticidad .....	42

## **SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

<b>UNE</b>	:	Una Norma Española
<b>DIN</b>	:	Deutsches Institut für Normung
<b>ISO</b>	:	International Organization for Standardization
<b>FMECA</b>	:	Análisis de modos y efectos de falla y criticidad
<b>AMEF</b>	:	Análisis de modos y efectos de falla
<b>QS</b>	:	Quantum Satis
<b>\$</b>	:	Signo peso
<b>HH</b>	:	Hora hombre
<b>min</b>	:	Minuto
<b>%</b>	:	Porcentaje
<b>Kg</b>	:	Kilogramo

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad realizar planes de mantenimiento es vital para cualquier tipo de empresa de producción, tanto a pequeña como gran escala. Esto se da, puesto que un buen plan de mantenimiento nos puede ayudar a predecir, prevenir o corregir fallas ahorrando en tiempo y costos asociados a este, es por esta razón que este proyecto de título tiene como objetivo elaborar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo a máquina fresadora universal CMESAL FU2.

Para este proyecto de título se ha determinado trabajar con maestranza CEMETEC LTDA. Entidad que no cuenta con ningún modelo práctico de mantenimiento a sus activos.

La empresa solicita la elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento preventivo a una máquina fresadora universal CMESAL FU2, para lo cual es necesario el análisis de su problemática, el desarrollo de una propuesta de plan de mantenimiento, la estimación de costos, el análisis beneficios y/o desventajas, presentación y puesta en marcha del plan, aguardando resultados satisfactorios al finalizar este modelo práctico de mantenimiento preventivo.

Al iniciar este proyecto, no se tenía mucha claridad de lo que realmente sucedía con la empresa y en particular con esta máquina - herramienta. Lo cual hizo que se tuviera que indagar en el tema en cuestión, buscando información que respecta a su funcionamiento, componentes, entre otros. Esta acción se vio respaldada y comprobada, por profesores y operario. Todo esto a través de información entregada verbalmente.

Se realizó una visita en terreno, se inspeccionó visualmente, se constataron anomalías como vibración, ruidos, entre otros, pero al no tener datos concretos, se indagó en otras fuentes las probables razones de las fallas. Al detectarlas, se ordenaron, se evaluó la criticidad, se buscaron los componentes más susceptibles a falla. Todo lo anterior, sustentado en dos parámetros distintos: tipos de fallas y componentes de la fresadora.

Al tener esta información respaldada, se tuvo que idear una forma de trabajo que ayudara a ordenar los datos entregados con la finalidad de poder tener un diagnóstico adecuado para evaluar su estado.

Una vez que se tuvo el diagnóstico se procedió a analizar la criticidad bajo dos análisis distintos: FMECA y RIESGO, los cuales entregaron la información necesaria para la elaboración de la propuesta.

Teniendo en consideración los resultados de estos análisis se dictaron las tareas y/o actividades a desarrollar de forma diaria, mensual y anual. De tal forma que se pudieran elaborar actividades cuyo único fin es prevenir el deterioro de la máquina.

Una vez determinada la criticidad, se realizó el plan de mantenimiento preventivo, apoyado por la opinión de expertos, profesores, y fuentes diversas de especialidad.

Dado que es una empresa que necesita contar con sus activos 24/7, para que de esa forma sean competitivos, sobre todo en el ámbito de la metal mecánica, es imperativo que esta propuesta tenga una evaluación económica, para saber si realmente es beneficiosa para ellos. Los gastos asociados a este plan de manejo fueron evaluados considerando valores vigentes y referenciales, dispuestos, de igual manera, por expertos en la materia.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

Elaborar una propuesta de plan de mantenimiento preventivo a máquina fresadora universal CMESAL FU2.

### **Objetivos específicos:**

- Evaluar y elaborar un diagnóstico sobre el estado actual de la fresadora.
- Desarrollar plan de mantenimiento preventivo una vez determinada/s la/s falla/s bajo las técnicas de apoyo de este mantenimiento.
- Analizar y estimar económicamente el plan de mantenimiento propuesto a máquina fresadora.

**CAPÍTULO I:**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

La empresa metal-mecánica CEMETEC LTDA dispone entre sus activos 8 máquinas-herramientas entre ellos tornos, fresadoras, taladro de pedestal y limadoras que son utilizadas para la reparación y fabricación de piezas y/o componentes a pedido. En todos estos activos, es de vital importancia disponer de ellos en cualquier momento, ya que poseen aspectos diferentes entre sí; es decir hay procesos de mecanizado que sólo pueden ser realizados por máquinas específicas.

Respecto a las fresadoras, hay una que posee el cabezal vertical escoplo automatizado. Esta fresadora en la actualidad, si bien se encuentra operativa en sus funciones, movimientos realizados en los carros longitudinal, transversal y vertical de manera mecánica o manual. Los circuitos de refrigeración y lubricación funcionan en condiciones normales, sin embargo, los movimientos automáticos en los carros, transversal, longitudinal y vertical no se encuentran disponibles, dificultando operaciones con tiempos de trabajos prolongado o que requieran una calidad superficial específica.

La información de las mantenciones de la máquina-herramienta no han sido registradas, es decir, no existe un historial de mantenimiento, por lo que los únicos datos que han sido obtenidos se han hecho en forma oral por medio del ingeniero a cargo. Entre los antecedentes recopilados, se encuentran sólo reparaciones menores y algunas mantenciones periódicas realizadas sin tiempos en específicos - cambios de aceite - no se ha realizado ningún cambio de componente desde la adquisición de la fresadora en 1993.

Esta máquina se encuentra operando en un entorno susceptible a la suciedad. La maestranza no cuenta con un sistema de organización u orden, por lo que es común encontrar componentes y accesorios en cualquier rincón de la máquina - herramienta.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

Este trabajo de título busca entregar lo siguiente:

- Diagnosticar fallas.
- Entregar datos para ser recopilados.
- Mejorar la vida útil de la máquina.
- Minimizar gastos debido a una mantención correctiva.
- Mejorar la calidad de producción.
- Proponer una técnica de mantenimiento que sirva para el resto de las máquinas herramientas dispuestas en el lugar.
- Promover el orden y limpieza en el lugar.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

La necesidad de elaborar una propuesta de plan de mantenimiento, nace de la falla del carro automático de la máquina – herramienta llamada fresadora universal. Esto, se suma a no contar con ningún método o técnica de mantenimiento preventivo, ya que la empresa sólo realiza mantenimiento correctivo, es decir, a la falla.

Este trabajo consiste en resolver la problemática actual que tiene esta empresa y aportar también para prevenir el problema actual y además servirá para que en un futuro se pueda prevenir inconvenientes similares y así éstos estén respaldados.

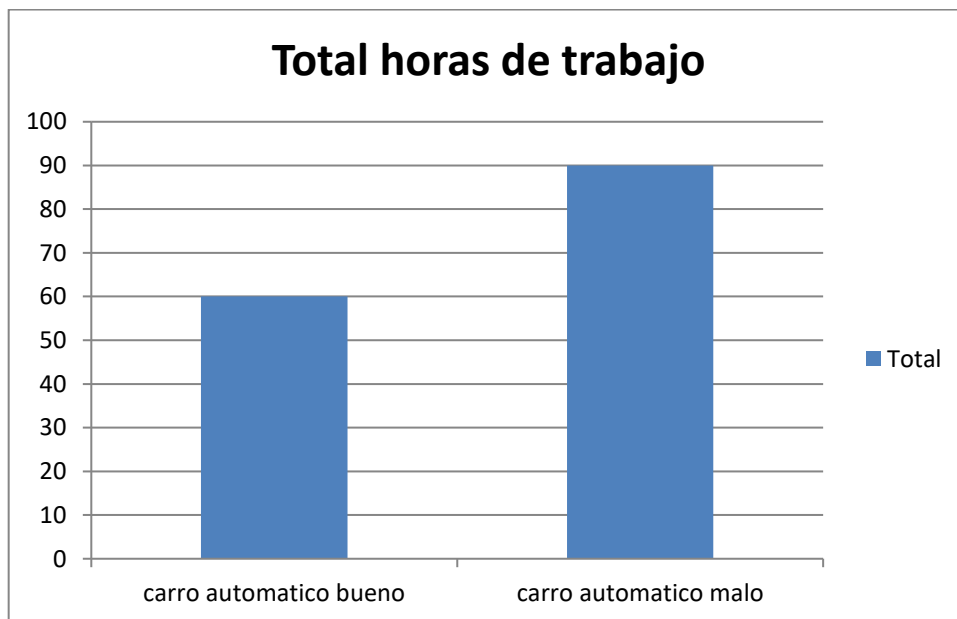


Gráfico 1: comparación tiempo de mecanizado

*Fuente: elaboración propia*

En el gráfico de barras (donde el eje Y indica periodo de tiempo expresado en minutos) se observa el tiempo de mecanizado para la realización de canal chavetero

con la utilización del carro automático, el aumento o diferencias entre tener este equipamiento en condiciones óptimas son notable, no sólo tiempos de mecanizado graficados, también se ven perjudicados otros aspectos que elevan el costo de producción u operacional.

Las importancias de este accesorio en óptimas condiciones, como se pueden apreciar en el gráfico, son de gran consideración, no tan sólo en tiempos de operación, sino en otros aspectos. Por ejemplo, el uso o no del carro automático desencadena en una serie de consecuencias que reduciendo el margen de ganancia aumentando los costos operacionales.

Parte de estas consecuencias que elevan los costos, son los desgastes relacionados a las herramientas, al ser operadas manualmente, la mecanización no es homogénea, se produce mayor desgaste sin obtener los mismos resultados en calidades superficiales que resultarían de la utilización en modo automático, lo que significaría involucrar otro proceso o etapas para la obtención de esta. Esto se suma a que la utilización de capital humano para un mismo trabajo, sufre un mayor desgaste tanto como físico como psicológico, la operación manual de la máquina-herramienta involucra que los desplazamientos deben ser ejecutados mediante el uso de fuerza aplicado a las manivelas preocupándose al mismo tiempo de la remoción de material será el requerido, aumentando aún más los tiempos para trabajos que involucren operaciones de gran dificultad.

Todos estos problemas mencionados, hacen que la empresa maestranza, tenga un menor margen no sólo de ganancia, si no que se creen amenazas en un mercado que cada día se vuelve más competitivo.

#### **1.4 BENEFICIOS DEL PROYECTO.**

Elaborar una propuesta de mantenimiento preventivo, daría muchos beneficios a esta empresa metal mecánica que se verían reflejados en varios puntos, tales como:

- Evitar esfuerzo físico del personal
- Evitar costos de mantención más altos
- Resolver la problemática actual
- Respalda datos
- Disminuir tiempos de operación
- Prevenir pérdidas económicas

**CAPÍTULO II:**

**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 PROCESOS POR ARRANQUE DE VIRUTA**

Para efectos de esta investigación, se tomarán los conceptos desarrollados por H. Gerling, en 1982. Para él, se denomina proceso de arranque de viruta a una serie de procesos de conformado (torneado, fresado, etc.) en los cuales se combinan el trabajo de una máquina herramienta, con una herramienta de corte de forma definida cuya dureza es siempre superior a la del material a mecanizar, operando a unas condiciones de corte prefijada (velocidad de corte, avance y profundidad de pasada). Elegida en función del tipo de material a mecanizar, del material de la herramienta y de la máquina utilizada, con el objeto de transformar un material de partida en una pieza terminada, por sucesivas remociones de capas de material que se convierten en viruta.

Este proceso secuencial, se produce en razón de una acción mecánica principal; la deformación plástica del material que se transforma en viruta (en los procesos de arranque de viruta, es tan elevado el grado de deformación plástica, que la viruta resultante es mucho más dura que el material que le dio origen y su espesor es mayor que la profundidad de pasada que la produjo.

Dada esta definición, queda de alguna manera determinado los actores de todo proceso de arranque de viruta.

Éstos son:

- La máquina herramienta
- La herramienta de corte
- Las condiciones de corte

Es decir que, analizar uno de estos procesos de arranque de viruta, significa examinar estas 3 partes que lo componen, siempre con una mirada sobre la pieza a obtener, y a partir de un plano de especificaciones.

En referencia a la pieza, de acuerdo a la opinión de Krahmer, nos va a interesar conocer en qué material deberá ser construida, cuáles son sus propiedades mecánicas, como dureza o resistencia a la tracción - indicativas de su grado de maquinabilidad - sus dimensiones y tolerancias, el tamaño del lote a fabricar, de modo que podamos definir la tecnología a utilizar para su fabricación.

En la fabricación mediante arranque de viruta se obtienen las dimensiones y la naturaleza superficial deseada en las piezas por medio del mencionado arranque de viruta.

Arrancar virutas es separar partes de material, en particular, la viruta, por procedimientos mecánicos.

En el arranque de viruta que ahora estudiamos son los filos de la herramienta los que las arrancan, los procedimientos de fabricación por arranque de virutas pueden clasificarse según la forma de corte (DIN 8580).

- Arranque de viruta con filos determinados: geoméricamente, por ejemplo, torneado, frezado. Los útiles o herramientas, por ejemplo, la cuchilla de torno, la fresa, arrancar las virutas con la cuña de sus filos que tienen forma geométrica determinada.
- Arranque de virutas con filos no determinados: por ejemplo, amolado, lapeado, bruñido. Las finas virutas son arrancadas en estos casos por granos abrasivos que carecen de forma geoméricamente determinada.

#### Ventajas e inconvenientes de la fabricación mediante arranque de virutas

Resulta ventajoso desde luego el hecho de que las piezas puedan salir fabricadas con pequeñas tolerancias y elevadas calidades superficiales, las piezas fabricadas (forma final) tiene que obtenerse partiendo de una pieza en bruto (material de partida). Esto supone el inconveniente de que el exceso de la pieza en bruto sobre la acabada se pierde en virutas.

Modernamente, en casos determinados, en vez del arranque de viruta se emplean procedimiento para modificar la forma, por ejemplo, el laminado de rosca, en los que no se produce pérdida alguna de material, además el tiempo de fabricación en más corto.

#### Arranque mecánico de virutas

El arranque de virutas puede realizarse mediante trabajo manual o mediante trabajo con máquinas, para el arranque de virutas con máquinas (arranque a máquina) son necesarios:

- Máquinas herramienta que arranquen virutas: torno, fresadoras, taladradoras, acepilladoras, etc.
- Herramientas: de un sólo filo, por ejemplo, la cuchilla de torno, o de varios filos como la fresa.
- Elementos de sujeción: sujeción de la herramienta, sujeción de la pieza. Estos elementos unen la herramienta y la pieza a la máquina.(Gerling, 1982)

## **2.2 MÁQUINAS – HERRAMIENTAS**

Las máquinas herramientas modernas datan de 1775, año en el que el inventor británico John Wilkinson construyó en los talleres metalúrgicos de Bershan, una taladradora horizontal que permitía conseguir superficies cilíndricas interiores.

Hacia 1800 Mandslay construyó un torno pensando principalmente para tallar tornillos.

Más adelante, Sir Joseph Whitworth, que en 1835 patentó un torno de plato, aceleró la expansión de las máquinas de Wilkinson y de Mandslay al desarrollar otras máquinas, instrumentos que permitían una precisión de una millonésima de pulgada (0,0000254 milímetros), unifican el perfil de las roscas y los pasos de los tornillos, etc. Sus trabajos tuvieron gran relevancia ya que se necesitaban métodos precisos de medida para la fabricación de productos hechos con pieza intercambiables.

Las primeras pruebas de fabricación de piezas intercambiables se dieron al mismo tiempo en el viejo y nuevo continente. Estos experimentos se basaban en el uso de calibres de catalogación, con lo que las piezas se podían clasificar en dimensiones prácticamente idénticas.

El primer sistema de verdadera producción en serie fue creado por el inventor estadounidense Eli Whitney, quien consiguió en 1798 un contrato del gobierno para producir 10.000 mosquetes hechos con piezas intercambiables.

Allá por 1843, para sustituir las piedras de arenisca, en Paris se fabricó la primera muela artificial.

Inicialmente para el rectificado de piezas cilíndricas se utilizaba el torno, acoplado en su carro longitudinal un cabezal porta-muela (de rectificar). En 1870, Brown & Sharpe fabricó y comercializó la primera rectificadora universal, que no fue tal hasta que en 1880 se le añadió el dispositivo para el rectificado interior, y ese mismo año, construyó una pequeña rectificadora de superficies planas para piezas pequeñas; y en 1887, una rectificadora puente para piezas grandes. El verdadero desarrollo del rectificado de producción con herramientas abrasivas no se inició hasta finales del siglo XIX. Dos circunstancias favorecieron este desarrollo:

- La exigencia de la industria del automóvil que solicita piezas de acero templado y acabadas con un alto grado de calidad y;
- El descubrimiento, en 1891, por parte de Edward Goodrich Acheson, del carburo de silicio, '*carborundum*'.

