



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Restauración de fresadora vertical marca ELLIOT del taller de  
máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria en  
la Universidad Nacional de Ingeniería.**

**AUTOR:**

Br. Freddy José Méndez González

**TUTOR:**

Dr. Jorge Alberto Rodríguez García

**Managua, 22 de agosto del 2019.**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

*Líder en Ciencia y Tecnología*

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

**MENDEZ GONZALEZ FREDDY JOSE**

Carne: **2012-41774** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los catorce días del mes de enero del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
Facultad de Tecnología de la Industria


**DECANATURA**

Managua, 06 de marzo de 2019

Br. Freddy José Méndez González

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado "Restauración de una fresadora vertical marca ELLIOT del taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria en la Universidad Nacional de Ingeniería", para obtener el título de Ingeniero Mecánico y que contará con el Dr. Jorge Alberto Rodríguez García como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,

  
MSc. Lester Antonio Artola Chavarría  
Decano



C/c Archivo

Managua, Nicaragua 14-agosto-2019

Ing. Lester Artola Chavarría

Decano de la FTI

#### Carta de tutor

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento que se ha realizado la revisión del trabajo monográfico del estudiante de la carrera de ingeniería mecánica. Con el tema: "Restauración de fresadora vertical marca ELLIOT del taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria en la Universidad Nacional de Ingeniería".

El trabajo se encuentra listo para su revisión y defensa, por lo que se solicita proseguir con los trámites correspondientes.

---

Dr. Jorge Alberto Rodríguez García.

Managua, Nicaragua 12-agosto-2019

Ing. Guillermo Mahidi Barreto Romero

Jefe de departamento de talleres UNI-FTI.

Reciba un cordial saludo de mi parte.

Yo, **Freddy José Méndez González** con numero de carnet **2012-41774** y numero de cedula **281-131295-0007K**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Mecánica** le hago entrega de un equipo del taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria UNI-RUPAP con las especificaciones siguientes:

**Fresadora Vertical ELLIOT**

Ubicación: Taller de máquinas herramientas UNI-RUPAP.

Modelo: Milmor Super 10.

Color: Turquesa, amarillo y rojo.

Tipo de accionamiento: Manual

Se entrega la maquina restaurada completamente con sus respectivos accesorios, incluyendo su plan de mantenimiento mecánico, el plano del nuevo sistema eléctrico y operativa en su totalidad para realizar todas las prácticas de laboratorio.

---

Ing. Guillermo Mahidi Barreto Romero

Jefe de departamento de talleres UNI-

FTI

---

Freddy José Méndez González

## DEDICATORIA

A mí mismo por tener tanta paciencia y perseverancia.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me brindaron su valioso tiempo en transmitirme su conocimiento y guiarme para culminar este proyecto.



## **Resumen**

El presente trabajo, refleja el proceso de restauración de una fresadora vertical de los talleres de máquinas herramientas del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios.

Para la realización de este proyecto fue necesario realizar un diagnóstico de toda la máquina para detectar todas las fallas que poseía en los diferentes apartados como son mecánicos, eléctricos y estéticos para luego crear una secuencia de tareas a seguir para su completa restauración, añadiendo una lista de repuestos y herramientas que fueron necesarios para culminar el trabajo.

Al finalizar el proyecto se alcanzó un costo final de 624.22 dólares americanos siendo comprados todas las refacciones en el mercado nacional.

	Págs.
Índice	
<b>I. Introducción</b>	
<b>II. Justificación</b>	
<b>III. Hipótesis</b>	
<b>IV. Objetivos</b>	
Objetivo General	
Objetivos específicos	
<b>V. Marco teórico</b>	
<b>1. Máquinas herramientas.....</b>	<b>1</b>
1.1 Clasificación de las maquinas herramientas.....	1
<b>2. Maquinas fresadoras.....</b>	<b>2</b>
2.1 Fresadora de codo y columna.....	3
2.2 Partes de la fresadora vertical de tipo corredera .....	4
<b>3. Movimientos de trabajo de la fresadora .....</b>	<b>5</b>
3.1 Fresado frontal.....	5
3.2 Fresado periférico .....	7
3.3 Direcciones de fresado.....	9
<b>4. Materiales para las herramientas.....</b>	<b>10</b>
4.1 Aceros al carbono de baja aleación .....	10
4.2 Aceros de alta velocidad (HSS) .....	11
4.3 Fundición de aleaciones de cobalto .....	11
4.4 Aleaciones duras .....	11
4.5 Diamantes sintéticos y nitruro de boro cubico .....	12
<b>5. Vida de las herramientas de trabajo .....</b>	<b>13</b>
<b>6. Afilado de herramientas .....</b>	<b>14</b>
<b>7. Herramientas de corte para fresadoras .....</b>	<b>15</b>
7.1 Fresas cilíndricas periféricas.....	15
7.1.1 Fresa Cilíndrica con dentado recto.....	16
7.1.2 Fresa cilíndrica con dentado helicoidal.....	16
7.2 Fresas de disco .....	17
7.2.1 Fresa de disco con dentado recto .....	17
7.2.2 Fresa de disco con dentado cruzado o alterno .....	17
7.2.3 Fresa con dentado de cruz .....	18
7.2.4 Sierras circulares.....	18

7.3	Fresas Cilíndricas frontales sin vástago:.....	19
7.4	Fresas angulares sin vástago .....	19
7.5	Fresas cilíndricas frontales .....	20
7.6	Fresas Cónicas.....	21
7.7	Fresas angulares.....	21
7.8	Fresas de perfil constante.....	21
7.8.1	Fresas destalonadas convexas.....	21
7.8.2	Fresas destalonadas cóncavas.....	22
7.8.3	Fresas de modulo.....	22
7.8.4	Fresas madre:.....	23
<b>8.</b>	<b>Fluidos de corte</b> .....	<b>23</b>
8.1	Tipos de Mecanizado. ....	24
8.1.1	Mecanizado continuo.....	24
8.1.2	Mecanizado interrumpido.....	24
8.1.3	Mecanizado de materiales de difícil corte .....	24
8.2	Tipos de refrigerantes.....	25
8.2.1	Refrigerantes solubles en agua .....	25
8.2.2	Emulsión .....	25
8.2.3	Soluble .....	26
8.2.4	Corte en seco.....	26
<b>9.</b>	<b>Mantenimiento</b> .....	<b>26</b>
9.1	Tipos de mantenimiento .....	26
9.1.1	Mantenimiento correctivo .....	26
9.1.2	Mantenimiento preventivo.....	26
9.1.3	Mantenimiento predictivo .....	26
<b>10.</b>	<b>Lubricación de las maquinas</b> .....	<b>27</b>
10.1	¿Qué es un lubricante? y, ¿Cuál es su función? .....	27
10.2	Las funciones básicas de un lubricante son: .....	28
10.3	Errores de Lubricación .....	28
10.3.1	Falta de lubricación.....	28
10.3.2	Exceso de lubricación.....	28
10.3.3	Contaminación del lubricante .....	29
<b>11.</b>	<b>Análisis y presentación de resultados</b> .....	<b>30</b>

11.1	Diagnostico.....	30
11.1.1	Estética de la máquina .....	30
11.1.2	Sistema mecánico y eléctrico.....	32
11.2	Mantenimiento integral y puesta en marcha.....	35
11.2.1	Restauración estética .....	35
11.2.2	Depósito de Refrigerante .....	38
11.3	Maniobras eléctricas.....	39
11.3.1	Resultados del mantenimiento eléctrico.....	41
11.4	Maniobras mecánicas.....	44
11.4.1	Accesorios.....	48
11.5	Pruebas realizadas .....	50
11.6	Valoración económica .....	51
11.7	Resultado del mantenimiento.....	51
11.8	Plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas .....	53
11.8.1	Ciclo de reparación y duración.....	57
11.8.2	Lubricación .....	62
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones</b>	
<b>VII.</b>	<b>Recomendaciones</b>	
<b>VIII.</b>	<b>Bibliografía</b>	
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	

## **I. Introducción**

Las maquinas herramientas son un tipo de máquinas que se utilizan para dar forma a piezas sólidas, principalmente a productos provenientes de la siderúrgica y derivados. El fresado forma parte de lo que se le denomina maquinado convencional en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de la pieza de trabajo, de tal manera que el material remanente sea la forma de la pieza deseada. La acción predominante del corte involucra la deformación cortante del material para formar viruta, de modo que al removerse quede expuesta una nueva superficie.

El presente trabajo documenta el proceso de restauración de la fresadora vertical marca ELLIOTT modelo Milmor Super 10 que se encuentra en el taller de máquinas herramientas perteneciente a la Facultad de Tecnología de la Industria, enfocada a los estudiantes e instructores de taller que tengan interés en trabajar con el equipo a pleno rendimiento, con todos sus aditamentos operativos y durante largas jornadas ininterrumpidas mientras se llevan a cabo los laboratorios prácticos de maquinado de piezas. La restauración abarca desde la detección de avería en los componentes mecánicos de la fresadora pasando al desmontaje de cada elemento para ser limpiadas, pulidas, reajustadas y preparadas para ser pintadas (si es necesario) para finalmente ser re ensamblada la máquina, además de la revisión en el sistema eléctrico para comprobar si todo funciona correctamente o en caso contrario reemplazar algún componente o parte del cableado interior.

Adicionalmente se incluye el plan de mantenimiento de la fresadora donde se enlistan los pasos a seguir, cada cuanto tiempo se le debe hacer una inspección a los elementos principales de la máquina herramienta y como se debe proceder en caso de que se presente una falla para ser solucionada.

## **II. Justificación**

Este trabajo se elaboró por la constante necesidad que existe de realizar los laboratorios prácticos que se encuentran en el plan de estudios de varias asignaturas del pensum académico de la carrera de ingeniería mecánica ejecutados en el taller de máquinas herramientas del recinto universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP).

La fresadora vertical en la cual se basa este trabajo fue donada aproximadamente en el año 1972 como regalo junto a otras máquinas herramientas (tornos, taladros, rectificadoras, afiladoras y amoladoras) de parte de Gran Bretaña en concepto de ayuda técnica hacia un instituto técnico que se ubicado donde hoy en día es el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios. Aproximadamente en el año 2002 a esta máquina se le dio mantenimiento por parte de una brigada técnica cubana gestionada por la universidad, debido a que estas máquinas se encontraban en mal estado por falta de mantenimiento y se estaba considerando darlas en de baja.

Sin embargo, luego de ese mantenimiento donde se logró darles solución a las averías que tenía en ese momento la maquina ha sido trabajada todos estos años en los laboratorios prácticos de varias asignaturas únicamente siendo lubricada y limpiada en zonas visibles y fáciles de acceder, pero nunca revisada a fondo para constatar si esta necesita un mantenimiento correctivo.

Debido a que es importante conocer desde cosas básicas como puede ser la identificación de los elementos principales de las maquinas herramientas, hasta el saber cómo ajustarlas para cierto trabajo, conocer todas herramientas que estas pueden utilizar y en qué condiciones se pueden ocupar, conocer normas de seguridad e higiene que son necesarias para trabajar en este tipo de máquinas e incluso resolver de manera rápida averías menores que se presente durante su funcionamiento; puesto que una parte de todos estos conocimientos se imparten en las clases teóricas otras se aprenden directamente dentro del taller usando la maquina al momento de tratar de resolver un problema o querer hacer cierto trabajo y es por eso que estas máquinas siempre tienen que estar disponibles a la comunidad estudiantil.

Cabe destacar que los costos de reparación y mantenimiento correctivos que se realicen a futuro se verán reducidos con la implementación de un plan de mantenimiento para el equipo, además de evitar el paro total por una falla de grado mayor provocada por la falta de inspección hacia la fresa y de esta manera garantizando las clases prácticas para los estudiantes.

De esta manera se define como **problema científico – tecnológico** que es la restauración total de la Fresadora Vertical marca ELLIOT modelo Milmor Super 10. **El objeto de estudio** es el sistema electromecánico de la máquina herramienta, su **campo de acción** está orientado al mantenimiento correctivo de su sistema eléctrico y mantenimiento preventivo en el apartado mecánico, considerando los adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica sobre maquina herramientas, electrónica, mantenimiento y tribología.

### **III. Hipótesis**

Si se restaura la Fresadora Vertical marca ELLIOT modelo Milmor Super 10, desmontando todos sus componentes y dándole mantenimiento preventivo y correctivo, entonces se garantizará la disponibilidad de la fresadora frente a las exigencias de las prácticas técnicas en las asignaturas de máquinas herramientas y procesos de manufactura II dándole seguridad y confiabilidad a los operarios.



#### **IV. Objetivos**

Objetivo General.

Restauración total de la Fresadora Vertical marca ELLIOT modelo Milmor Super 10 del taller de máquinas herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria.

Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de la fresadora vertical para constatar el estado actual de la máquina y conocer así los alcances del trabajo de restauración por medio de una inspección visual y desarme parcial de ciertos componentes.
- Solucionar los problemas que presente la fresadora vertical para que esta quede completamente operativa a través del mantenimiento preventivo y correctivo que se le dará.
- Elaborar un plan de mantenimiento para la máquina herramienta a través de manuales de mantenimiento mecánico y eléctrico al cual esta se someterá para mantener alta disponibilidad técnica.
- Plasmar la valoración económica correspondiente a los costos de reparación estética, mecánica y eléctrica de la fresadora a través de la cotización de los elementos necesarios en los comercios locales.
- Realizar las pruebas necesarias de explotación del equipo.

## **V. Marco teórico**

### **1. Máquinas herramientas.**

Las maquinas herramientas para metales son precisamente aquel tipo de utillaje que en cualquier fábrica se utiliza para la producción de todas las maquinas modernas, aparatos, herramientas y otros artículos. Por esta razón, la cantidad de máquinas herramientas, así como su nivel técnico y estado, determinan, en alto grado, la potencia industrial de todo un país. Estas máquinas son todas aquellas en el que arrancando virutas de la pieza en bruto (de acuerdo con el plano de ejecución), se obtiene con la precisión exigida una pieza de la forma y dimensiones necesarias.

Dentro de las funciones básicas de las maquinas herramientas se encuentra la de sujeción de la pieza de trabajo, así como su herramienta de corte, el poseer un sistema de ajuste de velocidad de avance y corte para la pieza, así como para la herramienta además de tener la posibilidad de poder trabajar con accesorios los cuales permitan facilitar el trabajo y realizar diversas operaciones.<sup>1</sup>

#### 1.1 Clasificación de las maquinas herramientas.

Uno de las formas de clasificación de las maquinas herramientas es hacerlo agrupándolas en convencionales y no convencionales teniendo en cuenta el método de elaboración y el tipo de herramienta utilizada.

##### Maquinas convencionales básicas

- Torno.
- Taladradora.
- Fresadora.
- Brochadora.
- Cepilladora, limadoras y mortajas.

---

<sup>1</sup> (Chernov, 1974)

- Rectificadora
- Roscadoras

Máquinas de vaivén

- Perfiladora.
- Sierras.
- Biseladoras.
- Cizalla.

Máquinas no convencionales.

- Máquinas electroerosivas.
- Máquinas de arco de plasma.
- Maquinas láser.
- Máquinas ultrasónicas.<sup>2</sup>

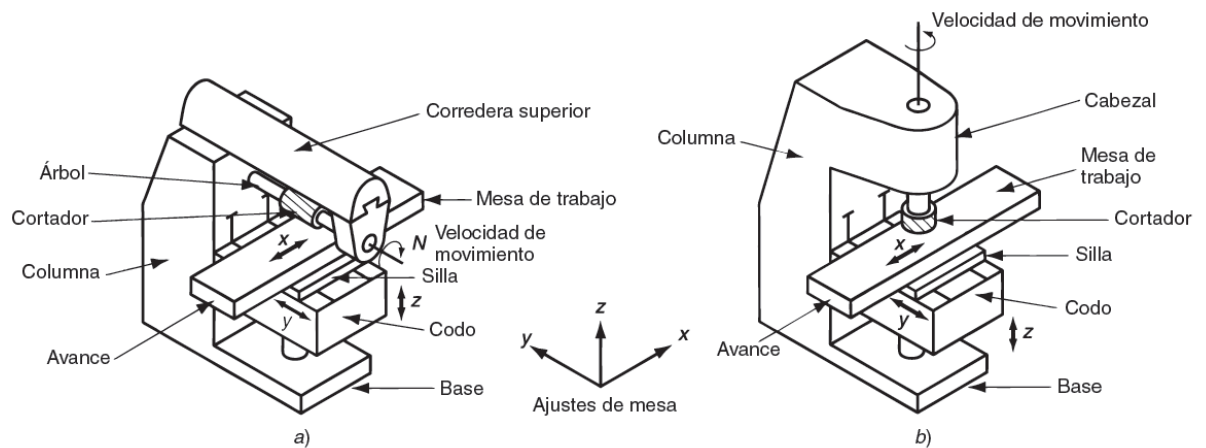
## 2. Maquinas fresadoras

Las maquinas fresadoras poseen un husillo rotatorio en donde se acopla un cortador y una mesa para sujetar, poner en posición y hacer avanzar la pieza de trabajo. Este tipo de máquinas se pueden clasificar en horizontales y verticales. Una máquina fresadora horizontal (**Figura 1a**) tiene un husillo horizontal, y este diseño es adecuado para realizar fresado periférico (por ejemplo, fresado de planchas, ranurado, fresado lateral y paralelo) sobre piezas de trabajo que tienen formas aproximadamente cúbicas. Una maquina fresadora vertical (**Figura 1b**) tiene un husillo vertical y esta orientación es adecuada para fresado frontal, fresado terminal, fresado de contorno de superficies y tallado de matrices sobre piezas de trabajo relativamente planas.

Aparte de la orientación del husillo estas máquinas se clasifican dentro de los siguientes tipos: 1) Codo y columna, 2) Tipo bancada, 3) tipo cepillo, 4) Fresas trazadoras, 5) Maquinas fresadoras CNC. Debido a los objetivos que pretende este documento se hará énfasis únicamente en las maquinas fresadoras de tipo codo y columna con corredera mixtas.

---

<sup>2</sup> (Domínguez Ariosa, 1985)

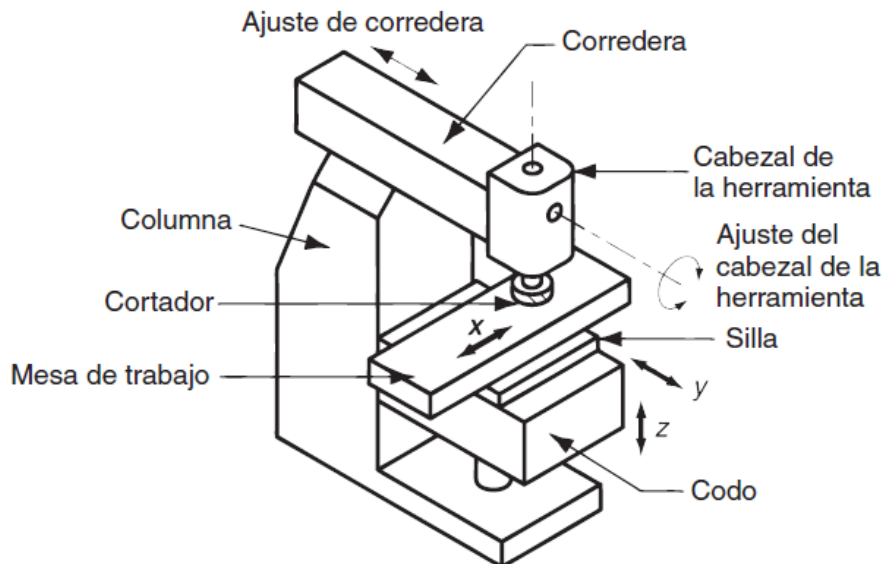


**Figura 1:** Tipos básicos de máquinas fresadoras de codo y columna.

a) Horizontal; b) Vertical.

### 2.1 Fresadora de codo y columna

Esta máquina herramienta es básica para el fresado. Deriva su nombre del hecho de que sus dos principales componentes son una columna que soporta el husillo y un codo que soporta la mesa de trabajo. De este tipo de máquinas fresadoras se tienen variantes como son las *Fresadoras de tipo corredera* (**Figura 2**) en la cual el cabezal de la herramienta que contiene el husillo se localiza sobre el extremo de una corredera horizontal; la corredera se puede ajustar hacia dentro y hacia fuera sobre la mesa de trabajo para dirigir



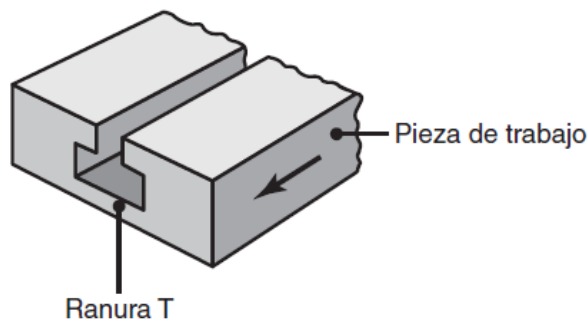
**Figura 2:** Fresadora Vertical de tipo corredera con sus respectivas partes principales

la fresa hacia el trabajo. El cabezal de la herramienta se puede girar también para lograr una orientación angular de la fresa hacia el trabajo. Estas características aportan considerable versatilidad en el maquinado de varias formas de trabajo.<sup>3</sup>

## 2.2 Partes de la fresadora vertical de tipo corredera

Los principales componentes básicos de estas máquinas son:

- Mesa de trabajo: en la que se sujeta la pieza de trabajo utilizando ranuras T (**Figura 3**). La mesa se mueve longitudinalmente en relación con las fresas paralelas.
- Silla: soporta la mesa y puede moverse en dirección transversal.
- Codo: soporta a la silla y da movimiento vertical a la mesa, de manera que la profundidad de corte puede ajustarse y es posible acomodar piezas de trabajo con diversas alturas.
- Cabezal: contiene el husillo y el sujetador del cortador. En máquinas verticales, la cabeza puede fijarse o ajustarse verticalmente y girarse en un plano vertical sobre la columna para cortar superficies cónicas.
- Base: Permite dar apoyo a toda la estructura de la fresadora y anclarla al suelo.
- Columna: Este elemento soporta la corredera de la fresadora con su mecanismo además de dar alojamiento al sistema eléctrico y caja de velocidades.
- Corredera: Por medio de este mecanismo se puede manipular el cortador en el eje Y de la mesa para dirigirla hacia el tipo de trabajo que estemos realizando.<sup>4</sup>



**Figura 3:** Mesa de trabajo con ranuras acanaladas en forma de T, para la sujeción de las piezas de trabajo.

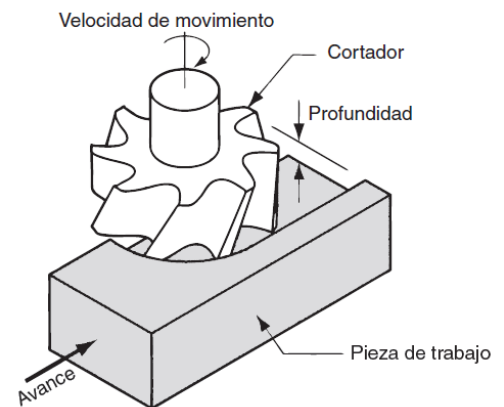
---

<sup>3</sup> (Groover, 2007)

<sup>4</sup> (S. Kalpakjian, 2008)

### 3. Movimientos de trabajo de la fresadora

El fresado incluye diversas operaciones muy versátiles que tienen lugar en varias configuraciones usando una fresa, una herramienta multi filo que produce numerosas virutas en una sola revolución. Los movimientos principales de las fresadoras son el *movimiento de corte* por rotación de la fresa respecto al eje porta herramienta, *movimiento de avance* por desplazamiento rectilíneo de la pieza en contra o a favor del movimiento de rotación de la herramienta de corte y el *movimiento de profundidad de pasada* por desplazamiento vertical de la pieza, de forma perpendicular de a la fresa<sup>5</sup>.



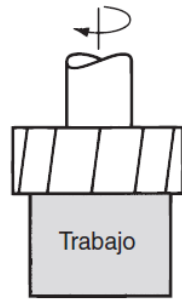
**Figura 4:** Movimientos de trabajo del cortador sobre la pieza de trabajo.

#### 3.1 Fresado frontal

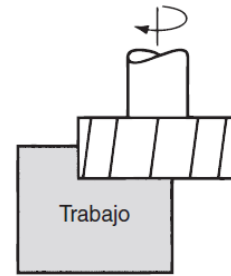
En este tipo de operación, el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo y el maquinado se ejecuta cortando las orillas, tanto en el extremo como fuera de la periferia de la fresa. También en el fresado frontal existen diversas formas de trabajo: A) *Fresado frontal convencional*, en el que el diámetro de la fresa es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa trabaja en ambos lados (**Figura 5**); B) *Fresado frontal parcial*, en el que la fresa sobrepasa a la pieza de trabajo solamente de un lado (**Figura 6**); C) *Fresado terminal*, en el cual el diámetro de la fresa es menor que el ancho de trabajo, de manera que se corta una ranura de la pieza (**Figura 7**); D) *Fresado de perfiles*, es una forma de fresado terminal en el cual se corta una pieza plana de la periferia (**Figura 8**); E) *Fresado de cavidades*, el cual es otra forma de fresado terminal usada para fresar cavidades poco profundas en piezas planas (**Figura 9**); F) *Fresado de contorno*

<sup>5</sup> (Anónimo, [www.mecanizadossinc.com](http://www.mecanizadossinc.com), 2016)

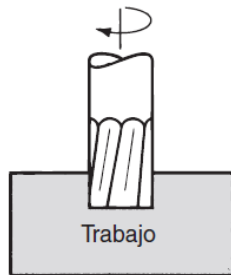
*superficial*, en el cual la fresa con punta de bola (en lugar de fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante y hacia atrás, y hacia un lado y otro de la pieza de trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional (**Figura 10**).



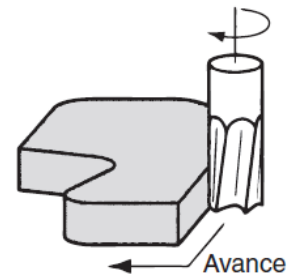
**Figura 5:** Fresado frontal



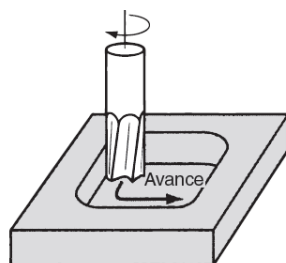
**Figura 6:** Fresado frontal parcial.



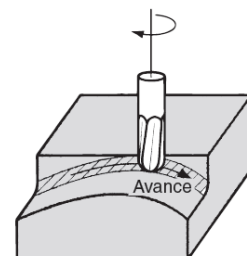
**Figura 7:** Fresado Terminal.



**Figura 8:** Fresado de perfiles.



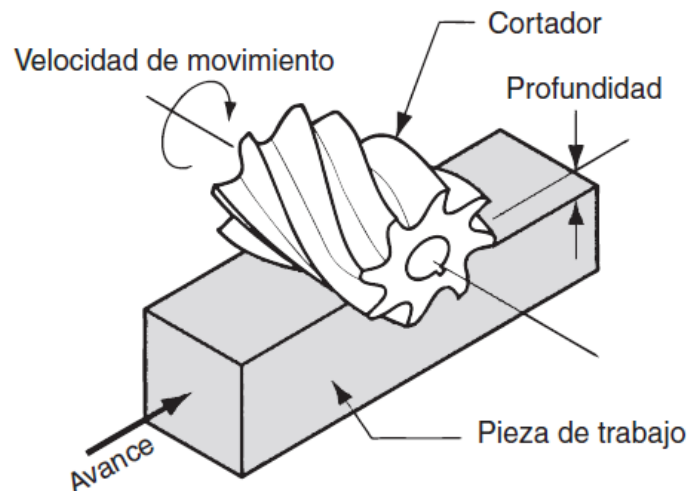
**Figura 9:** Fresado de cavidades.