El descubrimiento de Acheson permitió disponer de una herramienta importante para poder desarrollar grandes velocidades de corte, lo que concluyó a la construcción de máquinas más potentes y precisas capaces de cubrir las exigencias de calidad.

A finales del siglo XIX, la empresa inglesa Churchill y las americanas Norton, Landis, Blanchar, Cincinnati, etc., ya habían desarrollado prácticamente todos los tipos de rectificadoras, con la tecnología de la época.

A principios del siglo XX, aparecieron máquinas herramientas más grandes y de mayor precisión. A partir de 1920 estas máquinas se especializaron y entre 1930 y 1950 se desarrollaron máquinas más potentes y rígidas que aprovechaban los nuevos materiales de corte desarrollados en aquel momento.

Estas máquinas especializadas permitían fabricar productos estandarizados con un coste bajo, utilizando mano de obra sin cualificación especial. Sin embargo, carecían de flexibilidad y no se podían emplear para varios productos ni para variaciones en los estándares de fabricación.

Para solucionar este problema, las diversas ingenierías que intervienen en el diseño y construcción de maquinaria, se han dedicado durante las últimas décadas a diseñar máquinas herramientas muy versátiles y precisas, controladas por ordenadores, que permiten fabricar de forma asequible piezas y componentes con un alto índice de complejidad.

Este nuevo tipo de máquinas actualmente se utilizan en todos los sectores de la producción.

Actualmente el concepto de máquina herramienta es mucho más amplio y especializado que hace unos años. Los procesos cada vez están más automatizados, y esto requiere el contacto directo con nuevas tecnologías cada vez más complejas y que suponen un fuerte desafío para el profesional mecánico.

Por tanto, es evidente que debemos familiarizarnos enseguida con las nuevas máquinas e ir abandonando, hasta cierto punto – claro está- , la clasificación convencional de aquellas – torno, fresadora, limadora...- por designaciones y conocimientos más precisos que definan mejor la complejidad de las máquinas herramientas actuales.

### **2.2.1 CLASIFICACIÓN**

Para empezar a tomar referencias, creemos oportuno establecer una primera clasificación –general- de las máquinas herramientas, estructurada en cuatro grandes grupos según el tipo de producción a la que se destinan.

Convencionales.	Adecuadas para la ejecución de mecanizados de tipo general con variadas características. Corresponden a este grupo las conocidas como (clásicas): torno paralelo, fresadora universal, taladradora de columna, sierra alternativa, limadora o cepillo, etc.
Específicas.	Las destinadas al mecanizado de piezas determinadas o procesos concretos que exigen peculiaridades específicas a la máquina: brochadoras, talladoras de ruedas dentadas (engranajes), fresadora-punteadora, etc. Hoy por hoy, su grado de automatización es alto.
Automáticas.	Utilizadas para el mecanizado de medianas o grandes series de piezas o familias de piezas. Están diseñadas y construidas con un nivel muy alto de automatización: fresadoras de ciclos, tornos automáticos mono y multihusillos, etc. Con características propias, absoluta y totalmente originales, están las máquinas de control numérico, que hasta no mucho estaban consideradas como una variante de este grupo, pero actualmente con un peso muy importante dentro de él.
Especiales.	Proyectadas para el mecanizado de grandes series de un sólo tipo de pieza, disponen en la mayoría de las ocasiones de un grado de automatización total: transfer. En la actualidad, puesto que su coste es muy elevado, la tendencia en este tipo de máquinas deriva hacia las <i>células de fabricación flexible</i> , que permiten su aplicación para -prácticamente- todo tipo de piezas.

Tabla 1: clasificación general de máquinas - herramientas

Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje: pág. 4

Y en función del movimiento de corte de las mismas, establecemos la siguiente clasificación:

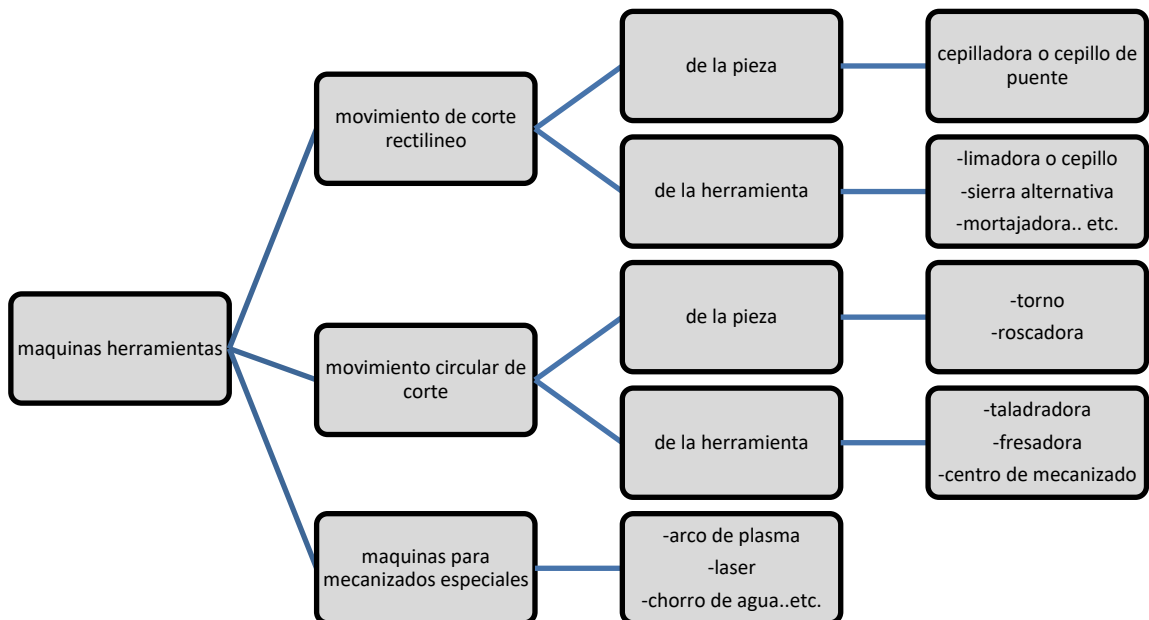


Figura 1: clasificación por movimiento de corte de las máquinas - herramientas

*Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág.4*

### **2.3 FRESADORAS-FRESADO-FRESADORA UNIVERSAL**

El "fresado" es la forma de mecanizado por arranque de viruta mediante una herramienta circular de cortes múltiples, llamada fresa, habitualmente en una máquina herramienta denominada fresadora:

- El movimiento principal de corte lo origina la fresa, al girar sobre su propio eje,
- El movimiento de avance se logra por el desplazamiento de la pieza contra la fresa,
- La profundidad de pasada se logra por la aproximación de la pieza a la fresa, en la dirección necesaria.

Por tanto, las fresadoras – mediante una serie de elementos, mecánicos o dispositivos – son máquinas capaces de proporcionar los movimientos anteriormente mencionados. La estructura y orientación de estos elementos da lugar a los distintos tipos de fresadoras.

Los criterios clásicos de clasificación son:

- Por la disposición del eje principal,
- Por la forma de dar la profundidad de pasada,
- Por el tipo de trabajos que se pueden realizar en ella.

La norma UNE15010, un extracto de la cual se encuentra al final de esta unidad didáctica, establece una clasificación que abarca: por la disposición del eje principal y por el tipo de trabajo que se puedan realizar.

Ciertamente existen más clasificaciones posibles, y en algunos casos nos encontraremos maquinas que podrían estar en más de un grupo puesto que tienen características propias de cada uno de ellos sin ser ninguno en concreto.

Por la disposición del eje principal, podemos clasificarla en:

- Horizontales
- Verticales
- Mixtas

Por la forma de dar la profundidad de pasada, podemos clasificarlas en:

- De consola
- De bancada

Por el tipo de trabajo que se pueden realizar en ellas, podemos clasificarlas en:

- Universales
- Especiales

Las fresadoras horizontales, actualmente – exceptuando algunos casos – han quedado reducidas a los modelos de fresadoras universales de consola (también conocidas como de *ménsula*).

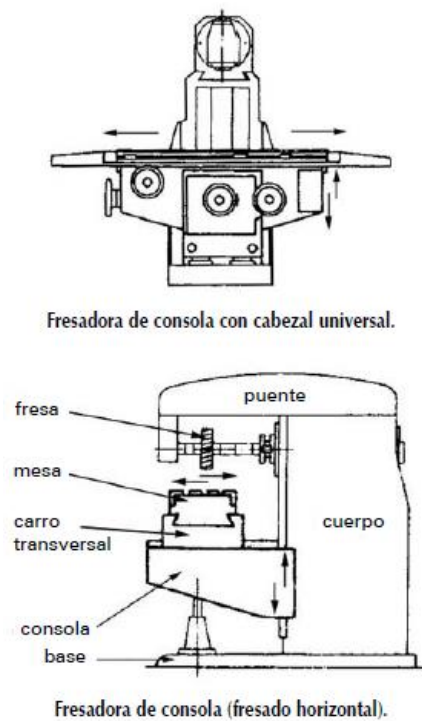


Figura 2: diferencia entre fresadora universal y horizontal

Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 39

En las fresadoras de consola, es ésta – junto con la meza que se aproxima a la fresa.

En la fresadora de bancada es la fresa la que se acerca a la pieza, que se encuentra sobre la mesa.

En las fresadoras mixtas, por su forma constructiva, se ambos casos.

La fresadora universal es la más utilizada en la fabricación unitaria o de pequeñas series de piezas, debido a que con ella se pueden realizar prácticamente la mayoría de los procesos de fresado.

Una de las razones de más peso que condujo al diseño y fabricación de las fresadoras universales fue la necesidad de realizar ranuras helicoidales. La solución para este problema radica en dos puntos:

1. Que la pieza pueda girar sobre su eje y a su vez, solidaria con la mesa se desplace longitudinalmente contra la herramienta cortante (fresa), y
2. Que la fresa, para que no talonee (roce contra la pieza en cualquier parte de la fresa que no sea el/los filo/s), pueda orientarse según el ángulo de la hélice que se va a tallar.

El primero se consigue a través de un dispositivo llamado aparato divisor, que montado sobre la mesa recibe el movimiento del husillo de ésta mediante un tren de engranajes.

Para el segundo, la orientación e inclinación de la hélice podemos optar por dos maneras:

- a) Inclinarse y orientar la mesa respecto a la fresa,
- b) Orientando la fresa respecto al eje de la pieza.

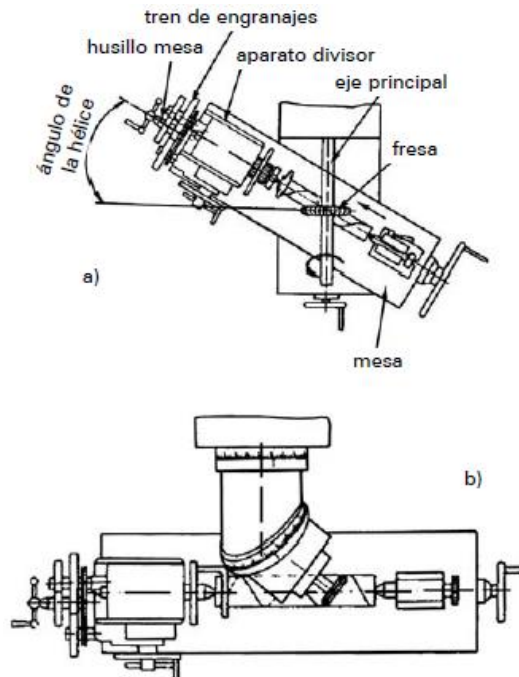


Figura 3: accionamiento de acuerdo a posición en sus ejes de trabajo

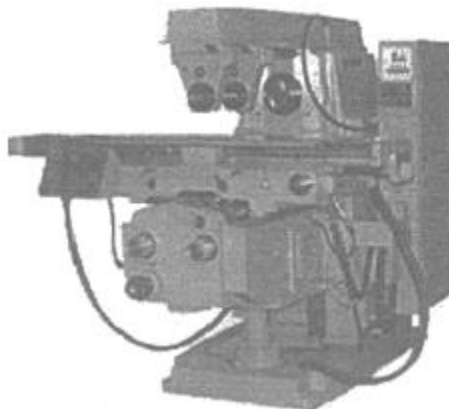
Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 39.

En el caso a) estamos trabajando sobre eje horizontal, y en el caso b) sobre cabezal universal orientable.

Ello nos lleva a otra clasificación para las fresadoras universales:

- Fresadoras universales de mesa orientable
- Fresadoras universales de eje orientable

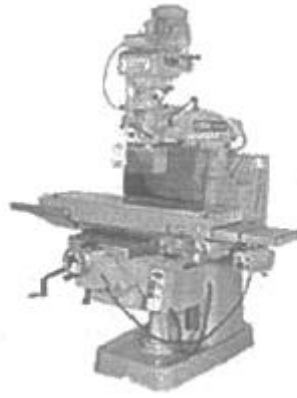
Ambas son del tipo de *consola* y, comúnmente las de eje orientable suelen ser verticales o mixtas.



Fresadora universal GF-2798:  
- consola, - mesa orientable. Morkaiko.

Figura 4: fresadora universal

Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 40



Fresadora universal de torreta KP-Plus:  
- consola, - eje orientable. Kondia.

Figura 5: fresadora universal de torreta

*Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 40*

(Albert Ginjaume, 2006)

## **2.4 MANTENIMIENTO**

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

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función del mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos.

Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas 2 épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían a los equipos.

A partir de la primera guerra mundial, y sobre todo, de la segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no solo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. (Garrido, 2003)

El mantenimiento es un proceso de gestión integral que debe comenzar en el momento mismo de la concepción de una obra o anteproyecto; vale decir, desde el inicio del ciclo de vida de los equipos. Lamentablemente es fácil darse cuenta que esto no siempre se ve reflejado en la práctica. Nos conformamos con pensar en el mantenimiento a partir del momento en que los equipos o activos se instalan en la planta, o aún lo que es peor, cuando comienzan a funcionar.

La gestión del mantenimiento, como especialidad de la ingeniería, abarca un amplio campo de aplicación. Hay mantenimiento en la industria química y petroquímica,

industria del acero, construcción, aeronáutica, hospitales, escuelas, bancos, ingenios, centro de compras, minas, distribución eléctrica, servicios públicos, redes informáticas, etc.

Todas las decisiones tomadas en relación a un activo como parte de un sistema productivo de bienes o servicios, y en cualquier etapa de su vida, tendrán indefectiblemente algún impacto en su desempeño. Además las máquinas durante su operación sufren un proceso de deterioro, por lo que es preciso eliminar o reducir la pérdida operativa de cualquier índole que ocurran a raíz del proceso.

En principio debe reconocerse que el mantenimiento busca que las instalaciones satisfagan las funciones requeridas por el proceso productivo. Por tanto, las actividades relacionadas con mantener funciones de activos deben ser dosificadas con estudiada precisión. Téngase en cuenta que, en mayor o menor medida, las intervenciones de mantenimiento son invasivas por naturaleza su aplicación es conveniente que sea controlada y no deliberada; no siempre por "hacer más" se obtienen mejores resultados.

Suele definirse a mantenimiento como un conjunto de acciones de preservación de activos en un determinado sector productivo, satisfaciendo estándares de calidad, seguridad o servicio.

Mantenimiento presta un servicio basado en la reparación de averías o defectos. Pero no solo ello, también persigue anticiparse a las fallas aplicando métodos de análisis para evitar su recurrencia o mitigar sus consecuencias. Además y ocasionalmente, el área de mantenimiento puede participar en la modificación de activos para aumentar su disponibilidad o capacidad.(Pistarelli, 2010)

Según Pistarelli en su libro "*Manual de mantenimiento: ingeniería, gestión y organización*" existen diferentes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento restaurativo
- Mantenimiento mejorativo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento proactivo
- Mantenimiento detectivo
- Mantenimiento previsorio
- Mantenimiento imperativo o legal

Siendo el mantenimiento preventivo el punto clave para el desarrollo de este trabajo de título.

## **2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento siempre existió. Desde que el hombre comenzó a fabricar objetos para uso personal, le fue imprescindible llevar a cabo alguna restauración de los mismos. Muy probablemente en los comienzos de la fabricación a herramientas de mano, estos se desechaban una vez utilizados. Pero con la evolución misma del hombre evolucionaron también los objetos que fabricaban y muchos podían ser reutilizados si se efectuaba alguna reparación.