**Figura 10:** Fresado de contorno superficial.

### 3.2 Fresado periférico

En el fresado periférico también llamado fresado plano, el eje de la herramienta es paralelo a la superficie que se está maquinando y la operación se realiza por los bordes de corte en la periferia exterior del cortador (**Figura 11**). Esta operación presenta varios tipos de fresados: A) *Fresado de placa*, la forma básica de fresado periférico en el cual el ancho de la fresa se entiende más allá de la pieza de trabajo en ambos lados (**Figura 12**); B) *Ranurado*, también llamado fresado de ranuras, en el cual el ancho de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, creando una ranura en la pieza de trabajo; cuando la fresa es muy delgada se puede usar esta operación para tallar ranuras angostas o para cortar piezas en dos, llamándose así como fresado aserrado (**Figura 13, 14**); C) *Fresado lateral*, en el cual la fresa maquina un lado de la pieza de trabajo (**Figura 15**); D) *Fresado paralelo simultáneo*, se montan dos o más cortadores en un eje para maquinar dos superficies paralelas de la pieza de trabajo (**Figura 16**); E) *Fresado de forma*, produce perfiles curvados empleando cortadores que tienen dientes muy afilados, dichos cortadores también sirven para cortar dientes de engranes a sus medidas finales llamadas fresas madres a como se describe más adelante (**Figura 17**).<sup>6</sup>

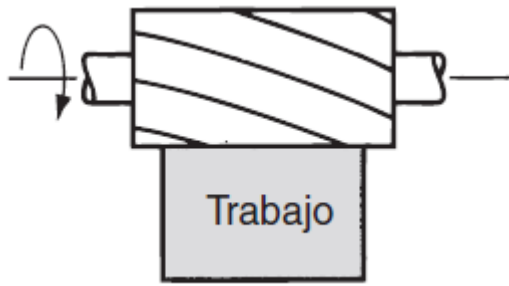


**Figura 11:** Fresado periférico.

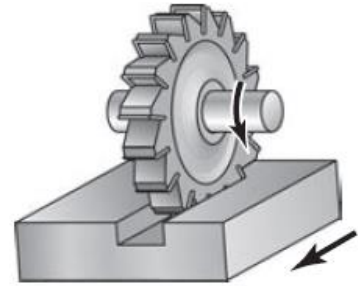
---

<sup>6</sup> (Groover, 2007)

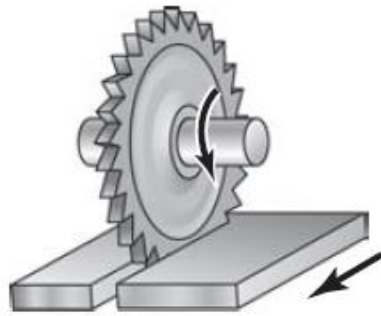




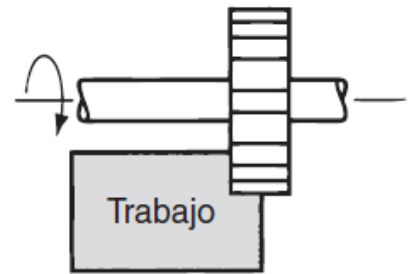
**Figura 12:** Fresado de placa.



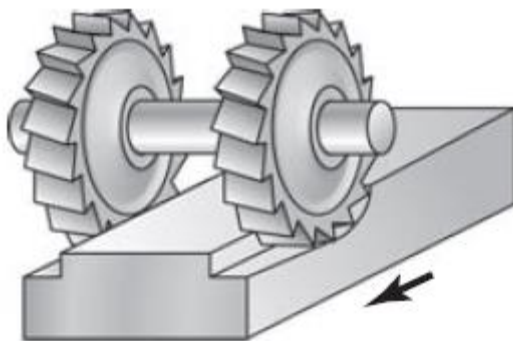
**Figura 13:** Fresado de ranura.



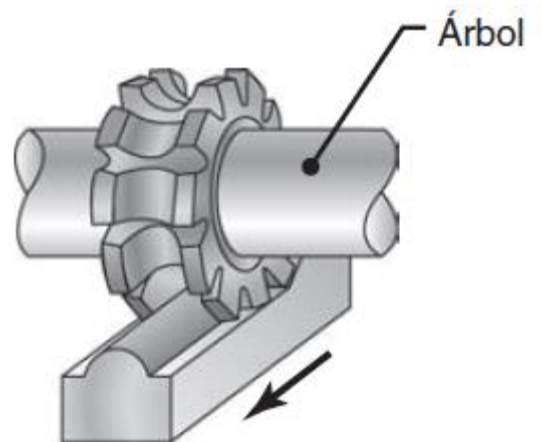
**Figura 14:** Fresado aserrado.



**Figura 15:** Fresado lateral.



**Figura 16:** Fresado paralelo simultáneo.

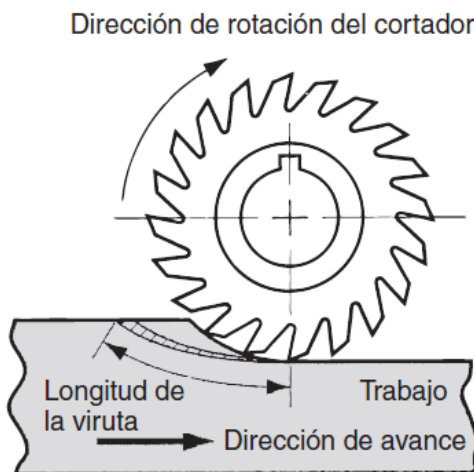


**Figura 17:** Fresado de forma.

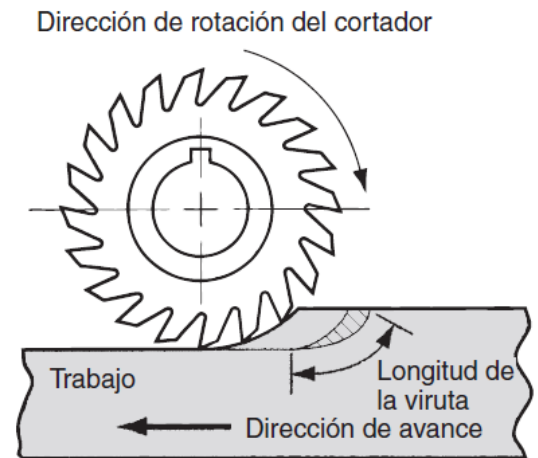
### 3.3 Direcciones de fresado

En el fresado periférico hay dos direcciones opuestas de rotación que puede tener la fresa respecto a la pieza de trabajo. Estas direcciones se denominan *fresado ascendente* y *fresado descendente*. En el **fresado ascendente (Figura 18)**, también llamado fresado convencional, la dirección del movimiento de los dientes de la fresa es opuesto a la dirección de avance cuando los dientes cortan la pieza de trabajo, es decir, cortan “contra el avance”, además de eso la viruta formada por cada diente del cortador comienza muy delgada y aumenta su espesor durante el paso del diente. En el **fresado descendente (Figura 19)**, también llamado fresado tipo escalamiento, la dirección del movimiento de la fresa es la misma que la dirección de avance cuando los dientes cortan la pieza de trabajo. Al seleccionar la dirección de la fuerza de corte se debe tener en cuenta que durante el fresado descendente la dirección de la fuerza de corte es hacia abajo, y por esa causa se mantiene contra la mesa de la máquina de fresado.

Contrario al movimiento ascendente la fresadora trabajando de forma descendente, cada viruta empieza gruesa y se reduce a través del corte dando como resultado una viruta de longitud más corta lo que se traduce en una reducción en el tiempo de trabajo por volumen de material cortado, lo cual tiende a incrementar la vida de la herramienta de trabajo.<sup>7</sup>



**Figura 18:** Fresado ascendente.



**Figura 19:** Fresado descendente.

<sup>7</sup> (Groover, 2007)

#### 4. Materiales para las herramientas

Al seleccionar un material para una herramienta de corte se debe tener en cuenta los diferentes tipos de fallas que se pueden presentar durante el mecanizado, debido a esto, algunas de las propiedades más importantes son:

Tenacidad: Los materiales para herramientas deben de tener alta tenacidad para evitar las fallas de fracturas. La tenacidad es la capacidad de un material para absorber energía sin fallar. Se caracteriza generalmente por una combinación de resistencia y ductilidad.

Dureza en caliente: La dureza en caliente es la capacidad del material para retener su dureza a altas temperaturas. Esta propiedad es necesaria debido a las altas temperaturas a las cuales opera la herramienta.

Resistencia al desgaste: La dureza es la propiedad más importante que se necesita para resistir el desgaste abrasivo. Todos los materiales para herramientas de corte deben tener alta dureza, sin embargo, la resistencia al desgaste en el corte de metales no solo depende de la dureza de la herramienta, sino también de otros mecanismos de desgaste como pueden ser el acabado superficial de la herramienta ( una superficie más lisa significa coeficiente de fricción más bajo), la composición química de la herramienta y de los materiales de trabajo y el uso de un fluido de corte son factores que afectan el desgaste de la herramienta.

Los materiales que tienen una buena combinación de todas estas propiedades son:

4.1 Aceros al carbono de baja aleación: Los aceros al carbono para herramientas se emplean para fabricar útiles que trabajan a bajas velocidades de corte. Los aceros C9 y C10A se usan para producir cuchillos, tijeras y sierras; los aceros C11, C11A, C12, para fabricar machos de roscar manuales, limas, etc. La letra C en la marca del acero significa que este es un acero al carbono y la cifra su contenido de carbono en decimas del uno por ciento; la letra A indica que dicho acero es de alta calidad (el contenido de azufre y de fósforo no es mayor del 0.03% de cada uno).

Las principales propiedades de los aceros al carbono para herramientas es su dureza (HRC 62-65) y su baja resistencia al calor de aproximadamente 220 °C. Para herramientas suelen utilizarse también *aceros aleados* al cromo (Cr), al cromo-silicio (CrS), al cromo-tungsteno (CrTM), etc. Y se usan comúnmente para fabricar brocas, machos de roscar y escariadores pequeños con una resistencia al calor de entre 350-400 °C y una vida útil de 1.2 – 1.5 veces superior a los útiles fabricados en acero al carbono para herramientas.

4.2 Aceros de alta velocidad (HSS): Son aceros altamente aleados capaces de mantener su dureza a altas temperaturas. Su buena dureza en caliente permite el uso de estas herramientas a velocidades de cortas a más altas. Su nombre se debe a que, comparados con sus predecesores, estos aceros permiten realizar el corte de metales a una velocidad mayor.

- A. Tipo tungsteno (Grado T): El tungsteno es su principal ingrediente de aleación (12-20%). Con elementos adicionales como el cromo (Cr) y el vanadio (V).
- B. Tipo molibdeno (Grado M): Contienen combinaciones de tungsteno y molibdeno en una combinación de 6%W y 5% Mo.

4.3 Fundición de aleaciones de cobalto: Los recubrimientos de aleación de cobalto contienen de 40-50% de cobalto, de 25-35% de cromo y 15-20% de tungsteno de trazas de algunos otros elementos. La resistencia al desgaste es mucho mayor que la del acero de alta velocidad, pero no tanto como la de los carburos cementados. Sin embargo, la tenacidad de estas herramientas es mucho mejor que la de los carburos cementados y no tan buenas como la de los HSS. Su dureza en caliente también se sitúa entre los dos. Comercialmente su importancia no es tan alta como los HSS o los carburos cementados.

4.4 Aleaciones duras: Se dividen en *metalocerámicas* y *mineralocerámica* y se producen en placas de forma diferente. Las herramientas dotadas de placas de

aleaciones duras admiten velocidades de cortes más altas que los útiles fabricados de acero rápido.

Las aleaciones metalocerámicas se dividen en las que se producen a base de tungsteno, a base de tungsteno – titanio, a base de tungsteno, titanio y tantalio. Las aleaciones a base de tungsteno se emplean para labrar el hierro fundido, aleaciones de metales no ferrosos y sus aleaciones y los materiales no metálicos (goma, plástico, cristal, etc.). Las aleaciones a base de tungsteno – titanio constan de carburos de tungsteno, titanio y cobalto y se emplean para maquinado de semi acabado y basto, para trabajar materiales difíciles de maquinar; adicionalmente a estos materiales se les agrega cromo para aumentar aun mas su dureza y la resistencia mecánica a altas temperaturas.

Para elevar la resistencia mecánica de las placas estas se recubren con una película protectora de carburos y nitruros de titanio que se aplican a la superficie de la placa con un espesor de 5 – 10 micras. En este caso se forma una capa micro granular con dureza, resistencia al desgaste y quimicoresistencia altas a temperaturas elevadas Este recubrimiento ofrece un promedio de 3 veces mas de resistencia que si no lo tuvieran, circunstancia que permite elevar la velocidad de trabajo entre un 25-30%.

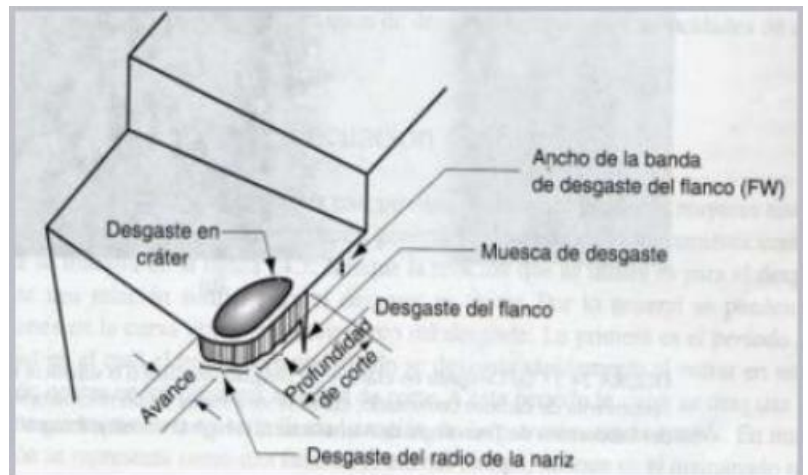
En la industria se utilizan la mezcla mineralocerámica para maquinar todo tipo de material a altas velocidades de corte como acero, hierro fundido y aleaciones de metales no ferrosos incluso a elevadas temperatura (1,200 °C) y conservando la dureza en el flanco (HRC 89-95). El defecto de estas aleaciones es su elevada fragilidad por lo que se debe diseñar bien los procesos de maquinado para evitar los choques y vibraciones durante su uso.

4.5 Diamantes sintéticos y nitruro de boro cubico: El diamante es el material más duro que se conoce. Como la dureza es una de las propiedades deseables para aplicaciones de esmerilado y mecanizado, es natural pensar en usarlo para estas operaciones. Las herramientas de corte con diamante sintético se hacen con diamante poli cristalino sinterizado. Las aplicaciones de las herramientas de corte

de diamantes incluyen el mecanizado de metales no ferrosos y abrasivos no metálicos como fibras de vidrio y grafito. No es práctico maquinas acero y otros metales ferrosos, así como aleaciones basadas en níquel, debido a la finalidad química que existe entre esos metales y el carbono. Después del diamante el material más duro es el nitruro de boro cúbico, este material no reacciona químicamente con el hierro y el níquel como lo hace el diamante; por tanto, las aplicaciones de herramientas con esta aleación se aplican para maquinar acero y aleaciones basadas en níquel.<sup>8</sup>

## 5. Vida de las herramientas de trabajo

El ambiente de trabajo de una herramienta durante el proceso de maquinado es muy agresivo debido a las altas temperaturas que se generan y las fuerzas presentes en el arranque de viruta. Si las fuerzas de corte son demasiado grandes fracturarán la herramienta. Si la



**Figura 20:** Esquema de desgaste en herramientas de corte.

temperatura de corte se eleva demasiado, el material de la herramienta se ablandará y fallará, y si ninguna de estas condiciones

ocasiona falla en la herramienta, de cualquier manera, hay una acción continua de desgaste en la herramienta debido a la fricción constante de remoción de metal que conduce finalmente a la falla.