Ya a comienzos del siglo XX la industria se torno cada vez más mecanizada y, aunque los niveles de producción eran bajos, se realizaban tareas de limpieza y lubricación a cargo del mismo personal que operaba las máquinas. El consumo y la demanda de productos industriales no llegaban a niveles actuales y las maquinas estaban por lo general sobredimensionadas respecto a las necesidades del mercado. Básicamente se aplicaba la corrección frente al defecto a lo que hoy conocemos como mantenimiento correctivo.

Fue a partir de 1950 cuando la demanda global de bienes de consumo aumento de forma abrumadora. Los procesos industriales se hicieron cada vez más intensivos. La detención de la maquinas provocaba grandes pérdidas económicas a las compañías. Aumento la mecanización, la automatización y la competitividad. Ya no había posibilidad de aprovechar los *tiempos muertos* de producción; sencillamente porque no existían. Era necesario producir en todo momento. Esto naturalmente condujo a que una detención del activo provocara pérdidas económicas de importancia. Surgió, entonces la idea de prevenir las fallas. Anticiparse a su ocurrencia para que no produjeran un perjuicio mayor.

Se capitalizó la primera gran especialización en mantenimiento. El personal de operación o producción se dedicaría exclusivamente a operar el equipo logrando su máximo rendimiento, mientras que personal especializado en reparaciones estaría dispuesto tanto a corregir y restaurar las averías una vez sucedida como a intentar prevenirlas.

Estos grupos, liderados por profesionales, comenzaron a identificar que ciertos componentes se comportaban de una manera ligeramente previsible. El patrón previsible de desempeño indicaba que hasta cierta edad la probabilidad condicional de falla se mantenía dentro de cierto valor controlable y conocido (recta inferior de la curva de la bañera), lo que brindaba valores aceptables de confiabilidad. Luego, finalizada esta etapa, componentes iguales fallaban en tiempos muy parecidos.

Así, el mantenimiento preventivo de recambio o restauración fue tomando cada vez más protagonismo, llegando a la década del 60' a ser el más aplicado y difundido.

Los programas de producción se alcanzaban satisfactoriamente con bueno niveles de disponibilidad y costos controlados. El mantenimiento preventivo (MP) se imponía como máxima estrategia pro-activa en materia de prevención de fallas, y como garantía para las funciones de los activos industriales.

Con el mantenimiento preventivo se pretende disminuir la frecuencia de las paradas no programadas aprovechando el momento más oportuno, tanto para producción como para mantenimiento. Permite, además, preparar herramientas, repuestos e insumos y seleccionar al personal más capacitado.

Como parte del mantenimiento preventivo se encuentran servicios de inspección cíclicos, conservación y restauración de un ítem para prevenir, detectar o corregir defectos.

Se realiza a espacios de tiempo, horas, ciclos, etc. regulares bien definidos y sin importar el estado del ítem a mantener. Normalmente con el equipo o instalación fuera de servicio y sustituyendo o reparando cíclicamente los componentes. En algunos equipos es necesario justificar cierta rentabilidad económica para su aplicación.

Dentro de un plan de mantenimiento preventivo encontramos:

- ✓ Reemplazo de equipos, subconjuntos, componentes o piezas
- ✓ Conservación, revisión o restauración de ítems
- ✓ Rutinas de inspección y chequeos de recorrida
- ✓ Limpieza, ajuste y lubricación
- ✓ Calibración

Las tareas de mantenimiento preventivo son acciones periódicas tendientes a prolongar el tiempo libre de fallas inesperadas, defectos o desviaciones en las variables de proceso.

Entonces decimos que el mantenimiento preventivo consiste en reparar un ítem o reemplazar sus componentes en forma periódica, sin importar su estado de condición al iniciar la intervención, y bajo la hipótesis de que el patrón de falla que rige su comportamiento tiene un periodo de vida útil conocido, alcanzando finalmente los mismos niveles de confiabilidad y calidad originales.

Los objetivos del mantenimiento preventivo se pueden resumir en los siguientes puntos:

- ✓ 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 de tareas.

(Pistarelli, 2010)

## **2.6 TÉCNICAS DE APOYO PARA EL ANALISIS DE FALLAS**

En este proyecto se utilizarán distintos tipos de análisis de fallas, los cuales van a ayudar a determinar un plan de mantenimiento efectivo para diferentes tipos de fallas, tanto comunes como también desperfectos pocos frecuentes.

### **2.6.1 PRINCIPIO DE PARETO**

El principio de Pareto establece que, en la mayoría de los casos un problema es originado por un grupo pequeño de un total de posibles causas. El diagrama que surge como consecuencia de aplicar este principio se denomina Diagrama de Pareto, y permite identificar las causas de mayor importancia y magnitud capaces de provocar el efecto o inconveniente estudiado.

Según este principio, y que en cualquier conjunto de elementos, eventos o causas, unos pocos factores son más significativos que el resto; razón por la cual se los llama los pocos y significativos. También conocida como la regla del 80 - 20, asegura que casi siempre existen pocas ( $\approx 20\%$ ) causas que contribuyen mayoritariamente ( $\approx 80\%$ ) a generar el efecto total. A las causas pocas y significativas se las conoce también como causas vitales; dejando el término causas triviales para el 80% restante. Así, el 80% de las causas serían responsables de contribuir solo en un 20% al problema total.

Si trasladamos el Principio de Pareto a la industria, podríamos asegurar, por ejemplo, que el 80% de las pérdidas de un equipo o instalación serían producidas sólo por el 20% del total posible de causas o modos de falla.

Un diagrama de Pareto es útil para estudiar fallas crónicas (más relacionadas con las oportunidades de mejoras que con los problemas). Sin embargo, y bajo ninguna circunstancia, resuelve los problemas; únicamente facilita la selección de las causas que producen el mayor perjuicio.

Los pasos para construir un diagrama de Pareto son los siguientes:

- ✓ Definir el problema a estudiar, su alcance y los límites del sistema (o proceso).
- ✓ Escoger una unidad de medida para cuantificar, por igual, el efecto o pérdida de todos los eventos (o causas).
- ✓ Listar todos los eventos (o causas) y la pérdida parcial con que contribuye cada uno.
- ✓ Sumar las pérdidas parciales para obtener la pérdida total del conjunto.
- ✓ Ordenar los eventos (o causas) descendientemente según la pérdida que provoca cada uno.
- ✓ Calcular el porcentaje que representa cada evento (causa) con respecto al total (100%).
- ✓ Hacer la suma acumulada de las contribuciones porcentuales, desde la mayor a la menor.

- ✓ Confeccionar un diagrama de barras con la pérdida de cada evento (o causa) ordenando descendientemente. En el mismo gráfico, y como eje secundario el lado derecho, dibujar una línea cuyos puntos serán los acumulados en orden ascendente.
- ✓ Seleccionar los eventos (o causas) cuya suma acumulada sea igual o mayor al 80% de la pérdida total. El conjunto de tales eventos constituye los pocos y significativos.
- ✓ Los planes de acción deben enfocarse, en principio, a eliminar las causas vitales; por último las triviales.

Ejemplo:

El siguiente ejemplo permite ver el grado de contribución que un grupo de eventos tiene sobre un determinado problema. La tabla muestra una lista de equipos (o subsistemas) con la cantidad de fallas y los tiempos de detención que provocó cada uno en el sistema productivo en un año. El problema a estudiar es la cantidad total de fallas y el tiempo total de detención que éstas produjeron. Se asume que las fallas funcionales registradas para cada activo, en la columna cantidad de fallas, afectaron directamente el proceso productivo según el tiempo en minutos que muestra la última columna de la tabla.

#	Equipo/Subsistema	Cantidad de Fallas	Tiempo [min]
1	Quemadores	4	0
2	Bombas Centrifugas	35	120
3	Ventiladores de Extracción	9	40
4	Alimentadores	2	60
5	Bombas de Vacío	2	5
6	Válvulas de Seguridad	0	0
7	Válvulas Neumáticas	28	90
8	Registradores	2	10
9	Golpeadores	2	10
10	Tableros Eléctricos	1	510
11	Motores Eléctricos	19	840
12	Contactores	5	60
13	Accionamientos	1	5
14	Reductores	1	320
15	Acoplamientos	3	30

Figura 6: lista de equipos, cantidades de falla y tiempo

*Fuente: manual de mantenimiento, ingeniería, gestión y organización. Pág.390*

Los diagramas de Pareto por cantidad de fallas y por tiempo de detención obtenidos a partir de la tabla anterior.

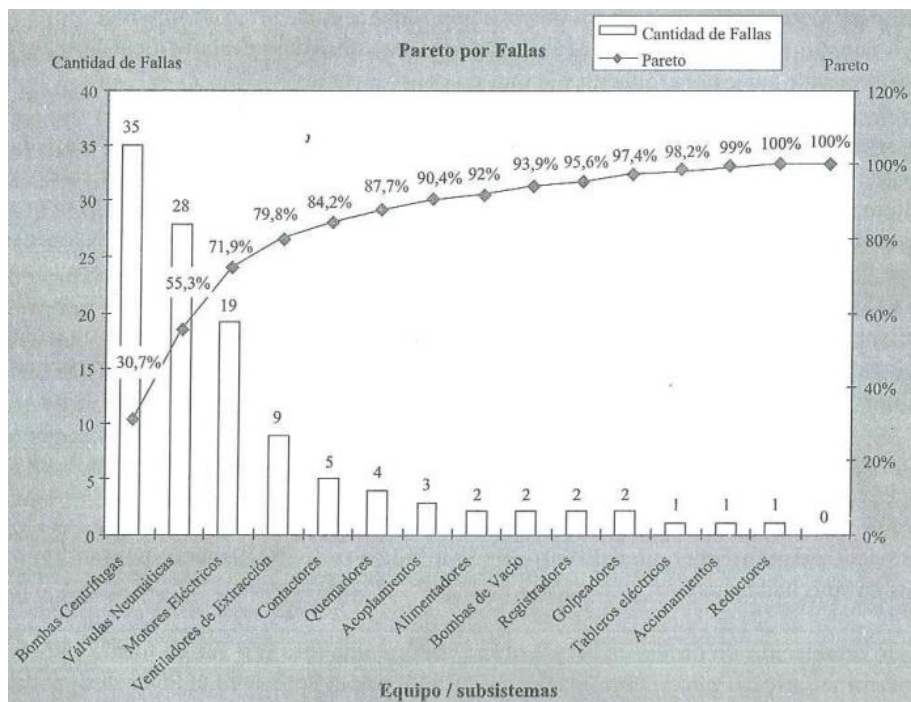


Figura 7: diagrama de pareto

Fuente: manual de mantenimiento, ingeniería, gestión y organización. Pág.391

## **2.6.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

Un diagrama causa – efecto permite visualizar rápidamente aquellas causas (modos de falla) que podrían derivar en una falla funcional (efecto) de un sistema complejo. Un equipo puede fallar por varias razones, e incluso algunas de ellas estar relacionadas entre sí.

Para confeccionar un diagrama causa – efecto participa un grupo de personas liderada por un moderador. En los análisis RCM, que requieren mayor profundidad en sus modos de falla, aparece como una de las herramientas que brinda mejores resultados. Las mismas personas (y el facilitador) que conforman grupos de revisión RCM pueden confeccionar un diagrama de ISHIKAWA. Construir un diagrama efectivo no es sencillo. Lleva tiempo, esfuerzo y debe asegurarse un ámbito adecuado que propicie el trabajo en equipo y la participación de todos los integrantes.

Para fallas funcionales simples es suficiente un análisis por qué – por qué o una tormenta de ideas; sin embargo, si la falla funcional está relacionada con varios modos de falla, se hace necesario utilizar un diagrama de ISHIKAWA.

Para construir el diagrama se comienza definiendo brevemente el efecto (falla funcional), y se lo ubica dentro de un rectángulo a la derecha o izquierda del esquema. Luego, un eje central canaliza el aporte de las posibles causas que, a su vez, se agrupan según características; estos grupos se denominan factores. Existen distintas versiones o categorías en función de las características del problema; las más difundidas utilizan los siguientes factores:

- ✓ Categoría A: método – maquina – materiales – mano de obra.
- ✓ Categoría B: posición – procedimiento – persona – política.

- ✓ Categoría C: contexto – proveedor – sistema – destreza.

De cada factor “cuelgan” las causas primarias, dentro de las cuales se encontrarán las causas – raíz. Para problemas relacionados con fallas de equipos, se prefiere dividir las causas en los factores que sugiere la categoría A. Si se trata de un problema de procesos, es un apropiado utilizar la categoría B. Por último, para inconvenientes logísticos, administrativos o de servicios, la categoría C. No obstante, puede optarse por una combinación de factores.

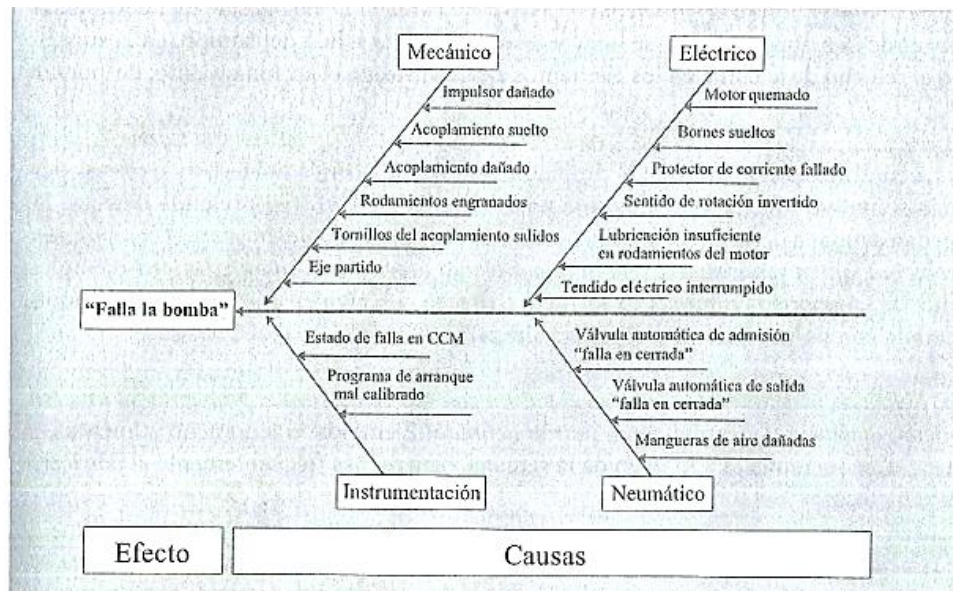


Figura 8: diagrama causa - efecto

Fuente: manual de mantenimiento, ingeniería, gestión y organización. Pág.395

### **2.6.3 FMECA – ACMEF**

El análisis de modos de falla potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que ésta ocurra y con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- ❖ Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- ❖ Analizar la confiabilidad del sistema.
- ❖ Documentar el proceso.

Tomado de los sectores que apuestan alto como la industria aeroespacial y defensa, el análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Los AMEFs fueron formalmente introducidos a finales de los 40's mediante el estándar militar 1629. Utilizados por la industria aeroespacial en el desarrollo de cohetes, los AMEFs y el todavía más detallado ANALISIS CRITICO DEL MODO Y EFECTO DE FALLA (ACMEF) fueron de mucha ayuda en evitar errores sobre tamaños de muestra pequeños en la costosa tecnología de cohetes.

El principal empuje para la prevención de fallas vino durante los 60's mientras se desarrollaba la tecnología para enviar un hombre a la luna en la misión Apolo. Ford motor company motivados por los altos costos de demanda de responsabilidad civil introdujo los AMEFs en la industria automotriz a finales de los 70's para consideraciones de seguridad y requisito regulatorios.

En 1993 Chrysler, Ford y GM crearon el documento << Potencial Failure Mode and Effects Analysis>> que cubría los tipos vigentes de AMEF. El documento formo parte de la norma QS9000 (hoy conocida como ISO 16949).

Los beneficios de implementación de AMEF en un sistema son:

- Identificar fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Reducir los costos de garantías.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re- trabajos).
- Procesos de desarrollo más cortos.
- Documentar los conocimientos sobre los procesos.
- Incrementar la satisfacción del cliente.

#### **2.6.4 ANÁLISIS DE RIESGO**

A partir de la década de los 70's y como consecuencia de gran crisis petrolera, los países de limitados recursos naturales y energéticos se vieron obligados a voltear los ojos a nuevas y diversas alternativas de utilización y producción más amigables.

Si bien la crisis del 70 tuvo grandes impactos negativos, también produjo importantes cambios en las concepciones globales que los países desarrollados tenían acerca de los problemas más relevantes que nuestro planeta enfrenta, de entre los cuales destacan los relacionados con el cambio climático, la crisis energética, la polución, la utilización de recursos, el destino final de los desechos, y las situaciones financieras.

Cada uno de estos temas de por sí, constituye todo un profundo reto que exige el enfoque de los expertos y la adopción de soluciones integrales, ya que si bien pueden ser estudiados de manera individual y especial, es indudable que la mejor solución será aquella que no excluya a ninguno de estos temas en el análisis principal y que considere además el impacto social. Ante esto, debemos hacer una reflexión que parece haber sido delegada o tomada un poco a segundo término.

Los problemas climáticos, energéticos, de contaminación, utilización de los recursos, así como los del destino final de los desechos, con llevan de manera inherente el concepto de "riesgo".

Así pues, es entendible que "riesgo" sea el centro principal que motiva toda una serie de estudios y plausibles esfuerzos que gobiernos, organismos, instituciones y sociedad han realizado y siguen realizando con el fin de resolver esta apremiante y alarmante realidad que cotidianamente enfrentamos.

De esta óptica, el definir lo que es sencillamente el concepto de "riesgo" cobra una importancia inobjetable y de la misma manera, podemos detectar 2 puntos básicos que influyen en la definición: el contexto en el que se presenta la posibilidad de riesgo y la diversidad de la percepción de riesgo por parte de los responsables de estos procesos. Esto obviamente nos pone en la situación de enfocar una definición, tomando en consideración que el riesgo "per se" es, o implica la consecuencia de estas o enfrentar una situación, actividad o escenario de peligros, el cual fungirá como causante de consecuencias indeseables, inesperadas o adversas.

Kaplan por su parte, haciendo un análisis general, enumera 3 componentes fundamentales del riesgo.

- ❖ Algo malo ocurre.
- ❖ La posibilidad de que esto ocurra.
- ❖ Las consecuencias de si esto ocurre.

Si tomamos como base de análisis estos 3 componentes del riesgo, estamos obligados a definir lo que significa "malo o indeseable", los posibles escenarios en que esto puede darse, la ocurrencia o frecuencia y el impacto del resultado. Aquí cabe señalar que si contamos con todos los anteriores parámetros, estamos en condiciones de definir, medir y calificar los riesgos y como sabemos todo lo que se puede medir y calificar puede ser administrado.

Así, gracias al entorno en que se estudia al riesgo, podemos definir qué es lo "malo" o el evento indeseable, identificar los posibles escenarios y medir los impactos y consecuencias, de que esto ocurra. Es claro pues, que el concepto de riesgo implica desde su propia naturaleza una asociación de la probabilidad y la incertidumbre de que ocurra el evento y sus impactos, y por lo tanto sugiere 2 posibles tendencias de su interpretación:

- Subjetiva: una interpretación cualitativa y subjetiva del riesgo, asignando niveles de alto, medio y bajo.
- Objetiva: comparación cuantitativa o semi-cuantitativa de riesgos en diferentes áreas relacionadas, observadas y reguladas.

En forma conceptual, el riesgo se refiere a la probabilidad en función de la frecuencia de un acontecimiento determinado (por ejemplo, falla de sistema de alimentación, accidentes viales, derrumbe de estructuras, accidentes navales), que permita usar algún tipo de evaluación de los impactos producto del acontecimiento (por ejemplo, fallas de suministro eléctrico o mecánico, defunciones, enfermedades, pérdida de especies vegetales o animales, fuga de capitales).

La mayoría de los estudiosos del tema, se basan en las definiciones de IEC, desde 1993, las cuales son:

- Riesgo: la combinación de frecuencia o probabilidad y la consecuencia de un acontecimiento peligroso específico. En este contexto, la probabilidad tendría que tener un periodo asociado, ya que las medidas de riesgo utilizadas en el proceso químico QRA, todas toman la forma de consecuencias por unidad de tiempo.
- Análisis de riesgo: el uso sistemático de la información disponible para identificar peligros y estimar el riesgo para individuos o poblaciones, propiedades o el medio ambiente.
- Evaluación de riesgo: el proceso general de análisis y evaluación de riesgo (en este contexto, la evaluación de riesgo significa comparar el estimado de análisis de riesgo contra un criterio de riesgo objetivo).
- Administración de riesgo: la aplicación sistemática de políticas administrativas, procedimientos y prácticas de las tareas de analizar, evaluar y controlar el riesgo.

Así, el análisis de riesgo, consiste no sólo en una observación detallada y sistemática, sino que principalmente es una propuesta metodológica, que permite el conocimiento de los riesgos y sus fuentes o causas (peligros), las consecuencias potenciales y remanentes, y la probabilidad de que esto se presente.(Leon, 2002)

**CAPÍTULO III:**

**DIAGNÓSTICO DE POSIBLES FALLAS**

### 3.1 DESGLOSE GENERAL DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA

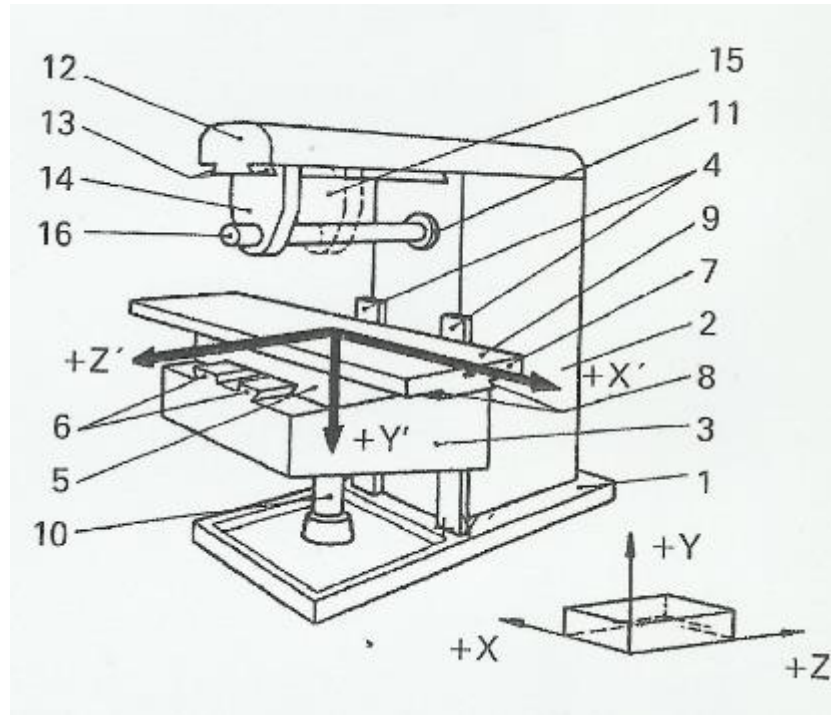


Figura 9: numeración de componentes generales

Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 40

REFERENCIA	DENOMINACIÓN
1	BASE
2	COLUMNA
3	CONSOLA
4	GUIAS DE LA CONSOLA
5	CARRO TRANSVERSAL
6	GUIAS DEL CARRO
7	MESA
8	GUIAS DE LA MESA
9	SUPERFICIE DE LA MESA
10	HUSILLO DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE LA CONSOLA
11	NARIZ DEL HUSILLO
12	BRAZO - SOPORTE
13	GUIAS DEL BRAZO
14	LUNETAS DELANTERA
15	LUNETAS TRASERA
16	EJE PORTA - FRESAS

Tabla 2: detalle de componentes generales

Fuente: ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje pág. 40

### 3.1.1 ESQUEMA DE COMPONENTES

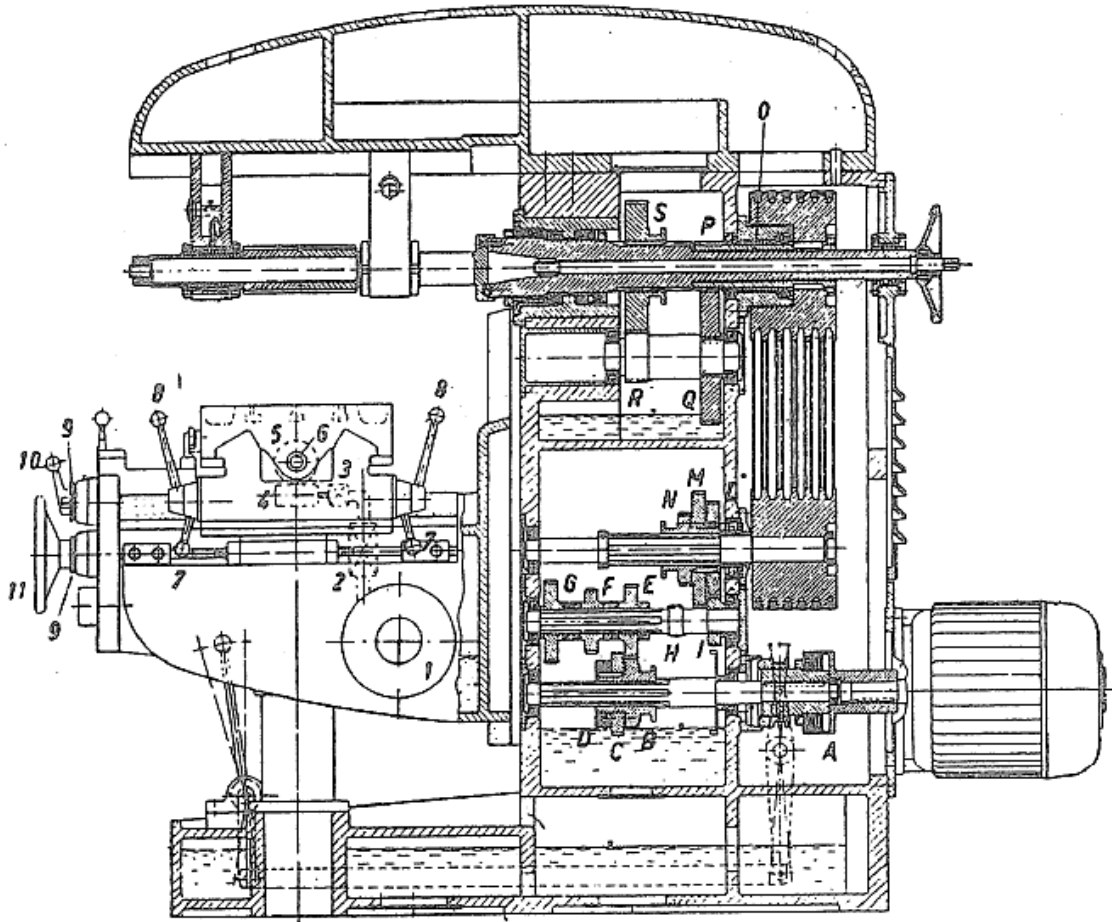


Figura 0-10: sección de fresadora horizontal

Fuente: máquinas - herramientas modernas pág. 629

REFERENCIA	DENOMINACIÓN
1	MOTOR ELECTRICO PARA EL ACCIONAMIENTO DE LA BOMBA
2	DISTRIBUIDOR HIDRAULICO
3	MOTOR HIDRAULICO DE EMBOLOS RADIALES
4	TORNILLO SIN FIN
5	RUEDA HELICOIDAL
6	TORNILLO CONDUCTOR
7	PALANCA PARA IMPULSAR EL ACEITE COMPRIMIDO AL DISTRIBUIDOR DE UNO DE LOS TRES AVANCES ORTOGONALES
8	PALANCA CON POSICION CENTRAL NEUTRA PARA EL AVANCE DE TRABAJO O PARA EL AVANCE RAPIDO DE RETROCESO
9	REGULADOR DEL VALOR DE LOS AVANCES
10	PALANCA
11	VOLANTE PARA LA REGULACION CONTINUA DE LOS AVANCES

Tabla 3: listado de componentes de fresadora horizontal

Fuente: maquinas - herramientas modernas pág. 629

## **3.2 DIAGNÓSTICO**

Como primer diagnóstico de la máquina herramienta es la presencia de ruidos anormales al proceder accionar los movimientos automáticos además del nulo movimiento existente, este tipo de problemas derivan generalmente del sistema de transmisión, tanto como de engranajes, rodamientos y cadenas debido a su vida útil, tomando en cuenta que no se han realizado cambios de componentes, sólo reparaciones.

Los problemas en los componentes pueden ser causados por varios factores, además de su vida útil, estos factores deterioran los componentes causando la aceleración de fallas, entre los factores que más comúnmente se presentan son problemas en la lubricación y limpieza.

En el ámbito de la lubricación es probable que la elección del aceite y/o grasa a utilizar sea la incorrecta, si bien, estos datos son entregados por el fabricante mediante el manual, así como la periodicidad con que se deben de realizar no son leídos o se sufre pérdida de estos, por los que el operador y/o dueño del equipo se ven obligados a suplantar por otros aceites que no cumple con las características necesarias y a realizar cambios de estos de manera subjetiva, sin especificaciones establecidas. Otro punto probable es la falta de lubricación, cada cierta periodicidad, la operación deben ejecutar bombas manuales de lubricación de la fresadora así como la inspección visual de los niveles de aceite, operaciones e inspecciones que suelen ser omitidas, también la falta de lubricación se puede deber a pérdidas ocasionadas generalmente por roturas de componentes o empaquetaduras.

Con respecto a la limpieza, ésta se debe realizar en cada operación realizada por el equipo, es usual que restos del proceso del mismo mecanizado, virutas, queden incrustadas en partes del equipo, no permitiendo el correcto funcionamiento, también la presencia de restos de materiales utilizados para la propia limpieza como lo son restos de hilos, géneros entre otros.

### **3.2.1 INSPECCIÓN VISUAL**

Se verifica un deficiente en el nivel de lubricante y este se detecta bajo, se realiza una inspección visual a la empaquetadura y no se aprecian fugas de ninguna índole, no se observan fracturas en estructura exterior, se observa un buen estado de las manillas, no se observan fugas en las uniones de las mangueras de refrigeración, se observa que la cabeza de los pernos se encuentran en buen estado para ser extraídos y así poder realizar la inspección visual y mantenimiento, también se observa el sistema eléctrico (cables, conexiones, botonera, parada de emergencia, botón de entrega de energía).

Se revisaron los filtros de succión y descarga para los sistemas de líquido refrigerante y sistema de lubricación de la maquina en general.

Inspección	Componente o parte	Conclusión
Visual	Empaquetadura	La empaquetadura no presenta fugas. Esto indicará que su estado de estanquidad esta en optimo estado y aún conserva vida útil.
Auditiva	Cercano a la mesa	Al activar el sistema automático de le mesa horizontal ésta no presenta movimiento en ninguna dirección y tiene un constante sonido que podría indicar falla de engranajes o rodamientos
Visual	Depósito de lubricante (empaquetadura)	La empaquetadura no presenta filtraciones de líquido o alguna otra señal que indique su mal esto, esto indica que aún tiene vida útil, se recomienda inspeccionar semanalmente
visual	Cadena de transmisión	Se observa un desgaste natural producto de su uso excesivo
visual	Juntas de mangueras refrigerantes	Al encender la máquina - herramienta no se detecta algún tipo de residuo liquido en su entorno
visual	manillas	En buen estado, no se observa ruptura en sus puños ni juego significativo
Voltímetro	Motor	El motor no presenta variaciones significativas según datos que debe entregar.
visual	mesa	Se observan restos de residuos correspondientes a mecanizados y restos de materiales anexos
Visual	Nivel de aceite	Se presenta un nivel bajo de aceite
	Bombas de lubricación manual	Las bombas de lubricación manual funcionan a la normalidad
visual	Tornillo sin fin	No presenta mayores desgastes visuales ni ralladuras

Tabla 4: detalle de inspección visual

*Fuente: elaboración propia*

### 3.3 DIAGRAMA ISHIKAWA

El diagrama causa-efecto, espina de pescado o también llamado Ishikawa, debido a su creador, es una herramienta de análisis que permite la representación gráfica con el fin de visualizar las posibles causas que explican un determinado problema o efecto, motivo por el que esta herramienta es ampliamente utilizada en la gestión de calidad y en la toma de decisiones.

El uso de Ishikawa, es complementado en la mayoría de las veces con otras herramientas de análisis como es el caso del diagrama de Pareto permitiendo además priorizar medidas de acción relevante a aquellas causas que representan un mayor porcentaje de problemas, es decir nos permite tomar acciones en las bases que determinan un desempeño deficiente.

La realización del diagrama de causa efecto es por lo general de manera intuitiva, se identifican los problemas y luego se enumeran un conjunto de causas potenciales que explican dichos comportamientos, también existe la posibilidad de agregar información adicional logrando un mayor detalle en sub-causas, permitiendo tomar acciones correctivas con un mayor grado de precisión.