Para evitar daños en el producto final a mecanizar se debe seleccionar las condiciones de corte favorables para permitan un desgaste gradual de la herramienta y evitar cambiar la herramienta después de que esta sufra una falla catastrófica.

---

<sup>8</sup> (V. Féschenko, 1984)

A continuación, se presentan unos criterios para determinar la vida útil de la herramienta durante las operaciones de maquinado, pero algunos de ellos son de carácter subjetivos.

- A. La falla completa del borde cortante (por fractura, por temperatura o desgaste).
- B. La inspección visual por el operador de la máquina del desgaste del flanco. Este criterio se limita al juicio y habilidad del operador para observar el desgaste de la herramienta a simple vista.
- C. La prueba del tacto del borde o filo cortante (con la uña) del operador.
- D. Los cambios en el sonido emitido por la operación, a juicio del operario.
- E. La viruta se vuelve más larga, enmarañada y más difícil de eliminar.
- F. Degradación del acabado superficial en el trabajo.
- G. Mayor consumo de potencia medida por un vatímetro conectada a la máquina herramienta.
- H. Conteo de las piezas de trabajo. Se capacita al operario para que cambie la herramienta después de un número específico de partes maquinadas.
- I. Tiempo acumulado de corte, el cual es similar a la cuenta de piezas sugerida anteriormente, excepto que se registra el tiempo que ha trabajado la herramienta. Solo disponible en máquinas CNC.

## 6. Afilado de herramientas



**Figura 21:** Máquina para afilado de fresas.

La forma constructiva de las fresas de acero rápido permite que cuando los filos de corte están desgastados puedan afilarse nuevamente mediante unas máquinas de afilar diseñadas para esta tarea. Hay un tipo de máquina afiladora universal que con accesorios

adecuados y muelas adecuadas permite el afilado de brocas, escariadores y fresas frontales.<sup>9</sup>

## **7. Herramientas de corte para fresadoras**

Las fresas son piezas giratorias para el mecanizado de materiales y constituyen las herramientas principales de las fresadoras. Se construyen generalmente en acero rápido, pero, dado el elevado costo de este material, las fresas de mayor tamaño poseen un cuerpo de acero de construcción y en la parte cortante tienen incorporadas cuchillas (o dientes) de acero rápido o bien insertos de corte que pueden ser permanentes o intercambiables.

Todas estas partes cortantes (o filos) están normalmente dispuestas de manera simétrica alrededor de un eje y su función es eliminar progresivamente el material de la pieza de trabajo transformándola en una pieza acabada, con la forma y las dimensiones deseadas.

Existe una multitud de fresas, cada una para una operación específica de fresado y para un trabajo determinado. Cubren una diversa gama de materiales, desde metales hasta madera y plásticos, la mayoría se encuentra disponible para aceros, fundición gris y blanca, metales no ferrosos, materiales duros y tenaces además de materiales blandos.

Tomando la geometría de las fresas como referencia para sintetizar las de uso más común tenemos lo siguiente

### 7.1 Fresas cilíndricas periféricas

Estas solo poseen dientes en su periferia y tienen variantes y su denominación está en función de su forma geométrica.

---

<sup>9</sup> (Ospina, 2010)



7.1.1 Fresa Cilíndrica con dentado recto: Normalmente utilizado para operaciones de corte brusco como pueden ser planeado, desbaste de superficies y acabado superficial. **(Figura 22)**



**Figura 23:** Fresa cilíndrica de dientes helicoidales.

7.1.2 Fresa cilíndrica con dentado helicoidal: ofrece las mismas prestaciones que la anterior con la diferencia que este tipo de fresas se pueden usar a mayores velocidades debido a que el arranque de viruta se realiza de manera progresiva. El espaciado entre los dientes varía según la dureza del material a fresar (blando = mayor espacio; duro = menor espaciado). **(Figura 23)**



**Figura 22:** Fresa cilíndrica de dientes rectos.

## 7.2 Fresas de disco

Presentan poca longitud de corte respecto a su diámetro; dentro de sus variantes podemos encontrar las siguientes:

7.2.1 Fresa de disco con dentado recto: Usadas para ranurado plano. **(Figura 24)**



**Figura 24:** Fresa de disco con dientes rectos.

7.2.2 Fresa de disco con dentado cruzado o alterno: Utilizadas para ranurado profundo. **(Figura 25)**



**Figura 25:** Fresa de disco con dientes cruzados.

7.2.3 Fresa con dentado de cruz: Utilizadas para la creación de chaveteros profundos.  
**(Figura 26)**



**Figura 26:** Fresa de disco con dientes cruzados.

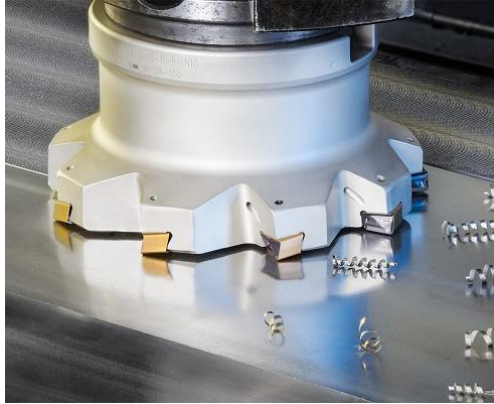
7.2.4 Sierras circulares: Utilizadas para corte de piezas y ranurado estrecho. **(Figura 27)**



**Figura 27:** Fresa de disco con dientes cruzados.

### 7.3 Fresas Cilíndricas frontales sin vástago:

Solo existe un tipo de dentado; poseen dientes tanto en el exterior como en la cara lateral, principalmente son utilizadas para el careado de superficies, guías, correderas, etc. (Figura 28).



**Figura 28:** Fresa frontal para careado de superficies.

### 7.4 Fresas angulares sin vástago

Sirven para mecanizar guías en ángulos prismáticos y frontales, cuñas y reglas de acero para taller de distintas formas y filos.

- A. Frontales: Se utilizan para realizar mecanizados de guías a 45, 50, 55 y 60 grados (Figura 29).
- B. Prismáticas: Se utilizan para realizar mecanizados de guías prismáticas en ángulos de 45, 60 y 90 grados (Figura 30).



**Figura 29:** Fresa frontal en ángulo.



**Figura 30:** Fresa frontal prismática.

## 7.5 Fresas cilíndricas frontales

- a. Punta plana y punta esférica: son utilizadas para ranurado, desbaste, ranurados, acabados y contornos. (Ver Figura 31 y 32).



**Figura 31:** Fresa de placas intercambiables de punta esférica.



**Figura 32:** Fresa enteriza de punta plana.

- b. Ranuras T y ranuras woodruff: se utilizan para realizar piezas hexágonos, chaveteros y orificios rasgados, cabezas de tornillo, tuercas, ejes de chavetas ruedas dentadas. (Ver Figura 33 y 34).



**Figura 33:** Fresa enteriza para ranuras woodruff.



**Figura 34:** Fresa para ranuras T de placas intercambiables

### 7.6 Fresas Cónicas

Se usan para lograr un orificio avellanado. (**Figura 35**).

### 7.7 Fresas angulares

Se utilizan para formas trapezoidales. (**Figura 36**).



**Figura 35:** Fresa cónica.



**Figura 36:** Fresa trapezoidal.

### 7.8 Fresas de perfil constante

Estas pueden o no poseer un vástago y su principal ventaja es que dejan la geometría del diente en la pieza a mecanizar y de igual forma que las anteriores se divide en distintos grupos.

7.8.1 Fresas destalonadas convexas: Utilizadas para ranurado semi circular con radios desde 1 a 20 mm. (**Figura 37**).



**Figura 37:** Fresa destalonada convexa.

7.8.2 Fresas destalonadas cóncavas: Utilizadas para la obtención de superficies semicirculares con radios de 0.5 a 20 mm. (**Figura 38**).



**Figura 38:** Fresa destalonada cóncava.

7.8.3 Fresas de modulo: Utilizadas para el tallado de engranes, piñones de cadenas, poleas síncronas, cremalleras, ejes dentados, acanalados y de transmisión, tomas de fuerza y tornillos sin fin. (**Figura 39**).



**Figura 39:** Fresa de modulo.

7.8.4 Fresas madre: Estas pueden tener o no un vástago y se utilizan principalmente para mecanizar al mismo tiempo todos los dientes de un engranaje, con una gran ventaja sobre los de modulo, que lo hacen diente por diente ahorrando dinero en el tiempo de mecanizado. (**Figura 40**).<sup>1011</sup>



**Figura 40:** Fresa madre para mecanizado de varios dientes al mismo tiempo.

## 8. Fluidos de corte

El objetivo de aplicar un líquido refrigerante a una operación de mecanizado es evitar que el calor se concentre en el filo de la herramienta y la pieza de trabajo tratando de evitar que su filo se suavice y acelere el desgaste además de deformar el metal base por la expansión térmica. Al aplicar un refrigerante este se infiltra en la herramienta, sus lados y la pieza de trabajo formando una película que le permite a las virutas se deslicen con facilidad, protegiendo el filo.

---

<sup>10</sup> (Anónimo, <http://www.demaquinasyherramientas.com>, 2012)

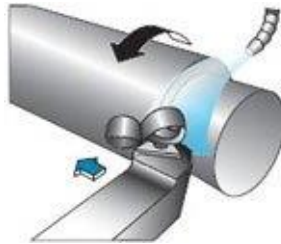
<sup>11</sup> (Anónimo, [www.mecanizadossinc.com](http://www.mecanizadossinc.com), 2016)



## 8.1 Tipos de Mecanizado.

### 8.1.1 Mecanizado continuo

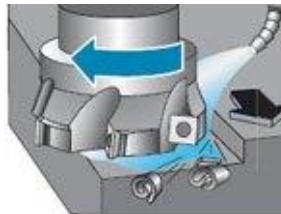
Se dice que el mecanizado en húmedo incrementa la durabilidad de la herramienta 2.5 veces a comparación con el mecanizado en seco. Esto se debe al efecto del refrigerante, que reduce la temperatura del filo y previene que se reduzca la dureza del material de la herramienta. **(Figura 41).**



**Figura 41:** Lubricación constante en la zona de trabajo.

### 8.1.2 Mecanizado interrumpido

Durante el mecanizado en húmedo con interrupciones, pueden producirse rupturas térmicas ya que el filo de la herramienta es expuesto a shock térmicos, cuando la temperatura del filo se incrementa rápidamente mientras mecaniza y disminuye abruptamente cuando la herramienta sale de la pieza de trabajo. **(Figura 42).**

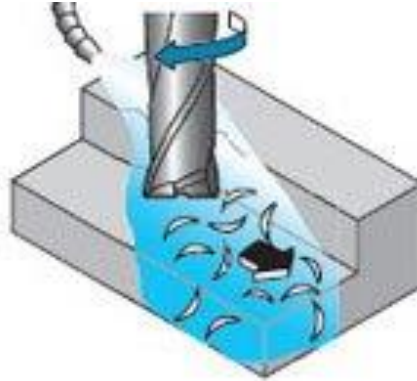


**Figura 42:** Lubricación por ciclos cortos.

### 8.1.3 Mecanizado de materiales de difícil corte

Cuando se mecaniza materiales de difícil corte tales como el acero inoxidable, acero resistente al calor, superaleación con base de Ni y aleación de Ti, es necesario un

refrigerante (soluble al agua) para prevenir astillamiento y fracturas. En este caso, para prevenir choques térmicos, una gran cantidad de refrigerante debe ser utilizado (**Figura 43**).



**Figura 43:** Lubricación a alta presión.

## 8.2 Tipos de refrigerantes

Hay refrigerantes solubles al agua y no solubles al agua. Los refrigerantes no solubles tienen un efecto de lubricación y los solubles al agua tienen un efecto de enfriamiento. Los refrigerantes no solubles al agua no son adecuados para el mecanizado de alta velocidad debido a problemas ambientales tales como humo y regulación de encendido. Por ello, los refrigerantes no solubles al agua son utilizados para escariado, fresado y desbaste; donde las velocidades de corte son relativamente bajas.

### 8.2.1 Refrigerantes solubles en agua

El refrigerante soluble al agua utiliza un agente superficial activo para mezclar un refrigerante con base aceitosa con agua. Además de minerales y aceite, pueden incluirse aditivos de presión extrema, antioxidantes, antisépticos y anti espuma.

### 8.2.2 Emulsión

Este se forma al agregar una pequeña cantidad de emulsificador, antiséptico y otros componentes del aceite mineral. Si se mezcla con agua, la emulsión se torna blanca. Este tipo de refrigerante es utilizado principalmente en torneado y fresado.

### 8.2.3 Soluble

Es generado al agregar grandes cantidades de aditivos a una pequeña cantidad de aceite mineral. Si es mezclado con agua, la solución se tornará traslúcida. Este tipo de refrigerante es principalmente utilizado para afilado y centros de mecanizado.

### 8.2.4 Corte en seco

Método en donde no se utiliza refrigerante en lo absoluto<sup>12</sup>.

## 9. Mantenimiento

Es 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.

### 9.1 Tipos de mantenimiento

#### 9.1.1 Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

#### 9.1.2 Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

#### 9.1.3 Mantenimiento predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el

---

<sup>12</sup> (Canepauser, 2009)

tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.<sup>13</sup>

## 10. Lubricación de las maquinas

La lubricación en los equipos mecánicos es uno de los aspectos más importantes que se debe de tener en cuenta si se desea que una maquina tenga el tiempo de vida esperado o que logre funcionar adecuadamente durante jornadas de trabajo continuas hasta el momento que le toque su siguiente mantenimiento, sin embargo, a este tema no siempre se le da la importancia que se merece siendo una de las principales causas de fallas en cualquier maquina industrial debido a que es una operación que se ejecuta cuando en un lugar de trabajo “no hay nada que hacer”, el personal que se designa pueda que no tengan una formación adecuada, que no se realice con una metodología apropiada o no se cuenten con las herramientas pertinentes para hacerlo. Por ende, es necesario conocer que papel desempeña estas sustancias lubricantes en el correcto funcionamiento de una máquina y cuales son diferentes estados en que se comercializan, todos elaborados para diferentes condiciones de uso y en dependencia del tipo de elemento de maquina a lubricar.

### 10.1 ¿Qué es un lubricante? y, ¿Cuál es su función?

Un lubricante industrial es comúnmente un aceite de origen mineral que se interpone entre dos superficies que están en constante movimiento, con la finalidad de disminuir el coeficiente de fricción y el desgaste entre estas. Existen además lubricantes de origen animal y vegetal, los cuales tienen un poder de lubricación mayor, sin embargo, estos últimos tienen muy poca estabilidad frente a las altas temperaturas lo cual hace que se oxiden con gran rapidez y se descompongan formando sustancias acidas que atacan la superficie metálica donde fueron aplicadas. También existen los lubricantes semisólidos también llamados *grasas* o *engrasantes*. Son usados para lubricar zonas imposibles de

---

<sup>13</sup> (Garrido, Organización y gestion integral de mantenimiento, 2003)

para el aceite ya sea por su falta de condiciones para su retención o por la atmósfera de polvo y suciedad en que se encuentra la máquina donde se aconseja utilizar un lubricante con estas características.