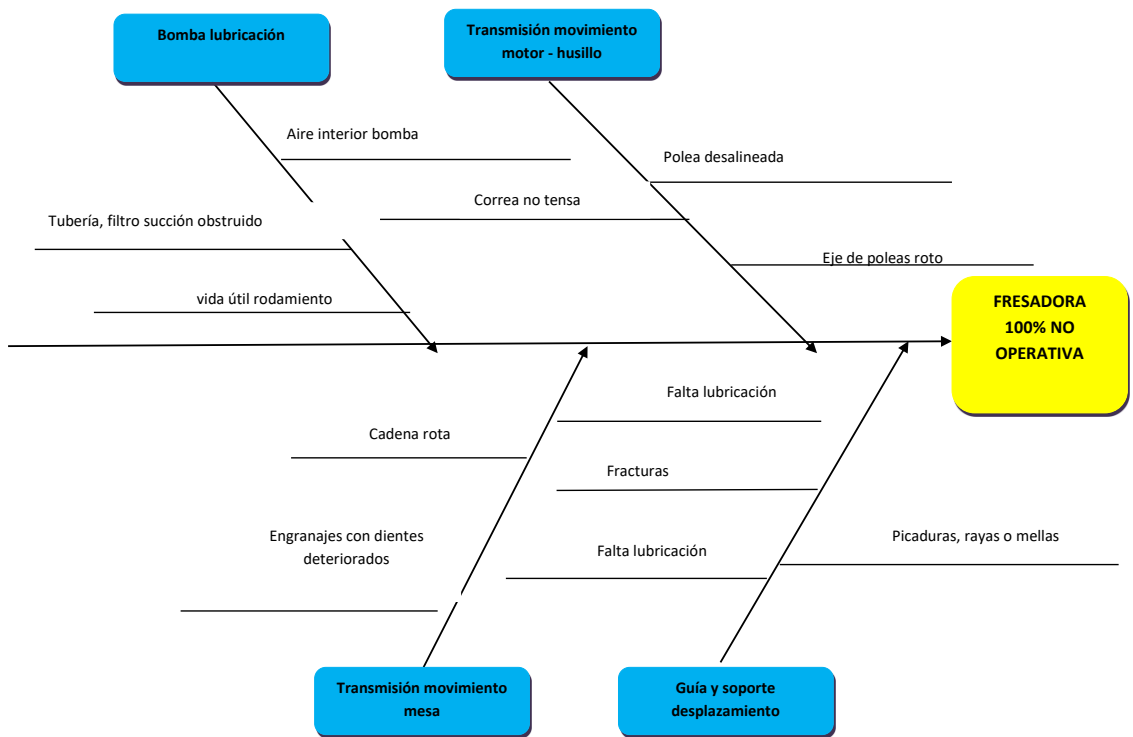


Figura 11: diagrama de Ishikawa

Fuente: elaboración propia

Se optó por la utilización de este método de análisis debido a la facilidad que se tiene de poder apreciar, siendo así que cualquier trabajador de la maestranza pueda leer esto, ya que manejan términos en común, esto debido a que es intuitivo,

permitiendo visualizar fallas potenciales y sus posibles causas, logrando tomar acciones correctivas permitiendo que la fresadora se encuentre lo más cercano a un 100% de disponibilidad.

### **3.4 ANÁLISIS FMECA**

El análisis FMECA, es una herramienta de análisis que nos permite obtener los fallos potenciales de un equipo. Esta metodología es aplicada para el análisis de sistemas, cuya finalidad es estudiar los posibles fallos del sistema para luego ser clasificado posteriormente según su grado de importancia o criticidad. A partir de ese análisis se obtendrá una lista que permitirá priorizar los fallos más relevantes a solucionar o tomar medida. Este tipo de análisis se puede realizar en distintos ámbitos, tales como peligrosidad que representa, dificultad de detección, frecuencia de ocurrencia, impacto en el proceso entre otros.

Al realizar el análisis FMECA en la bomba de lubricación, nos permitirá saber las fallas que tienen mayor frecuencia y por tanto causa un mayor número de detenciones.

TABLA FMECA - BOMBA DE LUBRICACIÓN					
Función	Falla Funcional	Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-1)	Impacto (1-10)	Criticidad (Po*1)
Lubricación del sistema	No transfiere fluido lubricante	Tubería o Filtro de succión obstruidos	0,8	8	6,4
		Aire al interior de la bomba	0,1	2	0,2
		Rodamiento vida útil no respetado	0,1	1	0,1

Tabla 5: análisis de criticidad

*Fuente: elaboración propia*

CRITICIDAD		NOTA:
C	0 - 3,3	baja probabilidad de falla
B	3,3 - 6,6	probabilidad de falla media
A	6,6 - 10	alta probabilidad de falla

Tabla 6: valores de criticidad

*Fuente: elaboración propia*

Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-100)	Frec. Acum
Tubería o Filtro de succión obstruidos	80%	80%
Aire al interior de la bomba	10%	90%
Rodamiento exceso vida útil	10%	100%

Tabla 7: probabilidades de ocurrencia

*Fuente: elaboración propia*

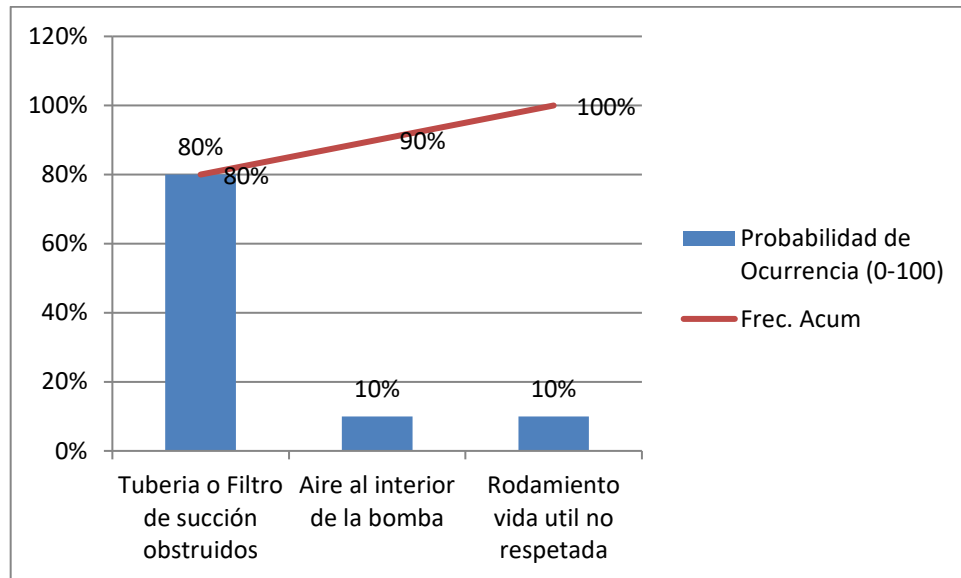


Gráfico 2: diagrama de Pareto

Fuente: elaboración propia

Según lo visualizado en el diagrama, a la información recopilada y obtenida en el periodo de 5 semestres, el 80% de las detenciones de la bomba de lubricación se debe a la falla por obstrucción de la tubería o filtro de succión, por lo que será el sistema que se le dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante el 20% restante se encuentra en los rodamientos y bomba, sistemas que será analizado a futuro.

Al realizar el análisis FMECA en la transmisión motor-husillo, nos permitirá saber las fallas que tienen mayor frecuencia y por tanto causa un mayor número de detenciones.

TABLA FMECA - TRANSMISION MOTOR USILLO					
Función	Falla Funcional	Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-1)	Impacto (1-10)	Criticidad (Po*I)
Transmitir movimiento	Transmisión de movimiento de motor al husillo al variar la conexión de las poleas	Correa no tensa	0,5	4	2
		Polea desalineada	0,3	5	1,5
		Eje de poleas roto	0,1	10	1

Tabla 8: análisis de criticidad

Fuente: elaboración propia

CRITICIDAD		NOTA:
C	0 - 3,3	baja probabilidad de falla
B	3,3 - 6,6	probabilidad de falla media
A	6,6 - 10	alta probabilidad de falla

Tabla 9: valores de criticidad

Fuente: elaboración propia

Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-100)	Frec. Acum
Correa no tensa	60%	60%
Polea desalineada	30%	90%
Eje de poleas roto	10%	100%

Tabla 10: probabilidad de ocurrencia

Fuente: elaboración propia

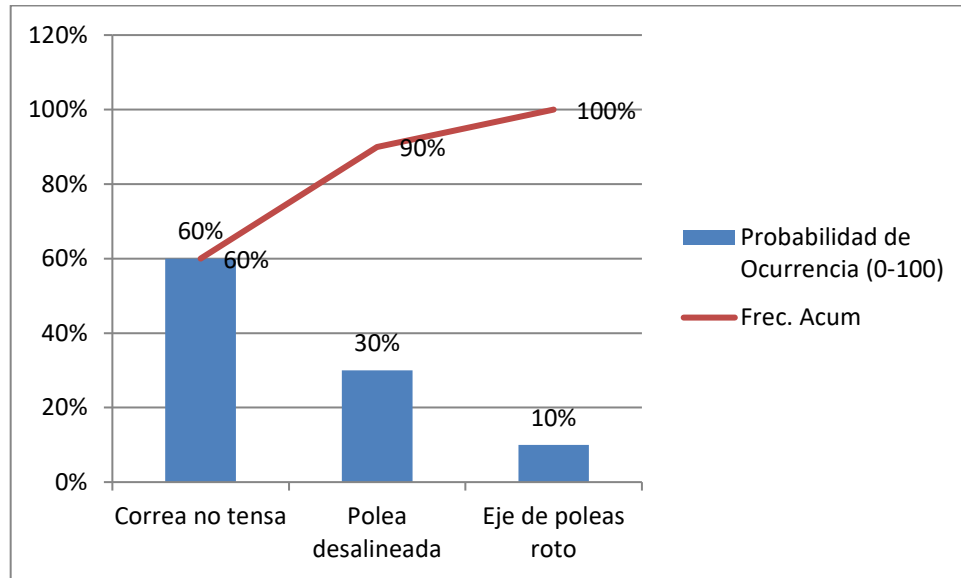


Gráfico 3: diagrama de Pareto

Fuente: elaboración propia

Según lo visualizado en el diagrama, a la información recopilada y obtenida en el periodo de 5 semestres, el 60% de las detenciones de la transmisión motor-husillo se debe a la falla por tensión en la correa, por lo que será el componente que se le dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante el 40% restante se encuentra en la polea y eje de polea, sistemas que será analizado a futuro.

Al realizar el análisis FMECA en la transmisión movimiento de la mesa, nos permitirá saber las fallas que tienen mayor frecuencia y por tanto causa un mayor número de detenciones.

TABLA FMECA - TRANSMISION MOVIMIENTO DE LA MESA					
Función	Falla Funcional	Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-1)	Impacto (1-10)	Criticidad (Po*)
Transmitir movimiento	Transmisión de movimiento de motor la mesa	Engranajes con dientes deteriorados	0,7	8	5,6
		Falta de lubricación	0,2	5	1
		Cadena rota	0,1	1	0,1

Tabla 11: análisis de criticidad

Fuente: elaboración propia

CRITICIDAD		NOTA:
C	0 - 3,3	baja probabilidad de falla
B	3,3 - 6,6	probabilidad de falla media
A	6,6 - 10	alta probabilidad de falla

Tabla 12: valores de criticidad

Fuente: elaboración propia

Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-100)	Frec. Acum
Engranajes con dientes deteriorados	70%	70%
Falta de lubricación	20%	90%
Cadena rota	10%	100%

Tabla 13: probabilidad de ocurrencia

Fuente: elaboración propia

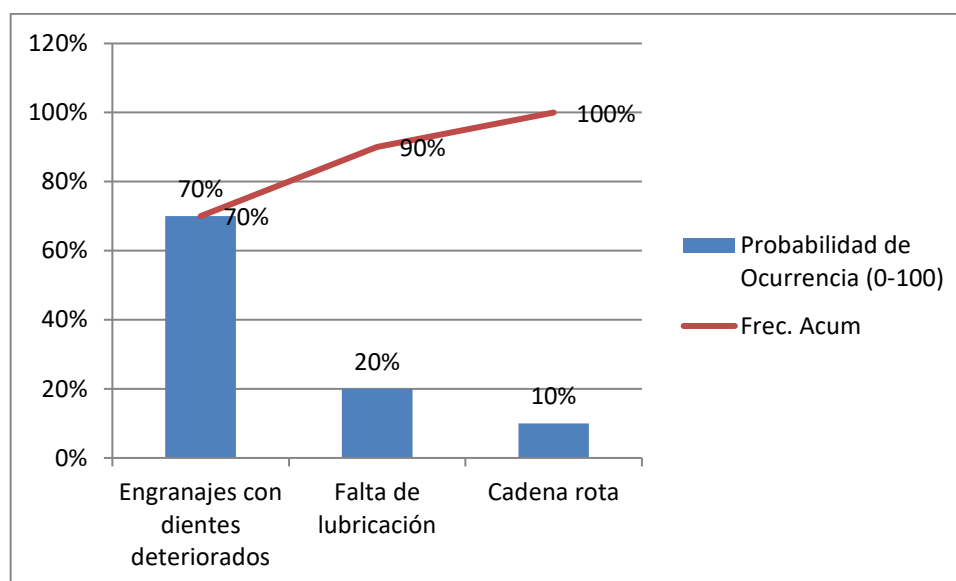


Gráfico 4: diagrama de pareto

Fuente: elaboración propia

Según lo visualizado en el diagrama, a la información recopilada y obtenida en el periodo de 5 semestres, el 70% de las detenciones de la transmisión movimiento de la mesa se debe a la falla de engranajes con dientes deteriorados, por lo que será el componente que se la dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante el 30% restante se encuentra en la falta de lubricación y cadena rota, sistemas que será analizado a futuro.

Al realizar el análisis FMECA en la guía y soporte de desplazamiento, nos permitirá saber las fallas que tienen mayor frecuencia y por tanto causa un mayor número de detenciones.

TABLA FMECA - GUIA Y SOPORTE DE DESPLAZAMIENTO					
Función	Falla Funcional	Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-1)	Impacto (1-10)	Criticidad (Po*)
Desplazar la mesa	Desplazamiento irregular de la mesa	Picaduras, Rayas o Mellas	0,5	8	4
		Fracturas	0,3	1	0,3
		Falta de lubricación	0,2	2	0,4

Tabla 14: análisis de criticidad

Fuente: elaboración propia

CRITICIDAD		NOTA:
C	0 - 3,3	baja probabilidad de falla
B	3,3 - 6,6	probabilidad de falla media
A	6,6 - 10	alta probabilidad de falla

Tabla 15: valores de criticidad

Fuente: elaboración propia

Causa de la falla	Probabilidad de Ocurrencia (0-100)	Frec. Acum
Picaduras, Rayas o Mellas	50%	50%
Fracturas	30%	80%
Falta de lubricación	20%	100%

Tabla 16: probabilidad de ocurrencia

Fuente: elaboración propia

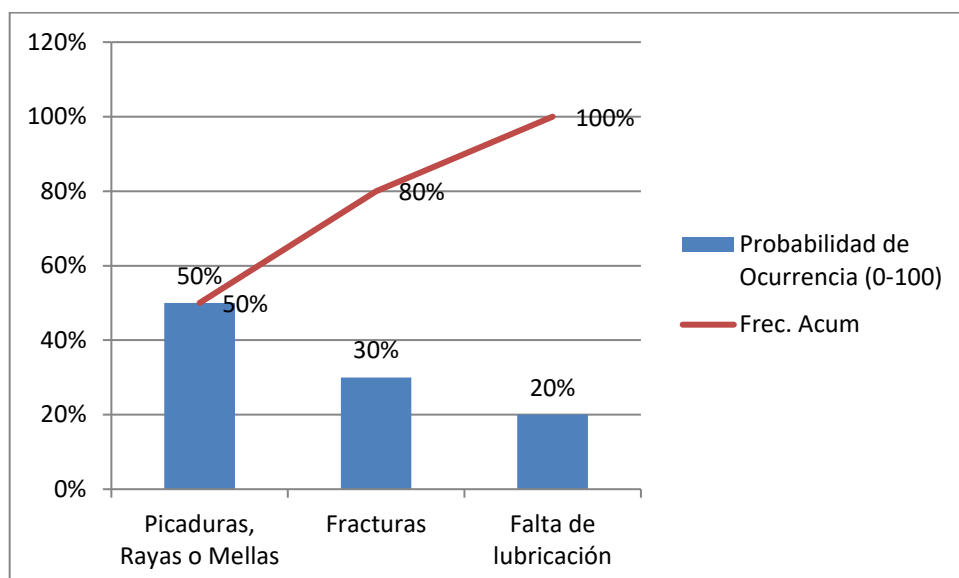


Gráfico 5: diagrama de pareto

Fuente: elaboración propia

Según lo visualizado en el diagrama, a la información recopilada y obtenida en el periodo de 5 semestres, el 50% de las detenciones en la guía y soporte de

desplazamiento de la mesa se debe a la falla de picaduras, rayas o mellas, por lo que será el componente que se la dará prioridad en el análisis a corto plazo, no obstante el 50% restante se encuentra en las fracturas y falta de lubricación sistemas que será analizado a futuro.

### **3.5 ANÁLISIS DE RIESGO**

El análisis de riesgo es un proceso de calidad total o mejora continua, que busca estimar las probabilidades de que se presenten acontecimientos indeseables, permitiendo medir la magnitud de dichos impactos negativos en el transcurso de ciertos intervalos específicos de tiempo.

Tal como se ha mencionado, los diversos métodos e instrumentos utilizados para la evaluación de riesgo, de manera general se basan en pautas establecidas y lineamientos marcados por la gestión de la seguridad, los cuales de manera clara sugieren una serie de tres pasos obligados o mínimos a partir de los cuales cada institución o empresa en particular adoptara y adaptara a sus propias peculiaridades con base en sus actividades específicas. Así pues a continuación presentamos de forma global estos tres pasos:

1. Establecer un equipo multidisciplinario: dicho equipo debe estar conformado por un grupo de diversos especialistas en cada uno de los campos que se tengan estimados para la realización del análisis de riesgo.
2. Identificación de los temas o parámetros de análisis: en este punto se deben establecer los posibles riesgos a analizar, así como la asignación de prioridades de los riesgos o escenarios identificados previamente y que estén en concordancia con la estructura organizativa del equipo de análisis, siguiendo siempre las políticas establecidas por la institución o la empresa, el resultado de este paso será una importante base para identificar los recursos y puntos críticos requeridos para el desarrollo de la evaluación y de las posibles propuestas, estrategias y proyectos.
3. Validación de resultados: de forma regular, se logra por medio de la presentación formal de los datos a los responsables de los departamentos y al nivel directivo y gerencial de la institución o empresa, los cuales poseen la capacidad y responsabilidad en la toma de decisiones.

Al final de este último paso y solo después de la toma de decisiones, los riesgos identificados, las prioridades, los impactos, zonas, dependencia o departamentos críticos, así como el acuerdo en la estrategia, tiempos, acciones y recursos asignados, se tendrá un programa terminado y avalado por la generalidad de los mandos directivos.(Leon, 2002)

Clasificación de ítems - análisis de criticidad de maquinas				Criticidad = PF*(PRO+MAN+SEG+MAM)	
Probabilidad de falla	CONSECUENCIAS				
	Producción/calidad	Mantenimiento	Seguridad	Medio Ambiente	
Representa la probabilidad de que cualquier componente del sistema a evaluar (máquina, área, planta, etc) produzca la pérdida de su función sea temporal o permanente.	Representa la capacidad e impacto que se deja de producir cuando ocurre la falla. Contempla además conceptos de operación, negocio y gestión, lo que se traduce en alteraciones en las utilidades proyectadas de una empresa.	Este análisis tiene como fin, evaluar la severidad de una posible falla de un ítem o componente crítico que pueda presentar una máquina. Considerando tiempos de respuestas y costos de mantenimiento asociados ante una eventualidad.	Representa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas al momento de producirse una falla en el ítem analizado y los riesgos de las actividades de mantenimiento relacionadas.	Representa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente, al producirse una falla en el ítem analizado. Se evalúa el riesgo asociado y las medidas de control relacionadas.	
Calif.					
1	la máquina es robusta y no se espera que falle se encuentra en buenas condiciones (generalmente estanques o elementos estructurales)	la detención de la máquina no afecta en generación de ningún tipo de producto. (0% a 5%).	el tiempo de reparación de máquina es bajo y los costos asociados son despreciables	impacto en las personas es mínimo o ninguno. (posibles heridas leves, contusiones) personal en mantenimiento no tiene ningún riesgo (posibles heridas leves o contusiones)	impacto al ambiente en mínimo o ninguno (la recuperación es inmediata y fácil) no se requiere un despliegue que permita asegurar el área
2	la máquina es robusta y no se espera que el ítem ha presentado muy pocas fallas. (condición media)	la máquina opera producto secundario o terciario. Al detenerse impacta en menor medida la producción (5% a 30%)	el tiempo de reparación de la máquina es menor a 1 turno y los costos asociados son bajos y no afectan mayormente	impacto en las personas es mínimo o ninguno personal en mantenimiento requiere de medidas preventivas adicionales pero se controlan los riesgos	impacto en el ambiente es mínimo pero se deben implementar diversas medidas para poder contener el riesgo
3	presenta fallas perceptibles correspondientes a desgaste o rasgaduras. (máquinas rotatorias generalmente caen dentro de esta categoría). el ítem ha presentado muy pocas fallas. (condición media)	la máquina opera producto secundario o terciario y al detenerse impacta en forma considerable la producción (30% a 60%).	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 turno y los costos asociados son bajos y no afectan mayormente	impacto en las personas es medio (implica lesiones con pérdida de jornada) personal en mantenimiento debe implementar diversas medidas de seguridad para poder contener el riesgo	impacto en el ambiente asociado es relevante pero al implementar diversas medidas para poder contener se tiene una recuperación sin relevancia en el medio externo
4	la máquina ha fallado en forma frecuente la condición es media. Actualmente se encuentra en condición aceptable.	la máquina opera producto secundario o terciario y al detenerse impacta mayormente o completamente la línea (60% a 100%) la máquina opera producto primario y al detenerse impacta en menor medida la producción (5% a 30%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 2 turnos y los costos asociados son considerables.	impacto en las personas es medio - alto (implica lesiones mayores) personal en mantenimiento debe implementar medidas de apoyo especiales (debe realizar PST en rigor con apoyo, arnes o trabajo en caliente)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
5	la máquina ha fallado en forma frecuente la condición de la máquina es pobre o vieja pero es de fácil monitoreo.	la máquina opera producto primario y su detención impacta en forma considerable la producción (30% a 70%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 día y los costos asociados son altos y afectan considerablemente.	Impacto en las personas grave. (amputaciones, incapacidad permanente, personalmente en mantenimiento debe utilizar medidas previas y durante de alta preocupación (espacios confinados, etc)	el impacto ambiental es significativo internamente y la comunidad y se requiere de la presencia de especialistas que indiquen los pasos a seguir bajo programas de descontaminación y recuperación.
6	la máquina ha fallado en forma frecuente y se puede presentar en cualquier momento la condición de la máquina es pobre o vieja y es de monitoreo complejo (sistemas de varios componentes rotatorios o hidráulicos).	la máquina opera producto primario y su detención impacta mayormente o completamente la producción. (70% a 100%).	el tiempo de reparación de la máquina es posible solo en un revestimiento y los costos asociados son altos y afectan considerablemente	Impacto en las personas extremadamente grave. Muerte o varias muertes en el entorno, daño catastrófico. personal en mantenimiento debe asegurar la zona ya que existe un riesgo latente en las personas que circulan cerca del área. (gases o líquidos inflamables, reacciones o reactivos)	el impacto ambiental daña tanto a recursos naturales como a la imagen de la empresa. Acarrea problemas legales de consideración. se da aviso a la comunidad y a entidades públicas con el fin de no desencadenar una catástrofe peor, etc.

Figura 12: valores análisis de criticidad

Fuente: presentación power point "MATRIZ DE RIESGO"

Nº	Descripción	Probabilidad de falla	Producción /calidad	Mantenimiento	Seguridad	Medio Ambiente	Criticidad	% Criticidad
1	TORNILLO CONDUCTOR	4	6	5	2	1	56	19%
2	RUEDA HELICOIDAL	4	6	3	1	1	44	15%
3	MOTOR HIDRAULICO DE EMBOLOS RADIALES	3	6	3	1	2	36	13%
4	MOTOR ELECTRICO PARA EL AACIONAMIENTO DE LA BOMBA	2	6	6	2	2	32	11%
5	VOLANTE PARA LA REGULACION CONTINUA DE LOS AVANCES	2	6	6	2	1	30	10%
6	PALANCA	2	5	5	1	1	24	8%
7	DISTRIBUIDOR HIDRAULICO	2	4	3	1	2	20	7%
8	REGULADOR DEL VALOR DE LOS AVANCES	1	6	5	2	1	14	5%
9	TORNILLO SIN FIN	1	6	3	2	1	12	4%
10	PALANCA PARA IMPULSAR EL ACEITE COMPRIMIDO AL DISTRIBUIDOR DE UNO DE LOS TRES AVANCES ORTOGONALES	1	4	4	2	1	11	4%
11	PALANCA CON POSICION CENTRAL NEUTRA PARA EL AVANCE DE TRABAJO O PARA EL AVANCE RAPIDO DE RETROCESO	1	4	2	2	1	9	3%
							288	100%

Tabla 17: análisis de criticidad

Fuente: elaboración propia

En el análisis de riesgo estructurado en el presente trabajo, se estimó conveniente trabajar con los componentes internos de la maquina fresadora desglosada con anterioridad en la sub-sección 3.1.1, el cual se desarrolló con una matriz de riesgo arrojando valores de criticidad (0 – 100).

En conclusión y como se puede ver en la tabla, el tornillo conductor es el componente que mayor valor de criticidad presenta, dando claras señales de que se tiene que hacer un énfasis en este componente.

**CAPÍTULO IV:**

**PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **4.1 PAUTA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO**

Para poder realizar nuestro plan de mantenimiento se desarrollaron ciertas preguntas, cuyo objetivo fue enfocar de mejor forma nuestra propuesta de plan de mantenimiento.

- **¿Que trabajo se requiere realizar?**
  - a. Realizar mantención preventiva a máquina fresadora
- **¿Porque se debe realizar?**
  - a. La mantención a este equipo se hace de manera correctiva teniendo que así, parar el proceso de manera repentina.
- **¿Como se debe realizar el trabajo?**
  - a. Previo
  - b. Identificación del equipo.
  - c. Diagnostico de falla.
- **¿Cuando se debe realizar?**
  - a. Al momento de tener el plan de mantenimiento listo y decisiones tomadas
- **¿El inicio de este trabajo depende del término o entrega de otras actividades, cuáles?**
  - a. No, es independiente
- **¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?**
  - a. NO, porque es independiente a otras máquinas.
- **¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?**
  - a. No
- **¿Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?**
  - a. Hidráulica
  - b. Lubricación
  - c. Mecánica
- **¿Que servicios se requieren contratar?**
  - a. Ninguno
- **¿Quien o quienes realizaran el trabajo?**
  - a. Mantenimiento mecánico propio de la empresa.
- **¿Quien será el Responsable del trabajo?**
  - a. El ingeniero a cargo.

- **¿Como asegura Ud. que las personas que ejecutaran el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?**
  - a. Entregando documentos a técnicos.
  - b. Analizar planificación de trabajo junto a encargado de mantención
  
- **¿En que horario se realizara el trabajo?**
  - a. Horario Administrativo (08:00 a 18:00 hrs)
  
- **¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?**
  - a. Servicio de Mantención supervisor : 02 mecánicos / 01
  
- **¿Como se Recepcionará el trabajo?**
  - a. Con Check List
  - b. Pauta de trabajo firmada por encargado de mantenimiento.
  - c. Área limpia y despejada
  
- **¿Que pruebas se realizaran?**
  - a. Inspección visual, fugas de aceite, ruido u otras irregularidades
  
- **¿Quien o quienes realizaran las pruebas?**
  - a. Mecánicos y supervisor
  
- **¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?**
  - a. Pauta de Trabajo.
  - b. Check list de Recepción

#### **4.2 PLAN DE MANTENIMIENTO**

Se realizaron tres clases de mantenimiento para brindar un mayor control a nuestra propuesta

#### 4.2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO DIARIO

El plan de mantenimiento diario se realizó acorde a las especificaciones recomendadas por fabricantes, operadores y diversos mantenedores a través de investigación y consultas. El mantenimiento diario será realizado por el operario al ingresar al horario laboral correspondiente.

Plan de Trabajo		MANTENIMIENTO DIARIO.		Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH (Min)	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	PREPARATIVOS	1	BLOQUEO Y DESCONEXION ELECTRICA EQUIPO						
		2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA (HUAÍPE, PAÑOS, BROCHA, ESCOBILLA DE ACERO, ESCOBA)						
		3	LIQUIDO DESENGRASANTE						
2	LIMPIEZA DE MAQUINA	1	LIMPIEZA DE MESA						
		2	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA						
		3	LIMPIEZA DE CARCAZA MOTORES						
		4	LIMPIEZA DE PALANCA Y MANILLARES						
		5	LIMPIEZA DE BOTONERA						
3	INSPECCION VISUAL Y AUDITIVA	1	FUGAS DE ACEITE						
		2	FUGAS DE LIQUIDO REFRIGERANTE						
		3	CONEXIONES ELECTRICAS						
		4	RUIDO Y VIBRACIONES ANORMALES						
		5	COMPROBACION DE NIVELES DE ACEITE Y REFRIGERANTE						
4	COMPROBACION DEL ESTADO DE HERRAMIENTAS	1	VERIFICAR ESTADO NARIZ DEL HUSILLO						
		2	VERIFICAR ESTADO PORTA HERRAMIENTAS						
		3	VERIFICAR EJE PORTA FRESAS						

Tabla 18: plan de trabajo diario

Fuente: elaboración propia

#### 4.2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO MENSUAL

El plan de mantenimiento mensual se realizó acorde a las especificaciones recomendadas por fabricantes, operadores y diversos mantenedores a través de investigación y consultas, además considerando la situación actual de trabajo en que se encuentra la fresadora. El mantenimiento mensual es realizado por el operador, considerando una capacitación previa.

Plan de Trabajo		MANTENIMIENTO MENSUAL		Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH (Min)	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	LIMPIEZA DE FILTRO	1	LIMPIEZA DE FILTROS (MALLA, REFRIGERANTE, LUBRICANTE)						
		2	LIMPIEZA DE FILTRO HIDRAULICO						
2	MEDICION DE CONSUMO DE CORRIENTE	1	VERIFICACION VOLTAJE DE MOTOR PRINCIPAL						
		2	VERIFICACION DEL VOLTAJE DE LA BOMBA HIDRAULICA						
		3	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR REFRIGERANTE						
		4	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR DE MOVIMIENTO AUTOMATICO						
3	VERIFICACION MOVIMIENTO MANUAL	1	LONGITUDINAL						
		2	TRANSVERSAL						
		3	VERTICAL						
		4	INSPECCION VISUAL DEL TORNILLO CONDUCTOR						
4	COMPROBACION BOTON DE EMERGENCIA								
5	COMPROBACION MOVIMIENTO AUTOMATICO	1	INSPECCION VISUAL DEL CABEZAL						
		2	CARRO (LONGITUDINAL, TRANSVERSAL, VERTICAL)						
		3	VERIFICAR LIMITES						
6	INSPECCION VISUAL DE ELEMENTOS	1	PROTECCION ELECTRICA						
		2	CABLEADO						
		3	BOTONERA						
7	COMPROBACION FUNCIONAMIENTO BOTONERA	1	ENCENDIDO Y APAGADO						
		2	MOTOR PRINCIPAL						
		3	MOTOR BOMBA HIDRAULICA						
		4	MOTOR BOMBA LUBRICADORA						
		5	BOTON DE EMERGENCIA						
		6	AVANCES RAPIDOS						
		7	SENTIDO DE GIRO						
8	INSPECCION VISUAL TREN DE	1	TREN DE POLEAS						
		2	VERIFICACION DE LA CORREA						

Tabla 19: plan de trabajo mensual

Fuente: elaboración propia

### **4.2.3 PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL**

El plan de mantenimiento anual se realizó acorde a las especificaciones recomendadas por fabricantes, operadores y diversos mantenedores a través de investigación y consultas, además considerando la situación actual de trabajo en que se encuentra la fresadora. El mantenimiento anual es realizado por el operador, considerando una capacitación previa.

Plan de Trabajo		MANTENIMIENTO ANUAL		Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH (Min)	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	REVISION COMPLETA CIRCUITO HIDRAULICO	1	REVISION DE MANGUERAS						
		2	REVISION DISTRIBUIDOR HIDRAULICO						
		3	REVISION VALVULAS DIRECCIONALES						
		4	REVISION BOMBAS						
		5	REVISION VALVULAS ANTI RETORNO						
2	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS								
3	LIMPIEZA DEL DEPOSITO	1	ACEITE						
		2	REFRIGERANTE						
4	REVISION ARBOL DE ENGRANAGES	1	INSPECCION VISUAL						
		2	AUDITIVA						
		3	VIBRACION						
5	REAPRIETE DE TORNILLOS	1	VERIFICACION						
6	RODAMIENTOS	1	VERIFICACION						

Tabla 20: plan de trabajo anual

*Fuente: elaboración propia*

**V CAPÍTULO:**

**EVALUACIÓN ECONÓMICA**

## **5.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO DIARIO**

Los costos para la ejecución del mantenimiento diario son de \$1 910 diarios, sumando un total de \$ 38 209 mensual, considerando 20 días de trabajos mensual. Los mayores costos para llevar a cabo este mantenimiento son en el sector de insumos, materiales de deben ser comprados y desechos, sin embargo es posible ahorrar material con el uso más eficiente de estos, al igual que comprando en grandes cantidades, pensando a que el plan será aplicado en una maestranza con más máquinas-herramientas que utilizan estos insumos para su mantención y/o limpieza.