Funciones de un lubricante

## 10.2 Las funciones básicas de un lubricante son:

- Reducir la fricción.
- evacuar calor.
- Facilitar el lavado de las impurezas.
- Reducir el desgaste.
- Minimizar la corrosión por humedad o ácidos.
- Transmitir potencia.<sup>14</sup>

## 10.3 Errores de Lubricación

### 10.3.1 Falta de lubricación.

Esto puede darse por falta de frecuencia en los niveles de los depósitos de aceite de una máquina o por una cantidad de grasa inferior a la necesaria. Puede que no se haya calculado incorrectamente la cantidad de lubricante o la frecuencia de aplicación de esta, o bien puede que no se haya tenido en cuenta las condiciones reales de funcionamiento del equipo. Esto puede provocar una deficiente capa de lubricación, provocando fricción entre las piezas móviles, lo que puede generar un desgaste excesivo de las piezas.

### 10.3.2 Exceso de lubricación.

Este es el caso opuesto al anterior y puede ocurrir por un exceso de la cantidad de aceite lubricante en el depósito o un exceso de grasa puesta sobre un elemento de la máquina o también por un tiempo demasiado corto entre los periodos de lubricación del equipo. En este caso tendríamos un sobrecalentamiento del equipo debido a una elevada temperatura

---

<sup>14</sup> (Esquivel, 2018)

de funcionamiento, lo que puede provocar un desgaste prematuro o un mal funcionamiento.

### 10.3.3 Contaminación del lubricante

La contaminación puede darse por una manipulación inadecuada del lubricante, una mala ubicación para su almacenamiento, por un mal sellado del equipo ante unas condiciones ambientales adversas donde haya una gran cantidad de partículas sólidas pudiendo generar desgaste superficial, altas temperaturas o que la temperatura de operación sea muy baja. La contaminación también puede darse por mezclarse con el agua donde cabe la posibilidad de generar oxido disminuyendo la capacidad de lubricación o algún otro fluido que sea incompatible químicamente creando una reacción que afecte a la lubricación de los materiales del equipo. En cualquier caso, con la contaminación se ven afectadas las propiedades del lubricante.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> (Partida, 2016)

## 11. Análisis y presentación de resultados

### 11.1 Diagnostico

El día lunes 17 de septiembre del año 2018 me presente al taller de máquinas herramientas ubicado dentro del Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) con el objetivo de elaborar un informe sobre el estado actual de una de las fresadoras verticales que se encuentran en el taller (**Figura 44**), con el objetivo de describir las fallas que tenía y posterior a eso planificar los pasos a seguir para la reactivación o sustitución si es necesario de los elementos dañados.



**Figura 44:** Fresadora Vertical ELLIOT antes de iniciar el proyecto de restauración.

#### 11.1.1 Estética de la máquina

Se razona que todos los inventos fueron acompañados de conceptos de estética, que es lo que el hombre percibe como lo que es bello y feo considerando su forma, función y colores; por tanto, en esta parte de la restauración se toma en cuenta el deterioro de la pintura en la superficie de toda la maquina ya que necesita una remoción completa de su pintura debido a que se está desprendiendo, tiene mal aspecto y dentro de no mucho

tiempo llegara al metal base lo cual podría provocar el inicio del deterioro de este (**Figuras 45**).



**Figuras 45:** Pintura de la superficie de la fresadora en mal estado.

Respecto a las placas que contienen los datos de uso de la maquina estas se encontraban en buen estado únicamente contenían restos de aceite y polvo que habían acumulado con los años pero que con una simple limpieza con liquido desengrasante y un trozo de hilaza se puede resolver. Otra sección que se inspecciono fue el depósito del refrigerante de la máquina que necesitaba ser arduamente limpiado a fondo con un desengrasante debido a que al estar tanto tiempo estancado este se ha descompuesto y se ha adherido a las paredes del depósito formando costras duras además de contener una gran cantidad de sedimentos solidos como las

**Figura 46:** Deposito de refrigerante sucio.





virutas que en su momento fueron transportadas ahí por acción de la bomba, y sedimentos formados por la misma descomposición del refrigerante formando una especie de sustancia muy parecida a las grasas utilizadas en la lubricación de máquinas (**Figura 46**).

#### 11.1.2 Sistema mecánico y eléctrico.

Durante la inspección lo primero que se probó fue el funcionamiento de los motores principales y los mecanismos de la máquina para comprobar si estos trabajaban adecuadamente poniéndolos en marcha, ahí se detectó una falla leve que era un pequeño chirrido que se producía en el husillo de la fresa (**Figura 47**) únicamente al iniciar su puesta en marcha, luego de eso funciona con normalidad respondiendo correctamente e incluso al seleccionar el sentido de giro del husillo en contramarcha, posteriormente se probó el avance automático de la mesa de trabajo y esta no presentó ninguna falla apreciable puesto que lograba realizar su avance longitudinal sin ningún problema además de que la caja de engranes no emitía ninguna vibración o ruido que indicara una falla, del mismo modo su avance transversal no presentó ninguna anomalía. Seguidamente se encendió la bomba de refrigerante (**Figura 48**) a través de un selector ubicado en el panel de control al costado izquierdo de la máquina y esta no expulsó nada de líquido, ya que esto se considera una falla mayor se apagó la fresadora y se decidió abrir la tapa ubicada en la parte inferior-trasera de la máquina (**Figura 49**) que corresponde al lugar donde debería de estar ubicada la bomba de refrigerante, al quitar la tapa se observó que la bomba de refrigerante no se

**Figura 47:** Husillo de la fresadora Vertical. de



**Figura 48:** Bomba de refrigerante de la fresadora vertical.



encuentra conectada al equipo, según el encargado del taller *“fue removida en un mantenimiento que se le realizo a la fresadora hace varios años”*; al reconectar la bomba al sistema eléctrico del equipo resultado que esta no encendía lo que conllevó a la revisión del sistema eléctrico directamente en el panel central de la fresadora (**Figura 50**) dando como resultado que las conexiones estaban en su lugar, sin embargo, el selector que accionaba la bomba estaba en mal estado (**Figura 51**), puesto que al ser accionado una de las fases no recibía energía y al proceder al desarme de este para diagnosticar si se podía recuperar, el resultado fue positivo porque únicamente uno de los tres pares de contactos del selector solo necesitaban ser pulidos en sus superficies para dejar pasar la corriente eléctrica ya que estos tenían una capa de aceite y polvo que causaba en efecto aislante que era el problema., resuelto eso de nuevo se intentó probar la bomba la cual seguía sin encender así que se continuó rastreando la falla a través del circuito eléctrico para encontrar si había otro elemento que estuviese en mal estado y resultado que un relé térmico que va hacia la bomba estaba quemado (**Figura 52**) lo cual hacía que tampoco le llegara corriente eléctrica y para realizar la prueba de funcionamiento la conexión se dejó en forma directa. Teniendo todo conectado de nuevo se encendió la fresa y se activó la bomba dentro de un balde con agua y finalmente esta funcionó a la perfección con el único detalle es que emite un pequeño ruido durante el funcionamiento, pero es solo por un rodamiento dañado y falta de lubricación.



**Figura 49:** Ubicación de bomba en la fresadora.

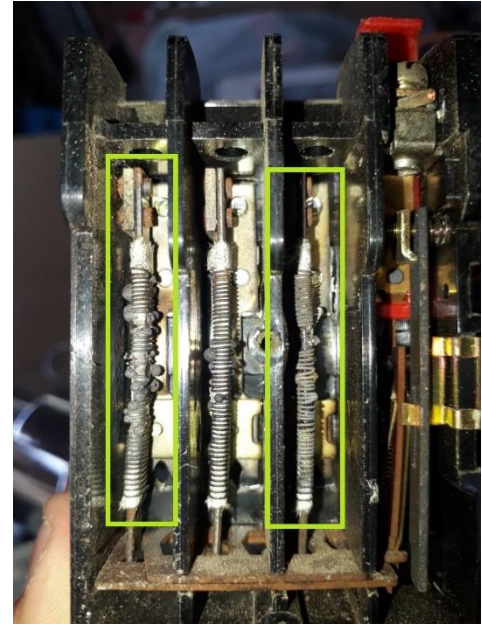


**Figura 50:** Panel eléctrico de la fresadora.

Respecto a los ejes roscados de traslación de la fresadora (**Figura 53**) es necesario una limpieza para eliminar la grasa que tiene adherida polvo y virutas y ser engrasada de nuevo, en relación a la manguera que transporta el líquido refrigerante desde el depósito al área de maquinado necesita la adición de una llave de paso para regular la cantidad de caudal que el operario considere correcto (**Figura 54**).



**Figura 51:** Accionador de la bomba.



**Figura 52:** Relé térmico de la bomba presenta graves daños.



**Figura 53:** Ejes roscados sucios.



**Figura 54:** Ubicación de válvula de control de caudal.

## 11.2 Mantenimiento integral y puesta en marcha.

### 11.2.1 Restauración estética

Para lograr un buen acabado estético de la maquina se debía remover la mayor parte de la pintura que poseía, para cumplir con el objetivo que era dejarla con el color original de esta, para esto se realizaron las siguientes actividades:

Desmontaje de todos los elementos mecánicos que fuesen posibles de tal modo que solo quedara la base, su codo, corredera y el cabezal de la herramienta.

Si bien es cierto que una parte de la pintura se estaba cayendo había otras partes donde la pintura no era posible ser removida simplemente con una espátula metálica por lo que se tuvo que utilizar removedor de pintura en estado líquido, esta fue aplicada con una brocha y se dejaba actuar por 15 minutos para luego aplicar trabajo con la espátula metálica (**Figura 55**), este proceso se repitió incluso hasta 3 veces en ciertas partes debido a la inaccesible que era para la espátula lo cual complicaba el trabajo de abrasión, por otra parte la maquina también presentaba partes que tenían una geometría plana la cual la hacía ideal para usar un cepillo de alambre que se acopla a una pulidora de mano eléctrica y esto ahorra tiempo y removedor. La máquina presento hasta 4 capas de pintura (base de anclaje, base, pintura de color original y una pintura gris que se desconoce la fecha de su aplicación y características) que al ser eliminadas la fresadora quedo en un 90% expuesto el metal base (**Figura 56**).

Se aplicó masilla en ciertas partes de la estructura debido a que tenía imperfecciones que se producen durante el proceso de fundición y la que tenía originalmente fue eliminada por el removedor de pintura en la etapa anterior (**Figura 57**).



**Figura 55:** Remoción de la pintura.



**Figura 56:** Fresadora con la pintura removida.



**Figura 57:** Imperfecciones superficiales en el metal base.

Para el proceso de pintado de la maquina se limpió la superficie con hilaza empapada en tinner para tratar de eliminar alguna partícula de polvo que se encontrara adherida a la superficie y finalmente ser empapelada para pasar al proceso de pintado (**Figura 58**).

Luego se comenzó con la aplicación de la base para pintura la cual estaba lista en 20 minutos por lo que era de secado rápido además de la temperatura ambiente y superficial de la maquina ayudaron en este aspecto, este proceso se repitió 3 veces para garantizar la adherencia de la base a la superficie (**Figura 59**).



**Figura 58:** Partes de la fresadora empapelada.



**Figura 59:** Partes de la maquina con base catalizada.

La pintura que se utilizó es una pintura de poliuretano, y se hicieron dos aplicaciones para evitar que quedaran partes sin pintar.

Se utilizaron 3 colores para dar contraste y realce a la máquina (**Figura 60**).





**Figura 60:** Partes de la maquina con pintura final.

#### 11.2.2 Depósito de Refrigerante

Este depósito se encuentra en la parte inferior trasera de la maquina donde se ubica también la bomba, esta al no estar conectada a la máquina y estar guardada en la bodega no tenía costras ni sedimentos sólidos en el rodete que al contrario del depósito si presentaba en abundancia. Al depósito se le dio limpieza inicialmente utilizando esponjas para absorber todo el líquido que tenía dentro y vaciarlo en un balde para ser desechado, luego se aplicó desengrasante líquido y agua para eliminar la suciedad adherida en las paredes y pequeñas virutas que se encontraban en el fondo del depósito (**Figura 61**), luego al estar limpio se le aplicó una capa gruesa de base y pintura para darle protección, respecto al refrigerante se utilizó uno a base de aceite que es soluble en agua marca TEXACO para el enfriamiento de las piezas a maquinar.



**Figura 61:** Deposito siendo sopleado para sacar pequeñas virutas del interior.

### 11.3 Maniobras eléctricas

La fresadora contaba con tres motores que correspondían a la bomba de refrigerante, otro a la mesa de desplazamiento longitudinal y el motor principal ubicado en la parte superior de la máquina que es el que realizaba la acción de arranque de viruta, y tienen las siguientes especificaciones:

**Tabla I: Especificaciones de los motores.**

Motor #	Caja de transmisión longitudinal (M1)	Bomba de refrigerante (M2)	Cabezal porta herramienta (M3)
Potencia nominal (hp)	0.5	1	2
Voltaje (Volt)	220	220	220
Amperaje (Amp)	2	3	6.4

\*Todos trabajan con corriente trifásica.

Estos fueron desarmados completamente con el objetivo de extraer el devanado del motor y ver el estado en el que se encontraban, si bien los motores funcionaban estos estaban completamente sucios cubiertos de polvo y una capa muy fina de aceite (**Figura 62**) para su limpieza se utilizó un líquido para limpiar contactos eléctricos que son los recomendados para la limpieza de equipos eléctricos (**Figura 63**), posterior a esto se procedió a sellar el embobinado al aplicarle una capa de barniz dieléctrico (**Figura 64**) para protegerlo de la humedad, sol, sustancias alcalinas, acidas y la darle una mayor vida útil, además de cambiarle los rodamientos dañados que tenían, por ultimo fueron rearmados y pintados de color amarillo para que contrastara con el color principal del cuerpo de la máquina.