El plan de mantenimiento diario será aplicado por el mismo operador de la máquina, en los primeros minutos de su horario laboral, motivo por el que es considerado como hora hombre los \$ 3 500 correspondiente a su valor normal, además se considera un solo operador para la ejecución.

Equipo	Componentes a Utilizar	Valor
Maquina Fresadora Universal	Paños de limpieza 1KG	\$1.135
	Huaipé Mecánico 1KG	\$1.849
	Escobilla de Acero	\$1.305
	Brocha 4"	\$1.513
	Desengrasante 1 Wasser	\$2.070
<b>TOTAL</b>		<b>\$7.872</b>

Tabla 21: cotización insumos

Fuente: abasolo y compañía limitada

Plan de Trabajo		MANTENIMIENTO DIARIO.			Alcance:				
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/Equipos	Materiales
1	PREPARATIVOS	1	BLOQUEO Y DESCONEXION ELECTRICA EQUIPO	1	0,083	\$ 3.500,00	\$ 290,50	\$ -	\$ -
		2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA (HUAIPÉ, PAÑOS, BROCHA, ESCOBILLA DE ACERO, ESCOBA)	1	0	\$ 3.500,00	\$ -	\$ -	\$ 1.448,45
		3	LIQUIDO DESENGRASANTE	1	0	\$ 3.500,00	\$ -	\$ -	\$ -
2	LIMPIEZA DE MAQUINA	1	LIMPIEZA DE MESA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -
		2	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -
		3	LIMPIEZA DE CARCAZA MOTORES	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -
		4	LIMPIEZA DE PALANCA Y MANILLARES	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -
		5	LIMPIEZA DE BOTONERA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -
3	INSPECCION VISUAL Y AUDITIVA	1	FUGAS DE ACEITE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		2	FUGAS DE LIQUIDO REFRIGERANTE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		3	CONEXIONES ELECTRICAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		4	RUIDO Y VIBRACIONES ANORMALES	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		5	COMPROBACION DE NIVELES DE ACEITE Y REFRIGERANTE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
4	COMPROBACION DEL ESTADO DE HERRAMIENTAS	1	VERIFICAR ESTADO NARIZ DEL HUSILLO	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		2	VERIFICAR ESTADO PORTA HERRAMIENTAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
		3	VERIFICAR EJE PORTA FRESAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -
				Total		\$ 462,00	\$ -	\$ -	\$ 1.448,45
Ejemplo, Pago operario Mes ( 45 horas semanales)						\$ 630.000,00			
Valor hora						\$ 3.500,00			
Valor Min						\$ 58,33			

Tabla 12: costos de plan de trabajo diario

Fuente: elaboración propia



Plan de Trabajo		MANTENIMIENTO MENSUAL		Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	LIMPIEZA DE FILTRO	1	LIMPIEZA DE FILTROS (MALLA, REFRIGERANTE, LUBRICANTE)	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 50,00	\$ -
		2	LIMPIEZA DE FILTRO HIDRAULICO	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ 50,00	\$ -
2	MEDICION DE CONSUMO DE CORRIENTE	1	VERIFICACION VOLTAJE DE MOTOR PRINCIPAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		2	VERIFICACION DEL VOLTAJE DE LA BOMBA HIDRAULICA	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		3	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR REFRIGERANTE	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		4	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR DE MOVIMIENTO AUTOMATICO	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
3	VERIFICACION MOVIMIENTO MANUAL	1	LONGITUDINAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		2	TRANSVERSAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		3	VERTICAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		4	INSPECCION VISUAL DEL TORNILLO CONDUCTOR	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
4	COMPROBACION BOTON DE EMERGENCIA		Comprobación botón emergencia-Maquina	1	0,016	\$ 3.500	\$ 56	\$ -	\$ -
5	COMPROBACION MOVIMIENTO AUTOMATICO	1	INSPECCION VISUAL DEL CABEZAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		2	CARRO (LONGITUDINAL, TRANSVERSAL, VERTICAL)	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		3	VERIFICAR LIMITES	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
6	INSPECCION VISUAL DE ELEMENTOS ELECTRICOS	1	PROTECCION ELECTRICA	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
		2	CABLEADO	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
		3	BOTONERA	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
7	COMPROBACION FUNCIONAMIENTO BOTONERA	1	ENCENDIDO Y APAGADO	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		2	MOTOR PRINCIPAL	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		3	MOTOR BOMBA HIDRAULICA	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		4	MOTOR BOMBA LUBRICADORA	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		5	BOTON DE EMERGENCIA-Botonera	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		6	AVANCES RAPIDOS	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		7	SENTIDO DE GIRO	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
8	INSPECCION VISUAL TREN DE MOVIMIENTO	1	TREN DE POLEAS	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
		2	VERIFICACION DE LA CORREA	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ 2,00	\$ -
9	REFRIGERANTE	1	RELLENO DEPOSITO REFRIGERANTE (Taladrina + Agua)	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ -	\$ 1.340
				Total			\$ 5.207	\$ 122,00	\$ 1.340,00
Ejemplo, Pago operario Mes ( 45 horas semanales)				\$ 630.000					
Valor hora				\$ 3.500					
Valor Min				\$ 58,33					

Tabla 24: costo plan de trabajo mensual

Fuente: elaboración propia

0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -	
0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -	
0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -	
0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -	
0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ 2,00	\$ -	
0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ -	\$ 1.340	
Total		\$ 5.207	\$ 122,00	\$ 1.340,00	\$ 6.669

Tabla 25: total plan de trabajo mensual

Fuente: elaboración propia

### 5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL

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

En el caso de las mantenciones cíclicas, debido a la falta de información en las operaciones de la fresadora, historial y horas de trabajo se ha optado por realizar en los primeros años los cambios de aceite acorde al tiempo de un año, sin embargo este costo podría verse reducido en su próxima evaluación cuando se realice de acuerdo a las horas de operación de la máquina-herramienta, mismo caso sucede con el relleno de líquido refrigerante, en este caso es utilizado un promedio, según expertos y operadores consultados.

El mayor costo para la ejecución de este plan de mantenimiento anual, aparte de los respectivos valores del aceite, es el costo de la persona que llevara a cabo el plan, en este caso será el mismo operador, quien posee un valor hora de \$ 3 500. Esto debido a que la ejecución de cada punto del plan conlleva una mayor solicitud o cantidad de tiempo.

Equipo	Componentes a Utilizar	Valor
Maquina Fresadora Universal	Aceite Hidráulico Anti desgaste Nuto H32 SUN SET - 19L	\$33.000
	Aceite de Transmisión SAE 30 Mobil - 19L	\$39.193
	Grasa Lítica Roja SUN SET - 48KG	\$14.190
	Refrigerante Freezetone SUN SET - 20L	\$26.800
TOTAL		\$113.183

Tabla 26: valor de repuestos

Fuente: cotización aceitera regional

Plan de Trabajo	MANTENIMIENTO ANUAL			Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	REVISION COMPLETA CIRCUITO HIDRAULICO	1	REVISION DE MANGUERAS	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ -	\$ 362
		2	REVISION DISTRIBUIDOR HIDRAULICO	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
		3	REVISION VALVULAS DIRECCIONALES	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
		4	REVISION BOMBAS	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
		5	REVISION VALVULAS ANTI RETORNO		0,16	\$ 3.500	\$ -	\$ 10	\$ 362
2	CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS			1	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 100	\$ 50.000
3	LIMPIEZA DEL DEPOSITO	1	ACEITE	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 10	\$ -
		2	REFRIGERANTE	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 10	\$ -
4	REVISION ARBOL DE ENGRANAGES	1	INSPECCION VISUAL	1	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 50	\$ -
		2	AUDITIVA	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
		3	VIBRACION	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
5	REAPRIETE DE TORNILLOS	1	VERIFICACION	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ 10	\$ -
6	RODAMIENTOS	1	VERIFICACION	1	0,33	\$ 3.500	\$ 1.155	\$ 50	\$ -
							\$ 16.506	\$ 390	\$ 51.810

Tabla 27: costo plan de trabajo anual

Fuente: elaboración propia

\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 10	\$ -	
\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 50	\$ -	
\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -	
\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -	
\$ 3.500	\$ 560	\$ 10	\$ -	
\$ 3.500	\$ 1.155	\$ 50	\$ -	
total:	\$ 16.506	\$ 390	\$ 51.810	\$ 68.706

Tabla 28: costo plan de trabajo anual

*Fuente: elaboración propia*

#### **5.4 COTIZACIONES GENERALES**

Se estima conveniente cotizar y elaborar presupuestos asociados a insumos y/o repuestos en caso de que estos pueden fallar, no aplicándose directamente en los planes de mantenimiento anteriormente descritos.

Equipo	Componentes a Utilizar	Valor
Maquina Fresadora Universal	Zapatos de Seguridad	\$19.990
	Lentes de Seguridad	\$1.100
	Guantes de Seguridad	\$2.017
	Overol Multiuso	\$5.295
	Casco de seguridad	\$1.681
TOTAL		\$30.083

Tabla 9: cotización insumos de seguridad

*Fuente: Abasolo y compañía*

Equipo	Componentes a Utilizar	Valor
Maquina Fresadora Universal	Bandas	\$36.300
	Rodamientos	\$20.174
	Guarda Anti Rebabas	\$21.175
	Brazo Superior	\$66.418
	Husillo	\$56.078
	Volante de la Mesa	\$38.489
TOTAL		\$238.634

Tabla 10: repuestos varios

*Fuente: referenciales*

## **5. 5 CONCLUSIÓN**

La elaboración de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo de la máquina herramienta fresadora universal modelo CMESAL FU 2, para ser efectiva debe considerar el estado actual de la maquina, realizando inspecciones visuales y auditivas las cuales puedan constatar algún tipo de anomalía. Además, debe considerar la proyección de gastos operacionales, tales como horas hombre, insumos de trabajo y elementos de protección personal, con el fin de ser sustentable en el tiempo y aplicable a otras maquinarias.

Una parte importante de este proyecto fue la visita a terreno para poder tener una noción mayor de la problemática que se estaba presentando, cabe destacar la colaboración por parte de la empresa. Ésta brindó el apoyo y entregó datos en forma verbal dado que no había registro alguno de su condición, por lo cual todos éstos fueron tabulados de forma que se tuviera un apoyo al momento de identificar la falla y así poder elaborar un diagnóstico el cual nos permitiera tomar decisiones.

Al momento de elaborar la propuesta de plan de mantenimiento se tomaron consideraciones basadas en técnicas de apoyo, como los análisis FMECA y riesgo, los cuales arrojaron información necesaria para tener en consideración al momento de realizar las actividades dictadas en esta propuesta, haciendo hincapié en la mesa de la fresadora, ya que, según lo analizado por estas técnicas, fue la problemática central del problema presentado.

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

Dentro de los aspectos a acentuar, cabe el realizar una mantención periódica de máquinas, lo que alargaría la vida útil de éstas. Por otro lado, no se esperaba la inexistencia de empresas dedicadas a vender insumos y repuestos específicos, por lo que se consideraron valores referenciales. Sumado a esto, no se contaba con información alguna sobre esta máquina herramienta.

Finalmente, la aplicación estimada de este plan de trabajo tiene un costo de alrededor de doscientos cuarenta dos mil cuatrocientos sesenta y siete pesos. Adicionalmente, y dado que se trata de una empresa pequeña, es más económico realizar dicho mantenimiento, puesto que una máquina herramienta nueva cuesta alrededor de cinco millones de pesos.