**Figura 62:** Estado de los motores antes de su mantenimiento



**Figura 63:** Líquido utilizado para limpiar el embobinado.



**Figura 64:** Spray dieléctrico marca Sprayon EL601.

### 11.3.1 Resultados del mantenimiento eléctrico.

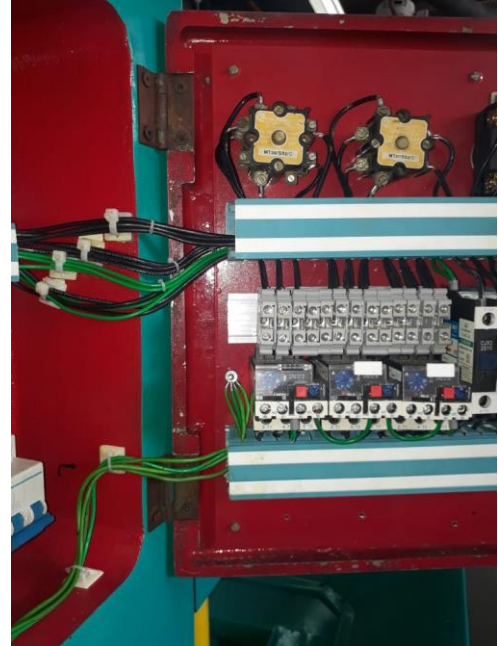
Como se puede observar, posterior a la limpieza el devanado de los motores quedo limpio y como paso final estos fueron sellados con un barniz dieléctrico y rearmados con sus carcasas y cableado nuevo.



**Figura 65:** Estado de los motores posterior a su mantenimiento.

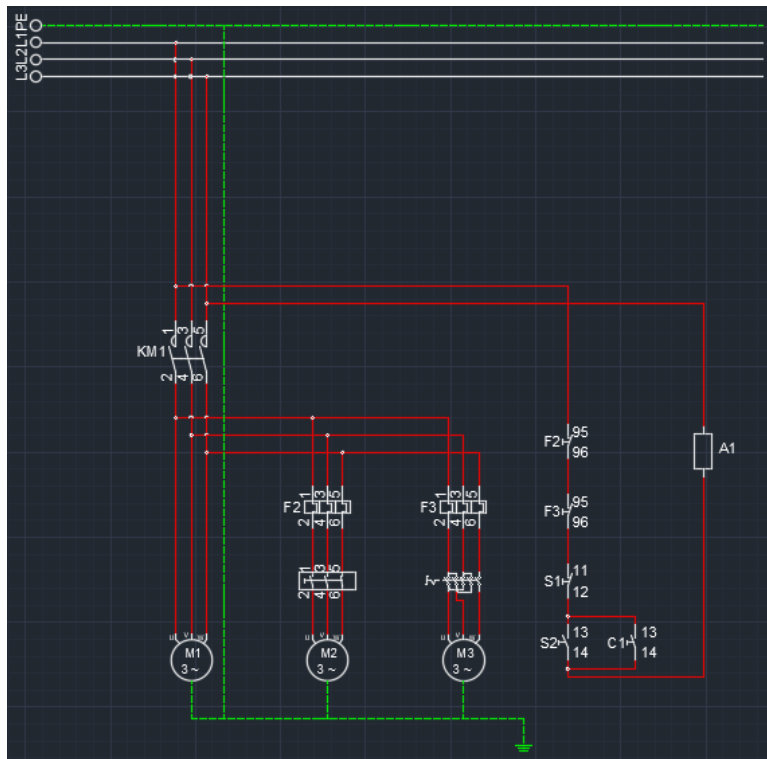
El panel eléctrico debido a la antigüedad de la maquina no contaba con ciertas protecciones eléctricas ya que se habían quemado (**Figura 52**) al mismo tiempo que sus conductores por ello se decidió replantear el sistema eléctrico y comprar todos los componentes para rehacerlo desde cero; el resultado es el siguiente:



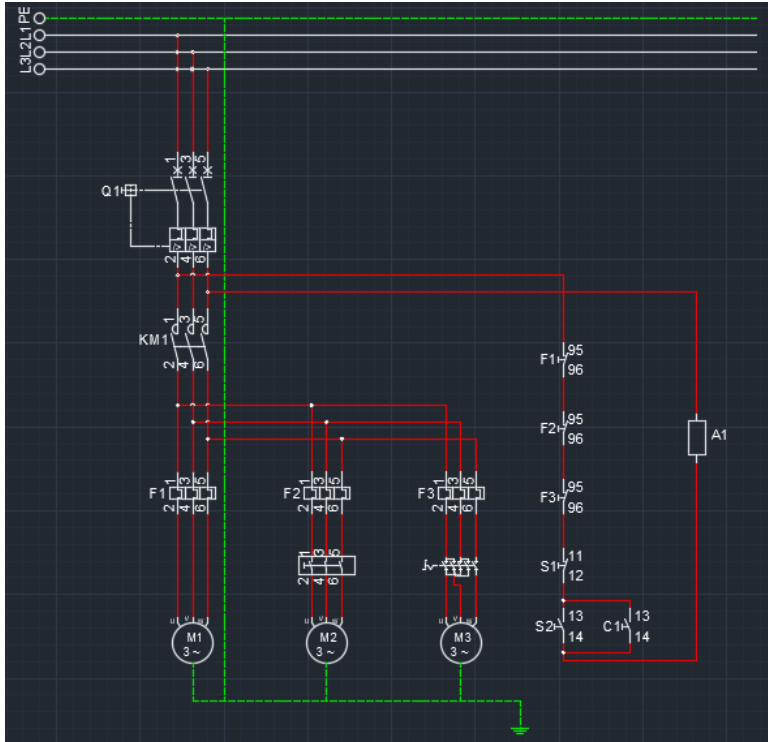


**Figura 67:** Instalación final del panel eléctrico en la máquina.

El diagrama eléctrico de la maquina es el siguiente:



**Figura 68:** Diagrama eléctrico de la fresadora antes del mantenimiento (Ver Anexo 2).



**Figura 69:** Diagrama eléctrico de la fresadora después del mantenimiento (Ver Anexo 3).

Para la protección del cableado expuestos al exterior, se decidió que fueran dentro de una tubería flexible forrada (**Figura 70**) la cual ofrece una protección extra ante aplastamiento, cortes, abrasión, partículas metálicas a alta velocidad, corrosión por vertido de sustancias y brinda una capa aislante extra a los operarios en caso de que ocurra un corto circuito en el cableado adicionalmente brinda una percepción de calidad en la instalación por lo bien que se ve pero claro esto último es meramente subjetivo. Para fijar esta tubería a la maquina es necesario utilizar un conector especial para ese tipo de tuberías sin embargo estos no entraban en ningún agujero por donde pasaba el cableado principal ya que eran muy pequeños y en el caso de poseer la misma medida estos no entraban porque tenían pasos diferentes y la solución a esto fue conseguir una broca para metal de medida 22mm de tal forma que el conector de ½ pulgada entrara y quedara fijo.



**Figura 70:** Tubería flexible con su respectivo conector recto de 1/2" pulgada.

#### 11.4 Maniobras mecánicas

Se desmonta de la mesa de trabajo con el fin de poder acceder al mecanismo de tornillo con el que se desplaza y poder ser limpiado con desengrasante y agua (**Figura 71**).



**Figura 71:** Limpieza del tornillo de desplazamiento de la mesa de trabajo.

La silla donde va montada la mesa de trabajo también fue desmontada debido a que esta estaba impregnada de grasa, virutas y pequeños depósitos de aceite que se habían secado para ser limpiados (**Figura 72**).

El mecanismo de lubricación del tornillo de desplazamiento de fresa fue parcialmente desmontado porque las pequeñas tuberías donde circula el aceite no estaban obstruidas y solo se extrajo la pequeña bomba manual para verificar que funcionaba correctamente, hacerle un nuevo empaque y sellarlo de nuevo con silicón para evitar la fuga de aceite (**Figura 73**).



**Figura 72:** Limpieza de la silla y sistema de lubricación del tornillo de desplazamiento.



**Figura 73:** Bomba de aceite de acción manual.

Otro elemento que se bajo fue el que ajusta el tornillo de desplazamiento de la mesa de trabajo, este se le limpio la grasa que tenía incrustada en los hilos, se lubrico y al momento del montaje se ajustó de tal manera que le eliminara el juego que se produce por vibraciones mientras se máquina (**Figura 74**).



**Figura 74:** Tornillo de ajuste mecánico.

La caja de transmisión longitudinal de la fresa se le extrajo el aceite viejo que contenía, luego de esto se procedió al desarme para inspeccionar el estado de los dientes de los engranes, para constatar si no había costras formadas por el aceite o sedimento solido debido al desgaste por trabajo, sin embargo, está se encontraba en muy buen estado y el mecanismo al estar sellado al ambiente y recubiertas por el aceite las ruedas dentadas aun conservaban una buena condición.

Los tapones de plástico que indican el nivel de aceite de la maquina fueron limpiados para que sean legibles.

Los botones que se encuentran en el codo de la fresa y que son los que accionan el arranque y paro de emergencia también fueron desarmados y limpiados debido a que asentaban gran cantidad de grasa con polvo y diminutas virutas (**Figura 75**).



**Figura 75:** Limpieza de la botonera.

Se sustituyó la manguera de desagüe que está ubicada en la mesa de trabajo y que se dirige al depósito de refrigerante (**Figura 76**) por que la vieja manguera tenia costras de sedimento adheridas a lo largo de su cuerpo lo cual hacia muy difícil el intentar lavarla y se decidió realizar el cambio por una nueva manguera PVC reforzada correspondiente la medida de 5/8 de pulgada en su diámetro interior con su respectiva brida de acero inoxidable, cabe señalar que la antigua manguera no tenía ningún tipo de picadura y se puede usar como repuesto en caso de que la nueva algún día se llegue a dañar la que está actualmente instalada sin embargo se tendrá que limpiar con desengrasante y agua

a presión o con algún tipo de varilla con cerdas metálicas para arrancar las costras que contiene.



**Figura 76:** Ubicación del desagüe en la mesa de trabajo con su nueva manguera y brida de sujeción.

La manguera metálica flexible (**Figura 77**) acoplada a una manguera neumática por donde circula el líquido proveniente de la bomba fue limpiada con una varilla metálica, desengrasante y agua ya que esta estaba completamente bloqueada por restos de viruta y grasa que se solidificaron al estar tanto tiempo dentro de la manguera ya que la bomba se extrajo de la máquina y esa manguera quedo inutilizada.



**Figura 77:** Manguera metálica e instrumentos que se utilizaron para limpiar su interior.



#### 11.4.1 Accesorios

La máquina carecía de una prensa para los trabajos de maquinado, por lo que se decidió darle mantenimiento a una prensa que se encontraba en el taller y que raras veces era utilizada. El trabajo consistió en el desarmado completo de esta (**Figura 78**), luego se sopleteó con aire a presión todo el su cuerpo y agujeros donde iban sus tornillos (**Figura 79**) ya que por dentro poseían virutas y aceite viejo, posteriormente se lavó con desengrasante y agua, seguidamente se enmascaro para el proceso de envasado y pintura, aplicando un color negro mate. Terminado el apartado de pintura se procedió al rearme de está, engrasando puntos importantes como el tornillo de da movimiento a las mordazas para conseguir el apriete en la prensa, cojinetes del eje y guías de desplazamiento para finalmente ser montadas en la fresadora (**Figura 80**) para realizar las pruebas de maquinado.



**Figura 78:** Desarme de la prensa.



**Figura 79:** Cuerpo cubierto por viruta y aceite.



**Figura 80:** Prensa montada en la fresadora posterior al mantenimiento.

Otro elemento que se le añadió a este trabajo de restauración fue una válvula de flujo (**Figura 81**) que regula la cantidad de refrigerante que requerimos y brindar al operario una mayor comodidad y el resultado fue el siguiente:



**Figura 81:** Válvula de medio giro instalada en la manguera de refrigerante.

### 11.5 Pruebas realizadas

Para garantizar el funcionamiento de la maquina se sometió pruebas de maquinado que consistía en la utilización de una fresa enteriza de punta plana (**Figura 32**) de diámetro 8 mm y realizar un maquinado terminal (**Figura 7**) en un régimen de corte de 525 rpm en el husillo y una penetración de 1 mm, 1.5 mm y 2 mm con un flujo constante de refrigerante en la zona de maquinado dando como resultado ranuras en las piezas de prueba (aluminio con designación desconocida y una barra de acero AISI 1030) con un excelente acabado superficial ya que se hizo a velocidad constante activando el mecanismo de avance automático de la mesa de trabajo que se mueve en el eje X (**Figura 83**) que posee la máquina, sujeto a esto se utilizó la misma herramienta para taladrar agujeros en los materiales para comprobar el mecanismo de avance automático en el eje Z (**Figura 84**); cabe señalar que la maquina no presento ningún tipo de vibración, ruido o perdida de potencia durante las pruebas.



**Figura 82:** Ing. Pablo Mota encargado del taller de máquinas herramientas realizando las pruebas de maquinado.



**Figura 83:** Fresado de ranuras.



**Figura 84:** Fresado de agujeros.

#### 11.6 Valoración económica

El costo de la restauración de la máquina que incluye la parte estética, eléctrica y mecánica fue de aproximadamente de 624.22 dólares americanos. La tabla de gastos se detalla en el **ANEXO 1**.

#### 11.7 Resultado del mantenimiento.



**Figura 85:** Estado inicial de la máquina.



**Figura 86:** Estado final de la máquina.

### 11.8 Plan de mantenimiento y diagnóstico de fallas

Al iniciar el proceso de mantenimiento es necesario definir la estrategia de mantenimiento, esta consiste en definir los objetivos técnico-económicos del servicio, así como los métodos y medios necesarios para alcanzarlos.

**Tabla II: Estrategia del mantenimiento**

Antecedentes	La máquina en cuestión es una fresadora vertical que es utilizada por los estudiantes para realizar sus ensayos de maquinado, se desconoce la fecha en la que se le realizó su último mantenimiento correctivo y se desea la reactivación de todas sus funciones.
Condiciones de trabajo	La máquina trabaja un aproximado de 100 hr al año.
Definición de objetivos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Máxima disponibilidad</li><li>• Garantizar la seguridad de los operarios.</li><li>• Reducir improvisaciones, reduciendo urgencias</li><li>• Los repuestos deben encontrarse en el mercado local.</li></ul>
Elección de los métodos a aplicar	Se establece que será un mantenimiento correctivo y preventivo.
Definición de medios necesarios	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección visual</li><li>• Desarme de componentes</li><li>• Sustitución de elementos</li><li>• Pruebas de campo</li></ul>
Ejecución	

(Navarro, 2004)

Durante el mantenimiento preventivo uno de los factores más importantes a considerar es el tiempo para los trabajos porque nos permite: programar las tareas, medir la eficiencia de los equipos humanos y mejorar los métodos.

Para asignar estos tiempos de trabajo es necesario clasificar las tareas, sería la siguiente:

**Servicio diario:** Este consiste en que el responsable del equipo a través de una inspección visual observe que este se encuentra en buen estado al inicio y al final de la jornada de trabajo. Se debe cerciorar en que no haya rotura ni desgaste en mecanismos de transmisión de potencia como bandas, ruedas dentadas o elementos del cuerpo de la máquina y se deben hacer mientras el equipo este parado.

**Pequeños trabajos no rutinarios:** Estos son realizados en un tiempo que no exceda las 4 horas y se planifican de tal modo que se respete la producción con lo que se necesita que el equipo de mantenimiento cuente con horarios especiales ya sean 1 hora antes de que el operario empiece a trabajar, en el tiempo de almuerzo del operario o al finalizar la jornada de producción y las maquinas paren para garantizar la explotación normal de equipo.

Durante las reparaciones pequeñas se realizan los siguientes trabajos:

- a) Desmontaje parcial del equipo: desmontaje de dos o tres mecanismos (embragues de fricción, husillo, etc.). Desmontaje de las tapas de las cajas de velocidades y de avances para su revisión y limpieza.
- b) Limpieza del equipo y de los mecanismos desmontados.
- c) Desmontaje del husillo, rectificación de las superficies de trabajo del husillo y regulación de los cojinetes.
- d) Comprobación de la holgura entre los árboles y cojinetes, sustitución de los cojinetes desgastados, regulación de los cojinetes de rodamiento.
- e) Desmontaje del embrague de fricción, sustitución de los discos desgastados, regulación del embrague de fricción
- f) Sustitución de ruedas dentadas con dientes rotos o reparación de ruedas dentadas si es posible

- g) Sustitución de los elementos de fijación rotos o desgastados (chavetas, tornillos tuercas, etc.)
- h) Sustitución de tuercas desgastadas de los tornillos principales y reparación de las roscas de los mismos.
- i) Rectificación de las guías de bancadas, mesas, etc.
- j) Comprobación de los mecanismos de control y corrección de los defectos localizados.
- k) Comprobación y reparación de los mecanismos de lubricación y refrigeración.
- l) Determinación de las piezas que exigen su sustitución durante la próxima reparación.
- m) Comprobación de la precisión.
- n) Prueba del equipo en marcha sin carga comprobación de inexistencia de ruidos o calentamiento excesivo.

Trabajos rutinarios: Repetitivos y previsibles, ejecutados por un equipo fijo asignado a cada instalación. Es útil disponer de tiempos asignados y procedimientos de trabajo, entre este tipo de operaciones tenemos la limpieza del equipo, que no debe confundirse con la limpieza que es necesaria realizarse diariamente. Este término hace referencia a la limpieza de mecanismos que se efectúa desmontándolos si es necesario, quitándoles el polvo de hierro, partículas metálicas, suciedades etc., para luego ser sopleteado con aire a presión y finalmente con un trozo de hilaza. En la **tabla III** se muestran algunos tiempos de limpieza para distintos equipos.

**Tabla III: Periodo de la limpieza para distintos equipos.**

Equipo	Horas de trabajo
Equipos de fundición de limpiar, equipos para hacer formas simples de fundición y otros.	190
Maquinas herramientas que trabajan con abrasivos, rectificadoras, máquinas de afilar, máquinas para la elaboración de madera, equipos de pulir.	190



Martillos, máquinas de forjar, sierras para metales, cizallas, grúas de talleres de fundición.	380
Maquinas herramientas grandes y prensas hidráulicas.	570
Maquinas herramientas que trabajan con herramientas metálicas y tornos para madera	750
Máquinas de precisión (taladradora por coordenadas, equipos de laboratorio, etc.)	190

Trabajo de mantenimiento diversos: son la mayor parte de los trabajadores, aparecen con cierta repetitividad y no con una gran variabilidad.

Durante este ciclo de reparaciones medias se realizan las siguientes reparaciones:

- a) Los trabajos previstos para la reparación pequeña.
- b) Desmontaje de los mecanismos (cajas de velocidades y avances, mecanismo de delantal, etc.)
- c) Sustitución de las ruedas dentadas desgastadas de las transmisiones de rueda y tornillo sin fin...
- d) Pintar los recipientes de aceite y exteriormente el equipo
- e) Comprobación de la precisión

Cabe mencionar que en la reparación mediana se realizan aquellos trabajos se observen durante las revisiones anteriores.

Trabajo de mantenimiento extraordinarios: Grandes revisiones o reparaciones, en estos casos interesa disponer de procedimientos escritos y tiempos establecidos, esta es la reparación de máximo volumen durante esta se realiza el desmontaje total del equipo y de todos los mecanismos desgastados, así como la reparación de las piezas básicas del equipo.

En la reparación general se realizan los trabajos siguientes:

- a) Los trabajos previos para la reparación media
- b) Desmontaje total del equipo
- c) Sustitución o reparación de las bombas de aceite, reparación del sistema de lubricación y del sistema hidráulico.
- d) Rectificado de todas las superficies guías
- e) Comprobación y corrección de los defectos de la base del equipo.
- f) Comprobación de la precisión

#### 11.8.1 Ciclo de reparación y duración.

El ciclo de reparación constituye la parte más importante del MPP, la elección de un ciclo adecuado significa un mejor aprovechamiento del equipo de seguridad de operación, ahorro de piezas, materiales, mano de obra, etc. Las operaciones que se realizan en el ciclo se dividen en cuatro categorías: Revisión (R), reparación pequeña (P), reparación mediana (M) y reparación general (G).

Recordemos que las revisiones que se realizan durante una reparación no forma parte ciclo.

Cada máquina puede pasar por varios ciclos de reparación durante su vida útil, cada tipo de ciclo tiene su estructura propia, la cual fija el número y los tipos de revisiones y reparaciones que se realizaran en el equipo.

**Tabla IV: Ciclo de reparación.**

Equipo	Estructura del ciclo de reparación	Número de operaciones		
		M	P	R
Maquinas herramientas livianas y medianas hasta 10 ton.	G-R-P-R-P-R-M-R-P-R-P-R-P-R-G	2	6	9

La duración del ciclo no es más que las horas que debe trabajar un equipo entre dos reparaciones generales o entre la puesta en marcha y le primera reparación general, para la cual se utiliza la siguiente formula.

$$T = N * M * Y * Z * K (h)$$

Donde:

N: Coeficiente que relaciona el tipo de producción.

M: Coeficiente que relaciona el tipo de material que trabaja la máquina.

Y: Coeficiente que relaciona las condiciones ambientales donde se encuentra el equipo.

Z: Coeficiente que relaciona el peso del equipo.

K: Duración teórica del ciclo.

**Tabla V: Coeficiente N.**

Valor de coeficiente (N)	
Tipo de producción	N
En masa	1.0
En serie	1.3
En serie pequeña	1.5
Para todo tipo de equipos, menos grúas y elevadores.	

**Tabla VI: Coeficiente M.**

Valor del coeficiente (M)				
Máquina herramienta	Acero de construcción	Acero de alta calidad	Aleación de aluminio	Hierro fundido y bronce
De precisión normal o de precisión	1.0	0.7	0.75	0.9 – 0.9
Para maquinas que trabajan con abrasivos. M = 0.9				

**Tabla VII: Tabla de coeficiente Y.**

Valor del coeficiente (Y)				
Maquinas herramientas.	Condiciones de abrasivo seco.	Trabaja en condiciones normales.	Trabaja en locales con polvo y humedad.	Trabaja en locales separados específicamente.
De precisión normal	-	1.0	0.8	-
De precisión	-	1.2	-	1.4
Trabajos con abrasivos	Precisión normal	0.7	1.0	-
	Alta precisión	-	1.1	1.3

**Tabla VIII: Coeficiente Z.**

Valor del coeficiente	
Maquinas herramientas	Z
Livianas y medianas hasta 10 toneladas	1.0
Grandes y pesadas hasta 100 toneladas	1.35
Muy pesadas y únicas de más de 100 toneladas	1.75

**Tabla IX: Coeficiente K.**

Valor de K para distintos equipos	
Equipos	K
Maquinas herramientas	
<b>Livianas y medianas hasta 10 ton.</b>	
Con tiempo de explotación hasta 20 años.	26,000

Con tiempo de explotación mayor de 20 años.	23,400
---	--------

Sustituyendo valores de la ecuación de duración del ciclo de mantenimiento, tenemos lo siguiente:

$$T = N * M * Y * Z * K (h)$$

$$T = (1.5)(0.9)(1)(1)(23,400)h = 31,590 h$$

Tiempo entre operaciones del ciclo

El tiempo entre las operaciones del ciclo se determina mediante la fórmula:

$$t_o = \frac{T}{R + P + M + 1} (h)$$

Donde:

$t_o$ : Tiempo entre operaciones del ciclo.

R: Cantidad de revisiones del ciclo.

P: Cantidad de reparaciones pequeñas en el ciclo.

M: Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo.

Sustituyendo en la ecuación obtenemos lo siguiente:

$$t_o = \frac{31,590}{9 + 6 + 2 + 1} = 1,755 h$$

Este dato nos da a entender que cada 1,755 h de trabajo se debe realizar un trabajo de MPP, sin embargo, estos valores en la práctica deben ser ajustados a las exigencias de la maquina acortando o alargando los tiempos entre cada revisión.

Tiempo entre reparaciones.

El tiempo entre reparaciones se determina mediante la fórmula:

$$t_r = \frac{T}{P + M + 1} (h)$$

$t_r$ : Tiempo entre reparación.

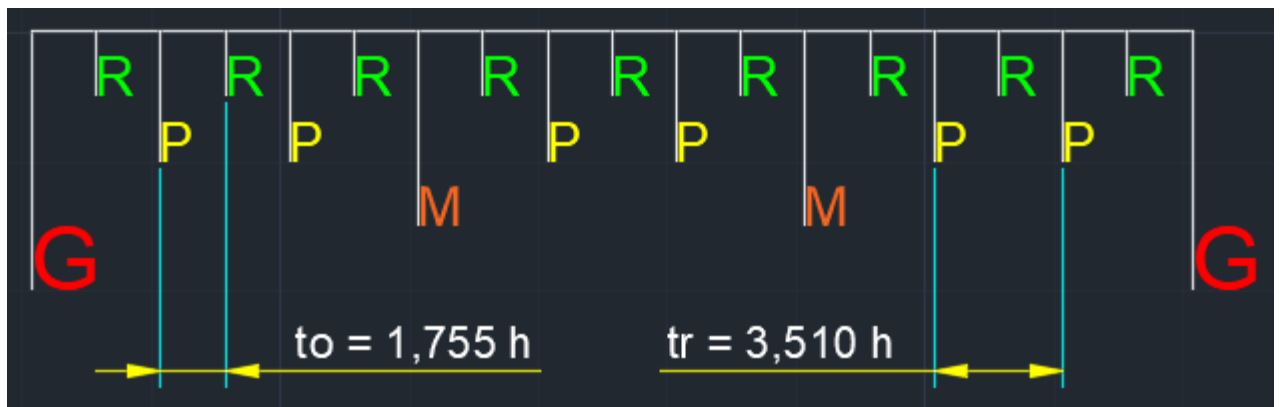
P: Cantidad de reparaciones pequeñas.

M: Cantidad de reparaciones medianas en el ciclo.

Sustituyendo en la ecuación, tenemos:

$$t_r = \frac{31,590}{6 + 2 + 1} = 3,510 \text{ h}$$

Lo que quiere decir es que cada 3,510 horas de trabajo debe realizarse una reparación.



**Figura 87:** Tiempo entre cada revisión y reparación del plan de mantenimiento.

Por medio del cálculo anterior se determinó el tiempo entre reparación de la máquina. Pero existen ciertas operaciones que se deben de realizar periódicamente y antes de poner en marcha la máquina.

- Inspeccionar la banda que conecta el motor eléctrico con el eje de la máquina.
- Antes de cerrar el circuito principal asegurar que la maquina se encuentre apagada para evitar cualquier encendido inesperado de la misma.
- Revisar que el eje porta herramienta este bien ajustado para evitar oscilación en el mismo y evitar daños en los rodamientos.
- Antes de encenderla poner la mesa de trabajo de la maquina en posición neutro para evitar el movimiento de esta de forma inesperada.

(CASETA)

### 11.8.2 Lubricación

La próxima tabla designa las tareas que se realizarán en el mantenimiento preventivo de la máquina en cuanto a la lubricación:

Lubricación de la máquina		
Partes a lubricar.	Método de lubricación	Periodo de lubricación
Corredera.	Engrase manual.	mensualmente
Eje de avance longitudinal de la mesa.	Engrase manual.	Semanalmente si es utilizada diariamente.
Eje de avance transversal de la mesa.	Engrase manual.	Semanalmente si es utilizada diariamente.
Caja de velocidades.	Baño de aceite.	Mantener el nivel que se indica en el depósito.
Engranajes de acople ubicados fuera de la caja de velocidad.	Engrase manual	Semanalmente si es utilizada diariamente.
Engranajes cónicos ubicados debajo del codo.	Engrase manual	Semanalmente si es utilizada diariamente.
Eje de desplazamiento vertical.	Engrase manual	Semanalmente si es utilizada diariamente.
Superficie de desplazamiento de la mesa	Aceitera de mano	Al iniciar y al finalizar el trabajo.
Mecanismo interior del eje de desplazamiento longitudinal	Válvula de lubricación manual ubicada al costado izquierdo de la silla.	Antes de iniciar la puesta en marcha del equipo.

(Cynthia V. Quiroz, 2017)

## **VI. Conclusiones**

- Se reactivó totalmente la fresadora vertical marca ELLIOT modelo Milmor Super 10 del taller de máquinas herramientas de la Facultad Nacional de Ingeniería.
- Se realizó un diagnóstico a la fresadora donde se detalla todos los problemas mecánicos, eléctricos y estéticos que poseía.
- Se efectuó un mantenimiento correctivo a la máquina, solucionando todas las fallas y carencias que la fresadora presentaba al momento del diagnóstico.
- Se elaboró el plan de mantenimiento preventivo de la máquina.
- Se detalló los gastos que corresponden a la reparación estética, mecánica y eléctrica de la fresadora garantizando que todos los repuestos se pueden encontrar en los comercios locales.
- Se ejecutaron con excelentes resultados las pruebas de maquinado durante un periodo de cuatro horas.



## **VII. Recomendaciones**

- Debe emplearse un mecanismo de izaje para el siguiente mantenimiento con el objetivo de facilitar la extracción de los carros longitudinales.
- La máquina debe ser operada por personal capacitado.
- Se recomienda utilizar un aceite SAE 80 como lubricante.