**ANEXOS**

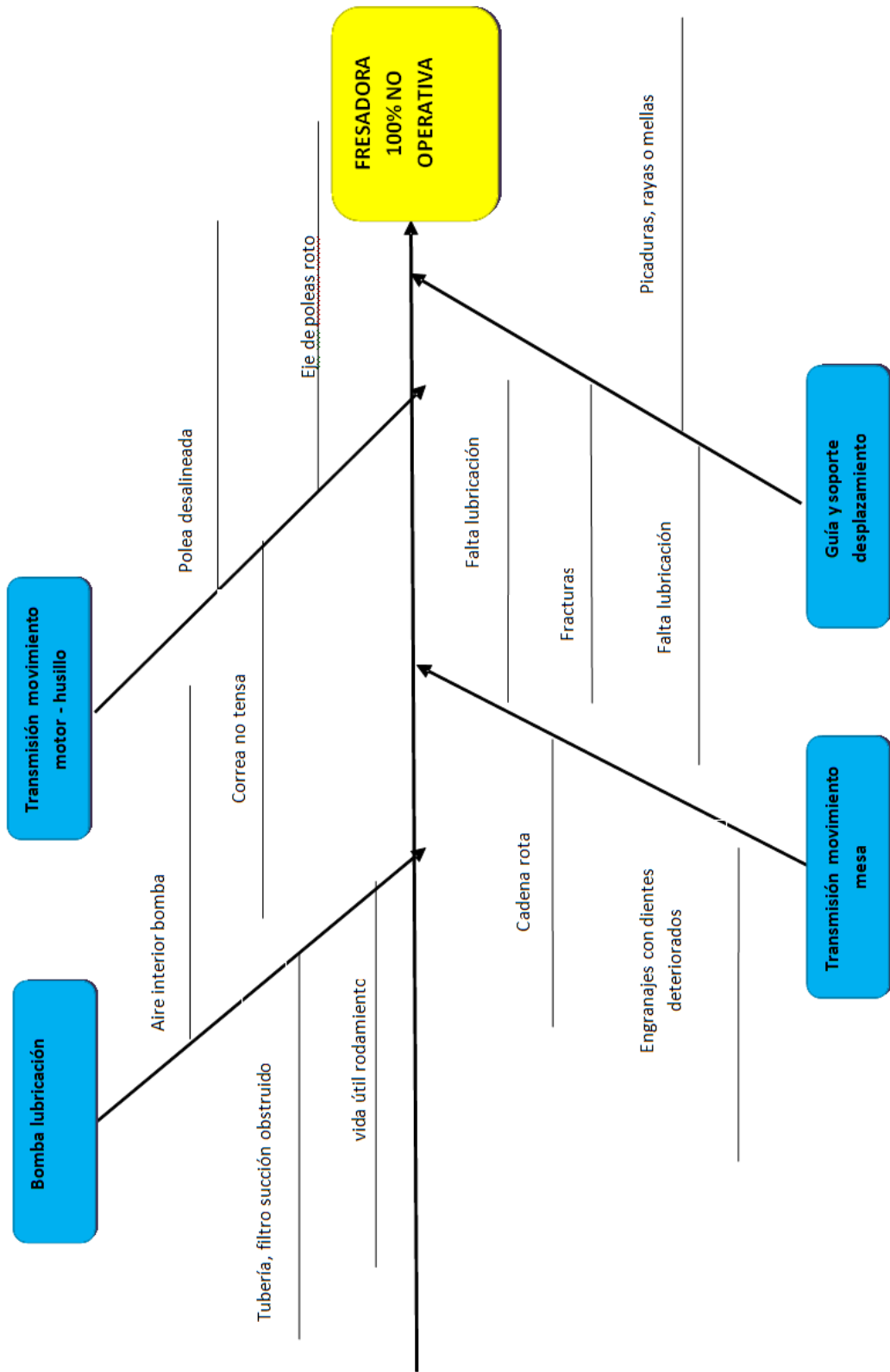


Figura 0-1: diagrama de ISHIKAWA

Fuente: elaboración propia

Clasificación de items - análisis de criticidad de máquinas		CONSECUENCIAS		
Probabilidad de falla	Producción/calidad	Mantenimiento	Seguridad	Medio Ambiente
Representa la probabilidad de que cualquier componente del sistema a evaluar (máquina, área, planta, etc) produzca la pérdida de su función sea temporal o permanente.	Representa la capacidad e impacto que se deja de producir cuando ocurre la falla. Contempla además conceptos de operación, negocio y gestión, lo que se traduce en alteraciones en las utilidades proyectadas de una actividad.	Este análisis tiene como fin, evaluar la severidad de una posible falla de un ítem o componente crítico que pueda presentar una máquina. Considerando tiempos de respuestas y costos de mantenimiento asociados	Representa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas al momento de producirse una falla en el ítem analizado. Se evalúa el riesgo asociado y las medidas de control relacionadas.	Representa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente, al producirse una falla en el ítem analizado. Se evalúa el riesgo asociado y las medidas de control relacionadas.
Callif.	1	2	3	4
la máquina es robusta y no se espera que falle	la detención de la máquina no afecta en generación de ningún tipo de producto. (0% a 5%).	el tiempo de reparación de máquina es bajo y los costos asociados son despreciables	impacto en las personas es mínimo o ninguno. (posibles heridas leves, contusiones)	impacto al ambiente en mínimo o ninguno (la recuperación es inmediata y fácil)
se encuentra en buenas condiciones (generalmente estanques o elementos estructurales)	la máquina opera producto secundario o terciario. Al detenerse impacta en menor medida la producción (5% a 30%)	el tiempo de reparación de la máquina es menor a 1 turno y los costos asociados son bajos y no afectan mayormente	personal en mantenimiento no tiene ningún riesgo (posibles heridas leves o contusiones)	no se requiere un despliegue que permita asegurar el área
la máquina es robusta y no se espera que el ítem ha presentado muy pocas fallas. (condición media)	la máquina opera producto secundario o terciario y al detenerse impacta en forma considerable la producción (30% a 60%).	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 turno y los costos asociados son altos	impacto en las personas es mínimo o ninguno personal en mantenimiento requiere de medidas preventivas adicionales pero se controlan los riesgos	impacto en el ambiente es mínimo pero se deben implementar diversas medidas para poder contener el riesgo
presenta fallas perceptibles correspondientes a desgaste o rasgaduras. (máquinas rotatorias generalmente caen dentro de esta categoría).	la máquina opera producto secundario o terciario y al detenerse impacta mayormente o completamente la línea (60% a 100%).	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 2 turnos y los costos asociados son considerables.	impacto en las personas es medio (implica lesiones con pérdida de jornada)	impacto en el ambiente asociado es relevante pero al implementar diversas medidas para poder contener se tiene una recuperación sin relevancia en el medio externo
el ítem ha presentado muy pocas fallas. (condición media)	la máquina opera producto primario y al detenerse impacta en menor medida la producción (5% a 30%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 día y los costos asociados son altos y afectan considerablemente.	personal en mantenimiento debe implementar diversas medidas de seguridad para poder contener el riesgo	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
la maquina ha fallado en forma frecuente	la máquina opera producto primario y su detención impacta en forma considerable la producción (30% a 70%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 día y los costos asociados son altos y afectan considerablemente.	impacto en las personas es medio - alto (implica lesiones mayores)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
la condición es media. Actualmente se encuentra en condición aceptable.	la máquina opera producto primario y su detención impacta en forma considerable la producción (30% a 70%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 día y los costos asociados son altos y afectan considerablemente.	personal en mantenimiento debe utilizar medidas de apoyo especiales (debe realizar PST en rigor con apoyo, arnes o trabajo en caliente)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
la máquina ha fallado en forma frecuente	la máquina opera producto primario y su detención impacta en forma considerable la producción (30% a 70%)	el tiempo de reparación de la máquina es mayor a 1 día y los costos asociados son altos y afectan considerablemente.	impacto en las personas grave. (amputaciones, incapacidad permanente, personalmente en mantenimiento debe utilizar medidas previas y durante de alta preocupación (espacios confinados, etc)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
la condición de la máquina es pobre o vieja, pero es de fácil monitoreo.	la máquina opera producto primario y su detención impacta mayormente o completamente la producción. (70% a 100%).	el tiempo de reparación de la máquina es posible solo en un revestimiento y los costos asociados son altos y afectan considerablemente	personal en mantenimiento debe utilizar medidas de apoyo especiales (debe realizar PST en rigor con apoyo, arnes o trabajo en caliente)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener
la maquina ha fallado en forma frecuente y se puede presentar en cualquier momento	la máquina opera producto primario y su detención impacta mayormente o completamente la producción. (70% a 100%).	el tiempo de reparación de la máquina es posible solo en un revestimiento y los costos asociados son altos y afectan considerablemente	impacto en las personas extremadamente grave. Muerte o varias muertes en el entorno, daño catastrófico.	el impacto ambiental daña tanto a recursos naturales como a la imagen de la empresa. Acarrea problemas legales de consideración.
la condición de la máquina es pobre o vieja y es de monitoreo complejo (sistemas de varios componentes rotatorios o hidráulicos).	la máquina opera producto primario y su detención impacta mayormente o completamente la producción. (70% a 100%).	el tiempo de reparación de la máquina es posible solo en un revestimiento y los costos asociados son altos y afectan considerablemente	personal en mantenimiento debe asegurar la zona ya que existe un riesgo latente en las personas que circulan cerca del área. (gases o líquidos inflamables, corrosivos o reactivos)	el impacto asociado requiere de un plan de restauración del recurso, es visible tanto internamente como la comunidad se deben solicitar recursos para poder contener

Figura 0-1: valores de criticidad

Fuente: presentación power point "MATRIZ DE RIESGO"

Plan de Trabajo	MANTENIMIENTO DIARIO.					Alcance:					
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/Equipos	Materiales		
1	PREPARATIVOS	1	BLOQUEO Y DESCONEXION ELECTRICA EQUIPO	1	0,083	\$ 3.500,00	\$ 290,50	\$ -	\$ -		
		2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA (HUAÍPE, PAÑOS, BROCHA, ESCOBILLA DE ACERO, ESCOBA)	1	0	\$ 3.500,00	\$ -	\$ -	\$ 1.448,45		
		3	LIQUIDO DESENGRASANTE	1	0	\$ 3.500,00	\$ -	\$ -	\$ -		
2	LIMPIEZA DE MAQUINA	1	LIMPIEZA DE MESA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -		
		2	LIMPIEZA DE ESTRUCTURA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -		
		3	LIMPIEZA DE CARCAZA MOTORES	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -		
		4	LIMPIEZA DE PALANCA Y MANILLARES	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -		
		5	LIMPIEZA DE BOTONERA	1	0,005	\$ 3.500,00	\$ 17,50	\$ -	\$ -		
3	INSPECCION VISUAL Y AUDITIVA	1	FUGAS DE ACEITE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		2	FUGAS DE LIQUIDO REFRIGERANTE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		3	CONEXIONES ELECTRICAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		4	RUIDO Y VIBRACIONES ANORMALES	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		5	COMPROBACION DE NIVELES DE ACEITE Y REFRIGERANTE	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
4	COMPROBACION DEL ESTADO DE HERRAMIENTAS	1	VERIFICAR ESTADO MARIZ DEL HUSILLO	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		2	VERIFICAR ESTADO PORTA HERRAMIENTAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
		3	VERIFICAR EJE PORTA FRESAS	1	0,003	\$ 3.500,00	\$ 10,50	\$ -	\$ -		
				Total		\$ 462,00	\$ -	\$ 1.448,45	20	\$ 38.209,00	
				Ejemplo, Pago operativo Mes ( 45 horas semanales)		\$ 630.000,00					
				Valor hora		\$ 3.500,00					
				Valor Min		\$ 58,33					

Figura 0-2: costo plan de trabajo diario

Fuente: elaboración propia

Plan de Trabajo	MANTENIMIENTO MENSUAL				Alcance:				
	ACTIVIDAD	N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/Equipos	Materiales
1	LIMPIEZA DE FILTRO	1	LIMPIEZA DE FILTROS (MALLA, REFRIGERANTE, LUBRICANTE)	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 50,00	\$ -
		2	LIMPIEZA DE FILTRO HIDRAULICO	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ 50,00	\$ -
2	MEDICION DE CONSUMO DE CORRIENTE	1	VERIFICACION VOLTAJE DE MOTOR PRINCIPAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		2	VERIFICACION DEL VOLTAJE DE LA BOMBA HIDRAULICA	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		3	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR REFRIGERANTE	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
		4	VERIFICACION DEL VOLTAJE DEL MOTOR DE MOVIMIENTO AUTOMATICO	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ 5,00	\$ -
3	VERIFICACION MOVIMIENTO MANUAL	1	LONGITUDINAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		2	TRANSVERSAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		3	VERTICAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
4	COMPROBACION BOTON DE EMERGENCIA	1	INSPECCION VISUAL DEL TORNILLO CONDUCTOR	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
			Comprobación botón emergencia-Maquina	1	0,016	\$ 3.500	\$ 56	\$ -	\$ -
5	COMPROBACION MOVIMIENTO AUTOMATICO	1	INSPECCION VISUAL DEL CABEZAL	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		2	CARRO (LONGITUDINAL, TRANSVERSAL, VERTICAL)	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
		3	VERIFICAR LIMITES	1	0,03	\$ 3.500	\$ 105	\$ -	\$ -
6	INSPECCION VISUAL DE ELEMENTOS	1	PROTECCION ELECTRICA	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
		2	CABLEADO	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
		3	BOTONERA	1	0,05	\$ 3.500	\$ 175	\$ -	\$ -
7	COMPROBACION FUNCIONAMIENTO BOTONERA	1	ENCENDIDO Y APAGADO	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		2	MOTOR PRINCIPAL	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		3	MOTOR BOMBA HIDRAULICA	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		4	MOTOR BOMBA LUBRICADORA	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		5	BOTON DE EMERGENCIA-Botonera	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		6	AVANCES RAPIDOS	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
		7	SENTIDO DE GIRO	1	0,00083	\$ 3.500	\$ 3	\$ -	\$ -
8	INSPECCION VISUAL TREN DE	1	TREN DE POLEAS	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
		2	VERIFICACION DE LA CORREA	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ 2,00	\$ -
9	REFRIGERANTE	1	RELLENO DEPOSITO REFRIGERANTE (Taladrina + Agua)	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ -	\$ 1.340
				Total		\$	\$ 5.207	\$ 122,00	\$ 1.340,00
					\$ 630,000				
					\$ 3.500				
					\$ 58,33				

Figura 0-3: costo plan de trabajo mensual

Fuente: elaboración propia

MANTENIMIENTO ANUAL		Alcance:					
N°	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	Trab.	HH	Costo HH	Total HH	Herramientas/ Equipos	Materiales
1	REVISION DE MANGUERAS	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ -	\$ 362
2	REVISION DISTRIBUIDOR HIDRAULICO	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
3	REVISION VALVULAS DIRECCIONALES	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
4	REVISION BOMBAS	1	0,3	\$ 3.500	\$ 1.050	\$ 50	\$ 362
5	REVISION VALVULAS ANTI RETORNO		0,16	\$ 3.500	\$ -	\$ 10	\$ 362
		1	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 100	\$ 50.000
1	ACEITE	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 10	\$ -
2	REFRIGERANTE	1	0,5	\$ 3.500	\$ 1.750	\$ 10	\$ -
1	INSPECCION VISUAL	1	1	\$ 3.500	\$ 3.500	\$ 50	\$ -
2	AUDITIVA	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
3	VIBRACION	1	0,083	\$ 3.500	\$ 291	\$ -	\$ -
1	VERIFICACION	1	0,16	\$ 3.500	\$ 560	\$ 10	\$ -
1	VERIFICACION	1	0,33	\$ 3.500	\$ 1.155	\$ 50	\$ -
			total:	\$	\$ 16.506	\$ 390	\$ 51.810
					\$		\$ 68.706

Figura 0-4: costo plan de trabajo anual

Fuente: elaboración propia



**ABASOLO Y COMPAÑÍA LIMITADA**  
**R.U.T. 83.285.000-4**  
GIRO: FERRETERIA Y MENAJE  
CASA MATRIZ: RENGÓ 599  
FONO: 2211066 FAX 2211006  
abasolo@abasolo.cl  
SUCURSAL: MARTINEZ DE ROZAS 80  
FONO 2215700 FAX 2111181  
abasolo2@abasolo.cl  
www.abasolo.cl  
CONCEPCION - CHILE



**COTIZACION N° 3645179**

<b>RUT CLIENTE:</b> 83285000-4 (1)	<b>FECHA:</b> 03-10-2018
<b>SEÑOR(ES):</b> ABASOLO Y CIA LTDA	
<b>DIRECCION:</b> MARTINEZ DE ROZAS N° 80 CONCEPCION	
<b>FORMA DE PAGO:</b> CONTADO	
<b>COMENTARIOS:</b>	

ITEM	CODIGO	PRODUCTO	CANTIDAD	VALOR	DESCTO	TOTAL
1	7201902	HUAÍPE HILACHA CORTA BLANCO 1 KILO NACIONAL	1	1,849.00	0	1,849
2	7201308	TRAPO LIMPIEZA ALGODON COLOR NACIONAL	1	1,135.00	0	1,135
3	0300501	BROCHA ECO. RINDEX VERDE HOGAR 4"	1	1,513.00	0	1,513
4	0102009	ESCOBILLA HELA 5-C	1	1,305.00	0	1,305
5	0215230	CASCO PROSEG PP C/ORIF BLANCO 4001	1	1,681.00	0	1,681
6	0216021	GUANTE CABRITILLA BLANCO SIN FORRO	1	2,017.00	0	2,017
7	0207153	BUZO PILOTO AZUL C/CINTA "L"	1	5,295.00	0	5,295
8	7210006	LENTE SEGURIDAD 3M 11228-100	1	1,100.00	0	1,100
9	3255641	BOTIN DE SEGURIDAD QUEBEC F260 N°42	1	13,365.00	0	13,365

**NETO:** \$ 29,260  
**IVA:** \$ 5,559  
**TOTAL:** \$ 34,819

Figura 0-5: cotización insumos de seguridad

Fuente: abasolo y compañía

## **BIBLIOGRAFÍA**

Albert Ginjaume, F. T. (2006). *ejecucion de procesos de mecanizado, conformado y montaje*. españa: paraninfo.

Garrido, S. G. (2003). *organizacion y gestion integral de mantenimiento*.

Gerling, H. (1982). *alrededor de las maquinas - herramientas*.

Krahmer, D. M. *procesos de arranque de viruta y no convencionales que se aplican en la industria metalmecanica*.

Leon, J. G. (2002). *Introduccion al analisis de riesgos*. limusa s.a de cv grupo noriega editores.

Pistarelli, A. J. (2010). *Manual de mantenimiento (ingenieria, gestión y organización)*.

## **LINKOGRAFIA**

[https://books.google.cl/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=ZqcaZrdabB8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=proceso+con+arranque+de+viruta&ots=9ACFEkmUfK&sig=sz5g8cWLZmIioRSR6rGMqO1hp5c#v=onepage&q=proceso%20con%20arranque%20de%20viruta&f=false](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=lang_es&id=ZqcaZrdabB8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=proceso+con+arranque+de+viruta&ots=9ACFEkmUfK&sig=sz5g8cWLZmIioRSR6rGMqO1hp5c#v=onepage&q=proceso%20con%20arranque%20de%20viruta&f=false)

<https://www.datalyzer.com/es/conocimiento/amef/>

<https://es.scribd.com/document/131875194/MANUAL-DE-OPERACION-DE-LA-FRESADORA-UNIVERSAL-docx>

<https://es.scribd.com/doc/227602218/Plan-de-Mantenimiento-Preventivo>

<https://es.scribd.com/doc/227602854/Texto-Guia-de-Mantenimiento-Industrial>

<https://es.scribd.com/document/266719936/El-Analisis-de-modos-y-efectos-de-fallas-potenciales>

<https://es.scribd.com/doc/59924543/MANTENIMIENTO-FRESADORA>

<https://es.scribd.com/document/257376513/393258855-128913968-Copia-de-Amef-de-Fresadora-Kondia-Fv-1>

<https://es.scribd.com/document/128913968/Copia-de-Amef-de-Fresadora-Kondia-Fv-1>

<https://books.google.cl/books?id=UZOzKXcpfJQC&printsec=frontcover&dq=iper+matriz+de+riesgo+para+maquinas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjor-D45MzcAhXIEJAKHRqUCD0Q6AEITTAH#v=onepage&q&f=false>

<http://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>

<https://www.emprendepyme.net/diagrama-de-ishikawa.html>

<https://www.pdcahome.com/diagrama-de-ishikawa-2/>

<https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>

<http://www.armsconfiabilidadsoftware.com/soluciones-de-software/reliability-workbench/fmeca-fmea/>

[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/906/1/Jara\\_Cardenas\\_Alexander.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/906/1/Jara_Cardenas_Alexander.pdf)

<https://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>

<http://www.foro-industrial.com/foros/viewtopic.php?t=3536>

[http://www.izaro.com/files/articulos/1295266181\\_3.pdf](http://www.izaro.com/files/articulos/1295266181_3.pdf)

<http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion/conformacion-por-mecanizado/mecanizado-por-arranque-de-viruta/referencemanual-all-pages>