## VIII. Bibliografía

- Anónimo. (05 de Julio de 2012). *http://www.demaquinasyherramientas.com*. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresas-tipos-y-usos>
- Anónimo. (08 de Mayo de 2015). *www.mecanizadossinc.com*. Obtenido de <https://www.mecanizadossinc.com/tipos-de-fresas-mecanizados/>
- Anónimo. (01 de Abril de 2016). *www.mecanizadossinc.com*. Obtenido de <https://www.mecanizadossinc.com/mecanizado-por-fresado/>
- Canepauser. (09 de Septiembre de 2009). *pyrosisproyect.wordpress.com*. Obtenido de <https://pyrosisproyect.wordpress.com/2011/09/09/refrigerantes/>
- CASETA. (s.f.). MANUAL DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES. En CASETA, *MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO*. PUEBLO Y EDUCACIÓN.
- Chernov, N. (1974). *Maquinas herramientas para metales*. (I. A. Elías, Trad.) URSS: LATINOAMERICA.
- Cyntia V. Quiroz, D. B. (2017). *Reactivación de fresadora universal*. Managua.
- Domínguez Ariosa, A. I. (1985). *Tecnología de los metales II*. La Habana: La Habana.
- Esquivel, I. R. (16 de Agosto de 2018). *Revista Ferrepat*. Obtenido de <http://www.revista.ferrepat.com/ferreteria/tipos-de-aceites-lubricantes-para-maquinas-herramientas-y-mucho-mas/>
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestion integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Ciudad de Mexico: McGrandHill.
- Navarro, J. D. (2004). *Tecnicas de mantenimiento industrial*.

Ospina, N. U. (17 de Abril de 2010). *Slideshare.com*. Obtenido de [https://es.slideshare.net/nurrego/fresado?qid=f2c1c08c-dc0b-438f-b88d-e0eaf222b979&v=&b=&from\\_search=1](https://es.slideshare.net/nurrego/fresado?qid=f2c1c08c-dc0b-438f-b88d-e0eaf222b979&v=&b=&from_search=1)

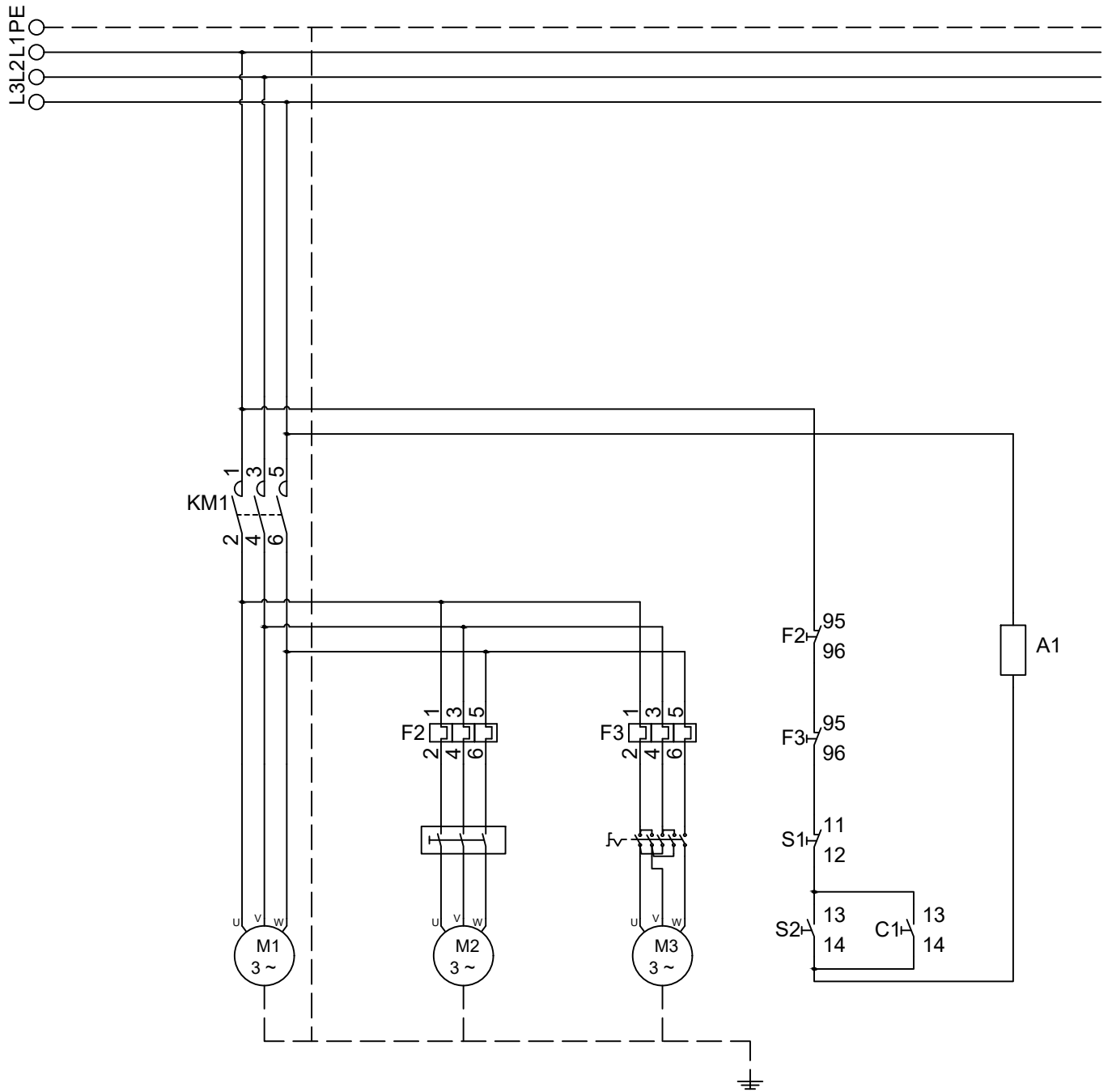
Partida, I. A. (31 de Marzo de 2016). *Mantenimiento & mentoring industrial*. Obtenido de <https://mantenimiento-mi.es/2016/lubricacion-herramienta-fundamental-de-mantenimiento>

S. Kalpakjian, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Ciudad de Mexico, Mexico: PEARSON.

V. Féschenko, R. M. (1984). *El torneado*. Moscú: MIR Moscú.

## **IX. ANEXOS**

Costo de reparación fresadora vertical ELLIOT					
Numero	ITEM	Comercio	Precio unitario	Cantidad	Total
<b>Estetica y protección personal</b>					
1	Guantes de proteccion con refuerzo de cuero en las palmas	FETESA	297	1	297
2	Lentes de proteccion transparentes	SINSA	80	1	80
3	Removedor de pintura MEGA 1820 (1/4 gl)	FL	200	4	800
4	Lija de agua grano 80	FL	20	5	100
5	Lija de agua grano 100	FL	20	5	100
6	Lija de agua grano 220	FL	15	4	60
7	Espatula metalica 1"	FL	19.72	1	19.72
8	Espatula metalica 2"	FL	25.46	1	25.46
9	Espatula metalica 4"	FL	34.78	1	34.78
10	Espojas	FL	34.78	4	139.12
11	Disco de cerdas metalicas para pulidora	FL	175	1	175
12	Brocha 2 1/2"	FL	40	2	80
13	Base de pintura MEGA MG1000 (1/4 gl)	PROTECTO	209	1	209
14	Thinner acrilico 1G	PROTECTO	245	1	245
15	Pintura poliuretano (1/4 gl) turquesa	PROTECTO	387	1	387
16	Pintura poliuretano (1/8 gl) Rojo	PROTECTO	93.5	1	93.5
17	Pintura poliuretano (1/8 gl) (amarillo)	PROTECTO	193.5	1	193.5
18	Reductor de pintura MG2100 (1/4 gl)	PROTECTO	132	1	132
19	Catalizador de pintura MG2010 1/16 (gl)	PROTECTO	126	1	126
20	Desengrasante SUPER PURPLE	FL	165	2	330
21	Maskink tape azul 3/4 "	PROTECTO	124.61	1	124.61
				<b>Sub-Total</b>	<b>3,751.69</b>
<b>Sistema eléctrico</b>					
22	Conector rector para tuberia fleible 1/2 "	SINSA	27.94	10	279.4
23	Cable THHN verde calibre 14 (m)	SINSA	8.24	12	98.88
24	Cable THHN negro calibre 12 (m)	SINSA	11.1	20	222
25	Limpiador de contactos electricos 300 ml	SINSA	525	1	525
26	Tape negro grande 3M	SINSA	62.43	1	62.43
27	Contactador	SINSA	1980.21	1	1980.21
28	Rele termico 220V 2 - 4 A	SINSA	1991.67	2	3983.34
29	Rele termico 220V 6 - 8 A	SINSA	1659.67	1	1659.67
30	Toma corriente	SINSA	328.5	1	328.5
31	Borneras caja 50 unidades	SINSA	250	1	250
32	Carril DIN	SINSA	28	10	280
33	Canal ranurado PVC	SINSA	380	1	380
34	Tuberia flexible forrada 1/2" (ft)	SINSA	14.46	18	260.28
				<b>Sub-Total</b>	<b>10,309.71</b>
<b>Sistema mecánico</b>					
35	Rodamiento para bomba	El buen fierro	75	1	75
36	Rodamiento para motor de mesa de trabajo	El buen fierro	95	2	190
				<b>Sub-Total</b>	<b>265.00</b>
<b>Accesorios, lubricantes y otros.</b>					
37	Arandela de plana 1/2"	CDP	2.23	1	2.23
38	Brida de acero inoxidable con tornillo 1/2"X29/32"	CDLM	15.94	4	63.76
39	Tornillo allen 6X10 métrico	CDP	3.36	4	13.44
40	Tornillo allen avellanado 10X3/8"	CDP	2.19	8	17.52
41	Tornillo allen métrico 5X16	CDP	4.46	4	17.84
42	Cinta doble contacto transparente 3/4 " 3M	SINSA	222	1	222
43	Silicon LOCTITE ultra gris 70 ml	CDP	159.39	1	159.39
44	Correa A-32	CDLM	63.4	1	63.4
45	Manguera PVC reforzada	CDLM	25.19	6	151.14
46	Arandela de presion 1/2"	CDLM	7.3	1	7.3
47	Tornillo allen metrico 4X6	CDP	2.38	2	4.76
48	Tornillo allen metrico 5X20	CDP	5.03	4	20.12
49	Galon de aceite soluble texaco (1 gl)	COPRE	1036	1	1036
50	Galon de aceite 80W90	FL	400	3	1200
51	Llave de pase 1/2" bronce	CDLM	250.43	1	250.43
52	Cinta para enmascarar blanca 2210 1/2" 3M	FL	35	4	140
53	Papel velumioide	FL	75	1	75
54	Conector macho de espiga 1/2X1/2	CDLM	70.84	2	141.68
				<b>Sub-Total</b>	<b>3,586.01</b>
FL                    Ferreteria local CDP                  Casa del perno CDLM                Casa de las mangueras				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>17,912.41</b>
				<b>I.V.A</b>	<b>2,686.86</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>20,599.27</b>
				<b>TOTAL (\$)</b>	<b>624.22</b>



1/2

PLANO ELÉCTRICO ANTIGUO (ANEXO 2)

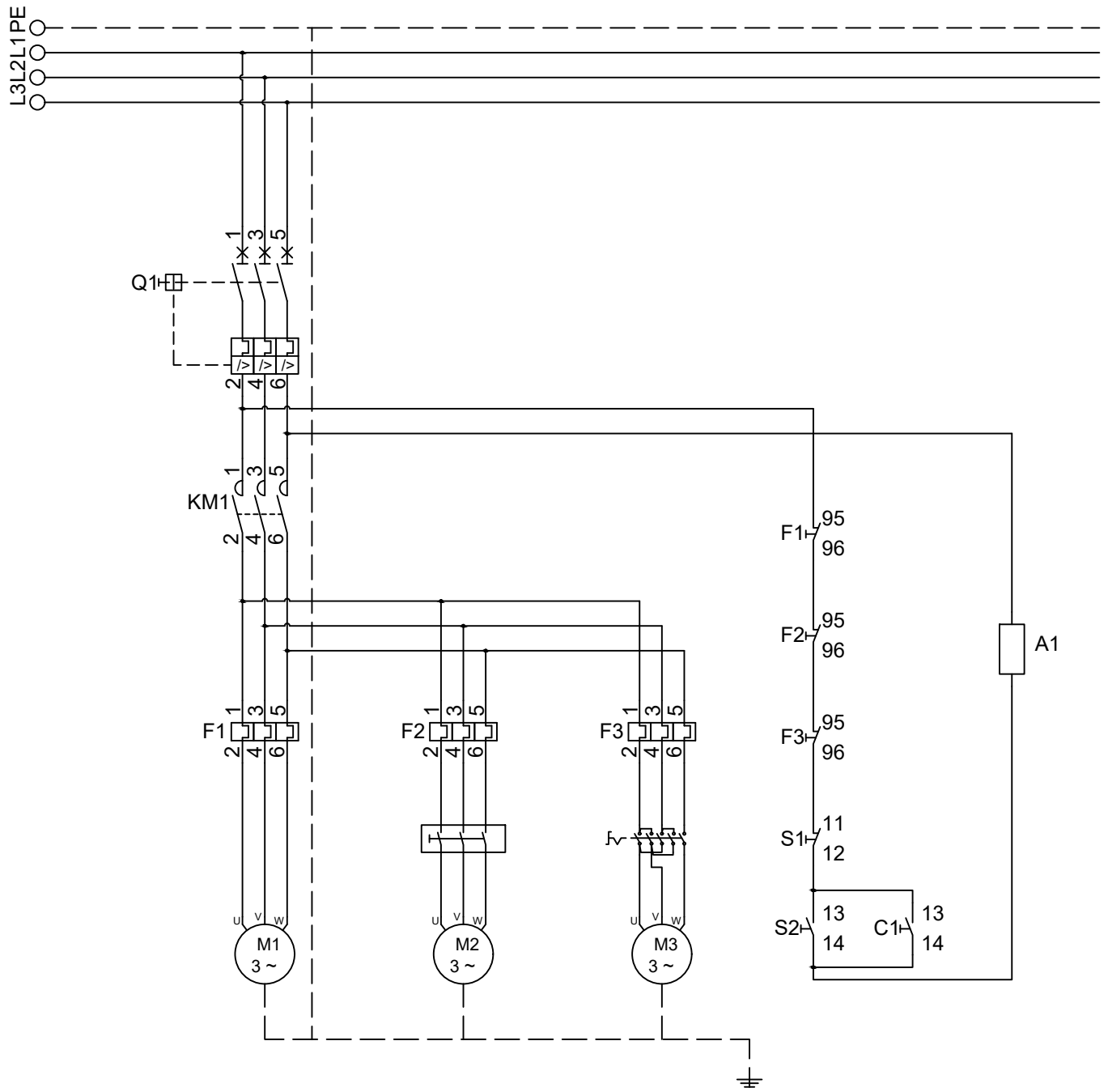
UNI

ELABORO: MÉNDEZ G. FREDDY J.

ESC. 3:1

REVISO: RODRÍGUEZ G. JORGE A.

14/08/19



2/2

PLANO ELÉCTRICO NUEVO (ANEXO 3)

UNI

ELABORO: MÉNDEZ G. FREDDY J.

ESC. 3:1

REVISO: RODRÍGUEZ G. JORGE A.

14/08/19